



**ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET
UNIVERZITET U BEOGRADU**

Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija
+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48

Katedra za telekomunikacije
+381 (0) 11 - Tel 3218422, Fax 3218399, e-mail: radio_lab@etf.rs

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

Број 2067
29 DEC 2016 год.
БЕОГРАД

**STUDIJA IZVODLJIVOSTI
MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA
DIGITALNE TELEVIZIJE**

Odgovorni projektanti:

Prof. dr Aleksandar Nešković, dipl.ing.



Doc. dr Goran Marković, dipl.ing.

BEOGRAD, 2016.

SADRŽAJ

I ZAKONSKA DOKUMENTACIJA

OSNOVNI PODACI O INVESTITORU
REŠENJE O REGISTRACIJI PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE
LICENCA PROJEKTANTSKE ORGANIZACIJE
REŠENJE O ODREĐIVANJU PROJEKTANTA
LICENCE PROJEKTANTA
POTVRDA PROJEKTANTA O USAGLAŠENOSTI DOKUMENTACIJE
IZJAVA PROJEKTANTA O KORIŠĆENJU PROPISA

II PROJEKTNII ZADATAK

III ELABORAT

1. UVOD.....	1-1
1.1 ANALIZA DRUŠTVENE OPRAVDANOSTI	1-5
1.2 PREGLED SADRŽAJA STUDIJE	1-6
2. SAŽETI PREGLED DVB TEHNOLOGIJE	2-1
2.1 RAZVOJ STANDARDA ZA EMITOVANJE DIGITALNE TELEVIZIJE.....	2-1
2.1.1. <i>Kompresija i format komprimovanog signala za prenos.....</i>	2-1
2.1.2. <i>Razvoj familije DVB standarda.....</i>	2-2
2.1.3. <i>Proces standardizacije DVB-T2 sistema</i>	2-3
2.1 OPIS GENERALNE ARHITEKTURE MREŽE ZA DIGITALNO ZEMALJSKO EMITOVANJE TELEVIZIJE.....	2-5
2.2.1. <i>Fizički sloj DVB-T2 sistema.....</i>	2-5
2.2.1.1. <i>Generički model fizičkog sloja DVB-T2 sistema</i>	2-5
2.2.2.2. <i>Elementi i karakteristični parametri fizičkog sloja DVB-T2.....</i>	2-7
2.2.2.3. <i>Pregled osnovnih parametara fizičkog sloja DVB-T2 sistema</i>	2-13
2.2.3. <i>Kapacitet DVB-T2 sistema.....</i>	2-15
2.3 REFERENTNA ARHITEKTURA DVB-T2 SISTEMA	2-16
2.3.1. <i>Interfejs modulatora u DVB-T2 sistemu</i>	2-19
2.3.2. <i>Ubacivanje (insertovanje) regionalnih i lokalnih programa.....</i>	2-20
2.3.4. <i>Sinhronizacija u okviru DVB-T2 mreže</i>	2-21
3. PREGLED SISTEMA ZA EMITOVANJE DIGITALNE ZEMALJSKE TELEVIZIJE U REPUBLICI SRBIJI.....	3-1
3.1 OSNOVNI PODACI O PROCESU I USLOVIMA PRELASKA NA DIGITALNO EMITOVANJE TV SIGNALA U SRBIJI.....	3-2
3.2 SAŽETI OPIS SISTEMA ZA DIGITALNO ZEMALJSKO EMITOVANJE TELEVIZIJE I PREGLED PODATAKA O MREŽI PREDAJNIKA	3-5
3.3 PODACI O MREŽI PREDAJNIKA SISTEMA DTTB IZ BAZE RATEL-A.....	3-15

4. PREGLED SISTEMA ZA KONTINUALNO PRAĆENJE KVALITETA EMITOVANJA DIGITALNE TELEVIZIJE U OKRUŽENJU I EVROPI.....	4-1
4.1 PREGLED STANJA U OKRUŽENJU I EVROPI	4-1
4.2 OPIS SISTEMA ZA KONTINUALNO PRAĆENJA KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE U PORTUGALIJU	4-4
4.2.1. Osnovne informacije o DVB-T mreži predajnika u Portugaliji	4-4
4.2.2. Razvoj sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije.....	4-6
4.2.3. Opis sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije.....	4-6
4.2.3.1. Određivanje potrebnog broja i prostornog rasporeda lokacija mernih sonde	4-6
4.2.3.2. Struktura sistema za monitoring i opis korišćene preme na tipičnoj mernoj lokaciji	4-9
4.2.3.3. Tehnički parametri signala DTTB (DVB-T) koji se mere korišćenjem mernih sonde	4-14
4.2.3.4. Iskustva i iskazani rezultati primene sistema za monitoring u Portugaliji.....	4-16
4.3 ANALIZA PRIKAZANOG STANJA I OCENA MOGUĆNOSTI PRIMENE	4-17
5. PREGLED TRENUTNOG STANJA I TEHNIČKIH MOGUĆNOSTI SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA RATEL-A.....	5-1
5.1 ORGANIZACIJA SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA I PREGLED POSTOJEĆE MERNE OPREME	5-2
5.1.1 Pregled postojećih i planiranih objekata KMC	5-3
5.1.2 Pregled postojećih distribuiranih RFMS u formi senzorskih sistema	5-6
5.1.3 Planirane RFMS u formi daljinski upravljanih fiksnih stanica	5-7
5.1.4 Opis postojećih mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS)	5-10
5.1.5 Kadrovska strukturau Službi za kontrolu.....	5-14
5.1.6 Organizacija rada i način funkcionisanja Službe za kontrolu	5-14
5.2 OCENA MOGUĆNOSTI PRIMENE ELEMENATA SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA ZA POTREBE KONTROLE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE ILI UPOREDNU ANALIZU REZULTATA	5-15
6. PRINCIPI MERENJA I MONITORINGA DVB-T2 SISTEMA.....	6-1
6.1 PREGLED ETSI STANDARDA I ITU PREPORUKAU OBLASTI MERENJA I MONITORINGA DVB SISTEMA	6-1
6.1.1 Osnovni principi merenja i monitoringa DTTB sistema.....	6-2
6.1.1.1 Parametri za tehničku kontrolu kvaliteta rada DTTB sistema	6-2
6.1.1.2 Principi monitoringa DTTB sistema od strane operatora sistema.....	6-6
6.1.1.3 Sistemska merenja i analize DTTB sistema	6-8
6.1.1.4 Merenja i analize na nivou predajne DTTB mreže	6-9
6.2 MERENJE I MONITORING DVB-T2 SISTEMA	6-11
6.2.1 Merenja na interfejsu B DVB-T2 sistema - T2-MI merenja.....	6-12
6.2.2 Osnovna merenja za bazični (baseline) DVB-T2 sistem.....	6-13
6.2.2.1 RF merenja – Tačnost frekvencije nosioca i zauzeti opseg učestanosti	6-14
6.2.2.2 Merenje selektivnosti	6-14
6.2.2.3 Merenje AFC capture range.....	6-15
6.2.2.4 Merenje faznog šuma lokalnog oscilatora	6-15
6.2.2.5 Merenje nivoa snage signala na RF/IF	6-15
6.2.2.6 Merenje odnosa snage MISO grupe	6-15
6.2.2.7 Merenje snage šuma	6-16
6.2.2.8 Merenje spektra na RF i IF učestanostima	6-16
6.2.2.9 Merenje osetljivosti prijemnika i dinamičkog opsega za Gauss-ov kanal.....	6-16

6.2.2.10 Karakterizacija linearnosti (shoulder attenuation)	6-16
6.2.2.11 Merenje efikasnosti korišćenja snage	6-17
6.2.2.12 Merenje PAPR efekta	6-17
6.2.2.13 Merenje verovatnoće greške za P1 simbole – P1 SER	6-18
6.2.2.14 Merenje BER pre LDPC (unutrašnjeg) dekodera	6-18
6.2.2.15 Merenje broja LDPC iteracija u procesu dekodiranja	6-19
6.2.2.16 Merenje BER pre BCH (spoljašnjeg) dekodera	6-19
6.2.2.17 Merenje BBFER –Baseband Frame Error Rate	6-19
6.2.2.18 Merenje ESR – Errored Second Ratio	6-20
6.2.2.19 Analiza signala u domenu kompleksne fazorske ravni – IQ analiza	6-20
6.2.2.20 SFN sinhronizacija	6-25
6.2.2.21 Merenje L1 signalizacione greške	6-26
6.2.2.22 Merenje RMS-DS – Root-Mean-Square of Delay-Spread	6-26
6.2.2.23 Merenje MED parametra – Maximum Excess Delay	6-26
6.2.2.24 Testiranje modela bafera u prijemniku - Receiver Buffer Model validation test	6-26
6.2.2.25 RLF-non-P1 test – Relative power level during non-P1 part of the FEF	6-27
6.2.32 Merenja i analize na nivou MPEG-2 TS	6-27

7. ANALIZA MOGUĆIH KONCEPATA SISTEMA ZA PRAĆENJE KVALITETA SISTEMA DTTB U SRBIJI	7-1
7.1 ANALIZA I OCENA MOGUĆIH KONCEPATA SISTEMA	7-2
7.2 DODATNE AKTIVNOSTI ZA KONTROLUKVALITETA DTTB MREŽE	7-7
8. PREGLED RASPOLOŽIVE MERNE OPREME	8-1
8.1 MERNA OPREMA KOMPANIJE AVATEQ CORPORATION	8-3
8.2 MERNA OPREMA KOMPANIJE GSERTEL	8-7
8.3 OPREMA KOMPANIJE WORLDCAST SYSTEMS INC	8-10
8.4 OPREMA KOMPANIJE TEST-TREE – ENESYS TECHNOLOGIES GROUP	8-14
8.5 MERNA OPREMA KOMPANIJE ROHDE & SCHWARZ	8-18
8.6 MERNA OPREMA - UBIWHERE I WAVECOM WIRELESS EXPERTS	8-24
9. TEHNIČKO REŠENJE SISTEMA ZA KONTINUALNO PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE	9-1
9.1 GENERALNI OPIS TEHNIČKOG REŠENJA	9-1
9.1.1 Potencijalni razlozi za pojavu značajnih promena kvaliteta prijema	9-4
9.1.2 Povezivanje rezultata merenja sa podacima o vremenskim uslovima	9-5
9.1.3 Statističko objedinjavanje rezultata dobijenih sa više mernih stanica	9-6
9.2 FUNKCIONALNI MODEL SISTEMA	9-6
9.2.1 Procena periodičnosti merenja za uspešnu detekciju značajnih promena u kvaliteta prijema DVB-T2 signala	9-9
9.2.2 Merna stanica	9-10
9.2.2.1 Usvajanje graničnih vrednosti za automatski RF monitoring mod rada	9-17
9.2.2.2 Dodatni minimalni uslovi koje merni uređaj mora da ispuni	9-18
9.2.3 Centar upravljanja	9-19
9.2.3.1 Potreba za statističkom obradom mernih rezultata	9-22
9.2.3.2 Čuvanje uzoraka kompletnog emitovanog digitalnog sadržaja – snimaka TS	9-22
9.2.4 Sistem veza	9-23
9.3 PRENOSIVE MERNE STANICE	9-24
9.3.1 Usvajanje graničnih vrednosti	9-30

9.3.2	Osnovna procedura primene prenosive merne stanice.....	9-31
9.4	NAPOMENA U VEZI NABAVKE MERNIH UREĐAJA ZA MERNE STANICE I PRENOSIVE MERNE STANICE	9-31
9.5	POTREBNI LJUDSKI RESURSI	9-32
10.	METODOLOGIJA PROJEKTOVANJA RADIO VEZA TAČKA-TAČKA	10-1
10.1	OPŠTI IZRAZ	10-1
10.2	ODREĐIVANJE SLABLJENJA NA TRASI.....	10-1
10.3	REZERVA ZA FEDING	10-2
10.4	FEDING	10-2
10.5	SLABLJENJE USLED DIFRAKCIJE	10-4
10.5.1	Difrakcija na „oštrici noža”	10-6
10.5.1.1	Difrakcija na prepreci konačne debljine.....	10-10
10.5.1.2	Difrakcija na dve usamljene prepreke.....	10-11
10.5.1.3	Difrakcija na višestrukim preprekama	10-13
10.5.2	Difrakcija na usamljenoj cilindričnoj prepreci.....	10-15
10.5.2.1	Višestruki izolovani cillindri	10-17
10.5.3	Difrakcija na sferičnoj Zemlji	10-20
10.5.3.1	Uticaoj električnih karakteristika površine Zemlje.....	10-20
10.5.3.2	Proračun slabljenja usled difrakcije	10-21
11.	TEHNIČKO REŠENJE STACIONARNE MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE	11-1
11.1	UVOD.....	11-1
11.2	FREKVENCIJSKI OPSEG.....	11-3
11.3	TEHNIČKE KARAKTERISTIKE OPREME NEOPHODNE ZA PRORAČUN....	11-3
11.3.1	Minimalni zahtevani odnos signal-šum (<i>Carrier-to-Noise ratio - C/N</i>).....	11-4
11.3.2	Osetljivost prijemnika	11-4
11.3.3	Antenski sistem mernog DVB-T2 prijemnika (<i>senzora</i>).....	11-5
11.4	TEHNIČKI OPIS SISTEMA	11-6
11.5	REZULTATI PRORAČUNA OČEKIVANIH OSNOVNIH PARAMETARA KVALITETA DVB-T2 SIGNALA NA ULAZU U MERNE PRIJEMNIKE (NIVOVA SNAGE SIGNALA I ODNOSA C/N) ZA SVE „RADIO VIDLJIVE” PREDAJNIKE SA LOKACIJA SENZORA	11-11
12.	PROCENA TROŠKOVA REALIZACIJE I ODRŽAVANJA SISTEMA.....	12-1
12.1	MERNE STANICE	12-1
12.2	PRENOSIVE MERNE STANICE	12-3
12.3	CENTAR UPRAVLJANJA.....	12-4
12.4	REKAPITULACIJA OBIMA KAPITALNIH ULAGANJA I OPERATIVNIH TROŠKOVA	12-4
12.5	PROCENA VREDNOSTI PROJEKTA IZGRADNJE MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE.....	12-9
13.	ZAKLJUČAK.....	13-1

14. LITERATURA 14-1

IV PRILOZI

PRILOG 1: Tehničke specifikacije komercijalno dostupne merne opreme za fiksne i prenosive merne stanice

PRILOG 2: Prenosive merne stanice: Tehničke specifikacije – Antenski sistem

PRILOG 3: Fiksne merne stanice: Tehničke specifikacije – Antenski sistem

PRILOG 4: Profili: Fiksne merne stanice – Predajnici DVB-T2 mreže JP ETV (predajnici snage iznad 3 kW)

PRILOG 5: Fiksne merne stanice: Zbirni antenski dijagrami

PRILOG 6: Radio system design tool - WHITE TIGRES (BABY) Wtb

I ZAKONSKA DOKUMENTACIJA

OSNOVNI PODACI O INVESTITORU

Poslovno ime:

**REGULATORNA AGENCIJA ZA
ELEKTRONSKE KOMUNIKACIJE I POŠTANSKE USLUGE**

Skraćeno poslovno ime:

RATEL

Pravna forma: Nezavisna regulatorna organizacija sa svojstvom pravnog lica

Matični broj: 17606590

Sedište:

Opština: Beograd (grad)

Mesto: Beograd (grad)

Ulica i broj: Palmotićeve 2
PAK 106306

Datum osnivanja: maj 2005.

Početak rada: 19.05.2005

Šifra delatnosti: 83.14

Ostali identifikacioni podaci:

Poreski identifikacioni broj PIB: 103986571

Žiro-račun: 840-963627-41

Kontakt centar: 011/32 42 673

Faks: 011/32 32 537

Internet stranica: www.ratel.rs

E-mail: ratel@ratel.rs

Посл. бр. I Fi 90/07

TRGOVINSKI суд у БЕОГРАДУ судија Tatjana Vlasisavljević

као судија појединац у судскорегистарској правној ствари предлагача Elektrotehnički fakultet
Univerziteta u Beogradu, Beograd, Ul. Bulevar revolucije br.73

ради уписа proširenja delatnosti, promene naziva, promene podataka
od značaja za pravni promet koje se odnose na sedište.

дана 16.03.2007.god., донео је

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев предлагача за упис у судски регистар и одређује се упис у судски регистар, у регистарски уложак

бр. 5-11-00, података садржаних у прилозима уз пријаву бр. 1,3.


који су саставни део овог решења.



Судија,
Tatjana Vlasisavljević, s.r.
за тачност и отправку overava:

Поука о правном леку: Против овог решења може се изјавити жалба, преко овог суда, Višem трговинском

суду у БЕОГРАДУ, у року од 8 дана од дана достављања преписа решења.

Фирма и седиште subjekta уписа	Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu Beograd			Прилог уз решење број	1
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште		5-11-00 Trgovinski sud, Beograd			
Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда		
16.03.2007.god.	I Fi 90/07	6	T.S.Beograd		
1.	Фирма и седиште subjekta уписа и његов матични број				
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet Skraćeni naziv: Elektrotehnički fakultet u Beogradu Sedište: Beograd, Bulevar kralja Aleksandra br. 73 Matični broj: 7032498 Broj računa: 840-1438660 PIB: 100206130					
2.	Овлашћење subjekta уписа у правном промету				
Fakultet je pravno lice i ima pravo da u prometu zaključuje ugovore i preduzima druge pravne poslove i pravne radnje u okviru svoje pravne i poslovne sposobnosti.					
3.	Врста и обим одговорности за обавезе subjekta уписа у правном промету и врста и обим одговорности за обавезе других subjekata				
Fakultet odgovara za svoje obaveze u pravnom prometu celokupnom svojom imovinom.					
4.	Одговорност оснивача за обавезе subjekta уписа				
Osnivač odgovara za obaveze u skladu sa zakonom.					
<div style="text-align: right;">  <p>Судија, Tatjana Vlasisavljević, s.r. za tačnost, исправка overava:</p> </div>					
Следи наставак број:				4. Прилог уз препис решења	

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 1

Број регистарског улошка регистарског
суда и његово седиште

X-P1.738/03 10.03.2003. год.

5-11-00 ТБ БЕОГРАД

Редни број	Фирма, односно назив и седиште, ознака регистра и број регистарског уписа, матични број и број рачуна оснивача односно име и адреса, лични број и број личне карте оснивача и члана	Број и датум акта о оснивању	Датум приступања
1	2	3	4
1	REPUBLIKA SRBIJA	Uredba Vlade od 21.6.1948.g.	
2			
3			
4			
5			

4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

Прилог
уз
решење
број

2

Редни број	Укупан износ улога оснивача и члана	Врста и обим одговорности за обавезе субјекта уписа	Датум иступања
5	6	7	8
1			
2			
3			
4			
5			

Уписани и уплаћени основни капитал; повећање, односно смањење основног капитала.

Судија,

Miljana Milovanović

за тајност отпавка

4. Прилог уз препис решења



Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 2

Број регистарског улошка регистарског суда
и његово седиште

5-11-00 Т.С.Београд

Датум уписа	Ознака и број решења	Број уписа	Назив суда
16.03.2007.god.	I F1 90/07	7	Т.С.Београд

1. Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа

Делатности Факултета су:

Подгрупа	Назив и опис делатности
	Високо образовање
80322	Технички факултети
80312	Више техничке школе
80319	Остале више школе
80420	Образовање одраслих и остале образовање на другом месту непomenuto.
22110	Издавање књига, брошуре и других публикација.
22130	Издавање часописа и сличних периодичних издања.
30020	Производња рачунарских машина и друге опреме за обраду података.
31100	Производња електричних мотора, генератора и трансформатора.
31200	Производња опреме за дистрибуцију електричне енергије и управљачке опреме.
31610	Производња електричне опреме са моторе и возила на другом месту непomenuto.
32100	Производња електронских лампи и цеви и других електронских компонената.
32200	Производња телевизијских и радио предајника и апаратура за телефонiju и телеграфiju.

Следи наставак број: 1

Татјана Влаисавијевић, с.р.
за јачину објављеног решења
4. Прилог уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3



Број регистарског улошка регистарског
суда и његово седиште

5-11-00 T.S.Beograd
I Fi 90/07 16.03.2007.god.

Датум уписа

Ознака и број решења

Број уписа

Назив суда

1 Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа

1.	2.
32300	Производња телевизијских и радио-пријемника, апарата за снимање и репродукцију звука или слике и производња пратећег прибора.
33102	Производња ортопедских апарата, остале медицинске опреме и инструмената.
33200	Производња контролних и мерних инструмената и апарата осим опреме за управљање у индустријским процесима.
33300	Производња опреме за управљање у индустријским процесима.
33400	Производња оптичких инструмената и фотографске опреме.
34300	Производња делова и прибора за моторна возила и њихове motore.
45310	Постављање електричних инсталација и опреме.
45340	Остали инсталациони радови.
52470	Трговина на мало са књигама, новинама и писаним материјалом.
52480	Остала трговина на мало.
64200	Телекомуникације.
71330	Иснајмљивање канцеларијских машина и опреме укључујући и компјутере.
71340	Иснајмљивање осталих машина и опреме, на другом месту непоменуто.
74130	Истраживање тржишта и испитивање јавног мишљења.
74830	Секретарске и преводилачке активности.

Судија,

Tatjana Vlasisavljević, s.r.
за тачност отправка overava:

Следи наставак број: 2

4. ПРИЛОГ УЗ ПРЕПИС РЕШЕЊА

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија - прилог уз изворник решења и регистарски лист.
ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3



Прилог уз
решење
број

3

Број регистарског улошка регистарског суда
и његово седиште

5-11-00 Т.С.Београд

Датум
уписа

Ознака и број решења

Број уписа

Назив суда

16.03.2007.god.

I F1 90/07

7

Т.С.Београд

1. Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа

Делатности Факултета су:

Подгрупа

Назив и опис делатности

Високо образовање

80322

Технички факултети

80312

Више техничке школе

80319

Остале више школе

80420

Образовање одраслих и остале образовање на другом месту непomenuto.

22110

Издавање књига, брошуре и других публикација.

22130

Издавање часописа и сличних периодичних издања.

30020

Производња рачунарских машина и друге опреме за обраду података.

31100

Производња електричних мотора, генератора и трансформатора.

31200

Производња опреме за дистрибуцију електричне енергије и управљачке опреме.

31610

Производња електричне опреме за motore и возила на другом месту непomenuto.

32100

Производња електронских лампи и цеви и других електронских компонената.

32200

Производња телевизијских и радио предајника и апаратура за телефонiju и телеграфiju.

Судија,

.....**Tatjana Vlasisavljević, s. r.**

за тајност отправка overava:

4. Прилог уз препис решења

Следи наставак број: 1

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.

ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3



		Наставак прилога уз решење број	3
--	--	---------------------------------	---

Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште	5-11-00 Т .S.Београд I Fi 90/07 16.03.2007.god.
---	--

Наставак: 2	
-------------	--

1.	2.
74846	Ostale poslovne aktivnosti, na drugom mestu nepomenute.
73190	Pružanje saveta u vezi sa kompjuterskom opremom.
72200	Pružanje saveta i izrada kompjuterskih programa.
72300	Obrada podataka.
72400	Изградња базе података.
72600	Ostale aktivnosti u vezi sa kompjuterima.
73101	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u prirodno-matematičkim naukama.
73102	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u tehničko-tehnološkim naukama.
73103	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u multidisciplinarnim naukama.
73109	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u prirodnim naukama.
74140	Konsalting i menadžment poslovi. Holding poslovi.
74150	Arhitektonski i inženjerske aktivnosti i tehnički saveti.
74202	Projektovanje građevinskih i drugih objekata.
74203	Inženjering; inženjering, vođenje projekata i tehničke aktivnosti.

Судија,
Tatjana Vlasisavljević, s.r.
za tačnost otpravka overava:


Следи наставак број: 3

4. Наставак прилога уз препис решења

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист

ОБРАЗАЦ: Наставак прилога уз решење



		ПРИЛОГ УЗ РЕШЕЊЕ БРОЈ		3	
Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште			5-11-00 Т.С.Београд.		
Датум уписа		Ознака и број решења		Број уписа	
16.03.2007.god.		I F1 90/07			
1 Делатности, односно послови и послови спољнотрговинског промета субјекта уписа					
1.		2.			
74204		Ostale arhitektonske i inženjerske aktivnosti i tehnički saveti.			
74390		Tehničko ispitivanje i analiza.			
74112		Ostali pravni poslovi: veštačenje.			
92511		Delatnost biblioteka.			
55510		Kantine.			
55300		Restorani.			
			 <p>Судија, Tatjana Vlasiavljević, s.r. Ostacnost, otpravka, overava:</p>		
Следи наставак број: /			4. ПРИЛОГ УЗ ПРЕПИС РЕШЕЊА		

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија - прилог уз изворник решења и регистарски лист.
ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 3

		Наставак прилога уз решење број	3
--	--	---------------------------------	---

Број регистарског улошка регистарског суда и његово седиште	5-11-00 Т .S. Beograd I Fi 90/07 16.03.2007.god.
---	---

Наставак: 2	
-------------	--

1.	2.
74340	Ostale poslovne aktivnosti, na drugom mestu navedenute.
72100	Pružanje saveta u vezi sa kompjuterskom opremom.
72200	Pružanje saveta i izrada kompjuterskih programa.
72300	Obrada podataka.
72400	Izgradnja baze podataka.
72600	Ostale aktivnosti u vezi sa kompjuterima.
73101	Istraživanja i eksperimentalni razvoj u prirodno-matematičkim naukama.
73102	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u tehničko-tehnološkim naukama.
73103	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u multidisciplinarnim naukama.
73109	Istraživanje i eksperimentalni razvoj u prirodnim naukama.
74140	Konsalting i menadžment poslovi. Holding poslovi.
74150	Arhitektonski i inženjerske aktivnosti i tehnički saveti.
74202	Projekovanje građevinskih i drugih objekata.
74203	Inženjering; inženjering, vođenje projekata i tehničke aktivnosti.

Судија,
Tatjana Vlaisavljević, s.r.
 за тачност отправка overava:

Следи наставак број: 3	4. Наставак прилога уз препис решења
------------------------	--------------------------------------

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист

ОБРАЗАЦ: Наставак прилога уз решење



Посл. бр. 2 Фи 509/2015

Привредни

Београду

Љиљана Вуковић

суд у

судија

као судија појединац у судскорегистарској правној ствари предлагача Универзитет у Београду -

Електротехнички факултет, Београд, ул. Булевар краља Александра бр.73

ради уписа Промене лица овлашћеног за заступање

дана 05.10.2015. г., донео је

РЕШЕЊЕ

Усваја се захтев предлагача за упис у судски регистар и одређује се упис у судски регистар, у регистарски уложак

бр. 5-11-00, података садржаних у прилозима уз пријаву бр. 4

који су саставни део овог решења.



Судија,

Љиљана Вуковић

Привредном апелационом

Поука о правном леку: Против овог решења може се изјавити жалба, преко овог суда,

суду у Београду у року од 8 дана од дана достављања преписа решења.

4. Препис решења

ПРИЛОГ УЗ
РЕШЕЊЕ
БРОЈ

4

Број регистарског улошка регистарског
суда и његово седиште

5 – 11 – 00 Привредни суд у Београду

Датум уписа

Ознака и број решења

Број уписа

Назив суда

05.10.2015.g.

2 Fi 509/15

18

Privredni sud
u Beogradu

1

Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа и границе њихових овлашћења

Уписује се др. ЗОРАН ЈОВАНОВИЋ, редовни професор, за декана Електротехничког факултета
Универзитета у Београду, са неограниченим овлашћењима, ЈМБГ 1208953710475

брише се

др Бранко Ковачевић, редовни професор, у својству декана Електротехничког факултета Универзитета у
Београду, са неограниченим овлашћењима, ЈМБГ 2906951714026

2

Имена лица овлашћених за заступање субјекта уписа у обављању послова спољнотрговинског промета и
границе њихових овлашћења

Судија,



.....

Следи наставак број:

4. ПРИЛОГ УЗ ПРЕПИС РЕШЕЊА

Овлашћено лице потписује само прилог уз пријаву, а судија – прилог уз изворник решења и регистарски лист.
ОБРАЗАЦ: Прилог уз решење број 4



РЕПУБЛИКА СРБИЈА
МИНИСТАРСТВО ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ,
РУДАРСТВА И ПРОСТОРНОГ ПЛАНИРАЊА

Сектор за грађевинарство, инвестиције и
грађевинско земљиште

Број: 351-02-01199/2006-07

Датум: 15.11.2011. године

Немањина 22-26

Решавајући по захтеву Електротехничког факултета Универзитета у Београду - Београд, Краља Александра бр. 73, за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине на основу члана 16. Закона о министарствима ("Службени гласник РС", бр. 16/11), члана 126. став 4. и члана 222. став 2. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/2009, 81/2009, 64/2010 и 24/2011), и члана 192. Закона о општем управном поступку ("Службени лист СРЈ", бр. 33/1997 и 31/2001 и "Службени гласник РС", бр. 30/2010), по овлашћењу министра животне средине, рударства и просторног планирања број: 021-01-10/2011 од 28.03.2011. године, помоћник министра доноси

Р Е Ш Е Њ Е

1. Утврђује се да **Електротехнички факултет Универзитета у Београду - Београд, Краља Александра бр. 73, ИСПУЊАВА УСЛОВЕ** за добијање лиценце за израду техничке документације за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине и то:

П050Е4 – пројеката управљања електромоторним погонима – аутоматика, мерења и регулација за хидроелектране са припадајућом браном снаге 10 и више MW

П052Е4 – пројеката управљања електромоторним погонима – аутоматика, мерења и регулација за термоелектране снаге 10 и више MW

П061Е1 – пројеката електроенергетских инсталација високог и средњег напона за далеководе напона 110 и више KV

П062Е1 – пројеката електроенергетских инсталација високог и средњег напона за трафостанице напона 110 и више KV

П150Е3 – пројеката телекомуникационих мрежа и система за телекомуникационе објекте, односно мреже, системе или средства која су међународног и магистралног значаја

П151Е3 – пројеката телекомуникационих мрежа и система за телекомуникационе објекте, односно мреже, системе или средства која се граде на територији две или више општина

Образложење

Електротехнички факултет Универзитета у Београду - Београд, Краља Александра бр. 73, поднело је овом министарству 07.10.2011. године захтев број: 351-02-01199/2006-07 за издавање лиценце за израду техничке документације за објекте за објекте за које грађевинску дозволу издаје министарство надлежно за послове грађевинарства, или надлежни орган аутономне покрајине.

Уз захтев за издавање лиценце достављена је сва потребна документација прописана чланом 126. Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09, 64/10 и 24/11) и чланом 4. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци ("Службени гласник РС", бр. 114/04).

На седници стручне комисије образоване од стране министра, одржаној дана 15.11.2011. године утврђено је да подносилац захтева испуњава услове за добијање наведене лиценце, у смислу одредби чл. 126. Закона о планирању и изградњи и чл. 7. и чл. 14. Правилника о начину, поступку и садржини података за утврђивање испуњености услова за издавање лиценце за израду техничке документације и лиценце за грађење објеката за које одобрење за изградњу издаје министарство, односно аутономна покрајина, као и о условима за одузимање тих лиценци.

На основу изнетог, на предлог стручне комисије и члана 192. Закона о општем управном поступку, одлучено је као у диспозитиву решења.

Такса за ово решење наплаћена је у износу од 16.570,00 (шеснаестхиљадапетстотинаседамдесет) динара.

Упутство о правном средству: Ово решење је коначно у управном поступку и против њега се не може изјавити жалба, али се може покренути управни спор тужбом код Управног суда Србије у року од 30 дана од дана достављања.

Решење доставити: **подносиоцу захтева**, надлежној инспекцији и архиви овог министарства.

ПОМОЋНИК МИНИСТРА

Александра Дамњановић-Петровић, дипл.правник



	ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITET U BEOGRADU Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija
	+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48, ETF-sopstveni prihodi
Katedra za telekomunikacije +381 (0) 11 - Tel 3218422, Fax 3218399, e-mail: radio_lab@etf.rs	

Na osnovu odredbi člana 126. i 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS" broj 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014), kao i shodno Odluci fakulteta, donosim:

REŠENJE O ODREĐIVANJU PROJEKTANATA NA IZRADI

STUDIJE IZVODLJIVOSTI MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

Ovlašćujem kao odgovorne projektante

prof. dr Aleksandra Neškovića, dipl.ing.,
doc. dr Gorana Markovića, dipl.ing.,

projektanta

prof. dr Natašu Nešković, dipl.ing.,

i saradnike

dr Mladena Koprivicu, dipl.ing.,
Vladimir Slavković, dipl.ing., i
mr Irenu Marković, dipl. ing

za projektovanje - izradu investiciono-tehničke dokumentacije.

Za Elektrotehnički fakultet



Zoran Jovanović
 Prof. dr Zoran Jovanović, dekan



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Александар М. Нешковић

дипломирани инжењер електротехнике

ЈМБ 0312968710348

одговорни пројектант

телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце

353 4448 03



У Београду,
13. новембра 2003. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Милош Лазовић

Проф. др Милош Лазовић
дипл. грађ. инж.

Број: 12-02/241985
Београд, 02.11.2016. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије
("СГ РС", бр. 88/05 и 16/09), а на лични захтев члана Коморе,
Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Александар М. Нешковић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 4448 03

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система

на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је
измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 13.11.2017.
године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



Председник Инжењерске коморе Србије

Проф. др Милисав Дамњановић, дипл. инж. арх.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Горан Б. Марковић

дипломирани инжењер електротехнике

ЈМБ 1008973752027

одговорни пројектант

телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце

353 Н934 09

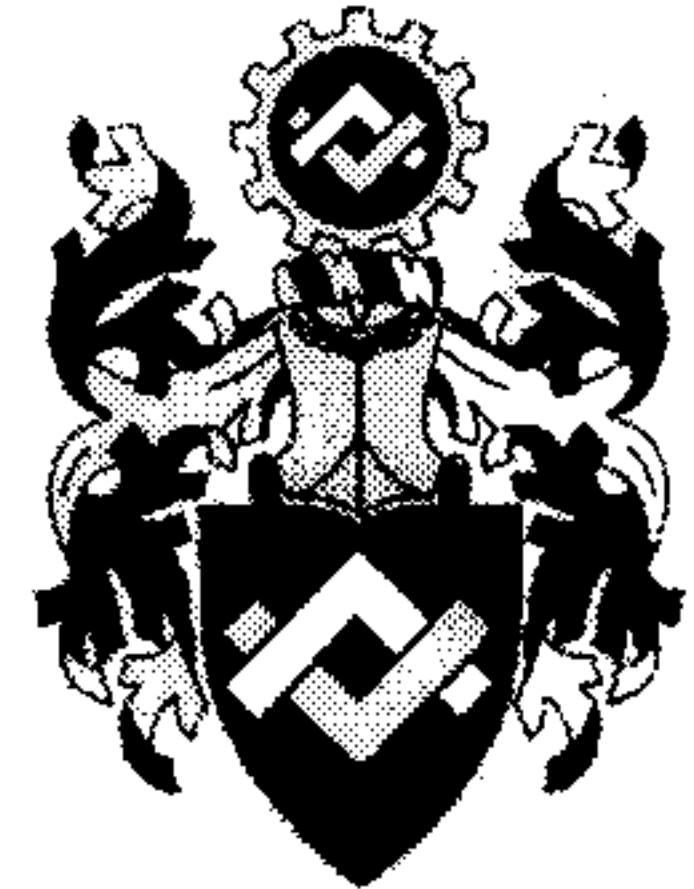


У Београду,
24. септембра 2009. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Проф. др Драгослав Шумарац
дипл. грађ. инж.

Број: 12-02/241570
Београд, 31.10.2016. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије ("СГ РС", бр. 88/05 и 16/09), а на лични захтев члана Коморе, Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Горан Б. Марковић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 H934 09

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система

на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 24.09.2017. године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



М.П.

Председник Инжењерске коморе Србије

Проф. др Милисав Дамњановић, дипл. инж. арх.



ИНЖЕЊЕРСКА КОМОРА СРБИЈЕ

ЛИЦЕНЦА

ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу Закона о планирању и изградњи и
Статута Инжењерске коморе Србије

УПРАВНИ ОДБОР ИНЖЕЊЕРСКЕ КОМОРЕ СРБИЈЕ
утврђује да је

Наташа Ј. Непковић

дипломирани инжењер електротехнике

ЈМБ 1608969785015

одговорни пројектант

телекомуникационих мрежа и система

Број лиценце

353 4449 03



У Београду,
13. новембра 2003. године

ПРЕДСЕДНИК КОМОРЕ

Милош Лазовић

Проф. др Милош Лазовић
дипл. грађ. инж.

Број: 12-02/241983
Београд, 02.11.2016. године



На основу члана 75. Статута Инжењерске коморе Србије
("СГ РС", бр. 88/05 и 16/09), а на лични захтев члана Коморе,
Инжењерска комора Србије издаје

ПОТВРДУ

Којом се потврђује да је Наташа Ј. Нешковић, дипл.инж.ел.
лиценца број

353 4449 03

за

одговорног пројектанта телекомуникационих мрежа и система

на дан издавања ове потврде члан Инжењерске коморе Србије, да је
измирио обавезу плаћања чланарине Комори закључно са 13.11.2017.
године, као и да му одлуком Суда части издата лиценца није одузета.



Председник Инжењерске коморе Србије

Проф. др Милисав Дамњановић, дипл. инж. арх.

	ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITET U BEOGRADU Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija
	+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48, ETF-sopstveni prihodi
	Katedra za telekomunikacije +381 (0) 11 - Tel 3218422, Fax 3218399, e-mail: radio_lab@etf.rs

Na osnovu odredbi člana 126. i 128. Zakona o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS" broj 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 – odluka US, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka US, 50/2013 - odluka US, 98/2013 - odluka US, 132/2014 i 145/2014), kao i shodno Odluci fakulteta, donosim:

POTVRDU

da je

STUDIJA IZVODLJIVOSTI MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

dalje priložen uz ovaj dokument usaglašen u svim svojim delovima.

Odgovorni projektanti:



Prof. dr Aleksandar Nešković, dipl.ing.




Doc. dr Goran Marković, dipl.ing.

	ETF – ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET UNIVERZITET U BEOGRADU Bulevar kralja Aleksandra 73, PF 3554, 11120 Beograd, Srbija
	+381 (0) 11 - Tel 3248464, Fax 3248681, Račun 840-1438666-48, ETF-sopstveni prihodi
	Katedra za telekomunikacije +381 (0) 11 - Tel 3218422, Fax 3218399, e-mail: radio_lab@etf.rs

IZJAVA O KORIŠĆENJU PROPISA



Prilikom izrade priložene

STUDIJA IZVODLJIVOSTI MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

korišćeni su zakonski i podzakonski propisi, kao i međunarodne preporuke i standardi navedeni u prilogu 1 ove izjave.

Prilog:1

Odgovorni projektanti:



 Prof. dr Aleksandar Nešković, dipl.ing.



 Doc. dr Goran Marković, dipl.ing.

Prilog 1

Izjave odgovornog projektanta o korišćenju propisa

Prilikom izrade

STUDIJA IZVODLJIVOSTI MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

korišćeni su sledeći propisi:

Međunarodni propisi:

- International Telecommunication Union, "Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)".
- ITU-R SM.1875-2; „DVB-T coverage measurements and verification of planning criteria”, ITU, Aug. 2014.
- ITU-R Report BT.2389-0: “Guidelines on measurements for digital terrestrial television broadcasting systems”, ITU, Feb. 2016.
- ITU-R BT.2254-2: “Frequency and network planning aspects of DVB-T2”, ITU, Nov. 2014.
- ITU-R BT.2033-1: “Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands”, ITU, Feb. 2015.
- ITU-R P.530: “Propagation data and prediction methods required for the design of terrestrial line-of-sight systems“, ITU, July, 2015.
- ETSI 101 290 v.1.3.1: “Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems”, ETSI, July 2014.
- ETSI EN 302 755 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI, Ver.1.4.1, July 2015.
- ETSI TS 102 831 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI, Ver.1.2.1, Aug. 2012.
- ETSI TS 102 773 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI, Ver.1.4.1, Mar. 2016.
- ETSI TS 102 191 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization”, ETSI, Ver.1.1.1, June 2004.
- ETSI TS 102 992 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system”, ETSI, Ver.1.1.1, Sep. 2010.
- ETSI TS 102 606-1 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE); Part 1: Protocol”, ETSI, Ver.1.2.1, July 2014.

- ETSI TS 102 034 standard, "Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks (and associated XML)", ETSI, Ver.2.1.1, Apr. 2016.
- Preporuke ETSI-DVB;
- Preporuke ITU-R SM
- Preporuke ITU-R BT
- Preporuke ITU, ETSI, ISO/IEC, ANSI;
- Ostali relevantni propisi.

Nacionalni propisi:

- Zakon o planiranju i izgradnji ("Službeni glasnik RS", br. 72/2009, 81/2009 - ispr., 64/2010 - odluka Ustavnog Suda, 24/2011, 121/2012, 42/2013 - odluka Ustavnog Suda, 50/2013 - odluka Ustavnog Suda, 98/2013 - odluka Ustavnog Suda, 132/2014 i 145/2014);
- Zakon o elektronskim komunikacijama ("Službeni glasnik RS", br. 44/2010, br. 62/2014);
- „Zakon o potvrđivanju Završnih akata Regionalne konferencije o radio-komunikacijama za planiranje digitalne terestijalne radiodifuzne službe u delovima Regiona 1 i 3, u frekvencijskim opsezima 174-230 MHz i 470-862 MHz (RRC-06),” ("Službeni Glasnik Republike Srbije – Međunarodni ugovori”, broj 4/10).
- „Pravilnik o prelasku sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog programa i pristup multipleksu”, („Službeni glasnik Republike Srbije“ broj 68/14, 18/15, 30/15 i 50/15).
- Strategija razvoja elektronskih komunikacija u periodu od 2010. do 2020. godine ("Službeni glasnik RS", br. 68/2010);
- Akcioni plan za sprovođenje strategije razvoja elektronskih komunikacija u Republici Srbiji od 2010. do 2020.;
- Plan namene radio-frekvencijskih opsega ("Sl. glasnik RS", br. 99/12).
- Pravilnik o tehničkim merama za izgradnju, postavljanje i održavanje antenskih postrojenja ("Sl. list SFRJ" br. 1/1969);
- Pravilnik o tehničkim i drugim zahtevima pri izgradnji prateće infrastrukture potrebne za postavljanje elektronskih komunikacionih mreža, pripadajućih sredstava i elektronske komunikacione opreme prilikom izgradnje poslovnih i stambenih objekata "Službeni glasnik RS", br. 44/2010);
- Zakon o bezbednosti i zdravlju na radu ("Službeni glasnik RS", br. 101/2005, 91/2015);
- Zakon o zaštiti od požara ("Sl. glasnik RS" br. 111/2009 i 20/2015);
- Zakon o kulturnim dobrima ("Sl. glasnik RS" br.71/1994);
- Zakon o zaštiti životne sredine ("Sl. glasnik RS" br. 135/2004 i 36/2009);
- Zakon o proceni uticaja na životnu sredinu ("Sl. glasnik RS" br. 135/2004, 36/2009);
- Svi tehnički uslovi i uputstva RATEL-a iz predmetne oblasti.
- Ostali relevantni propisi

II PROJEKTNİ ZADATAK

Партија II – Студија изводљивости изградње мреже сензора за праћање квалитета дигиталне телевизије

Преласком са аналогног на дигитално терестричко емитовање телевизијског програма стекли су се неопходни предуслови за омогућавање уједначеног нивоа квалитета пријемног сигнала у зони опслуживања. Иницијално планирање и оптимизација мреже за дистрибуцију програма треба да омогуће испуњавање услова за покривање становништва који су наведени у Правилнику о преласку са аналогног на дигитално емитовање телевизијског програма и приступу мултиплексу. При томе, пријемни сигнал код крајњих корисника треба да буде приближно константног квалитета, независно од атмосферских и других услова. Проверу оствареног покривања је могуће обавити периодичним мерењем битних параметара сигнала у комбинацији са софтверском предикцијом, док је континуалну проверу квалитета пријемног сигнала могуће обавити само уз помоћ стационарне мреже даљински контролисаних пријемника.

Студија изводљивости (у даљем тексту Студија) треба да покаже да ли постоји економска и друштвена оправданост за формирање система за мониторинг, чију основу би чинио центар управљања и мрежа фиксно постављених мерних станица уз помоћ које би се континуално мониторишао квалитет дигиталног телевизијског сигнала на територији Републике Србије.

Такође, имајући у виду да економско - финансијски аспект пројекта зависи пре свега од комплексности и конфигурације мреже, као и од техничких карактеристика компонената у систему за мониторинг, у Студији треба да буде предложен оптималан однос очекиваних улагања и реализованих перформанси оваквог система.

Студија мора да садржи:

- Дефиницију предмета студије.
- Мотив и циљ студије.
- Процену економске и друштвене оправданости изградње специјализованог система за мониторинг квалитета дигиталног телевизијског сигнала.
- Упоредну анализу резултата који се могу добити уз употребу оваквог специјализованог система и уз употребу система даљински управљаних фиксних и мобилних контролно-мерних станица за мониторинг РФ спектра.
- Преглед реализованих система за ову намену у окружењу, Европи и свету; за сваки од реализованих система треба да буду приказане перформансе опреме (хардверских компонената и софтвера за мониторинг), конфигурација мреже и комплексност система.
- Искуства других корисника у смислу приказа ефеката који су добијени употребом оваквих система за мониторинг.
- Анализу потенцијалних разлога и процену вероватноће за појаву значајних промена у квалитету пријемног сигнала у одређеним временским периодима.
- Преглед опреме за ову намену која је расположива на домаћем и европском тржишту. За све расположиве компоненте система треба да буду приказане детаљне функционалне и техничке карактеристике, као и приближна цена.
- Техничке захтеве за компоненте мерне станице: мерни пријемник и стандардну мерну антену.

- Листу параметара дигиталног телевизијског сигнала чије вредности је неопходно мониторисати у оваквом систему (ниво сигнала, MER, BER, C/N итд.). За сваки од параметара је потребно назначити граничне вредности за задовољавајући квалитет пријемног сигнала.
 - Процену неопходне брзине освежавања мерних резултата.
 - Техничке захтеве за софтвер у центру управљања.
 - Предлог оптималног начина обраде мерних резултата (хистограм, функција расподеле вероватноће, CCDF – комплементарна кумулативна функција расподеле, стандардна девијација, средња вредност, медијанска вредност, минимална и максимална вредност итд.) и њиховог приказивања.
 - Анализу потребе за статистичким обједињавањем резултата добијених са више мерних станица, из одређених географских области или из целе мреже.
 - Анализу потребе за чувањем узорака комплетног емитованог дигиталног садржаја („*Transport stream*“).
 - Предлог оптималног временског периода чувања резултата мрежа параметара, односно узорака комплетног емитованог дигиталног садржаја.
 - Процену неопходних меморијских капацитета у центру управљања.
 - Техничке захтеве за телекомуникациони линк (проток, IP адреса итд.) којим се мерни пријемник повезује у систем за мониторинг.
 - Анализу потребе за повезивањем резултата мрежа са подацима о временским условима који постоје у тренутку мрежа, у циљу једноставнијег разјашњавања промена у квалитету пријемног сигнала.
 - Анализу потребе за генерисањем аларма у случају детектовања резултата мрежа који је ван опсега вредности потребних за задовољавајући квалитет пријемног сигнала.
 - Анализу потребе за аутоматским генерисањем извештаја у предефинисаним временским периодима или у случају појаве проблема у пријему.
 - Предлог конкретних типова опреме за центар управљања (рачунарски ресурси, софтвер) и за мерну станицу (мерни пријемник, пријемна антена), који испуњавају предвиђене техничке захтеве и обезбеђује оптималан однос улагања и перформанси система.
 - Техничке услове, укључујући и услове електромагнетске компатибилности, за постављање мерне станице.
 - Опис оптималних типских локација за постављање мерних станица.
 - Процену потребног броја мерних пријемника у мрежи који ће омогућити прихватљив ниво и поузданост провере квалитета дигиталног ТВ сигнала на територији Републике Србије. Потребно је узети у обзир локације предајника наведене у Плану расподеле фреквенција за терестричке дигиталне ТВ радиодифузне станице, односно у РАТЕЛ-овој бази података о коришћењу радиофреквенцијског спектра.
 - Оквиран просторни (географски) распоред мерних станица у интегралној мрежи на територији Републике Србије.
 - Приближан распоред локација мерних станица у зонама великих градова.
 - Предлог динамике реализације оваквог система, по фазама, тако да се омогући покривање зона са највећом густином популације, односно високоурбаних зона, у што краћем периоду.
 - Укупан износ и структуру процењених трошкова за реализацију и одржавање система.

III ELABORAT

1. UVOD

Proces prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog signala na teritoriji Republike Srbije obavljen je na osnovu primene standarda za digitalno emitovanje televizije (*Digital Video Broadcasting, DVB*) druge generacije, DVB-T2 standarda, i uz primenu MPEG-4 kompresije video signala. Osnovni strateški dokument za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog signala „Strategija za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji”, [1], iz 2009. godine donelo je tada nadležno Ministarstvo za telekomunikacije i informaciono društvo. Dokumentom su bili definisani svi osnovni uslovi procesa prelaska na digitalno zemaljsko emitovanje, od kojih su najvažniji bili: primena DVB-T2 standarda, primena MPEG-4 (H.264 AVC) kao standarda za kompresiju video signala, i korišćenje mreže za emitovanje signala po zonama raspodele SFN (*Single Frequency Network*) tipa. Dodatno, definisano je da se u okviru sistema za digitalno zemaljsko emitovanje televizije ne koriste radio-frekvencijsku (RF) kanali od 57 do 69, a u cilju njihovog kasnijeg korišćenja za potrebe digitalne dividende.

Na osnovu kasnije izrađenih planskih dokumenata, kao i uspostavljanja regulatornog okvira od strane Vlade Republike Srbije, Ministarstva nadležnog za oblasti telekomunikacija i informisanja, Republičke agencije za elektronske komunikacije i poštanske usluge (RATEL) i Republičke Radiodifuzne Agencije (RRA), prva faza u sprovedenom procesu digitalizacije emitovanja televizijskog programa kroz mrežu zemaljskih televizijskih predajnika u Republici Srbiji započela je formiranjem inicijalne mreže puštene u rad 21.03.2012. godine. Inicijalnu mrežu činilo je ukupno 15 lokacija (13 lokacija predajnika i 2 repetitorske lokacije), čijom je izgradnjom rukovodilo Javno preduzeće „Emisiona tehnika i veze” Beograd (u daljem tekstu JP ETV), kojem je povereno upravljanje emisionom infrastrukturom u Republici Srbiji. U skladu sa javnim ovlašćenjem dodeljenim od Vlade Republike Srbije, JP ETV predstavlja, između ostalog, ovlašćenog operatera sistema za radiodifuziju digitalne zemaljske televizije (*Digital Terrestrial Television Broadcasting, DTTB*) u Republici Srbiji.

U okviru procesa razvoja DTTB sistema u Republici Srbiji, frekvencijsko planiranje za digitalnu radiodifuznu službu izvršeno je u skladu sa odredbama međunarodnog sporazuma usvojenog na Regionalnoj konferenciji o radio-komunikacijama Međunarodne unije za telekomunikacije (*International Telecommunication Union, ITU*) održanoj 2006. godine u Ženevi (RRC-06), odnosno usvojenim međunarodnim planom raspodele radio frekvencija za digitalni zemaljski prenos radio i televizijskog programa (tzv. Plan digitalne radiodifuzije -

GE06 Plan). Formalno, ovaj dokument pod nazivom „Završni akti Regionalne konferencije o radio-komunikacijama za planiranje digitalne terestijalne radiodifuzne službe u delovima Regiona 1 i 3, u frekvencijskim opsezima 174-230 MHz i 470-862 MHz (RRC-06)”, ratifikovan je odgovarajućim Zakonom, [2], u Narodnoj skupštini Republike Srbije.

Nakon inicijalne mreže, kojom je ostvareno pokrivanje teritorije na kojoj živi približno 40% stanovništva Srbije, usledio je dalji razvoj i izgradnja mreže TV predajnika, koju trenutno, po javno dostupnim podacima na sajtu JP ETV, čini više od 200 predajničkih i repetitorskih lokacija, [3]. Ovom mrežom, prema podacima objavljenim zvanično od strane JP ETV, sa zahtevanim nivoom kvaliteta ostvareno je pokrivanje 97.82%, 96.77% i 96.03% stanovnika Republike Srbije, za signale prvog multipleksa (MUX1), drugog multipleksa (MUX2) i trećeg multipleksa (MUX3), respektivno, [3].

Na osnovu prethodno opisanog procesa prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog (TV) programa, trenutno je za svaki od posmatrana tri multipleksa ostvaren određeni nivo kvaliteta signala u zoni opsluživanja. Inicijalno planiranje i kasnija optimizacija mreže predajnika za distribuciju televizijskog programa trebalo je da omoguće ispunjavanje uslova koji su propisani „Pravilnikom o prelasku sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog programa i pristupu multipleksu” iz 2014. godine, [4] donetog, na predlog RATEL-a, od strane Ministarstva za trgovinu, turizam i telekomunikacije. Samim tim, u ovom trenutku ispunjeni su osnovni preduslovi za početak obavljanja poslova vezanih za održavanje i unapređenje postignutog kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB u zonama opsluživanja, kao i ujednačavanje kvaliteta servisa. Pri tome, trebalo bi da se ostvari da, posmatrano u vremenu, prijemni signal sistema DTTB ima približno konstantan kvalitet, ujednačen po regionima, i to nezavisno od atmosferskih i drugih uslova.

Povereni poslovi provere ostvarenog radio pokrivanja DTTB mreže od strane RATEL-a, a u skladu sa zakonskim obavezama i ovlašćenjima nacionalne regulatorne agencije (NRA), u principu se mogu obavljati vršenjem periodičnih merenja bitnih parametara signala sistema DTTB na pojedinim delovima teritorije, uz poređenje i kombinovanje sa rezultatima dobijenim predikcijom uz korišćenje odgovarajućih softverskih alata. Naravno, redovnom tehničkom kontrolom predajnika sistema DTTB, u skladu sa odgovarajućim pravilnikom, [5], moguće je vršiti i kontrolu tehničke ispravnosti instalacija i sistema na lokacijama predajnika, kao i njihove usklađenosti sa izdatim radio dozvolama.

Ipak, prethodno navedene aktivnosti mogu obezbediti efektivnu i pouzdanu kontrolu kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB u Srbiji, samo u onim periodima vremena u kojima se obavlja merenje bitnih parametara signala i to na određenom prostoru u okviru celokupne teritorije Republike Srbije, tj. relativno malog procenta zone opsluživanja u jednom trenutku. S druge strane, primenom specijalizovanih softverskih alata moguće je obavljati procenu kvaliteta u granicama tačnosti matematičkih modela primenjenih u okviru onih softverskih alata koji su na raspolaganju RATEL-u. Osim toga, treba naglasiti, da uzimajući u obzir trenutnu tehničku i kadrovsku opremljenost Službe za kontrolu, Sektora za elektronske komunikacije RATEL-a, koja obavlja navedene poslove, kao i trenutni, veoma visoki nivo angažovanja zaposlenih u okviru ove Službe, nije moguće sprovesti intenzivne i učestale kampanje merenja kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB u celokupnoj oblasti zone opsluživanja ovog sistema.

Pouzdana i kontinualna kontrola kvaliteta rada sistema DTTB na teritoriji Republike Srbije, kojom bi se mogli detektovati, identifikovati i registrovati povremeni, periodični ili slabo učestali događaji koji izazivaju smanjivanje kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB samo u određenim periodima vremena i delovima teritorije zone opsluživanja, mogla bi se obaviti realizacijom i primenom stacionarne mreže daljinski kontrolisanih mernih prijemnika (sondi, senzora). Naime, korišćenjem pomenute stacionarne mreže senzora za praćenje i nadgledanje (monitoring) kvaliteta digitalne televizije, preko koje bi se obavljao kontinualni

prijem i merenje bitnih parametara signala sistema DTTB na većem broju lokacija, u svakom trenutku bi se generisao reprezentativni uzorak za ocenu kvaliteta i regularnosti rada mreže predajnika sistema DTTB na celokupnom ili najvećem delu zone opsluživanja. Time bi se omogućio kontinualni uvid u trenutno stanje mreže predajnika i ispravnost njihovog rada. Samim tim, primenom ovakvog oblika sistema za monitoring bilo bi moguće detektovati i zabeležiti čak i trenutne, kratkotrajne promene u kvalitetu servisa sistema DTTB, a analizom prikupljenih podataka eventualno i uzroke ovih promena. Time bi se stvorili preduslovi za dokumentovano ukazivanje na neujednačen, promenljiv ili pogoršan kvalitet servisa sistema DTTB u pojedinim periodima vremena i/ili delovima planirane zone opsluživanja, kao i za unapređenje kvaliteta rada sistema DTTB na teritoriji Srbije na osnovu kontinualne kontrole rada operatera sistema DTTB (tj. JP ETV kao jedinog emitera). Dodatni pozitivni efekti primene ovakvog sistema mogli bi se ostvariti u saradnji sa JP ETV, ukazivanjem na moguće uzroke detektovanih negativnih pojava, na osnovu statističke i uporedne analize prikupljenih mernih rezultata, kao i njihovim otklanjanjem od strane JP ETV. Osim toga, primenom sistema za monitoring kvaliteta sistema DTTB, razvijenog na osnovu ovakve mreže senzora, omogućava se kontinualno prikupljanje i analiza svih potrebnih podataka koji mogu da ukažu na određene nedostatke u dizajnu sistema DTTB u određenim delovima zone opsluživanja, čime se, takođe, stvaraju preduslovi za održavanje, ujednačavanje i unapređenje trenutno postignutog nivoa kvaliteta prijemnog signala u delovima ili celokupnoj zoni opsluživanja.

Prethodno nabrojana moguća unapređenja kvaliteta servisa sistema DTTB u Srbiji, predstavljaju jedan od osnovnih motiva za izradu ove Studije izvodljivosti za izgradnju mreže senzora za praćenje kvaliteta signala digitalne televizije (u daljem tekstu Studija). Pri tome, Studija, između ostalog, treba da definiše koncept rada i osnovne karakteristike tehničkog rešenja u pogledu složenosti, konfiguracije i prostornog rasporeda mreže senzora koji bi činili jedan ovakav sistem za monitoring. Osim toga, predmet Studije predstavlja i problem definisanja osnovnih neophodnih parametara signala digitalne televizije čiji prijem i merenje treba obavljati, kao i neophodnih tehničkih karakteristika mernih uređaja i pratećih instalacija mernih stanica, ali i ostalih komponenti u planiranom sistemu za monitoring signala sistema DTTB.

Praktična realizacija sistema za praćenje i nadgledanje (monitoring) kvaliteta digitalne televizije na teritoriji celokupne zone opsluživanja, koja praktično obuhvata 90% do 98% teritorije Republike Srbije zavisno od posmatranog multipleksa, zahteva instalaciju određenog broja stacionarnih (fiksni) daljinski kontrolisanih mernih stanica (*Fixed Remote Controlled Measuring Stations*, FRCMS). Ove merne stanice moraju biti opremljene odgovarajućom mernom opremom kao i drugom opremom koja omogućava umrežavanje u okviru sistema. Rad sistema ovog tipa zahteva i formiranje jednog centra za prikupljanje, skladištenje i obradu mernih podataka i upravljenje radom FRCMS, tzv. centar upravljanja, kao i realizaciju i permanentno održavanje mreže komunikacionih linkova za povezivanje FRCMS i centra upravljanja.

Realizacija sistema za monitoring se može posmatrati kao problem što tačnijeg kontinualnog prikupljanja trenutnih podataka o kvalitetu prijema u lokalnim zonama na kojima se nalaze korisnici servisa (tj. u naseljenim mestima na praktično celoj teritoriji države). U ovom slučaju trebalo bi izvršiti masovno instaliranje senzora (mernih prijemnika za DVB-T2 signal) na objektima krajnjih korisnika, sa manjom ili većom gustinom prostornog rasporeda, a koji treba da primaju signal pod sličnim uslovima kao i krajnji korisnici. Na ovaj način dobili bi mrežu senzora koji se sastoji od izuzetno velikog broja senzora (FRCMS), raspoređenih na celokupnoj teritoriji koji moraju biti povezani sa centrom upravljanja u cilju kontrole rada i dostavljanja izmerenih vrednosti.

Sa druge strane, realizacija sistema za monitoring se može posmatrati kao problem nadgledanja ispravnosti rada samih predajnika, pri čemu bi se detektovali poremećaji u radu

predajnika koji mogu izazvati pogoršanje kvaliteta prijema u zoni servisa posmatranog predajnika. Ovakvo rešenje bi zahteva da se instalira određen broj mernih stanica, opremljen mernom opremom i komunikacionom opremom za potrebe umrežavanja u sistem, čijim se radom omogućava nadgledanje svih ili određenog skupa predajnika DTTB mreže. Opisani način realizacije sistema podrazumeva znatno manji broj mernih stanica u odnosu na prethodno rešenje, pa je stoga ovaj način realizacije sistema za monitoring posebno analiziran u okviru Studije.

U procesu analize i donošenja odluke o koncepciji rada sistema za monitoring kvaliteta DTTB, treba imati u vidu da instalacija velikog broja mernih stanica iziskuje relativno velika kapitalna ulaganja (troškove), a posebno treba uzeti u obzir i da se u tom slučaju mogu očekivati i značajni operativni troškovi tokom pretpostavljene dugotrajne eksploatacije i održavanja jednog ovakvog sistema.

Stoga, a u skladu sa Projektnim zadatkom, Studija treba da ocenu ekonomske i društvena opravdanost izgradnjesisistema za monitoring, koji se sastoji od centra upravljanja i mreže fiksnih daljinski upravljanih mernih stanica (FCRMS), koji obavlja kontinualno praćenje i nadgledanje (monitoring) kvaliteta digitalnog televizijskog signala, tj. kvalitet servisa postojećeg sistema DTTB, na teritoriji Republike Srbije. Naravno, budući da ocena ekonomske isplativnosti i društvene opravdanosti u značajnoj meri zavisi od procene investicione vrednosti, ali i drugih ekonomsko-finansijskih aspekata realizacije projekta izgradnje sistema, jedan od ciljeva izrade Studije je definisanje i sagledavanje mogućih varijanti sistema (za dva prethodno definisana koncepta) za monitoring, a koje bi bile razmatrane sa stanovišta optimalnog odnosa očekivanih ulaganja i mogućih (realno ostvarivih) performansi sistema nakon realizacije, odnosno dobitaka koji se mogu ostvariti primenom ovog sistema na osnovu ostvarivanja kontinualne kontrole kvaliteta sistema DTTB u Srbiji.

U skladu sa definisanim motivima i ciljevima izrade Studije, predmet Studije obuhvata definisanje koncepta idejnog rešenja sistema za monitoring kvaliteta sistema DTTB na teritoriji Republike Srbije, baziran na mreži fiksnih daljinski upravljanih mernih senzora, pri čemu je u skladu sa prirodom projektovanog rešenja, kao i zahtevima Projektnog zadatka, potrebno obuhvatiti:

- pregled karakteristika i načina realizacije sličnih rešenja (sistema za monitoring) u okruženju i Evropi, kao i iskustva u smislu efekata primene ovakvih sistema na unapređenje i održavanje kvaliteta sistema DTTB;
- pregled, opis tehničkih karakteristika i mogućnosti, kao i uslova primene, raspoloživih hardverskih i softverskih rešenja za komponente posmatranog sistema na domaćem i Evropskom tržištu;
- definisanje osnovnog koncepta rada, konfiguracije i komponenti planiranog sistema za monitoring, kao i tehničkih zahteva za komponente merne stanice na tipičnoj mernoj lokaciji, odnosno osnovne tehničke zahteve za softver i hardver u centru upravljanja;
- definisanje skupa parametara DVB-T2 signala koje je potrebno meriti, periodičnost merenja, kao i način definisanja graničnih vrednosti na osnovu kojih se mogu detektovati poremećaji u smislu regularnog rada, odnosno pogoršanja u pogledu kvaliteta servisa sistema DTTB;
- predlog načina organizacije rada, obrade mernih rezultata i prikaza dobijenih rezultata, kao i potrebu za čuvanjem ovih rezultata uz procenu potrebnih memorijskih kapaciteta u centru upravljanja;
- definisanje osnovnih tehničkih zahteva za realizaciju komunikacionih linkova između mernih stanica i centra upravljanja;

- opis i generalni prostorni raspored mernih lokacija, pri čemu se kao ulazni podaci za analizu posmatraju oni navedeni u Planu raspodele frekvencija za zemaljske digitalne TV radiodifuzne stanice i RATEL-ova baza podataka o korišćenju radiofrekvencijskog (RF) spektra; i
- predlog i dinamiku realizacije sistema, uz procenu iznosa i strukture troškova za realizaciju i održavanje sistema.

1.1 ANALIZA DRUŠTVENE OPRAVDANOSTI

Sistem za digitalno emitovanje zemaljske televizije u Srbiji, kojim upravlja JP ETV, predstavlja jedini sistem tog tipa na teritoriji Republike Srbije. Samim tim, relativno veliki procenat stanovništva prijem domaćih televizijskih programa može ostvariti jedino putem ovog sistema ili eventualno korišćenjem prijemnika za satelitsku televiziju. Ovo je pogotovo slučaj u ruralnim sredinama, manjim gradskim naseljima, ali i delova većih gradova u kojima ne postoji odgovarajuća telekomunikaciona infrastruktura, tj. kvalitetne KDS, xDSL (*Digital Subscriber Line*) ili optičke mreže za pristup. Samim tim, na osnovu potrebe i prava građana na pravovremeno i pouzdano informisanje, kao i drugih veoma bitnih aspekata raspoloživosti i značaja servisa televizije za građane, sistem za digitalno emitovanje zemaljske televizije u Srbiji ima sam po sebi veoma veliki društveni značaj. Stoga, održavanje i poboljšanje kvaliteta prijema signala ovog sistema, kao i ujednačen kvalitet servisa ovog sistema na celoj teritoriji predstavlja opšti društveni interes.

RATEL u skladu sa zakonskim obavezama i ovlašćenjima, a na osnovu Zakona o elektronskim komunikacijama („Službeni glasnik Republike Srbije“ broj 44/2010 i 62/2014), obavlja poslove kontrole korišćenja RF spektra, u sklopu kojih između ostalog spadaju i poslovi na proveri i utvrđivanju zone pokrivanja, kao i poslovi provere kvaliteta pružanja elektronske komunikacione usluge koja se pruža bežičnim putem, odnosno svi drugi poslovi u ovoj oblasti definisani Zakonom i podzakonskim aktima. U ovom trenutku, RATEL poverene poslove provere ostvarenog radio pokrivanja DTTB mreže i kvaliteta pruženog servisa, može obaviti putem periodičnih merenja u delu teritorije, analizom rezultata dobijenih predikcijom pokrivanja korišćenje softverskih alata, kao i redovnom tehničkom kontrolom predajnika sistema DTTB.

Pouzdana i kontinualna kontrola kvaliteta sistema DTTB na teritoriji Republike Srbije, može se obaviti izgradnjom stacionarne mreže daljinski kontrolisanih senzora (mernih prijemnika), čime bi se stvorili preduslovi da se putem stalne kontrole rada sistema DTTB, a u komunikaciji sa JP ETV, omogući kontinualno prikupljanje i analiza svih potrebnih podataka koji ukazuju na nedostatke u dizajnu sistema DTTB u pojedinim delovima teritorije, i stvore preduslovi za održavanje, ujednačavanje i unapređenje trenutno postignutog nivoa kvaliteta na celokupnoj teritoriji Srbije. Sistem DTTB u Srbiji je relativno nov, i na osnovu dosadašnjeg iskustva obezbeđuje veoma pouzdan kvalitet servisa, što se ogleda i u relativnom malom broju žalbi građana. Ipak, tokom njegove dugotrajne eksploatacije mogu se očekivati određeni problemi u smislu pogoršanja kvaliteta servisa usled starenja i otkaza komponenti predajne mreže, pojave otkaza ili neusaglašenosti rada u okviru distributivne mreže, ili eventualni smanjenog ulaganja u održavanje sistema. Iz toga razloga, razvojem sistema kojim bi se omogućilo kontinualno praćenje kvaliteta rada sistema DTTB, stvara se osnova da se putem spoljnje kontrole obezbedi stalno, pouzdano i kvalitetno dostavljanje izuzetno značajnog servisa digitalne televizije u narednom periodu u uslovima kada ne postoji tržišna konkurencija u ovoj oblasti. Stoga, postoji određen nivo društvene opravdanosti razvoja sistema na bazi mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije.

Ipak, s obzirom na to da u dosadašnjem periodu nisu zabeleženi veliki problemi u pogledu kvaliteta servisa postojeće DTTB mreže, kao i na relativno malu zastupljenost sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB u okruženju, izgradnja sistema ovog tipa koji sam po sebi ne donosi profit, ne sme zahtevati prevelika ulaganja, odnosno sistem mora biti i ekonomski racionalan.

1.2 PREGLED SADRŽAJA STUDIJE

U skladu sa definisanim motivima i ciljevima izrade Studije, kao i predmetom Studije, ovaj dokument je organizovan na sledeći način:

- U drugoj glavi je dat sažeti opis i pregled tehničkih karakteristika DVB-T2 sistema, kao tehnološkog osnova za realizaciju DTTB sistema u Republici Srbiji, a koji je predmet planiranog sistema za praćenje i nadgledanje kvaliteta;
- U trećoj glavi je dat opis trenutnog stanja predajne mreže JP ETV za zemaljsko emitovanje digitalne televizije na teritoriji Republike Srbije;
- U četvrtoj glavi prikazan je pregled prikupljenih podataka o primeni sistema za praćenje kvaliteta digitalne televizije u okruženju i Evropi, uz detaljan opis jednog jedinog postojećeg sistema ovog tipa koji je realizovan u Portugaliji, uz prikaz osnovnih iskustava u pogledu efekata primene ovog sistema. Osim toga, data je i uporedna analiza informacija prikupljenih od nacionalnih regulatornih agencija u Evropi po pitanju značaja primene sistema ovog tipa, odnosno njihovog stava u vezi sa sadašnjom i budućom potrebom za primenu ovih sistema. Konačno, data je ocena ekonomske opravdanosti i potrebe za primenom sistema za monitoring DTTB na teritoriji Republike Srbije koji bi bio definisan po ugledu na postojeći sistem u Portugaliji.
- U petoj glavi je dat sažeti opis trenutnog stanja sistema RATEL-a namenjenog za monitoring RF spektra na teritoriji Republike Srbije. Analizirane su mogućnosti primene elemenata ovog sistema, kao i rezultata merenja dobijenih primenom ovog sistema, u okviru planiranog sistema za monitoring kvaliteta DTTB sistema.
- Pregled osnovnih principa merenja i monitoringa DVB-T2 (*Second generation Digital Terrestrial Television Broadcasting*) sistema je dat u šestoj glavi. Najpre je dat pregled preporuka, tehničkih specifikacija i drugih ITU i ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) dokumenata koji se odnose na problem merenja i monitoringa DTTB sistema u cilju tehničke kontrole kvaliteta rada ovih sistema. Nakon toga, prikazan je i pregled različitih parametara DVB-T2 signala, i prenošenog MPEG-2 TS (*Moving Picture Experts Group-2 Transport Stream*), čije se merenje predlaže u odgovarajućim ITU i ETSI specifikacijama u cilju kontrole kvaliteta rada DVB-T2 sistema.
- Analiza mogućih koncepata sistema sistema za monitoring kvaliteta DTTB sistema korišćenjem mreže senzora prikazana je u sedmoj glavi. Data je ocena ekonomske opravdanosti primene svih razmatranih rešenja na osnovu čega je usvojen koncept predloženog tehničkog rešenja.
- U osmoj glavi je dat sažeti opis, kao i pregled tehničkih karakteristika i podržanih funkcionalnosti komercijalno dostupne merne opreme čija se primena može

razmatrati u okviru mernih stanica sistema za monitoring kvaliteta DTTB sistema, uz osnovnu ocenu primenljivosti ovih uređaja za realizaciju predloženog tehničkog rešenja.

- U devetoj glavi je dat opis predloženog tehničkog rešenja sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB sistema na nivou funkcionalnog modela. Definisane su minimalne tehničke karakteristike merne opreme i uređaja mernih stanica, i dat je osnovni opis centra za upravljanje i sistema veza. Osim toga, definisan je predlog skupa parametara signala koje treba meriti, kao i opis predviđenog načina rada.
- U desetoj glavi je izložena metoda predikcije kvaliteta radio veza tačka-tačka neophodna za proračun osnovnih parametara kvaliteta DVB-T2 signala na ulazu u merne prijemnike. Proračuni dobijeni primenom ove metod dati su u glavi 11).
- Detaljno tehničko rešenje stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije prikazano je u jedanaestoj glavi. Definisane su lokacije mernih stanica, odgovarajući antenski sistemi za svaku mernu stanicu, sa pratećim instalacijama, kao i mogući skup predajnika DTTB sistema (za svaki od tri multipleksa) koji se nadgleda sa svake lokacije. Pregled kapitalnih ulaganja i operativnih troškova za izgradnju mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije u skladu sa predloženim tehničkim rešenjem dat je u dvanaestoj glavi;
- Završna razmatranja i zaključak su dati u poslednjoj trinaestoj glavi Studije, nakon čega su dati i pregled korišćene literature, kao i svi neophodni prilozi

2. SAŽETI PREGLED DVB TEHNOLOGIJE

Razvoj sistema za digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog programa na teritoriji Republike Srbije, zasnovan je na DVB-T2 standardu. Stoga će u nastavku ove glave biti dat opis arhitekture i osnovnih tehničkih karakteristika DVB-T2 standarda.

2.1 RAZVOJ STANDARDA ZA EMITOVANJE DIGITALNE TELEVIZIJE

U Evropi se procesom standardizacije u oblasti digitalnog zemaljskog emitovanja TV programa, kao i digitalnog prenosa TV i multimedijalnih signala u kablovskim, kućnim i IP (*Internet Protocol*) mrežama, bavi konzorcijum DVB Projekat. DVB Projekat su oformile najvažnije interesne grupe u Evropi iz oblasti televizije, kao što su proizvođači korisničke opreme, operatori mreža za emitovanje programa, nosioci procesa uspostavljanja regulative itd. Jedan od osnovnih ciljeva formiranja DVB Projekta bio je definisanje i standardizovanje digitalnog radiodifuznog televizijskog sistema. U okviru grupa DVB Projekta obavljaju se istraživanja u oblastima tehnika obrade, kompresije, zaštite i prenosa informacija, na osnovu kojih je usvojen niz DVB specifikacija, tzv. *DVB Blue Book* dokumenata. Određene DVB specifikacije su prihvaćene i standardizovane u okviru ETSI, [6, 7], odnosno donesene su odgovarajuće Evropske norme (EN) koje se unose u evropska i nacionalna pravna akta.

2.1.1. Kompresija i format komprimovanog signala za prenos

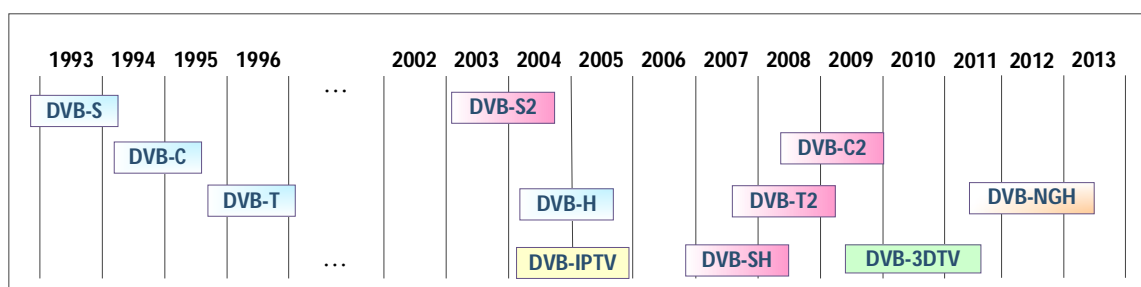
Primenom analogno-digitalne konverzije (digitalizacijom) televizijskog signala, dobija se digitalni signal čiji je binarni protok vrednosti 270 Mbit/s za televiziju standardne rezolucije (*Standard Definition Television, SDTV*), odnosno 1.5 Gbit/s za televiziju visoke rezolucije (*High Definition Television, SDTV*). U cilju smanjenja zahtevane brzine prenosa (binarnog protoka), povećanja spektralne efikasnosti sistema prenosa, kao i kapaciteta sistema prenosa neophodno je izvršiti kompresiju digitalizovanog video/audio signala. Osim toga, standard za kompresiju digitalizovanih audio i video signala za potrebe digitalnog emitovanja TV signala, morao je da omogući evolutivni prelaz sa analognog na digitalni postupak emitovanja, što je uslovalo zadržavanje strukture i raspodele radio kanala u VHF (*Very High*

Frequency) i UHF (*Ultra High Frequency*) opsežima namenjenih radiodifuziji TV signala, kao i onih koje se koriste u okviru kablovskih distributivnih sistema (KDS).

U procesu standardizacije u okviru DVB Projekta usvojen je MPEG-2 Part 2 standard za komprimovanje video signala, koji je formalno usvojen u formi ITU preporuke ITU-T H.262, kao otvoren standard sa mogućnošću daljeg unapređenja kodera. Tokom vremena su razvijene različite generacije MPEG-2 kodera, a ovaj process je karakterisalo stalno smanjivanje neophodnog binarnog protoka za dati subjektivni kvalitet dekodovanog video signala. Daljim unapređenjem tehnike kompresije video signala definisan je MPEG-4 standard Part-10, formalno usvojen i kao ITU preporuka ITU-T H.264/AVC, koji je primarno namenjen za komprimovanje multimedijalnih signala. Primenom MPEG-4 Part-10 standarda ostvaruje se približno isti subjektivni kvalitet rekonstruisanog video signala, kao i u slučaju primene MPEG-2 Part-2 standarda, ali uz dvostruko niže vrednosti binarnog protoka. Specifikacija MPEG-4 Part-10 standarda omogućava skalabilno kodiranje, praćeno efikasnom i istovremenom rekonstrukcijom signala različitog kvaliteta (tj. za različite veličine ekrana i broj slika u sekundi). Pri tome, MPEG-4 Part-10 standard je podjednako efikasan za SDTV i HDTV formate, i u potpunosti je kompatibilan sa prenosom TV signala na bazi IP (tj. u okviru IP zasnovanih mreža). Obezbeđuje podršku za prenos multimedijalnih sadržaja (kroz niže zahtevane vrednosti kapaciteta kanala za prenos) u odnosu na MPEG-2 standard. Upravo iz navedenih razloga je ovaj standard usvojen kao bazični standard za komprimovanje TV signala, [1].

2.1.2. Razvoj familije DVB standarda

Na slici 2.1, prikazana je hronologija razvoja DVB standarda koji se mogu grupisati u 2 generacije. Zajednička osobina svih DVB standarda prve generacije je ista struktura paketa podataka fiksne dužine. Multipleksiranjem tokova podataka dobijenih digitalizacijom audio i video signala, uz dodavanje neophodnih informacija o servisima (*Service Information*, SI) i informacija specifičnih za prenošene TV programe (*Program Specific Information*, PSI), formiraju se paketi podataka. Dobijeni paketi podataka, čine transportni tok podataka (*Transport Stream*, TS), odnosno MPEG-2 TS. Paketi koji čine MPEG-2 TS predstavljaju „kontejnere podataka” jednakog kapaciteta, koji se šalju kontinualno i sinhrono u vremenu. U TS se ubacuju različiti podaci, pri čemu veći broj TV programa sačinjava osnovu multipleksa, koji se formira od strane provajdera TV sadržaja ili u okviru same distributivne mreže.



Slika 2.1 – Hronološki prikaz razvoja osnovnih DVB standarda, [8].

DVB-S specifikacija za satelitski prenos TV signala, formalno prihvaćena kao ETSI EN 300 421 standard, [9], predstavlja prvi standard razvijen u okviru DVB Projekta. Nakon toga razvijen je i digitalni standard za potrebe KDS sistema, odnosno DVB-C specifikacija usvojena je i kao ETSI EN 300 429 standard, [9]. Za potrebe rešavanja specifičnih problema koji se javljaju u oblasti digitalnog zemaljskog emitovanja TV signala, usled efekata

propagacije radio signala, uključujući višestruku propagaciju (*multipath*) i istokanalnu interferenciju pri radu prostorno razdvojenih predajnika, formirana je složena DVB-T specifikacija, usvojena kao ETSI EN 300 744 standard, [9], a koja se zasniva na primeni COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) tehnike. COFDM tehnika je u okviru DVB-T standarda primenjena u cilju potiskivanja uticaja višestruke propagacije i rasipanja signala u vremenu (*time spread*), čime se prenos signala štiti od pojave destruktivne kombinacije interferirajućih signala. Ovaj standard omogućava planiranje distributivne mreže kao mreže predajnika na više frekvencija (*Multi-Frequency Network, MFN*), koji je korišćen i pri analognom emitovanju TV signala, ali i mreže predajnika na istoj frekvenciji (*Single-Frequency Network, SFN*) koju odlikuje znatno veća efikasnost korišćenja frekvencijskog spektra. Implementacija u formi SFN mreže zahteva preciznu vremensku sinhronizaciju rada predajnika mreže korišćenjem GPS (*Global Positioning System*) tehnologije. U sklopu prve generacije DVB standarda usvojena je i DVB-H specifikacija, [8], za prijem zemaljski emitovanog digitalnog TV signala korišćenjem mobilnih prijemnika, koja je usvojena kao ETSI EN 302 304 standard, [9]. DVB-H standard se zasniva na principima DVB-T standarda, uz podržanu mogućnost paralelnog rada sistema na bazi DVB-T i DVB-H standarda u okviru istog multipleksa primenom hijerarhijske modulacije.

Dalji razvoj DVB tehnologije uslovio je formiranje druge generacije DVB sistema. U DVB sistemima druge generacije primenjene su tehnike kanalskog kodovanja najpre usvojene u okviru DVB-S2 specifikacije, a potom prihvaćene za ETSI EN 302 307-1 standard, [9]. Primenjeni su kodovi sa malom gustinom i proverom parnosti (*Low-Density Parity-Check, LDPC*), i sa spoljašnjim BCH (*Bose-Chaudhari-Hocquenghem*) cikličnim kodom za dodatnu zaštitu. DVB standardima druge generacije podržana je primena modulacija višeg reda i istovremeni prenos više TS i GSE (*Generic Stream Encapsulation*), kao i druge novine u odnosu na prvu generaciju ovih standarda. U odnosu na specifikacije prve generacije, povećana je složenost, ali je omogućeno značajno povećanje binarnog protoka, za 30-50%. U okviru DVB-SH specifikacija za prijem satelitskog signala prenosivim (*hand-held*) uređajima, usvojene kao ETSI EN 302 583 standard, [9], definisane su dve varijante sistema, jedna zasnovana na principu klasičnog satelitskog emitivanja TV programa i druga bazirana na primeni COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) tehnike. Kasnije je definisana i DVB-S2X specifikacija, kao proširenje DVB-S2, koja je usvojena kao ETSI EN 302 307-1 standard, [9]. Za potrebe KDS sistema definisana je DVB-C2 specifikacija, koja je i usvojena kao ETSI EN 302 769 standard, [9]. Kao unapređenje DVB-T specifikacije, uvođenjem brojnih poboljšanja, definisana je DVB-T2 specifikacija, i usvojena kao ETSI EN 302 755 standard. Osim toga, razvijen je i čitav niz DVB specifikacija koje se odnose na DVB prenos u okviru infrastrukturnih IP mreža, tj. DVB-IPTV i DVB-IPDC specifikacije. Razvijena je i nova DVB specifikacija za prenosive uređaje, DVB-NGH, [8]. U tabeli 2.1 prikazan je pregled dokumenata kojima su definisani osnovni i dodatni aspekti DVB-T2 sistema, [8 – 23], pri čemu je proces standardizacije opisan u narednom poglavlju (2.1.3).

2.1.3. Proces standardizacije DVB-T2 sistema

Proces standardizacije DVB-T2 sistema, u kome je formiran veći broj standarda, pri čemu su neki najbitniji navedeni u tabeli 2.1, izveden je uz određen broj zahteva i uslova, i to:

- mogućnost primene postojećih prijemnih antena na strani korisnika sistema i predajničke infrastukture;
- primarna primena odnosi se na prenosne i stacionarne prijemnike;
- postizanje povećanja kapaciteta za više od 30% u odnosu na DVB-T sisteme, uz iste uslove planiranja i poboljšanje karakteristika u slučaju primene SFN mreže;

- obezbeđivanje pouzdanih mehanizama za povećanje robusnosti prenosa u funkciji specifičnih osobina podržanih servisa;
- obezbeđivanje fleksibilnosti u pogledu opsega učestanosti i radne frekvencije;
- obezbeđivanje podrške za primenu tehnika za redukciju odnosa vršne i srednje snage OFDM signala, tj. PAPR (*Peak-to-Average-Power-Ratio*).

OZNAKA ETSI STANDARDA (DVB BLUEBOOK)	NAZIV DOKUMENTA	VERZIJA I DATUM USVAJANJA
ETSI EN 302 755 (DVB BlueBook A122)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)</i>	Ver.1.4.1 07/2015
ETSI TS 102 733 (DVB BlueBook A136)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Modulator interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB- T2)</i>	Ver.1.4.1 03/2016
ETSI TS 102 992	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2</i>	Ver.1.1.1 09/2010
ETSI TS 102 831 (DVB BlueBook A133)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)</i>	Ver.1.2.1 08/2012
DRUGI ZNAČAJNI DOKUMENTI IZ OBLASTI DVB		
ETSI EN 300 468 (DVB BlueBook A038)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Specification for Service Information (SI) in DVB systems</i>	Ver.1.15.1 03/2016
ETSI TS 101 154 (DVB BlueBook A157)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Specifications for the use of Video and Audio Coding in Broadcasting Applications Based on the MPEG-2 Transport Stream</i>	Ver 2.2.1 06/2015
ETSI TS 102 606-1	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Generic Stream Encapsulation (GSE); Part 1: Protocol</i>	Ver.1.2.1 07/2014
ETSI TS 102 606-2 (DVB BlueBook A116-2)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Generic Stream Encapsulation (GSE); Part 2: Logical Link Control (LLC)</i>	Ver.1.1.1 07/2014
ETSI TS 102 606-3	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Generic Stream Encapsulation (GSE); Part 3: Robust Header Compression (ROHC) for IP</i>	Ver.1.2.1 07/2014
ETSI TS 101 191	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): DVB Mega-frame for Single Frequency Network (SFN) Synchronization</i>	Ver.1.1.1 06/2004.
ETSI TS 102 034 (DVB BlueBook A086)	<i>Digital Video Broadcasting (DVB): Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks (and associated XML)</i>	Ver.2.1.1 04/2016

Tabela 2.1 - Pregled važećih ETSI dokumenata iz oblasti DVB-T2 i šire oblasti DVB.

Osim toga, pri razvoju DVB-T2 familije standarda, poštovani su i polazni principi:

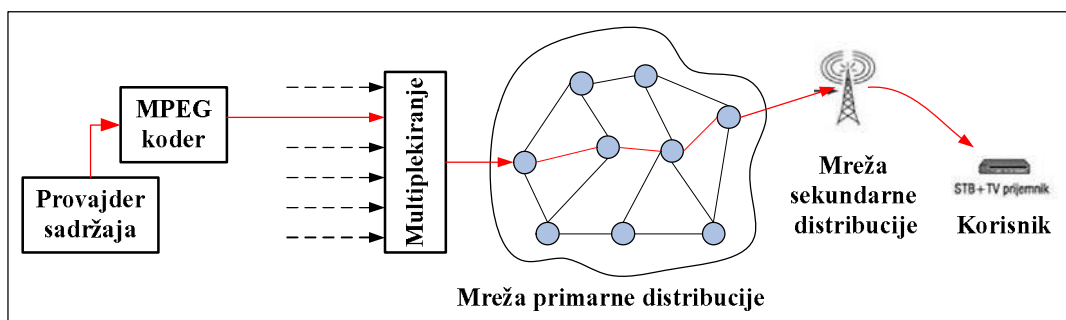
- koherentan razvoj standarda u skladu sa drugim (npr. DVB-S2) DVB standardima i podrška mogućnosti jednostavnog prelaza između standarda, i

- prihvatanje rešenja usvojenih u već postojećim DVB standardima, npr. realizacija FEC (*Forward Error Correction*) kodiranja ili organizacija frejmova iz osnovnog opsega u DVB-S2 standardu.

2.2 OPIS GENERALNE ARHITEKTURE MREŽE ZA DIGITALNO ZEMALJSKO EMITOVANJE TELEVIZIJE

Na slici 2.2 data je generalna arhitektura mreže za digitalno zemaljsko emitovanje televizije (TV programa). Na osnovu ovog prikaza jasno se uočavaju osnovni elementi mreže (ili učesnici) u procesu digitalnog zemaljskog emitovanja televizije, [1, 7, 24], i to:

- provajderi sadržaja - izvori audio/video signala koje centri zaprodukciju centri televizijskog i multimedijalnog sadržaja;
- multipleksiranje - operatori multipleksa;
- mreža primarne distribucije signala do lokacija radio predajnika - operatori mreže primarne distribucije;
- mreža sekundarne distribucije signala putem radiodifuznog prenosa TV signala do krajnjih korisnika - operatori mreže sekundarne distribucije;
- krajnji korisnici koji poseduju digitalni TV prijemnik ili analogni TV prijemnik i STB (*Set-top-Box*).



Slika 2.2 – Generalna arhitektura mreže za digitalno zemaljsko emitovanje TV signala.

2.2.1. Fizički sloj DVB-T2 sistema

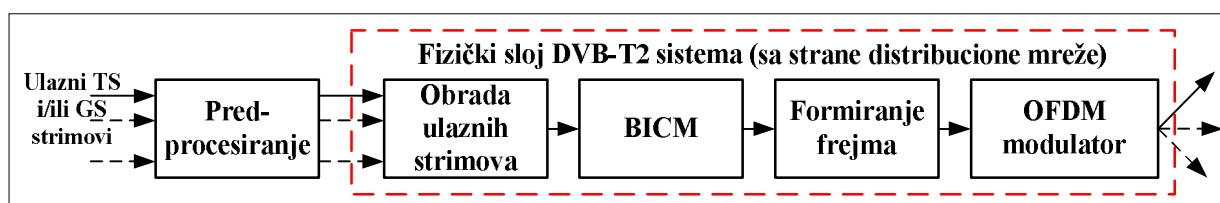
Fizički sloj DVB-T2 sistema definisan je u ETSI EN 302 755 standardu, [14]. Izlaz fizičkog sloja DVB-T2 sistema sa strane distributivne mreže predstavlja RF signal u RF kanalu sa definisanom centralnom učestanošću i širinom kanala. Korisnik DVB-T2 sistema obavlja izbor RF kanala, prijem i demodulaciju RF signala, kao i ostale postupke obrade u skladu sa specifikacijom fizičkog sloja DVB-T2 sistema. Uputstvo za implementaciju svih elemenata DVB-T2 sistema, uključujući TV prijemnik, demodulator i dekodeer sa strane krajnjeg korisnika, dato je u standardu ETSI TS 102 831, [21], koji je definisana osnovu dokumenta DVB *BlueBook A133*, [10], u okviru DVB Projekta.

2.2.1.1. Generički model fizičkog sloja DVB-T2 sistema

Na slici 2.3 prikazan je generički model fizičkog sloja DVB-T2 sistema posmatrano sa strane distribucione mreže, a koji se sastoji od 4 osnovna bloka: bloka obrade ulaznih tokova

podataka (*streams*), bloka za bitski interleaving, kodiranje i modulaciju (BICM, *Bit-Interleaved Coding and Modulation*), bloka za formiranje frejma, i bloka u kome se obavlja generisanje OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) signala (OFDM modulator).

Na ulaz u sistem sa slike 2.3, u blok za predobradu (pred-procesiranje) ulaznih tokova podataka (TS/GS) dovodi se jedan ili više MPEG-2 TS, definisanih u skladu sa ISO/IEC 13818-1 standardom [25], i/ili jedan ili više generičkih tokova podataka (*Generic Stream*, GS), definisanih u skladu sa ETSI TS 102 606 standardom [15]. Pri tome, oznakom GS obuhvaćeni su GSE, [15], GCS (*Generic Continuous Stream*) i GFPS (*Generic Fixed-length Packetized Stream*) u cilju kompatibilnosti sa DVB-S2 standardom, [17]. Opcioni blok za predobradu ulaznih tokova ne predstavlja deo fizičkog sloja DVB-T2 sistema. Ovaj blok može da obavlja razdvajanje servisa ili demultipleksiranje (*Service splitter/De-multiplexer*) na više različitih ulaza fizičkog sloja DVB-T2 sistema, koji tada predstavljaju jedan ili više logičkih tokova podataka (*data streams*), i prenose se korišćenjem zasebnih kanala podataka fizičkog sloja (*Physical Layer Pipes*, PLP).



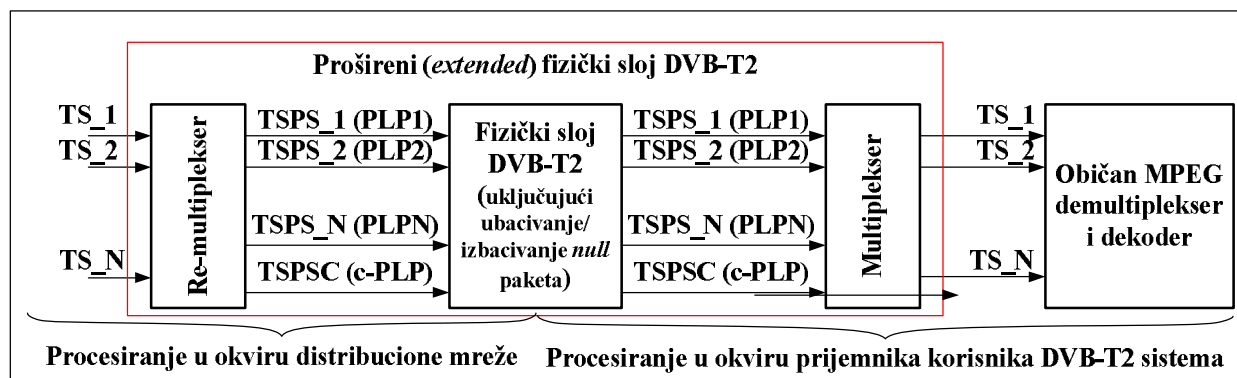
Slika 2.3 – Generička blok šema fizičkog sloja DVB-T2 sistema posmatranog sa strane distribucione mreže.

Ukupni kapacitet ulaznih tokova podataka (*data streams*), za vreme trajanja jednog frejma fizičkog sloja, tj. T2 frejma, ograničen je na dostupan kapacitet za T2 frejm u skladu sa trenutnom vrednošću zadatih parametara. Uslov za maksimalni kapacitet je tipično zadovoljen ukoliko grupe PLP-ova uvek koriste istu postavku za modulaciju i kodovanje, kao i postavku za vremenski interleaving, uz uslov da jedna ili više ovakvih grupa potiču iz istog statistički multipleksiranog izvora sa konstantnim protokom (*Constant Bit Rate*, CBR). Svaka ovakva grupa PLP-ova može, ali ne mora, da sadrži zajednički PLP (*common PLP*, c-PLP). U slučaju da se korišćenjem DVB-T2 signala prenosi samo jedan PLP, prenos se obavlja bez c-PLP. Prijemnik uvek može da primi jedan PLP sa podacima (*data PLP*, d-PLP) i njemu pridružen c-PLP, ako on postoji.

U slučaju u kome se generiše konstantan ukupan izlazni kapacitet, za grupu statistički multipleksiranih servisa se za različite servise može koristiti promenljivo (različito) kodiranje i multipleksiranje (*Variable Coding and Multiplexing*, VCM). U slučaju kada se veći broj ulaznih MPEG-2 TS prenosi u okviru grupe PLP-ova, postupak raspodele ulaznih TS na TSPS (*Transport-Stream Partial-Streams*) koji se prenose putem d-PLP, i TSPSC (*Transport-Stream Partial-Streams Common*) koji se prenose putem c-PLP, obavlja se neposredno pre dovođenja na blok ulazne obrade prikazan na slici 2.3, na način kako je to prikazano na slici 2.4. Ovaj postupak raspodele je detaljno specificiran u aneksu D, ETSI standarda EN 302 755, [14]. Prethodno opisana obrada predstavlja integralni deo proširenog (*extended*) fizičkog sloja DVB-T2 sistema, sa dodatnim funkcijama distribucione mreže i korisničkih prijemnika.

Tipičan izlaz sistema sa slike 2.3 je jedan RF signal koji se prenosi u dodeljenom RF kanalu. Opciono, može se koristiti MISO (*Multiple-In-Single-Output*) mod rada u kome se generiše dodatni RF signal koji se emituju korišćenjem dodatne predajne antene. Trenutna verzija standarda definiše jedan profil sa podrazumevanom primenom postupka za 'sečenje' (slajsovanje) u vremenskom domenu (*time-slicing*), pri čemu korisnički prijemnik u jednom

trenutku prima signal samo iz jednog RF kanala. U aneksu E DVB-T2 standarda, [14], opisane su dodatne opcije koje omogućavaju buduće implementacije postupka ‘sečenja’ u vremensko-frekvencijskom domenu (*Time-Frequency Slicing*, TFS), pri čijoj bi primeni korisnički prijemnik morao da podrži istovremeni prijem signala iz dva ili više RF kanala.



Slika 2.4 – Blok šema proširenog (*extended*) DVB-T2 fizičkog sloja.

Maksimalna ulazna vrednost binarnog protoka za svaki TS, uključujući prazne (*null*) pakete, je 72 Mbit/s. Maksimalna vrednost binarnog protoka koji je ostvariv korišćenjem RF kanala širine 8 MHz, nakon brisanja praznih paketa kao ih ima, može biti veći od 50 Mbit/s. Usvojena tehnika zaštitnog kodiranja sa ispravljenjem grešaka unapred (FEC) obezbeđuje QEF (*Quasi Error Free*) kvalitet rada u slučaju kada je signal na ulazu u prijemnik iznad praga definisanog za odnos srednje snage nosioca i ukupne srednje snage šuma i interferencije, (*Carrier-to-Noise+Interference Ratio*, CINR). QEF scenario je definisan kao slučaj sa manje od jednog nekorigovanog događaja (pojave) greške u toku jednog časa prenosa za binarni protok vrednosti 5 Mbit/s za jedan dekodekser TV servisa, koji odgovara približnoj vrednosti verovatnoće greške po paketu (*Packet Error Ratio*, PER) posmatranog TS manjoj od 10^{-7} na ulazu u demultiplekser.

2.2.2.2. Elementi i karakteristični parametri fizičkog sloja DVB-T2

Na ulaz u fizički sloj DVB-T2 sistema dovodi se jedan ili više PLP-ova. Transparentne PLP strukture uvedene su u cilju zadovoljenja komercijalnih zahteva po pitanju robusnosti za specifične servise, kao i potrebe za prenosom različitih tipova tokova podataka. Uvođenjem PLP struktura na fizičkom sloju omogućen je prenos podataka nezavisan od njihove strukture, sa slobodnim izborom vrednosti većeg broja PLP parametara. Omogućava se podešavanje alociranog kapaciteta i nivoa robusnosti prenosa u skladu sa specifičnim zahtevima provajdera sadržaja/servisa, u zavisnosti od vrste prijema, kao i scenarija primene. Svako PLP strukturi se može dodeliti postavka parametara modulacije i kodiranja, i interlivinga, pri čemu se formatiranje sadržaja izvodi na isti način kao i kod formiranja strukture frejma u osnovnom opsegu (*BaseBand*, BB) u okviru DVB-S2 standarda, [17].

Standard definiše dva moda rada: ulazni mod A, kada se prenosi jedan PLP, i ulazni mod B, kada se prenosi veći broj PLP-ova. Ulazni mod A predstavlja direktno proširenje DVB-T sistema, uz primenu naprednih tehnika obrade i prenosa signala definisanih u DVB-T2 standardu. U ovom slučaju primenom jednog PLP-a prenosi se jedan TS, kao u DVB-T standardu, sa istom robusnošću prenosa za celokupan sadržaj. U slučaju korišćenja ulaznog moda B, primenjuje se koncept prenosa sa više PLP-ova sa definisanjem nivoa robusnosti u skladu sa specifičnim potrebama servisa. Pri tome, omogućena je primena interlivinga većeg

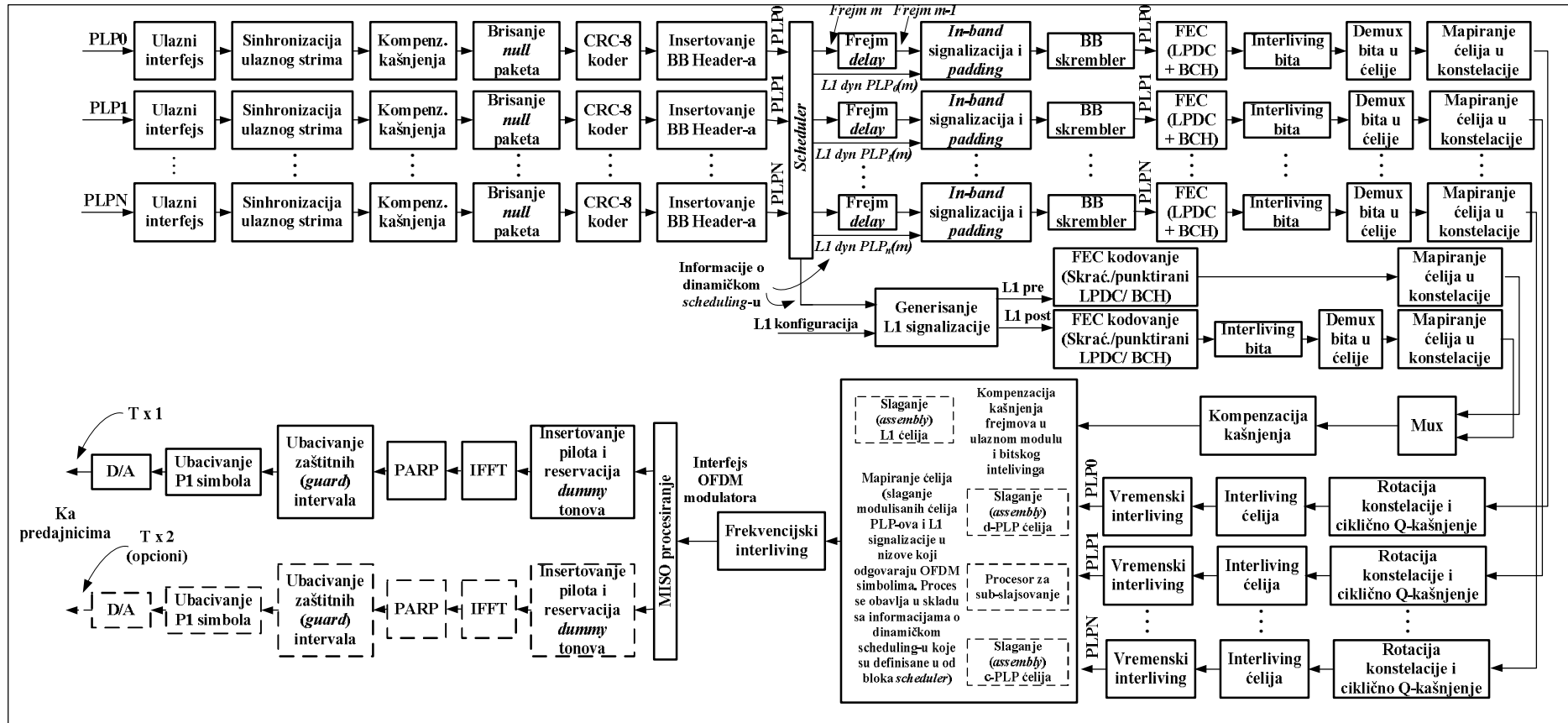
stepena, kao i opcija za uštedu energije u prijemnicima. Primena ulaznog moda B ima smisla čak i u slučaju identičnih postavki PLP parametara, ukoliko je servis namenjen portabilnim i/ili mobilnim prijemnicima.

Na slici 2.5, prikazana je blok šema procesa obrade u okviru fizičkog sloja DVB-T2 sistema (posmatrano sa strane distributivne mreže), odnosno detaljniji prikaz generičke blok šeme sa slike 2.3. U okviru bloka obrade ulaznih tokova na slici 2,5, obavljaju se procesi adaptacije moda i adaptacije toka (strima). U okviru procesa adaptacije moda, odgovarajući moduli vrše pojedinačnu obradu sadržaja svakog od ulaznih PLP-ova, pri čemu se ulazni tok deli u polja podataka (*data field*), od kojih se nakon adaptacije toka (strima), formiraju BB frejmovi dužine K_{bch} bita u zavisnosti od zadatih parametara modulacije i kodiranja. Postupak adaptacije moda se sastoji od ulaznog interfejsa, u kome se ulaz mapira u interni logički bitski format, nakon čega sledi niz opcionih modula, tj. sinhronizacija ulaznog toka, kompenzacija kašnjenja, brisanje *null* paketa i CRC-8 kodovanje, a završava se blokom za sečenje strimova u polja podataka i ubacivanje BB *header*-a na početku svakog od polja podataka. Adaptacija moda se može izvoditi u normalnom modu (*Normal Mode*, NM) ili u modu visoke efikasnosti (*High Efficiency Mode*, HEM). Pri tome, NM je definisan u skladu sa DVB-S2 standardom, dok se u okviru uvedenog HEM obavlja dodatna optimizacija toka sa smanjivanjem signalizacionog *overhead*-a. U slučaju ulaznog moda A, adaptacija moda sastoji se samo od ulaznog interfejsa, CRC-8 kodiranja i ubacivanja BB *header*-a. Adaptacija toka sastoji se od *scheduler* protokola za unos kašnjenja frejmova, *padding*-a (dopune *null* bitima) u kome se popunjava BB frejm do zadate dužine K_{bch} bita i/ili prenosa *in-band* signalizacije, nakon čega se obavlja postupak skremblovanja u cilju disperzije energije. Nakon adaptacije toka (strima), izlazni tok za svaki PLP sastoji se od BB frejmova.

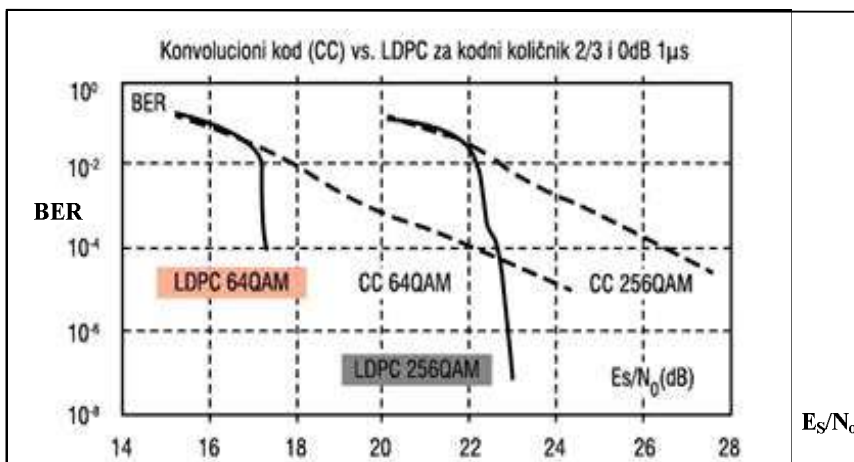
U okviru BICM bloka na slici 2.5, najpre se obavlja FEC kodiranje, koje se sprovodi primenom spoljašnjeg BCH koda i unutrašnjeg LDPC koda. Pri primeni QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*) postupka modulacije, obavlja se i postupak bitskog interlivinga, koji se sastoji od interlivinga bita parnosti i primene tehnike *twist column* interlivinga. Dodavanje bita parnosti na kraju polja podataka primenom spoljašnjeg BCH koda, kao i bita parnosti primenom unutrašnjeg LDPC koda, svaki BB frejm se konvertuje u tzv. FEC frejm dužine N_{ldpc} bita, i to normalne dužine 64800 bita i skraćene dužine 16200 bita. Pri tome, koristi se LDPC kodiranje sa efektivnom vrednošću kodnog količnika izabranom iz sledećeg skupa vrednosti: 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5 i 5/6.

Na slici 2.6, prikazan je dobitak u odnosu energije simbola i spektralne gustine srednje snage *Gauss*-ovog šuma, E_s/N_0 , pri primeni LDPC kodiranja u DVB-T2 sistemu u odnosu na klasično konvoluciono kodiranje u DVB-T sistemu. Na osnovu prikazanih krivih može se uočiti nagli pad verovatnoće greške po bitu (*Bit Error Rate*, BER) za oba tipa modulacije (64-QAM i 256-QAM) uz dobitak od oko 5 dB za QEF DVB-T2 sistem u odnosu na DVB-T sistem. Tačka QEF koja se uočava pri vrednosti BER od oko 10^{-4} , obezbeđuje „prenos bez gubitaka” u televizijskom signalu (vrednost BER na nivou dekodovanog MPEG TS od 10^{-11}), [10, 21].

Nakon FEC kodovanja, svaki od FEC frejmova mapira se u kodovani i modulisani FEC blok, pri čemu se najpre obavlja demultipleksiranje ulaznih bita u paralelne ćelije kodnih reči, koje se zatim mapiraju u konstelacije (QPSK ili QAM) putem *Gray*-ovog kodovanja. Nakon toga, opciono se obavlja rotiranje konstelacije za predefinisani ugao zavisno od tipa modulacije, uz pomeranje (*shift*) kvadraturne komponente ćelije kodnih reči za jednu ćeliju.



Slika 2.5 – Detaljna blok šema fizičkog sloja DVB-T2 sistema (sa strane distributivne mreže), izvor [21].



Slika 2.6 – Poređenje kodova za kontrolu grešaka za konvolucionni kod (CC) u DVB-T sistemu i LDPC kod u slučaju DVB-T2 sistemu, izvor [10, 21].

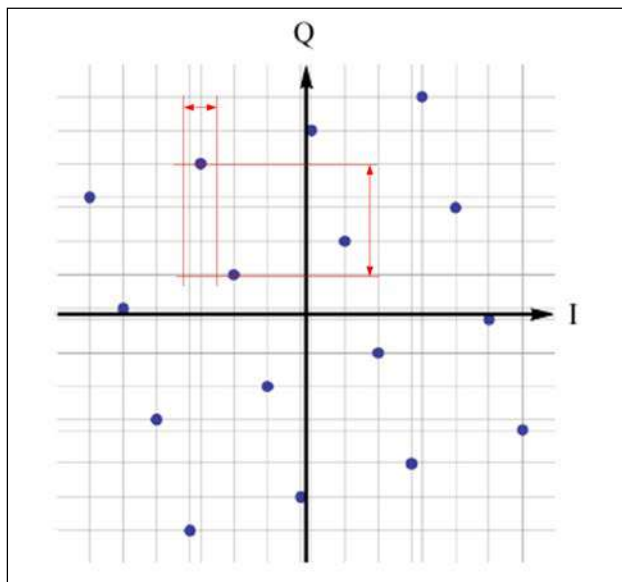
Na kraju obrade u okviru BICM bloka, obavlja se ćelijski (*cell*) interliving, kojim se ostvaruje uniformno rasejavanje ćelija za kodne reči za FEC. Ćelijski interliving se obavlja u cilju ostvarivanja nekorelisane distribucije uticaja izobličenja koja unose efekti prenosa kroz kanal i interferencija na ulazu prijemnika, sa različitom rotacijom interliving sekvenci u svakom FEC frejmu u okviru definisanog bloka vremenskog interlivinga. Pri tome vremenski interliving se ostvaruje na nivou PLP sa različitim parametrima za različite PLP-ove. OFDM simboli se grupišu u jedan frejm, pri čemu se obavlja dodeljivanje različitih servisa različitim isečcima (slajsevima), koji predstavljaju delove frejma. Pri tome, svaki isečak (*slice*) se može izdeliti u podisečke (*sub-slices*), a u cilju ostvarenja većeg vremenskog diversitija. Primenom vremenskog interlivinga sa razbacivanjem podataka datog isečka putem podisečaka unutar frejma (ili čak unutar T2 frejma uz primenu FEC), umesto na nivou kompletnog multipleksa, dobija se principna promena u odnosu na DVB-T sistem, na koji način se značajno povećava robustnost prenosa.

U DVB-T sistemu se kao modulaciona šema sa najvećom spektralnom efikasnošću koristi 64-QAM postupak modulacije, čime se omogućava prenos 6 bita po jednoj OFDM ćeliji (6 bita po simbolu po podnosiocu). U okviru DVB-T2 sistema može se primeniti 256-QAM postupak modulacije sa 8 bita po OFDM ćeliji. Na ovaj način, spektralna efikasnost i kapacitet sistema povećavaju se za 33%. Pri tome, zavisno od osobina RF kanala i FEC kodiranja, a usled strožijih zahteva pri demodulaciji 256-QAM u odnosu na 64-QAM, javlja se uvećanje zahtevanog odnosa srednjih snaga nosioca i šuma (*Carrier-to-Noise Ratio, CNR*) za vrednost od 4-5 dB. Ipak, zbog izuzetno dobrog ponašanja LDPC koda u odnosu na konvolucione kodove primenjene u DVB-T sistemu, moguće je obezbediti povećanje binarnog protoka bez značajnijeg povećanja zahtevane vrednosti CNR.

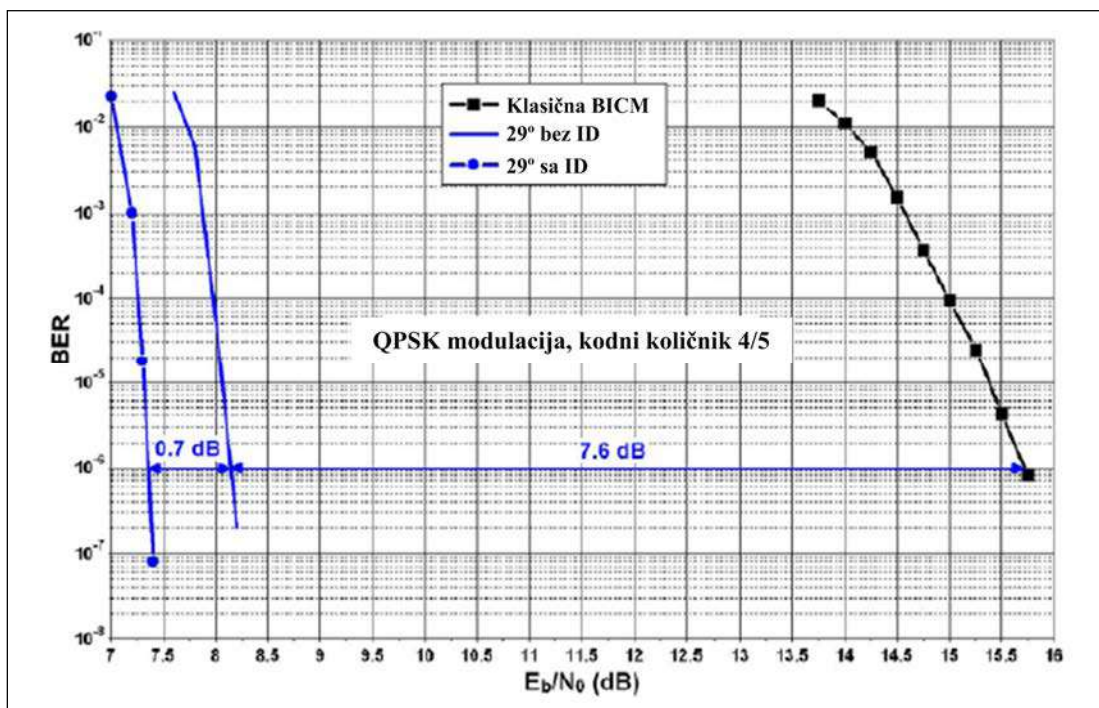
U okviru DVB-T2 sistema primenjuje se nova tehnika, tehnika rotiranja konstelacije i pomeranja kvadraturnih ćelija (*Q-delay*). Primenom ove tehnike, obezbeđuje se da se po svakoj od kvadraturnih grana može nezavisno obavljati proces odlučivanja o prenesenom simbolu. Na slici 2.7, prikazana je rotirana konstelacija u slučaju primene 16-QAM postupka modulacije. S obzirom na to, da se postupkom interlivinga komponente signala u fazi (I) i kvadraturi (Q) razdvajaju, one se u opštem slučaju prenose preko različitih podnosilaca i u različito vreme. Na ovaj način, ostvaruje se frekvencijski i vremenski diverstiti i smanjuje vrednost verovatnoće greške pri prenosu. U slučaju primene ove tehnike ne dolazi do gubitaka u slučaju *Gauss*-ovog kanala. Osim toga, obezbeđuje se dobitak od 0.7dB u slučaju tipičnih RF kanala sa fadingom. Još veće vrednosti dobitka se mogu ostvariti u slučaju 0 dB *echo*

kanala (prijema eho signala istog nivoa) za SFN mreže, kao i u slučaju kanala koje karakteriše pojava impulsne interferencije i dubokog frekvencijski-selektivnog fedinga.

Na slici 2.8 prikazane su krive zavisnosti vrednosti BER u funkciji odnosa E_b/N_0 za slučaj klasičnog postupka BICM i onog uz primenu rotacije sa i bez iterativne detekcije (ID), pri čemu je korišćena QPSK modulacija i FEC sa kodnim količnikom 4/5. Dobitak od 7.6 dB omogućava primenu većih vrednosti kodnih količnika, a samim tim i protoka podataka.



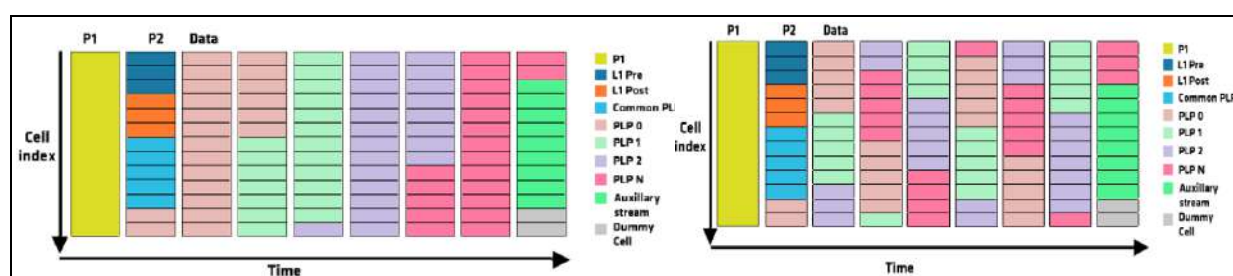
Slika 2.7 – Izgled rotirane konstelacije u slučaju primene 16-QAM.



Slika 2.8 – Poređenje klasičnog postupka BICM i onog uz primenu rotacije sa i bez iterativne detekcije (ID) uz primene QPSK modulacije i kodnog količnika 4/5, izvor [20, 21].

Paralelno sa procesom obrade PLP tokova u okviru BICM, obavlja se i generisanje L1 signalizacije (L1-*pre* i L1-*post* signalizacije), pri čemu se ovi signalizacioni podaci obrađuju primenom sličnih blokova kao i PLP tokovi uz uvođenje nekih ograničenja u pogledu kodiranja i modulacije.

U okviru bloka za formiranje frejma, prenošeni tok se reorganizuje u super frejmove, sastavljene od T2 frejmova i FEF-ova (*Future Extension Frame*). U okviru ovog procesa obavlja se mapiranje ćelija na OFDM simbole, pri čemu se T2 frejm sastavlja od P1 simbola, jednog ili više P2 simbola, regularnih simbola podataka, i eventualno FCS (*Frame Closing Symbol*). P1 simbol se nalazi na početku svakog frejma i koristi se za potrebe sinhronizacije, primenom P2 simbola prenose se L1 parametri koji konfiguriraju signalizaciju, dok simboli podataka prenose c-PLP i d-PLP tipa 1 i 2, sa jednim isečkom po PLP-u ili u više podisečaka, slika 2.9. Osim toga, koriste se *auxiliary* tokovi i *dummy* (prividni) simboli za popunjavanje frejma. Konačno, obavlja se frekvencijski interliving, odnosno nad svakim OFDM simbolom, osim P1 simbola, obavlja se uniforman interliving.



Slika 2.9 – Prikaz organizacije T2 frejma kada se svaki PLP nalazi u istom isečku/slajsu (levo), i kada se jedan PLP može podeliti na više podsečaka/sub-slajsova (desno).

FEF frejmovi su uključeni u DVB-T2 specifikaciju kako bi se omogućilo unapređenje standarda primenom MIMO (*Multiple-Input Multiple-Output*) tehnologije, odnosno verzije standarda za mobilni prijem. Pri primeni MISO, specificirano je da se FEF frejmovi ubacuju između T2 frejmova i da počinju sa P1 simbolom, pri čemu se njihova pozicija u superfrejmu i trajanje signaliziraju kroz T2 frejmove (*in-band* signalizacija).

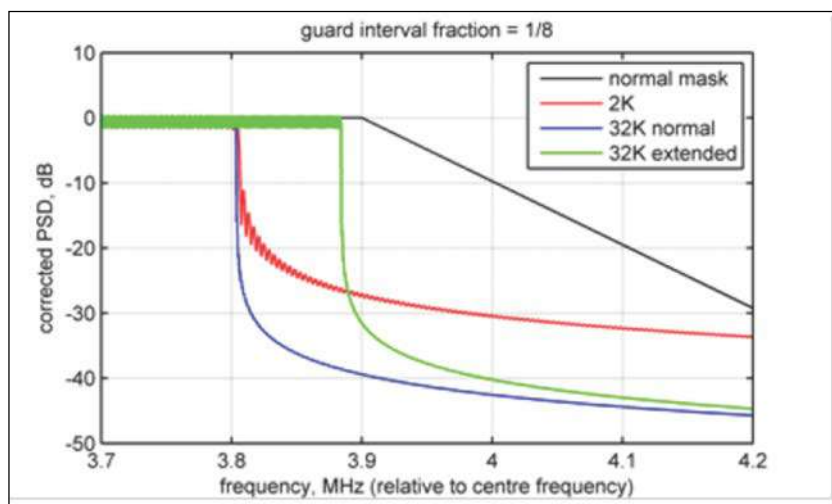
Poslednji blok u procesu obrade signala u okviru fizičkog sloja DVB-T2 sistema je OFDM modulator. Proces obrade započinje ubacivanjem pilot tonova i rezervacijom (*dummy*) tonova. Pri tome postoje tri klase pilot tonova. Prve dve klase pilot tonova su kontinualni piloti sa fiksnim pozicijama (*continual pilots*) i granični (*edge pilots*). Konačno, definisani su pilot tonovi čije se pozicije ciklično pomeraju (*scattered pilots*) primenom jedne od 8 različitih šema (*Pilot Pattern, PP*) u zavisnosti od broja FFT podnosioca i vrednosti zaštitnog intervala (*Guard Interval, GI*) čime se uneseni *overhead* smanjuje sa 2.5% (kod DVB-T) na 0.7% (kod DVB-T2) za FFT sa više od 8k podnosioca. *Dummy* tonovi, tj. nemodulisani podnosioci, koriste se za smanjivanje dinamičkog opsega izlaznog RF signala, odnosno u cilju smanjenja uticaja nelinearnosti pojačavača snage u predajniku. Nakon toga, primenjuje se OFDM tehnika sa klasičnom IFFT (*Inverse Fast Fourier Transform*) realizacijom, pri čemu se koristi 1k (1x1024), 2k, 4k, 8k, 16k ili 32k podnosioca u normalnom i/ili proširenom (*extended*) modu rada. Prošireni mod rada omogućava prenos veće količine podataka, što se ostvaruje radom sa većim brojem aktivnih i manjim brojem *null* podnosioca.

Redukcija PAPR, ostvaruje se korišćenjem dve tehike: ACE (*Active Constellation Extension*) i TR (*Tone Reservation*). Prva tehnika je pogodnija za primenu u slučaju postupaka modulacije nižeg reda, dok se drugom tehnikom postužu bolje performanse u slučaju primene modulacija višeg reda. Moguće je i istovremeno korišćenje obe tehnike. Redukcija vrednosti PAPR za približno 2 dB ostvaruje se uz malo povećanje nivoa srednje

snage na predaji i/ili korišćenja do 1 % rezervisanih podnosioca (uz smanjenje informacionog protoka). Postupak OFDM modulacije nastavlja se ubacivanjem zaštitnih intervala (GI) i P1 simbola, nakon čega sledi primena digitalno-analogne konverzije (D/A).

U postupku modulacije je moguće uključiti opciono MISO procesiranje, na bazi *Alamouti* tehnike, [26], koje je pogodno koristiti u slučaju primene DVB-T2 sistema u okviru SFN mreže. Na ovaj način ostvaruje se diversiti prenos koji omogućava povećavanje zone pokrivanja, ali uz dodatno povećanje složenosti prijemnika, novog lanca obrade i antenskog sistema u predajniku, kao i povećanje *overhead*-a usled dvostrukog uvećanja broja *scattered* pilota za zadato trajanje GI.

DVB-T2 standard omogućava prenos signala korišćenjem opsega učestanosti, odnosno širine RF kanala, od 1.7 MHz (za mobilne servise u opsezima III i L-band), 5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz i 10 MHz (za profesionalne primene). Standard omogućava primenu proširenog (*extended*) moda nosilaca (za FFT dužine 8k, 16k i 32k), sa većim brojem podnosilaca po simbolu za prenos podataka, pri čemu se ostvaruje dobitak na nivou binarnog protoka od 1.4% (8k) i 2.1% (32k). Na slici 2.10, prikazan je oblik spektra DVB-T2 RF signala za 2k i 32k (normalni i *extended* mod), u RF kanalu širine 8 MHz, pri čemu je vrednost GI parametra 1/8, izvor [10], kao i referentna normalna maska po ITU RRC-06, [27].



Slika 2.10 – Prikaz oblika RF spektra DVB-T2 signala za 2k i 32k (normalni i *extended* mod), uz usvojenu vrednost GI parametra od 1/8, [10].

Povećavanje dužine FFT-a rezultuje manjim razmakom OFDM podnosilaca i dužim trajanjem simbola, čime se povećava međukanalna interferencija (*Inter-Channel Interference*, ICI), i smanjuje prag *Doppler*-ove promene učestanosti koja se može tolerisati. Povećavanjem trajanja simbola smanjuje se relativno trajanje GI u odnosu na trajanje simbola, npr. 25% za 8k i oko 6% za 32k, što dovodi do povećanja binarnog protoka od 2.3% do 17.6%. Osim toga, povećava se robustnost na impulsni šum. Vrednosti 1/128 odnosa GI i trajanja simbola za 32k OFDM, omogućava primenu GI apsolutne vrednosti trajanja istog kao za vrednost 1/32 za 8k OFDM sa značajnom redukcijom *overhead*-a.

2.2.2.3. Pregled osnovnih parametara fizičkog sloja DVB-T2 sistema

U tabeli 2.2, prikazani su osnovni parametri kojima se karakteriše fizički sloj DVB-T2 sistema, odnosno moguće vrednosti i napomene o mogućnosti izbora pojedinih parametara. Performanse fizičkog sloja podešavaju se izborom parametara, uz ograničenja data

specifikacijom DVB-T2 standarda, [14]. Uticaj i međusoban odnos pri izboru parametara detaljnije je razmatran u dodatnim specifikacijama [10, 21].

KARAKTERISTIČNA VELIČINA		MOGUĆE VREDNOSTI OPIS I NAPOMENE	MOGUĆNOST IZBORA	
Podržani opsezi		Band III, IV/V (VHF/UHF)+L-band	-	
Podržani razmak kanala, [MHz]		1.75, 5, 6, 7, 8 i 10	Zavisno od primene i korišćenog opsega	
Maksimalno rastojanje predajnika u SFN mreži - RF kanal širine 8MHz		159.6km (32k OFDM, GI = 19/128) 134.4km (16k OFDM, GI = 1/4)	Uslovi planiranja mreže i pokrivanja servisom.	
Maksimalni protok za 8MHz kanal		50.3Mbit/s (32k OFDM, 256-QAM, CR = 5/6, GI = 1/32)		
Binarni protoci za preporučene konfiguracije i RF kanal od 8MHz		SFN (Portabl – 25Mbit/s, Stacionarna – 40.2Mbit/s) Stacionarna MFN – 37Mbit/s		
Širina spektra RF signala, [MHz]	Normalni mod	1.54, 4.76, 5.71, 6.66, 7.61 i 9.51	Izbor moda. Prošireni mod - veći binarni protok i manja otpornost na interferenciju	
	Prošireni (<i>extended</i>) mod (8k, 16k i 32k OFDM) – Nije podržan za razmak kanala od 1.75MHz	8k - 4.82, 5.79, 6.75, 7.72 i 9.65 16k i 32k - 4.86, 5.83, 6.80, 7.77 i 9.71 Manji broj <i>scattered</i> pilota, širi spektar, manji zaštitni opsezi i veći binarni protok signala		
Primena COFDM tehnike	Modulacija podnosioca	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM	Izbor zavisi i od drugih parametara	
	Rotirana konstelacija	Ne može pri primeni ACE tehnike za potiskivanje PAPR	Preporučena je primena	
	OFDM modovi (dužina FFT)	1k (1x1024), 2k, 4k, 8k, 16k i 32k (za 32k u RF kanalu simbol traje 3.584ms)	Izbor zavisi i od drugih parametara	
	Odnos trajanje GI i OFDM simbola	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, i 1/4 (za 32k maksimalna vrednost 1/8)	Izbor apsolutne i relativne dužine GI	
	Pilot tonovi		0.35% od ukupnog broja.	-
		<i>Scattered</i>	1, 2, 4 ili 8% od ukupnog broja. 8 šema (PP1-PP8) vezanih za izbor GI. <i>Overhead</i> – oko 8% PP1 do 1% PP7	Izbor šeme uz ograničenja (MISO, interliving. ...)
Smanjivanje PARP	Primena ACE i/ili TR tehnike	Ništa, ACE i/ili TR		
FEC kodiranje	Primenjeni kodovi	LDPC + BCH	Obavezna primena	
	Kodni količnik	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5 i 5/6	Izbor zavisi od drugih parametara	
	Interliving	Interliving bita parnosti i <i>twist</i> interliver	Obavezna primena	
	Dužina FEC blokova	16200 (kratki) i 68400 (normalni) bita.	Na osnovu primene	
Podržani tipovi interlivinga		Vremenski, bitski, frekvencijski i ćelijski (<i>cell word</i>) interliving. Izbor parametara u kombinaciji sa drugim veličinama. Dubine interlivinga od 70ms u modu A do više od 200ms u modu B. Za slučaj intelivinga nad većim brojem T2 frejmova dubina veća od 500ms – moguća primena za PLP malog binarnog protoka.		
MISO procesiranje		Alamouti šema sa 2 predajna signala.	Opciona primena	
Ulazni mod		Mod A (jedan PLP), Mod B (više PLP).	Zavisno od primene	
Frejmovi	Tipovi frejma	T2 frejmovi i FEF (za proširenja)	-	

KARAKTERISTIČNA VELIČINA		MOGUĆE VREDNOSTI OPIS I NAPOMENE	MOGUĆNOST IZBORA
	Dužina T2 frejma	Maksimalno trajanje 250ms, zadat minimalni broj simbola, paran broj simbola za 32k	Izbor uz navedene i druge uslove.
	Super frejm	Minimalna dužina je 2	Slobodan izbor
	Sečenje (slajsovanje)	Podrška za podisečke (sub-slajsove) u okviru PLP-ova	Izbor na osnovu tabela
Mod adaptacije		NM ili HEM moda rada.	Primena u zavisnosti od ulaznog moda (A/B) i osobina ulaznog toka podataka
		Sinhronizacija ulaznog strima.	
		Brisanje <i>null</i> paketa.	
Broj PLP-ova		Zadat je maksimalni broj u funkciji date konfiguracije	

Tabela 2.2 – Parametri i mogućnosti izbora parametara za fizički sloj DVB-T2 standarda.

2.2.3. Kapacitet DVB-T2 sistema

Najveći broj karakteristika i parametara uveden pri razvoju DVB-T2 standarda određen je zahtevom ostvarivanja maksimalne vrednosti binarnog protoka pri prenosu. Mnoge uvedene opcije fizičkog sloja, (npr. primena 256-QAM, opcije pri izboru GI dužine FFT, šeme *scattered* pilota ...), uvedene su u cilju povećanja broja bita po podnosiocu i smanjivanja unesenog *overhead*-a modulacione šeme, tako da se mogu prilagoditi osobinama RF kanala.

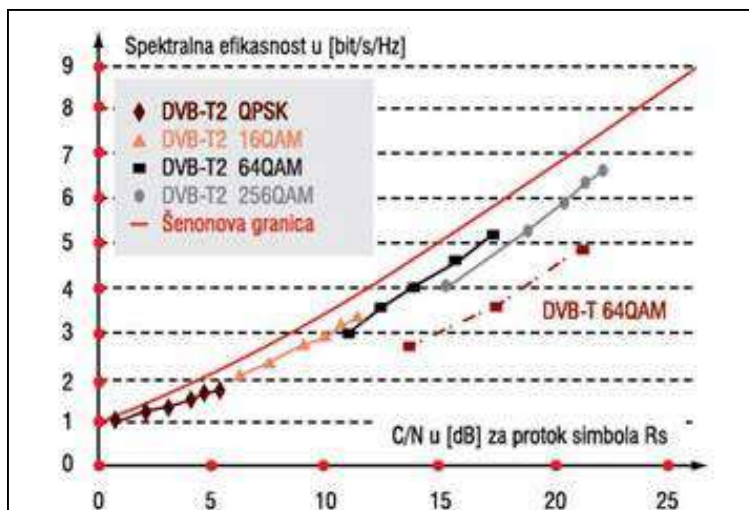
Rezultati praktične i eksperimentalne primene pokazali su da je povećanje kapaciteta u odnosu na DVB-T standard znatno veće od očekivanih 50%, [10, 28]. Primenom SFN mreža i izborom parametara GI, kodnog količnika (*Code Rate*, CR), broja podnosilaca za COFDM i korišćenjem 256-QAM postupka modulacije, moguće je dalje povećanje kapaciteta do 67%, kao i znatno povećanje zone pokrivanja SFN mreže primenom zaštitnih intervala većeg trajanja uz smanjenje kapaciteta reda 3%, [10]. U tabeli 2.3 prikazane su postavke DVB-T i DVB-T2 sistema za koje su dati podaci o povećanju kapaciteta.

PARAMETAR	POREĐENJE DVB-T I DVB-T2 SISTEMA		POREĐENJE DVB-T I DVB-T2 SISTEMA ZA SLUČAJ SFN	
	DVB-T (UK)	DVB-T2	DVB-T	DVB-T2
Modulacija	64-QAM	256-QAM	64-QAM	256-QAM
Dužina FFT	2k	32k	8k	32k
GI	1/32	1/128	1/4	1/16
FEC	2/3CC i RS	3/5LDPC i BCH	2/3CC i RS	3/5LDPC i BCH
<i>Scattered</i> piloti	8.3%	1.0%	8.3%	4.2%
Kontinualni piloti ⁽¹⁾	2.0%	0.53%	2.0%	0.39%
L1 <i>overhead</i> ⁽²⁾	1.0%	0.53%	1.0%	0.65%
Normalni/Prošireni mod	Normalni mod	Prošireni mod	Normalni mod	Prošireni mod
Kapacitet RF kanala	24.1 Mbit/s	36.1 Mbit/s	19.9 Mbit/s	33.2 Mbit/s

⁽¹⁾ Uključeni su samo kontinualni piloti koji nisu istovremeno i *scattered* piloti
⁽²⁾ TPS za DVB-T, L1 signalizacija, P1 simboli i dodatni P2 *overhead* za DVB-T2.

Tabela 2.3 – Prikaz parametara sistema na osnovu kojih je određeno potencijalno povećanje kapaciteta DVB-T2 sistema u odnosu na DVB-T sistem.

Kapaciteti koji se ostvaruju primenom DVB-T2 sistema, veoma su bliski *Shannon*-ovoj granici, videti sliku 2.11, i omogućavaju uštedu u potrebnoj količini opreme. Za fiksirani broj TV programa koje treba preneti, i prenosom od po 12 TV programa u SDTV rezoluciji (3 Mbit/s sa MPEG-4 kompresijom) po multipleksu u DVB-T2 sistemu, moguć je prenos istog broja TV programa sa 2 do 3 puta manjim brojem multipleksa (RF kanala) u odnosu na DVB-T sistem, [10].



Slika 2.11 – Spektralna efikasnost DVB-T2 i DVB-T sistema za različite modulacije u funkciji promene CNR, izvor [28].

Fleksibilnost ugrađena u definiciju fizičkog sloja DVB-T2 sistema, omogućava prenos sa različitim nivoimarobusnosti pri prenosu specifičnih servisa. Pri tome, ostvareni binarni protok signala, a samim tim i kapacitet, zavisi od velikog broja različitih faktora: dužine FFT, trajanja GI, usvojene šeme rasporeda pilota, širine RF kanala i primene normalnog ili proširenog moda, primene TR tehnike za smanjivanje PAPR, dozvoljene mogućnosti primene FEF u superfrejmu za moguću primenu MIMO, mogućnosti primene MISO, odnosno izbor dužine T2 frejma, modulacije i kodnih količnika primenjenih za prenos PLP-ova i L1-post signalizacije. Samim tim, proračun kapaciteta u funkciji izabranih parametara prenosa je veoma složen, pogotovo iz razloga što izbor većine navedenih parametara nije slobodan već postoji njihov uzajamni odnos.

U tabeli 2.4 su prikazani maksimalno ostvarivi protoci, kao i protoci za preporučene konfiguracije fizičkog sloja DVB-T2 sistema u slučaju primene RF kanala širine 8 MHz, pilot šeme PP7, OFDM sa 32k, i vrednosti odnosa GI i trajanja OFDM simbola 1/128, [10, 21].

2.3 REFERENTNA ARHITEKTURA DVB-T2 SISTEMA

Na slici 2.12, prikazana je referentna arhitektura DVB-T2 sistema za slučaj prenosa TS. U slučaju prenosa GS ili kombinacije TS/GS neophodna je odgovarajuća realizacija interfejsa A i interfejsa D, koji bi uzela u obzir odgovarajuće obrade u skladu sa definisanim specifikacijama. Kompletan referentni DVB-T2 sistem čine 3 podsistema: PS1, PS2 i PS3, sa dva intefejsa (A i B) sa strane distributivne mreže i 2 podsistema: PS4 i PS5, sa intefejsom D sa strane krajnjeg korisnika. Interfejs C nalazi se između distributivne mreže i korisničkih prijemnika i predstavlja radio interfejs fizičkog sloja DVB-T2 sistema.

CR	Maksimalni apsolutni protok [Mbit/s]		Protok za preporučenu konfiguraciju, [Mbit/s]	
	V	Konfiguracija	V	Konfiguracija
1/2	7.49255	QPSK LF = 62 BbF = 52	7.4442731	QPSK LF = 60 BbF = 50
3/5	9.003747		8.9457325	
2/3	10.01867		9.9541201	
3/4	11.27054		11.197922	
4/5	12.02614		11.948651	
5/6	12.53733		12.456553	
1/2	15.03743	16-QAM LF = 60 BbF = 101	15.037432	16-QAM LF = 60 BbF = 101
3/5	18.07038		18.07038	
2/3	20.10732		20.107323	
3/4	22.6198		22.619802	
4/5	24.13628		24.136276	
5/6	25.16224		25.162236	
1/2	22.51994	64-QAM LF = 46 BbF = 116	22.481705	64-QAM LF = 60 BbF = 151
3/5	27.06206		27.016112	
2/3	30.11257		30.061443	
3/4	33.87524		33.817724	
4/5	36.1463		36.084927	
5/6	37.68277		37.618789	
1/2	30.08728	256-QAM LF = 68 BbF = 229	30.074863	256--QAM LF = 60 BbF = 202
3/5	36.15568		36.140759	
2/3	40.23124		40.214645	
3/4	45.25828		45.239604	
4/5	48.29248		48.272552	
5/6	50.34524		50.324472	

Tabela 2.4 – Maksimalni kapacitet i kapacitet preporučene konfiguracije DVB-T2 sistema u funkciji tipa modulacije, kodnog količnika (CR), dužine frejma (LF) i broja FEC blokova po frejmu (BbF), za RF kanal širine 8MHz, pilot šemu PP7, i OFDM sa 32k i GI = 1/128.

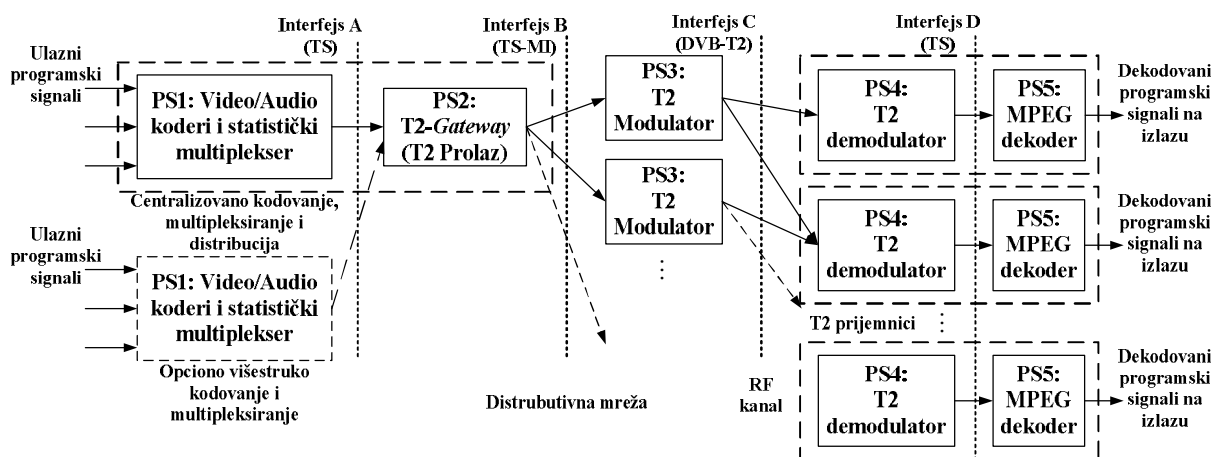
Prvi podsistem (PS1) u DVB-T2 sistemu je u principu, uz određene specifičnosti, koncipiran kao i u drugim DVB standardima, [10, 21]. U okviru PS1 obavlja se kodiranje i statističko multipleksiranje ulaznih programskih signala, odnosno generisanje MPEG-2 TS i/ili GS tj. GSE. U slučaju video servisa potrebno je izvršiti video/audio kodiranje uz dodavanje dodeljenih PSI/SI i signalizacije drugog sloja (L2 signalizacija). Kodovanje video/audio sadržaja tipično se obavlja primenom VBR (*Variable Bit Rate*) sa zajedničkom kontrolom kojom se obezbeđuje CBR (bez *null* paketa) na nivou svih TS na ulazu. Korišćenjem interfejsa A tipično se prenosi jedan ili više MPEG-2 TS preko ASI (*Asynchronous Serial Interface*). Ukoliko se u DVB-T2 sistemu koristi zajednički PLP, u okviru PS1 se obavlja deljenje izlaznih TS u skladu sa aneksom D standarda, [14].

Pri primeni konvencionalnog sistema za statističko multipleksiranje koji originalno generiše jedan TS, uz DVB-T2 prenos sa višestrukim PLP-ovima, od kojih svaki nosi po jedan TS, PS1 sadrži i funkcionalnosti remultipleksiranja kao što su rukovanje sa PSI/SI i PCRR (*Programme Clock Reference Restamping*). Multiplekser može biti implementiran kao nezavisna celina, ali je moguća implementacija i u okviru koda u kome se vrši višestruko kodiranje video signala. Drugi tip implementacije efikasan je kada veći broj signala ima istu trasu, pa se mogu zajedno kodirati u cilju efikasnije raspodele kapaciteta u okviru fiksnog

kapaciteta multipleksa. Ipak, ovakva implementacija je nepogodna kada se ubacivanje (insertovanje) programa obavlja na različitim pozicijama u distributivnoj mreži.

Drugi podsistem (PS2) predstavlja T2 prolaz (*T2-Gateway*), sa ulaznim interfejsom specificiranim u [14], i to posebno za osnovni fizički sloj i/ili prošireni (*extended*) fizički sloj DVB-T2 sistema. Samim tim, u okviru T2 prolaza uključene su funkcije adaptacije moda (*mode adaptation*) i adaptacije toka (*stream adaptation*), odnosno alokacije kapaciteta i funkcija PLP *scheduling*-a. Osnovni T2 prolaz na svom izlaznom interfejsu (interfejs B) generiše T2-MI (*T2-Modulator Interface*) tok podataka, koji predstavlja sekvencu T2-MI paketa, od kojih svaki paket sadrži BB frejmove, IQ vektorske podatke za svaki dodatni (*auxiliary*) tok ili signalizacione informacije (L1 ili SFN). Samim tim, T2-MI tok sadrži sve neophodne informacije za opis sadržaja i vremenskog redosleda emitovanja T2 frejmova, a svaki pojedinačni T2-MI tok se dovodi do jednog ili više T2 modulatora u mreži. Format T2-MI paketa i tokova podataka opisan je u ETSI EN 102 733 standardu, [16]. Dodatno, funkcije T2 prolaza uključuju delove specifikacije fizičkog sloja DVB-T2 sistema koje nisu u potpunosti predefinisane, npr. alokaciju kapaciteta i *scheduling*. Pri tome, pomenute funkcije je u slučaju SFN mreže neophodno centralizovati kako bi se obezbedilo sinhronizovano emitovanje signala sa svih predajnika u SFN mreži.

Podsistem T2 modulatora (PS3), prihvata BB frejmove i ubačene instrukcije za sklapanje T2 frejmova koji se dostavljaju putem T2-MI tokova, na osnovu kojih se kreiraju DVB-T2 frejmovi. DVB-T2 frejmovi se emituju u odgovarajućem trenutku u skladu sa sinhronizacijom u okviru SFN mreže. Na svom izlazu T2 modulator generiše RF signal u skladu sa specifikacijom fizičkog sloja DVB-T2 sistema (Interfejs C).



Slika 2.12 – Blok šema referentnog DVB-T2 sistema za slučaj prenosa TS, izvor [16].

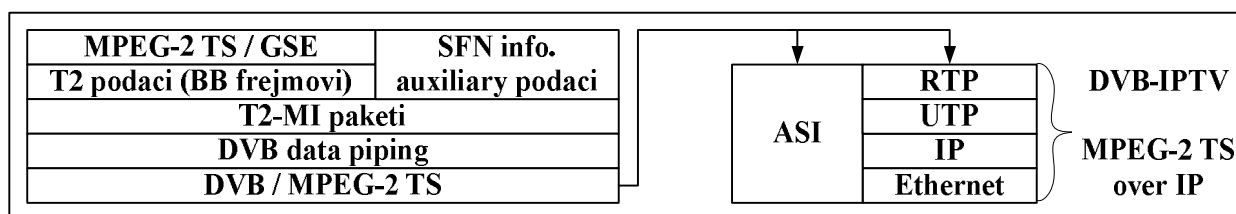
U okviru T2 prijemnika, koje koriste krajnji korisnici sistema, postoje dva podsistema. Prvi je podsistem T2 demodulatora (PS4), u okviru koga se vrši prijem RF signala od jednog (MFN) ili više (SFN) predajnika, i obavljaju se neophodne obrade inverzne onima u T2 modulatoru. Podsistem PS4 na svom izlazu generiše jedan TS, koji se preko interfejsa D prosleđuje ka podsistemu PS5. U okviru interfejsa D obavlja se sintetička korekcija TS koji nosi jedan ili više servisa, kao i podatke zajedničke signalizacije izdvojene iz c-PLP. Tok podataka na izlazu interfejsa D, pri korektnom radu, identičan je onom na ulazu interfejsa B. Podsistem MPEG dekođera (PS5) preko interfejsa D prihvata TS generisan od PS4, i na svom izlazu generiše dekodirane video/audio sadržaje. U slučaju kada se preko DVB-T2 sistema prenose GS, interfejs D ima drugačiju formu, i tada se zajednička signalizacija može prenositi

odvojeno od tokova podataka samog servisa. U odgovarajućem ETSI standardu, [21], prikazana su detaljna uputstva za implementaciju PS4 i PS5, tj. prijemnika DVB-T2 sistema.

2.3.1. Interfejs modulatora u DVB-T2 sistemu

DVB-T2 specifikacija definiše samo određene uslove na osnovu kojih se obavlja alokacija podataka uzlaznih tokova u svaki od korišćenih PLP-ova. Poboljšanje rada DVB-T2 sistema u slučaju primene SFN mreže, ostvaruje se uvođenjem T2 prolaza (*gateway*) koji obavlja alokaciju i raspoređivanje (*scheduling*) podataka. Rezultujući tokovi se zatim distribuiraju ka svakom od T2 modulatora u SFN mreži, koji zbog toga pri emitovanju formiraju identičan signal. Interfejs modulatora u DVB-T2 sistemu (T2-MI) definiše odgovarajući format toka, čime je omogućeno formiranje pouzdanih mreža predajnika u SFN, ali i u MFN mrežama. Dodatno, specifikacija T2-MI dozvoljava primenu regenerativnih repetitora, koji se mogu koristiti za dostavljanje signala u okviru MFN i SFN mreža u cilju pokrivanja senki, tj. procepa (*gaps*) u zoni pokrivanja mreže.

Osnovni T2 prolaz sa svog izlaznog interfejsa isporučuje niz T2-MI paketa, koji se vode ka jednom ili ka više T2 modulatora u datoj mreži predajnika. Niz T2-MI paketa sadrži sve potrebne informacije za opisivanje sadržaja, ali i vremenskog redosleda za emitovanje T2 frejmova, [16]. T2 modulatori iz dolaznog T2-MI toka, tj. niza T2-MI paketa, izdvajaju BB frejmove, kao i instrukcije za T2 frejmove. Ovako formirani DVB-T2 frejmovi emituju se u odgovarajućem vremenskom intervalu, kako bi se omogućila korektna sinhronizacija rada na nivou SFN mreže. Distribucija signala od T2 prolaza do T2 modulatora može se obaviti na prirodan način, preko standardnog DVB interfejsa (*DVB Transport Stream Interface*) kao što je ASI, odnosno enkapsulacijom T2-MI paketa u MPEG-2 TS pakete u skladu sa ETSI EN 301 192, [20]. Alternativno, prenos je moguće izvršiti korišćenjem dalje enkapsulacije MPEG-2 TS u IP pakete, saglasno sa standardom ETSI TS 102 034, [19], uz prenos kroz IP mreže. Na slici 2.13, dat je grafički prikaz T2-MI protokola za oba pomenuta načina prenosa T2-MI toka do modulatora. Primenom ASI fizičkog sloja za distribuciju signala od T2 prolaza do T2 modulatora ostvaruje se ukupan *overhead* od 2.2% što uz dodatni *overhead* koji se unosi putem FEC od 8.5% primenom preporučenog *Reed-Solomon*-ovog (188,204) koda rezultuje ukupnim *overhead*-om od 10.9%. Primenom *Ethernet* fizičkog sloja za distribuciju signala od T2 prolaza do T2 modulatora sa ukupnim *overhead*-om od 6.7%, u slučaju DVB-IPTV prenosa, uz dodatni *overhead* usled FEC vrednosti 5% za 1-D SMPTE (*Society of Motion Pictures and TV Engineers*) kod sa 20 kolona ili 25.2% sa 1-D SMPTE kod sa 4 kolone, rezultuje ukupnim *overhead*-om od 12.1% i 33.7%, respektivno.



Slika 2.13 – Grafički prikaz toka T2-MI protokola, izvor [16].

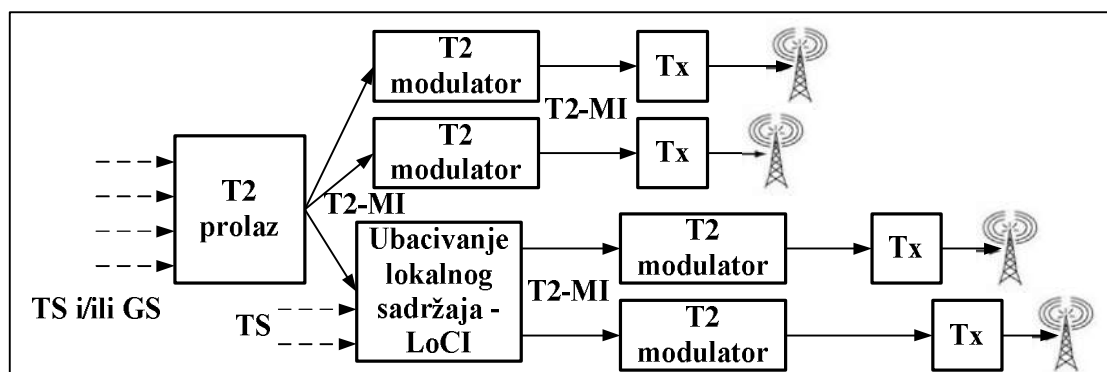
U jednostavnom sistemu moguće je direktno povezivanje podsistema za kodiranje i multipleksiranje (PS1) i T2 modulatora (PS3) preko TS interfejsa (interfejs A). Tada se, u okviru T2 modulatora (PS3) uključuju i sve funkcionalnosti u skladu sa opisom fizičkog sloja

DVB-T2 sistema. Ovakva arhitektura se ne može koristiti za realizaciju SFN mreža, već je neophodno koristiti alternativnu arhitekturu u okviru koje se signal predajnicima SFN mreže dostavlja preko radio linkova od strane MS (*Master Station*) korišćenjem nekog drugog RF kanala. Pri tome, MS formira T2 signal bilo iz T2-MI toka ili iz jednostavnih TS ulaznih tokova podataka.

2.3.2. Ubacivanje (insertovanje) regionalnih i lokalnih programa

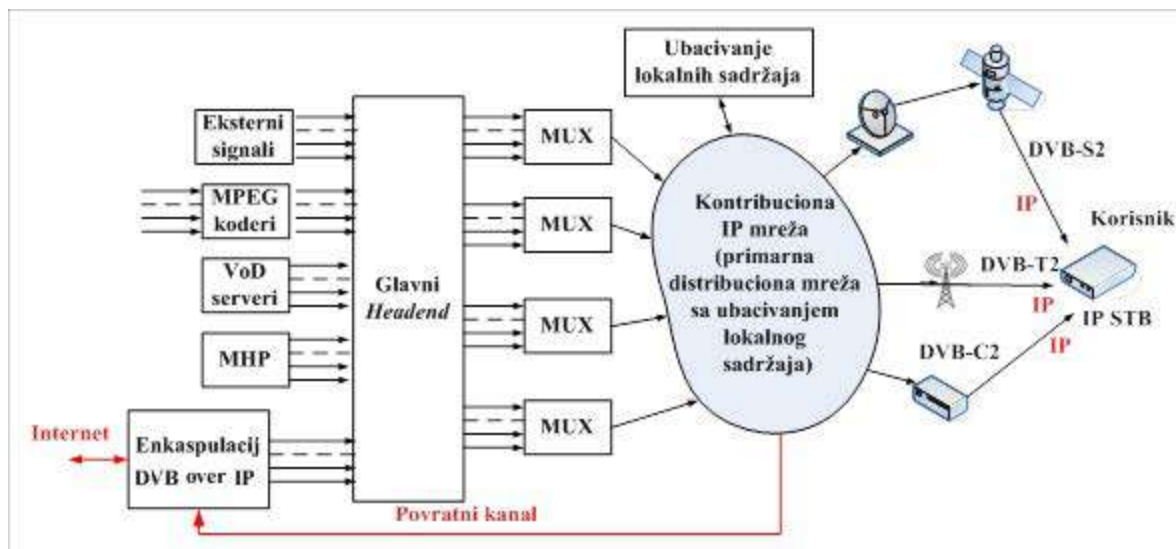
U okviru DVB-T standarda ubacivanje (insertovanje) lokalnih programa je moguće samo na pozicijama multipleksa. Stoga je bilo neophodno izvršiti kompletno dekodovanje signala (u slučaju višestrukog kodovanja) ili bar demultipleksiranje sadržaja sa izdvajanjem podataka o sekvenci koja se izdvaja iz PSI tabela. U ovom drugom, jednostavnijem, slučaju nije bilo neophodno izvršiti MPEG dekodovanje, već samo dekodovanje MPEG-2 TS.

U okviru DVB-T2 standarda, omogućeno je ubacivanje lokalnih i regionalnih programa bez dekodovanja, što je velika prednost, posebno u slučaju postojanja velikog broja programa, [16]. Na slici 2.14, prikazan je proces ubacivanja regionalnih i lokalnih programa primenom LoCI (*Local Content Inserter*) uređaja, koji u T2-MI tok sa svog ulaza ubacuje bilo kakav lokalni sadržaj i na svom izlazu generiše izlazni T2-MI tok.



Slika 2.14 - Emitovanje regionalnih i lokalnih programa u DVB-T2 sistemu, [16].

DVB standardi druge generacije, razvijeni su u skladu sa dostignućima ostvarenim u razvoju IP mreža i Interneta. Iz tog razloga podržana je generička (GSE) enkapsulacija koja omogućava prenos MPEG-2 TS korišćenjem IP paketa. Spoj razvoja IPTV, podržan od strane DVB grupe odgovarajućom grupom DVB-IPTV specifikacija, kao i orijentacija DVB grupe ka multimedijalnim sadržajima, omogućava razvoj nove tehnologije digitalne televizije na bazi IP tehnologije. Moguće je definisati složenu arhitekturu sa jednostavnom okosnicom na bazi TCP/IP (*Transport Control Protocol/IP*) ili IP/MPLS (*IP/Multiple Protocol Label Switching*) tehnologije, u koje korisnici koriste STB uređaje na bazi IP tehnologije, što je ilustrovano na slici 2.15. U ovom slučaju, formiranje multipleksa obavlja se u glavnom *headend*-u pri čemu u multipleks ulaze signali generisani u produkcioni centrima, eksterni signali, video na zahtev VoD (*Video on Demand*), i formirani MHP (*Multimedia Home Platform*) signali. Kontribuciona mreža, sa ulogom primarne distribucione mreže u kojoj je moguće ubacivanje lokalnih programa, predstavlja IP zasnovanu mrežu sa prosleđivanjem signala ka korisnicima putem satelitske ili zemaljske sekundarne distribucione mreže koristeći bilo koji tip prenosa, uključujući prenos po DVB kanalima, a moguć je i prenos kroz KDS mreže.

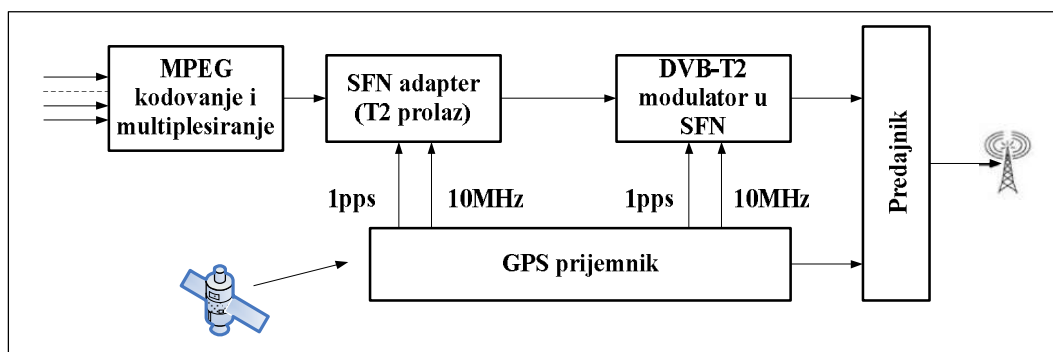


Slika 2.15 – Mreža za emitovanje TV signala i okosnicom na bazi IP (DVB-T2/IP)

2.3.4. Sinhronizacija u okviru DVB-T2 mreže

Rad DVB-T2 sistema, posebno u slučaju rada u obliku SFN mreže kada se sa svih predajnika mreže istovremeno emituje isti, vremenski sinhronizovani signal, zahteva preciznu vremensku sinhronizaciju rada svih predajnika u mreži. Primena COFDM na fizičkom sloju DVB-T2 sistema pruža izvesnu otpornost prenosa na vremensko rasejanje signala koje nastaje usled *multipath* propagacije. Prijemnik u DVB-T2 sistemu SFN tipa prima signal sa više predajnika koje doživljava kao originalne i zakašnjene verzije istog signala, pa je za uspešan rad neophodna dobra sinhronizacija rada predajnika, [14, 16].

Sinhronizaciju rada predajnika u okviru DVB-T2 sistema za SFN mrežu moguće je ostvariti korišćenjem signala GPS-a, pri čemu je blok šema ovakvog načina sinhronizacije prikazana na slici 2.16. Ovaj način ostvarivanja sinhronizacije daje izuzetno dobre rezultate, ali zahteva nešto skuplje uređaje sa ugrađenim GPS modulima što povećava troškove.

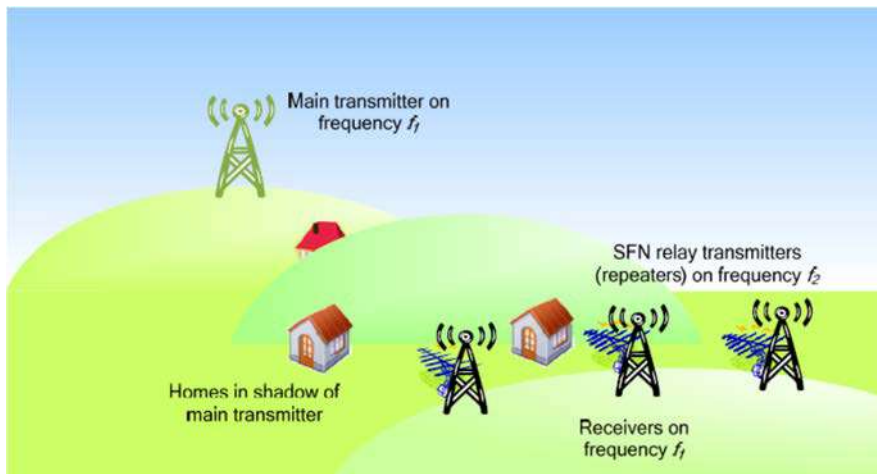


Slika 2.16– Sinhronizacija rada predajnika u DVB-T2 sistemu u SFN radu primenom GPS-a.

Ukoliko se za potrebe sinhronizacije ne koristi GPS, DVB-T2 standard, unutar specifikacije za interfejs T2-MI, [16] definiše rešenje dato u *annex-u B*, koje se zasniva na utiskivanju informacije na osnovu koje se podešavaju sva kašnjenja u mreži i obavlja sinhronizacija rada predajnika primenom posebnog TS paketa, T2-MIP (*T2-Modulation*

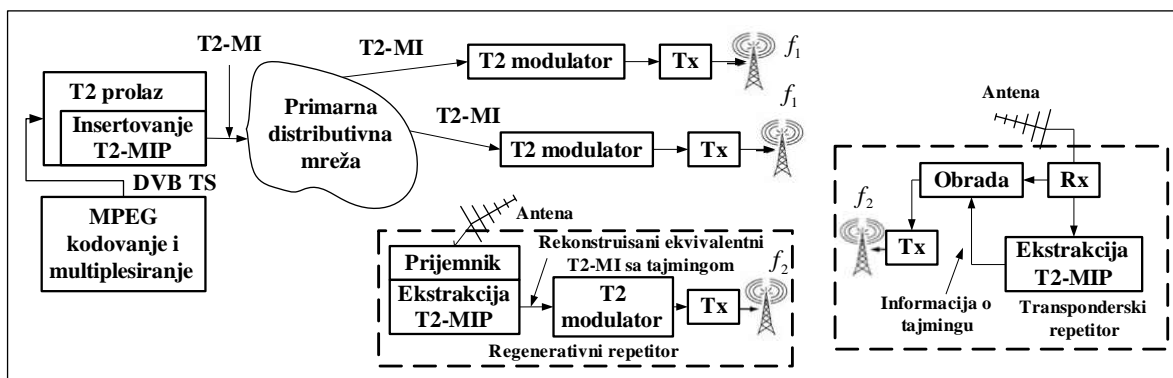
Information Packet), a koji se predajnicima dostavljaju putem radio prenosa. U ovom slučaju u DVB-T2 sistemu više repetitora prima signal glavnog predajnika (MS) na jednom RF kanalu, i zatim signal prosleđuju na drugom zajedničkom RF kanalu, [16], slika 2.17. Pri tome, moguće je definisati dva tipa repetitora:

- Regenerativni repetitor, koji obavlja demodulaciju DVB-T2 signala do nivoa TS i ponovnu modulaciju dobijenog TS u regenerisani DVB-T2 signal, koji se zatim emituje na drugom RF kanalu (različit od RF kanala u kome je signal MS); i
- Transponderski repetitor, koji prima signal, translira ga u spektru, pojačava, unosi odgovarajuće kašnjenje, i emituje ga na drugom RF kanalu.



Slika 2.17 – SFN repetitori koji ulazni signal dobijaju radio prenosom od glavnog predajnika SFN, i reemituju ga na svom zajedničkom RF kanalu, [16].

U slučaju SFN načina rada repetitora, relejne stanice (repetitori) ne moraju da pristupaju T2-MI paketima koji se u glavnom predajniku koriste za generisanje radio signala fizičkog interfejsa DVB-T2 sistema. Kako signal fizičkog sloja definiše glavni predajnik, jedini sinhronizacioni podatak koji je neophodan je vreme reemitovanja T2 frejma. Ovaj podatak se prenosi korišćenjem T2-MIP. Dekodovanje T2-MIP obavlja se u demodulatoru repetitora, zatim se ekstrahuje vreme emitovanja određenog superfrejma DVB-T2 signala. Na osnovu ove informacije i saznanja o vremenu trenutno primljenog superfrejma, svaki repetitor obavlja odgovarajuće kašnjenje signala i sinhronizuje emitovanje posmatranog superfrejma. Na slici 2.18, prikazana je blok šema ovakvog načina sinhronizacije predajnika DVB-T2 mreže.



Slika 2.18 - Sinhronizacija u okviru SFN mreže korišćenjem T2-MIP (bez GPS-a), [16].

3. PREGLED SISTEMA ZA EMITOVANJE DIGITALNE ZEMALJSKE TELEVIZIJE U REPUBLICI SRBIJI

Prelazak sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog signala na teritoriji Republike Srbije obavljeno je u skladu sa usvojenim strateškim dokumentima i uspostavljenom regulativom u ovoj oblasti. Početna faza u procesu digitalizacije započela je formiranjem inicijalne mreže, puštene u rad 21.03.2012. godine, koju je činilo 13 predajničkih lokacija i 2 repetitorske lokacije. Od ove početne faze, celokupnim procesom izgradnje mreže predajnika, kao i drugim elementima sistema DTTB u Srbiji, rukovodilo je Javno preduzeće „Emisiona tehnika i veze” Beograd (JP ETV). Ovom preduzeću povereno je upravljanje celokupnom emisionom infrastrukturuom u Republici Srbiji. U skladu sa javnim ovlašćenjem dodeljenim od Vlade Republike Srbije, JP ETV predstavlja ovlašćenog operatera sistema za radiodifuziju digitalne zemaljske televizije (DTTB) u Republici Srbiji.

Formalno, proces prelaska sa analognog na digitalno emitovanje završen je 15. maja 2015. godine. U ovom trenutku, emitovanje zemaljske televizije na teritoriji Srbije obavlja se isključivo korišćenjem DVB-T2 standarda. Po javno dostupnim podacima na zvaničnom sajtu JP ETV, trenutnu mrežu predajnika čini više od 200 predajničkih i repetitorskih lokacija, [3]. Ovom mrežom predajnika krajnjim korisnicima se dostavljaju tri multipleksa, MUX1, MUX2 i MUX3, pri čemu je sa zahtevanim nivoom kvaliteta ostvareno pokrivanje teritorije na kojoj živi 97.82%, 96.77% i 96.03% stanovništva, za svaki od tri multipleksa, respektivno, [3].

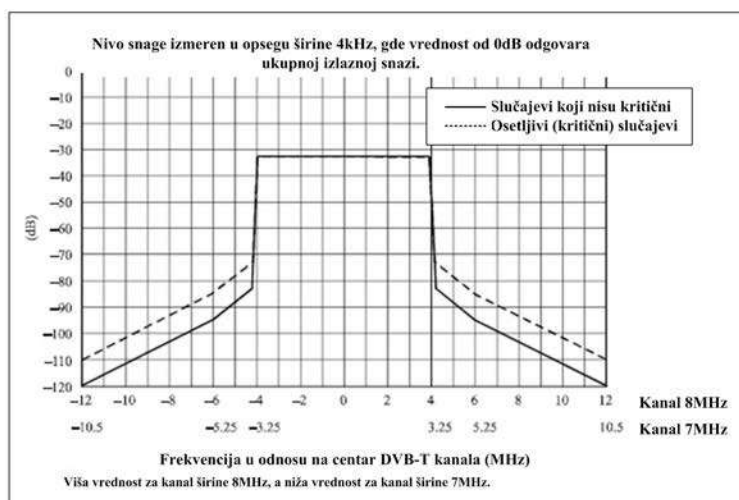
U okviru ove glave najpre će biti date neke osnovne informacije o procesu i uslovima prelaska na digitalno zemaljsko emitovanje TV signala u Srbiji, a nakon toga biće dat detaljan prikaz mreže predajnika sistema DTTB kojom upravlja JP ETV.

Podaci prikazani u drugom delu ove glave, u poglavljima 3.2 i 3.3, predstavljaju delom podatke zvanično dobijene od JP ETV, a delom podatke iz zvaničnog i javnog registra (baze podataka) RATEL-a o korišćenju radiodifuznog spektra, odnosno izdatim dozvolama za radio-stanice. Prema zahtevu Projektnog zadatka prethodno pomenuti podaci korišćeni su u analizama, proračunima i razmatranjima, čiji su postupci, rezultati i zaključci prikazani u nastavku ove Studije.

3.1 OSNOVNI PODACI O PROCESU I USLOVIMA PRELASKA NA DIGITALNO EMITOVANJE TV SIGNALA U SRBIJI

U okviru procesa razvoja sistema DTTB u Srbiji frekventijsko planiranje za digitalnu radiodifuznu službu izvršeno je u skladu sa odredbama međunarodnog sporazuma (tzv. Plan digitalne radiodifuzije - GE06 Plan), ratifikovanog pod nazivom „Završni akti Regionalne konferencije o radio-komunikacijama za planiranje digitalne terestijalne radiodifuzne službe u delovima Regiona 1 i 3, u frekventijskim opsezima 174-230MHz i 470-862MHz (RRC-06)”, u Narodnoj skupštini Republike Srbije. GE06 Plan odnosi se na sledeće frekventijske opsege: 174-230 MHz (opseg III - VHF), 470-582 MHz (opseg IV - UHF) i 582-862 MHz (opseg V - UHF). U odgovarajućim aneksima GE06 Plan-a definisana je detaljna numeracija i granice DVB-T kanala za opsege III, IV i V, kao i skup dodeljenih frekvencija (za DVB-T signal to je centralna frekvencija kanala), kao i raspodela i razmak (raster) između kanala u RF spektru.

GE06 Plan razvijen je na osnovu pretpostavke primene DVB-T standarda za digitalno emitovanje TV programa (jedino ustanovljenog u tom trenutku). Stoga je, pri primeni DVB-T2 standarda u Republici Srbiji, korišćena opcija GE06 Plana po kojoj se notifikacija dodele frekvencije može prihvatiti i sa karakteristikama koje se razlikuju od onih koje se pojavljuju u digitalnom Planu za emisije u radiodifuznoj službi. Uslov pod kojim se ovakva notifikacija dodele može prihvatiti je da su vršne snage u bilo koja 4 kHz ne premašuje spektralnu gustinu snage u ista 4 kHz digitalnog upisa u GE06 Planu. Postupak se sastoji u tome da se obezbedi da signal DVB-T2 sistema bude u granicama spektralne maske DVB-T sistema, date na slici 3.1. Kako ovakva upotreba ne može da traži veću zaštitu od one obezbeđene za posmatrani digitalni upis u GE06 Planu (za DVB-T standard), pri izboru parametara DVB-T2 sistema moralo je da se vodi računa da se ostvari isti nivo zaštite kao kod referentne DVB-T.



Slika 3.1 - Spektralne maske za DVB-T u RF kanalima širine 8MHz i 7MHz, [2].

U tabeli 3.1, prikazan je uporedni pregled varijanti DVB-T i DVB-T2 sistema sa prikazanim zahtevanim odnosima CNR u slučaju *Rayleigh*-ovog kanala. Na osnovu tabele 3.1, može se videti da se za istu osetljivost (CNR) primenom DVB-T2 sistema postižu povećanja protoka veća od 50%, dok se za iste protoke ostvaruje dodatna otpornost prenosa na greške od oko 7 dB, (videti osenčena polja u tabeli). Na osnovu primera, vidi se da je izborom odgovarajuće varijante DVB-T2 sistema moguće generisati signal koji po zahtevima

GE06 Plana odgovara referentnoj varijanti DVB-T sistema, uz ostvarivanje izvesnih poboljšanja.

DVB-T					DVB-T2				
Modul.	Kod. količ.	CNR (dB)	Korisni protoci, (Mb/s)		Modul.	Kod. količ.	CNR (dB)	Korisni protoci, (Mb/s)	
			GI=1/4 (8k)	GI=1/4 (8k)				GI=1/4 (8k)	GI=1/4 (8k)
16QAM	1/2	11.2	10.0	12.1	16QAM	1/2	7.3	12.5	13.6
16QAM	2/3	14.2	13.3	16.1	16QAM	2/3	10.5	16.7	18.2
16QAM	3/4	16.7	14.9	18.1	16QAM	3/4	12.2	18.8	20.5
16QAM	5/6	19.3	16.6	20.1	16QAM	5/6	14.4	20.9	22.8
64QAM	1/2	16.0	14.9	18.1	64QAM	1/2	11.7	18.7	20.4
64QAM	2/3	19.3	19.9	24.1	64QAM	2/3	15.4	25.0	27.9
64QAM	3/4	21.7	22.4	27.1	64QAM	3/4	17.5	28.2	30.7
64QAM	5/6	25.3	24.9	30.2	64QAM	5/6	19.9	31.3	34.1
					256QAM	1/2	15.4	25.0	27.3
					256QAM	2/3	20.0	33.4	36.5
					256QAM	3/4	22.5	37.6	41.0
					256QAM	5/6	25.3	41.9	45.6

Tabela 3.1 - Poređenje varijanti DVB-T i DVB-T2 sistema za *Rayleigh*-ov kanal, [29].

Primena DVB-T2 standarda omogućava razvoj SFN mreža veoma velikih dimenzija, što je prikazano u tabeli 3.2, [30], kao jednog od veoma bitnih elemenata planiranja mreže. Posmatrana konfiguracija DVB-T2 sistema u slučaju primene u skladu sa GE06 Planom zahteva primenu zona raspodele znatno većih dimenzija od onih koje postoje u GE06 Planu, što uslovljava značajno uslošnjanje procesa usled koordinacije sa nacionalnim regulatornim agencijama u susednim državama. U slučaju primene MISO moda (*Multiple-Input Single-Out*) javlja se ograničenje maksimalnog rastojanja između predajnika mreže na vrednost 79.8km, [30]. Pored toga, MISO mod rada podržava poboljšanja pokrivanja usled dodatnog diversitija po cenu veće složenosti i više cene predajnika, kao i već pomenutog smanjivanja rastojanja između predajnika.

PARAMETRI	STACIONARNI PRIJEM	PORTABILNI PRIJEM U SPOLJAŠNJEM PROSTORU
Modulacija	64QAM	64QAM
Dužina FFT (mod rada)	32k	16k
Zaštitni interval (GI)	19/128	1/4
Maksimalno rastojanje predajnika	159.6km	134.4km
Kodni količnik	2/3	2/3
Spektralni mod (mod prenosa)	Prošireni (<i>extended</i>)	Prošireni (<i>extended</i>)
Kapacitet	24.5Mbit/s	22.4Mbit/s
Broj TV programa (MPEG-4)	14SDTV / 2HDTV	12SDTV / 2HDTV

Tabela 3.2 - Parametri DVB-T2 sistema za razvoj SFN velike zone pokrivanja, [30].

Proces prelaska sa analognog na digitalno emitovanje bio je regulisan dokumentom „Pravilnik o prelasku sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog programa i pristup

multipleksu”, [4], (u daljem tekstu Pravilnik). U skladu sa Pravilnikom, bili su definisani formalni početak i kraj prelaska na digitalno emitovanje po pojedinim zonama raspodele (*allotment*), kao i osnovni uslovi, zahtevi i kriterijumi koji se moraju zadovoljiti.

Definisano je da se mreža za multipleksiranje i distribuciju, kao i upravljanje mrežom i multipleksom, uspostavi u okviru 15 zona raspodele, sa posebnom zonom raspodele za šire područje grada Beograda korišćenjem definisanog skupa kanala u IV i V UHF opsegu. Pri tome, iz tehničkih razloga su zone raspodele 12 (Sombor) i 13 (Subotica) u IV i V UHF opsegu u prvom multipleksu (MUX1) i drugom multipleksu (MUX2) spojene u jednu zonu raspodele Sombor-Subotica, dok su zone 7 (Kikinda) i 13 (Subotica) u trećem multipleksu (MUX3) spojene u jednu zonu raspodele Kikinda-Subotica. Osim toga, definisano je da se mreža za multipleksiranje i distribuciju, kao i upravljanje mrežom i multipleksom, projektuje u formi SFN mreže unutar svake od zona raspodele. Definisano je i raspored RF kanala po zonama raspodele, prikazan u tabeli 3.3. Takođe, naveden je zahtev da mreža za distribuciju digitalnog zemaljakog TV programa mora da obezbedi pokrivanje najmanje 95% stanovništva u prvom multipleksu, odnosno najmanje 90% stanovništva u drugom i trećem multipleksu.

ZONA RASPODELE	OZNAKA	KANAL MUX1	KANAL MUX2	KANAL MUX3
Avala	1	22	28	45
Besna Kobilica	2	35	39	43
Vršac	3	25	31	37
Deli Jovan	4	23	43	41
Jastrebac	5	27	38	42
Kikinda	6	32	55 ⁽¹⁾	29
Kopaonik	7	24	32	34
Kosovo i Metohija	8	21	31	44
Tornik-Ovčar	9	23	36	39
Rudnik-Crni Vrh (Jagodina)	10	26	29	35
Sombor	11	40	43	34
Subotica	12	40	43	29
Tupižnica	13	22	25	28
Cer-Maljen	14	32	34	37
Čor-Venac	15	24	30	41

⁽¹⁾ Nakon donošenja odluke o promeni namene opsega, kroz proces međunarodne koordinacije biće izvršena zamena ovog kanala van opsega digitalne dividende.

Tabela 3.3 - Raspored kanala po zonama raspodele u MUX1, MUX2 i MUX3, [4].

Definisana je primena tehničkog standarda ITU-T H.264/AVC (MPEG-4 verzija 10) za kompresiju podataka u okviru multipleksa, kao i primena DVB-T2 standarda za zemaljsko emitovanje TV signala. Dodatno, definisan je princip popunjavanja multipleksa, regulatorni okvir za obavljanje prelaza, i uslovi za prestanak analognog emitovanja.

Pravilnikom su definisani i određeni minimalni tehnički uslovi, odnosno definisano je između ostalog:

- digitalni zemaljski signal, DVB-T2 signal emituje se u skladu sa standardom SRPS EN 302 755 i ETSI EN 102 831, i to sa definisanim skupom mogućih parametara DVB-T2 signala u skladu sa ovim standardom, pri korišćenju RF kanala širine 8 MHz, tj. razmaka (rastera) kanala u UHF opsegu;
- koristi se SISO (*Single-Input Single-Output*) način rada;
- koristi se TS u skladu sa standardom ISO/IEC 13818-1, uz implementaciju video i audio kodiranja u skladu sa specifikacijom ETSI TS 101 154;

- koristi se video zapis u formatu MPEG-4 verzije 10 SD/HD za zadat skup rezolucija;
- vremensko kašnjenje između odgovarajućih audio i video zapisa mora da bude u skladu sa preporukom ITU-R BT.1359; i
- koriste se formati audio zapisa: MPEG-1 *Layer II* u skladu sa standardom ISO/IEC 13818-3 za SDTV, MPEG-4HE AAC u skladu sa standardom ISO/IEC 14496-3 za HDTV, i AC-3 i E-AC-3 u skladu sa specifikacijom ETSI TS 102 366 za HDTV.

3.2 SAŽETI OPIS SISTEMA ZA DIGITALNO ZEMALJSKO EMITOVANJE TELEVIZIJE I PREGLED PODATAKA O MREŽI PREDAJNIKA

Po zvanično objavljenim podacima JP ETV kao operatora sistema DTTB u Republici Srbiji, trenutno mrežu predajnika čini više od 200 predajničkih i repetitorskih lokacija, [3], putem koje se krajnjim korisnicima dostavljaju tri multipleksa, MUX1, MUX2 i MUX3, sa ostvarenim pokrivanjem teritorije na kojoj živi 97.82%, 96.77% i 96.03% stanovništva, respektivno, [3].

Sastav prvog multipleksa čine programi Radio-Televizije Srbije (RTS), kao i programi komercijalnih emitera koji imaju dozvolu za nacionalno pokrivanje na celokupnoj teritoriji Republike Srbije, kojima se na teritoriji Autonomne Pokrajine Vojvodine dodaju i programi Radio-Televizije Vojvodine (RTV). Sadržaj drugog i trećeg multipleksa formira se po zonama raspodele, i mogu imati sasvim različit sastav za različite zone raspodele. Drugi multipleks po pojedinim zonama raspodele čine programi TV stanica sa dozvolama za regionalno i lokalno pokrivanje u datoj zoni. Treći multipleks se koristi, ili je namenjen da se koristi, za nove usluge. Pri tome, drugi i treći multipleks u svakoj zoni raspodele obrazuju se na jednom mestu, od programa svih emitera namenjenih za datu zonu raspodele, a potom se obavlja distribucija do lokacija predajnika sa kojih se obavlja emitovanje za datu zonu raspodele.

Pri projektovanju mreže DTTB u Srbiji, u svakoj zoni raspodele primenjen je SFN tip mreže, tj. mreže u kojoj svi predajnici u okviru jedne zone raspodele koriste isti UHF kanal za emitovanje signala kojim se korisnicima dostavlja određeni multipleks (različiti kanali za svaki multipleks). Ipak, konačna mreža je u određenim zonama raspodele realizovana kao mreža kombinovanog SFN/MFN tipa, pošto se u tim zonama raspodele, npr. zona raspodele Avala u sva tri multipleksa, osim putem generisane osnovne SFN mreže, dodatno pokrivanje ostvaruje dodavanjem predajnika (uglavnom male predajne snage) koji emituju na dodatnim frekvencijskim kanalima (različitim u odnosu na SFN mrežu).

Osnovni sistemski parametri po DVB-T2 standardu koji su primenjeni u okviru DTTB mreže u Srbiji dati su u tabeli 3.4.

PARAMETAR	VREDNOST/OPIS
Tip mreže	SFN/MFN
Antenski sistemi	SISO
Broj PLP-ova (po MUX)	Jedan PLP
Dimenzija FFT	32k
<i>Carrier mode</i>	Proširen (<i>Extended</i>)
Modulacija	COFDM sa 256-QAM i primenom rotirane konstelacije
Kodni količnik	CR = 2/3
Zaštitni interval (GI)	GI = 1/16 (224 μ s)
Širina RF kanala	8 MHz
Širina spektra DVB-T2 signala	7.77 MHz

PARAMETAR	VREDNOST/OPIS
Pilot tonovi	Scattered pp - PP4
Trajanje OFDM simbola (bez GI)	3584 μ s
Estimirani binarni protok	36.82 Mb/s
Kodiranje video signala	H.264/MPEG-4 Part 10
Kodiranje audio signala	MPEG-4 Audio Layer II za SDTV HE-AAC & Dolby Digital za HDTV

Tabela 3.4 - Osnovni sistemski parametri DTTB mreže po DVB-T2 standardu i usvojeno kodiranje audio i video signala, [3].

Sa svih predajnih lokacija emituje se signal kojim se prenosi prvi multipleks, dok se za emitovanje signala za drugi i treći multipleks koriste 94 predajne lokacije. Broj predajnih lokacija koje se koriste za emitovanje signala za svaki od multipleksa po zonama raspodele prikazan je u tabeli 3.5. Na slici 3.2 prikazan je prostorni raspored zona raspodele na teritoriji Republike Srbije. Treba pri tome napomenuti da se zona pokrivanja SFN mreže za jednu zonu raspodele ne poklapa sa definisanom zonom raspodele, već se pokrivanje ostvaruje i na delu teritorije u susednim zonama raspodele. Iz tog razloga, u graničnim oblastima između jedne ili više zona raspodele moguć je prijem signala (za jedan ili za sve multiplekse) emitovanog od strane predajnika iz više zona raspodele, zavisno od reljefa, uslova propagacije radio signala, geometrijskog rasporeda predajnih lokacija u bliskim zonama raspodele i usmerenja prijemne antene. *Napomena: U zoni raspodele Kosovo i Metohija, koja obuhvata teritoriju AP Kosovo i Metohija se ne obavlja emitovanje.*

ZONA RASPODELE	OZNAKA	BROJ PREDAJNIH LOKACIJA		
		MUX1	MUX2	MUX3
Avala	1	14	8	8
Besna Kobila	2	25	13	13
Vršac	3	2	1	1
Deli Jovan	4	28	8	8
Jastrebac	5	26	11	11
Kikinda	6	1	1	1
Kopaonik	7	14	7	7
Kosovo i Metohija	8	-	-	-
Tornik-Ovčar	9	50	21	21
Rudnik-Crni Vrh (Jagodina)	10	3	2	2
Sombor	11	1	1	1
Subotica	12	1	1	1
Tupižnica	13	21	8	8
Cer-Maljen	14	22	9	9
Čor-Venac	15	2	2	2

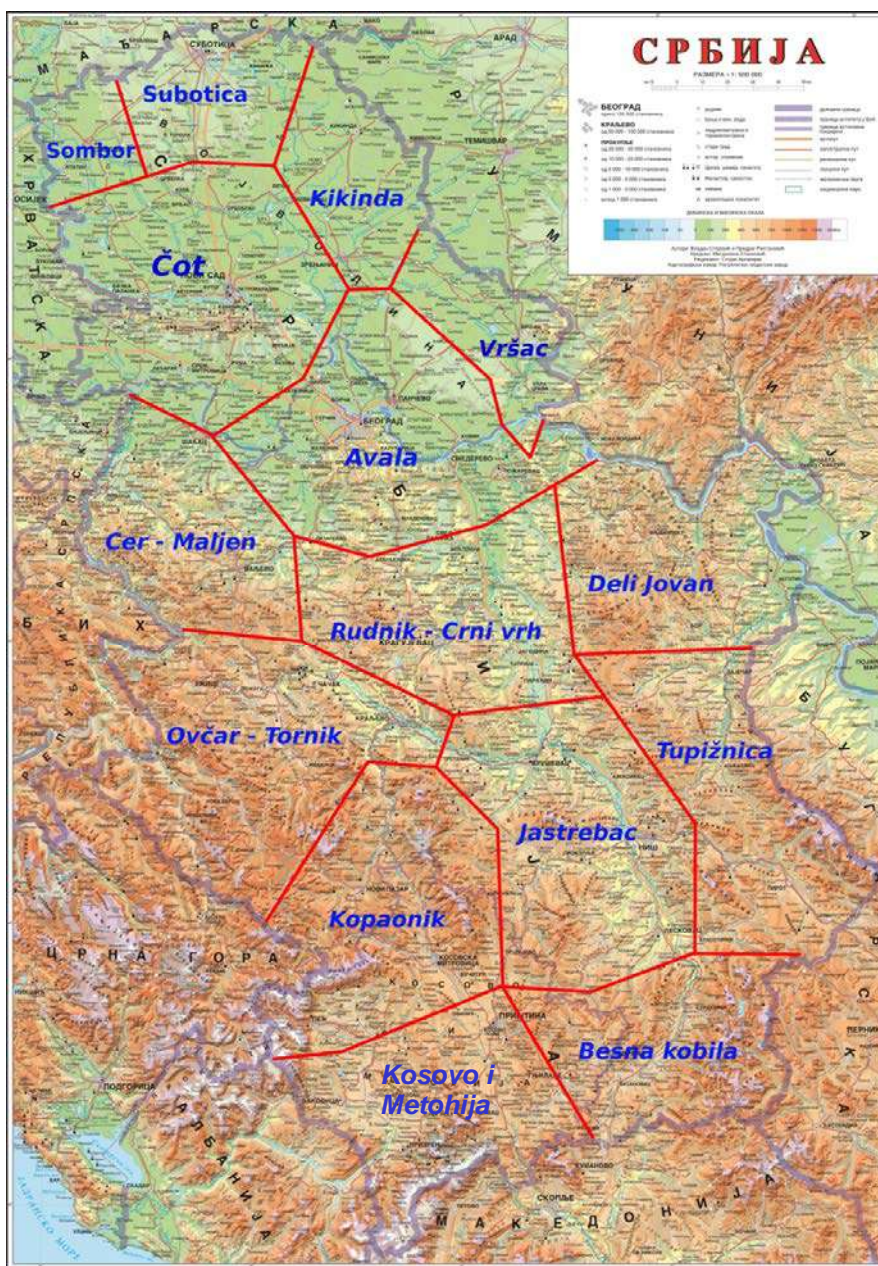
Tabela 3.5 - Broj predajnih lokacija po zonama raspodele za sva tri multipleksa, [3].

Napomena: Broj lokacija za treći multipleks je usvojen kao za drugi multipleks.

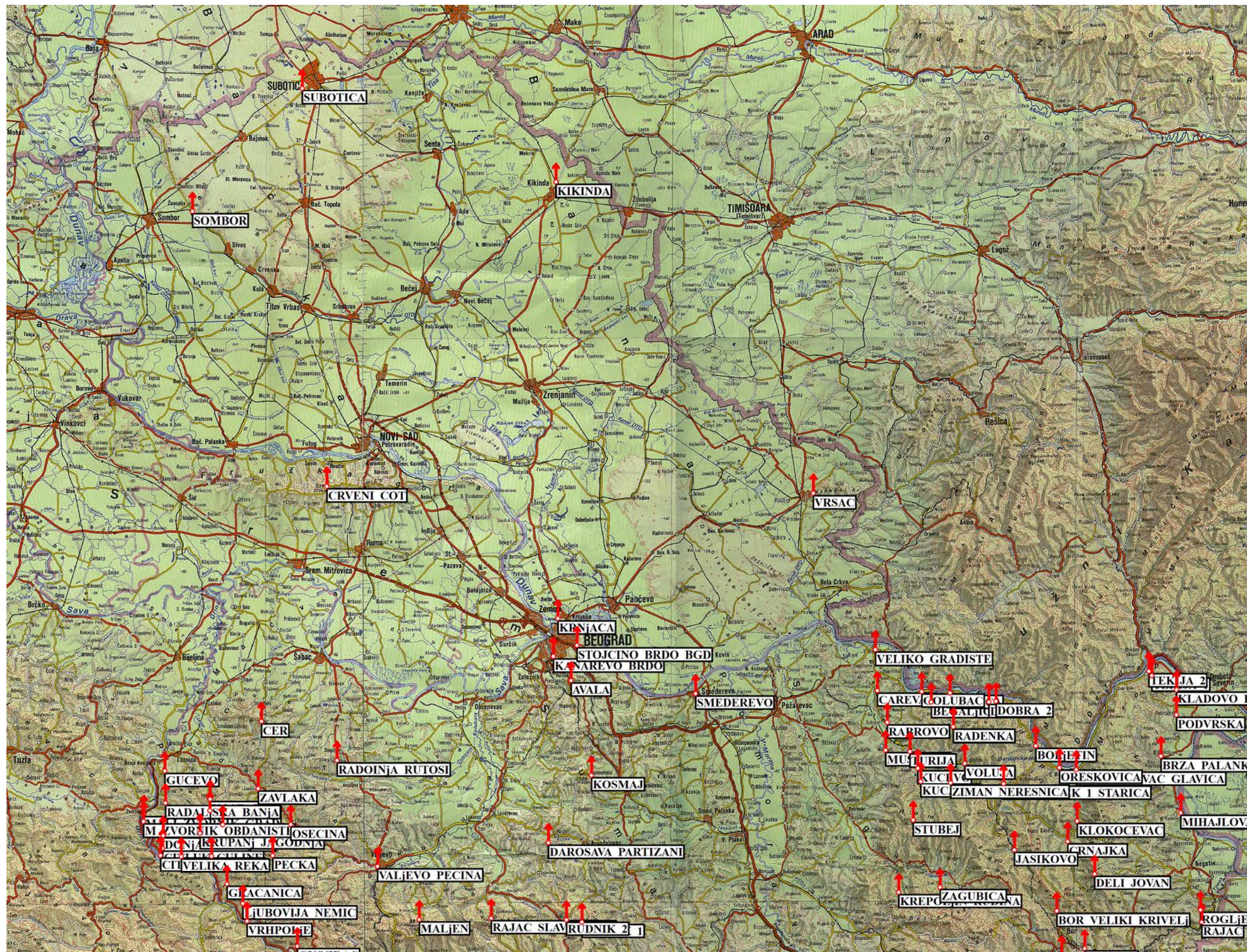
Prostorni raspored predajnih lokacija za prvi multipleks za severni deo i južni deo teritorije Republike Srbije, prikazan je na slikama 3.3 i 3.4, respektivno, pri čemu je podela izvršena kako bi se ostvario prikaz detalja zadovoljavajućeg kvaliteta. Na osnovu prikazanog prostornog rasporeda predajnih lokacija, jasno se uočava da u severnom delu teritorije, koji obuhvata AP Vojvodinu i druge delove teritorije Republike Srbije u kojima preovlađuje ravničarski predeo, te stoga postoje veoma dobri uslovi za propagaciju radio signala, postoji

relativno mali broj predajnih lokacija (gustina lokacija u prostoru je mala). Nasuprot tome, u južnom delu teritorije Srbije, pogotovo u pojedinim delovima koje odlikuje brdsko-planinski reljef i veoma složeni uslovi sa stanovišta propagacije radio signala, postoji veoma veliki broj predajnih lokacija. Generalni je princip da se sa jedne ili dve predajne lokacije u okviru svake zone raspodele emitovanje vrši korišćenjem predajnika velike snage (glavna mreža predajnika). Ostali predajnici su, uglavnom, male predajne snage i pokrivaju relativno mali deo teritorije na kome se usled pojave radio senki ne može ostvariti dobro pokrivanje korišćenjem glavne mreže predajnika. Primera radi, gotovo četvrtina svih predajnih lokacija nalazi se u zoni raspodele Tornik-Ovčar (50 lokacija), dok se u zonama raspodele Cer-Maljen, Deli Jovan, Jastrebac, Besna Kobila, Tupižnica i Kopaonik nalazi 21-28 predajnih lokacija.

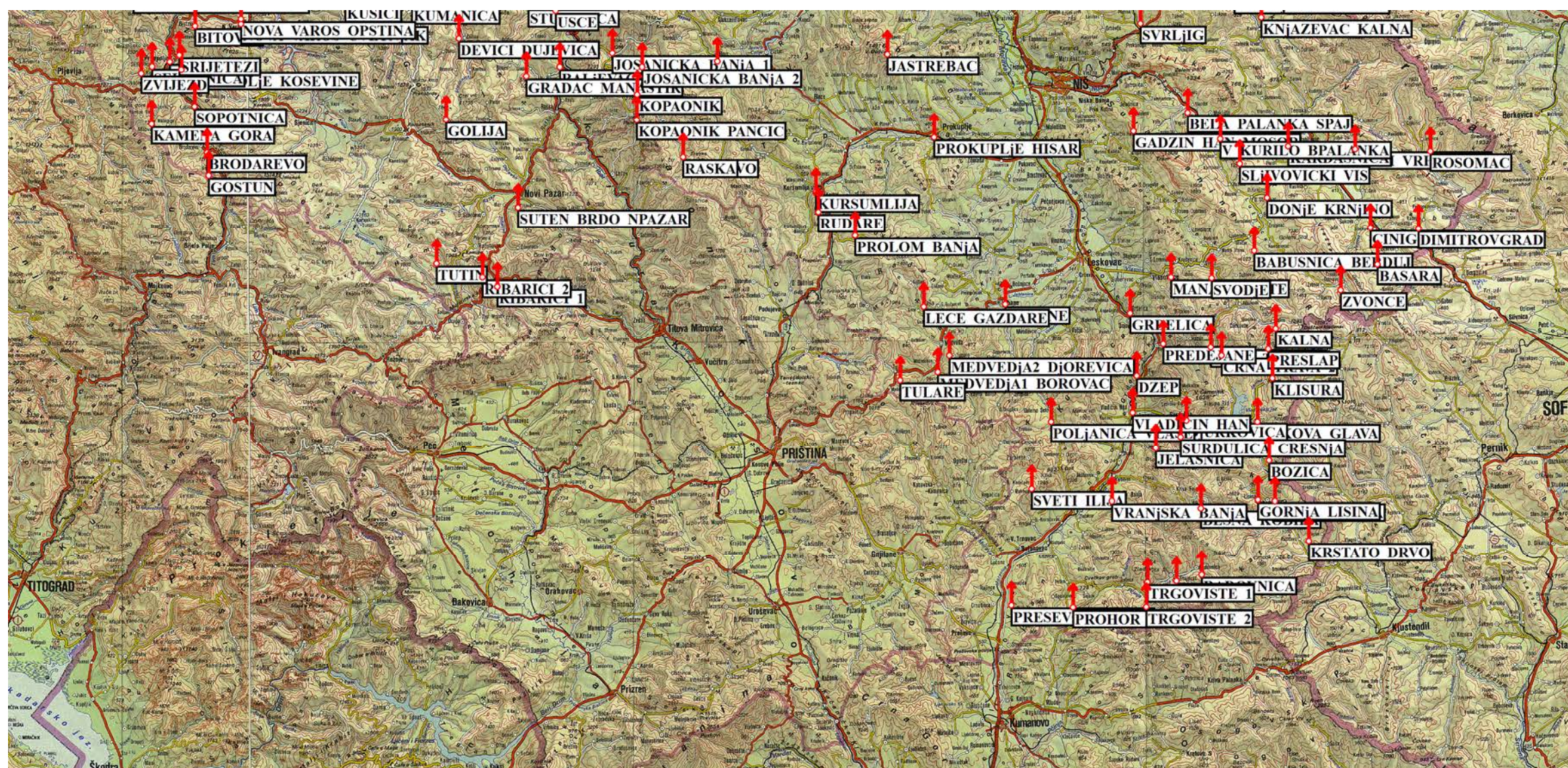
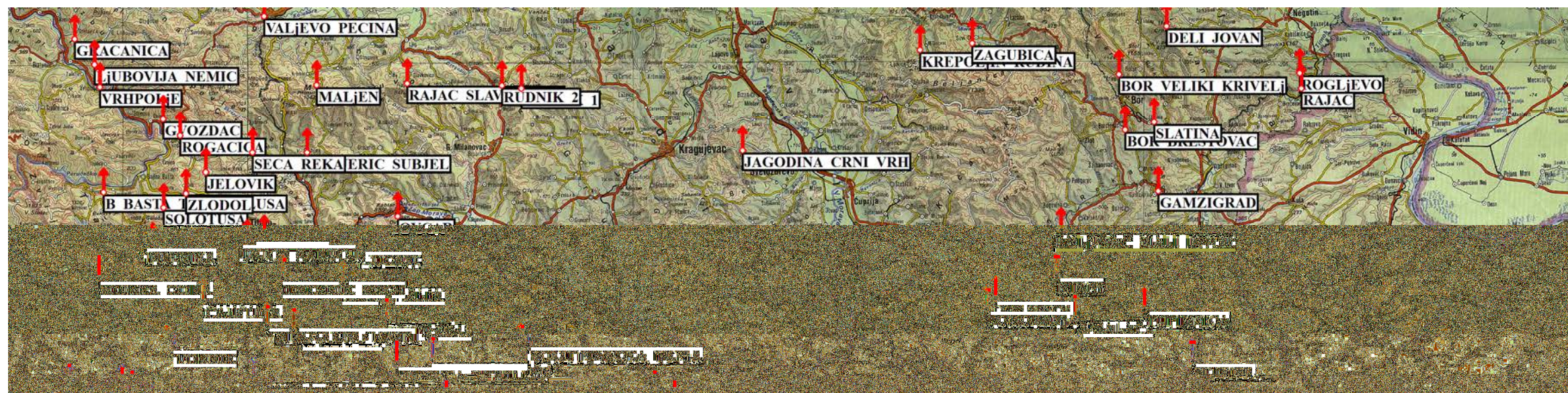
Prostorni raspored predajnih lokacija za drugi i treći multipleks za severni deo i južni deo teritorije Republike Srbije, prikazan je na slikama 3.5 i 3.6, respektivno, pri čemu se primećuje slična pravilnost gustine prostornog rasporeda kao i za slučaj prvog multipleksa.



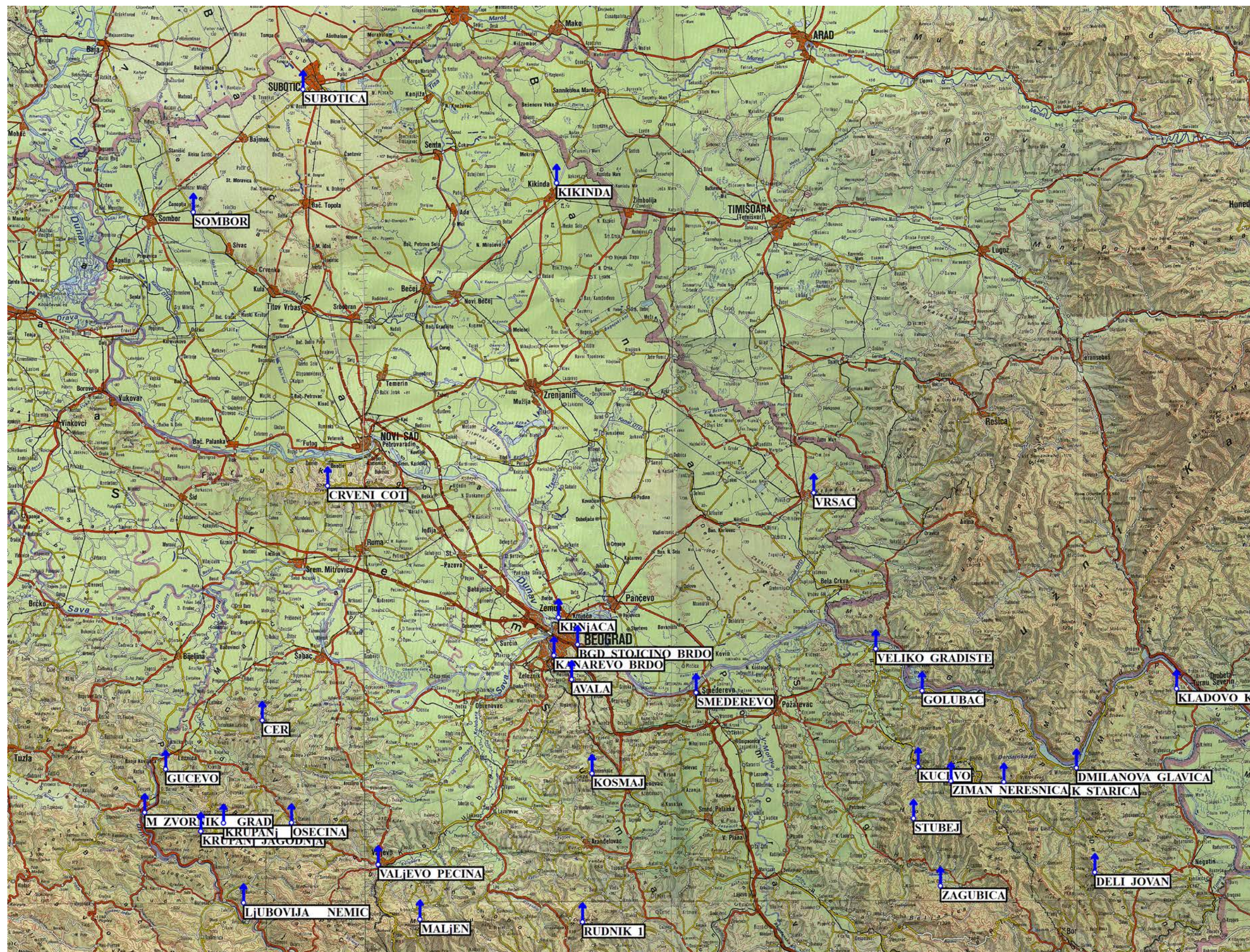
Slika 3.2 - Prikaz podele teritorije Republike Srbije na zone raspodele (*allotment*).



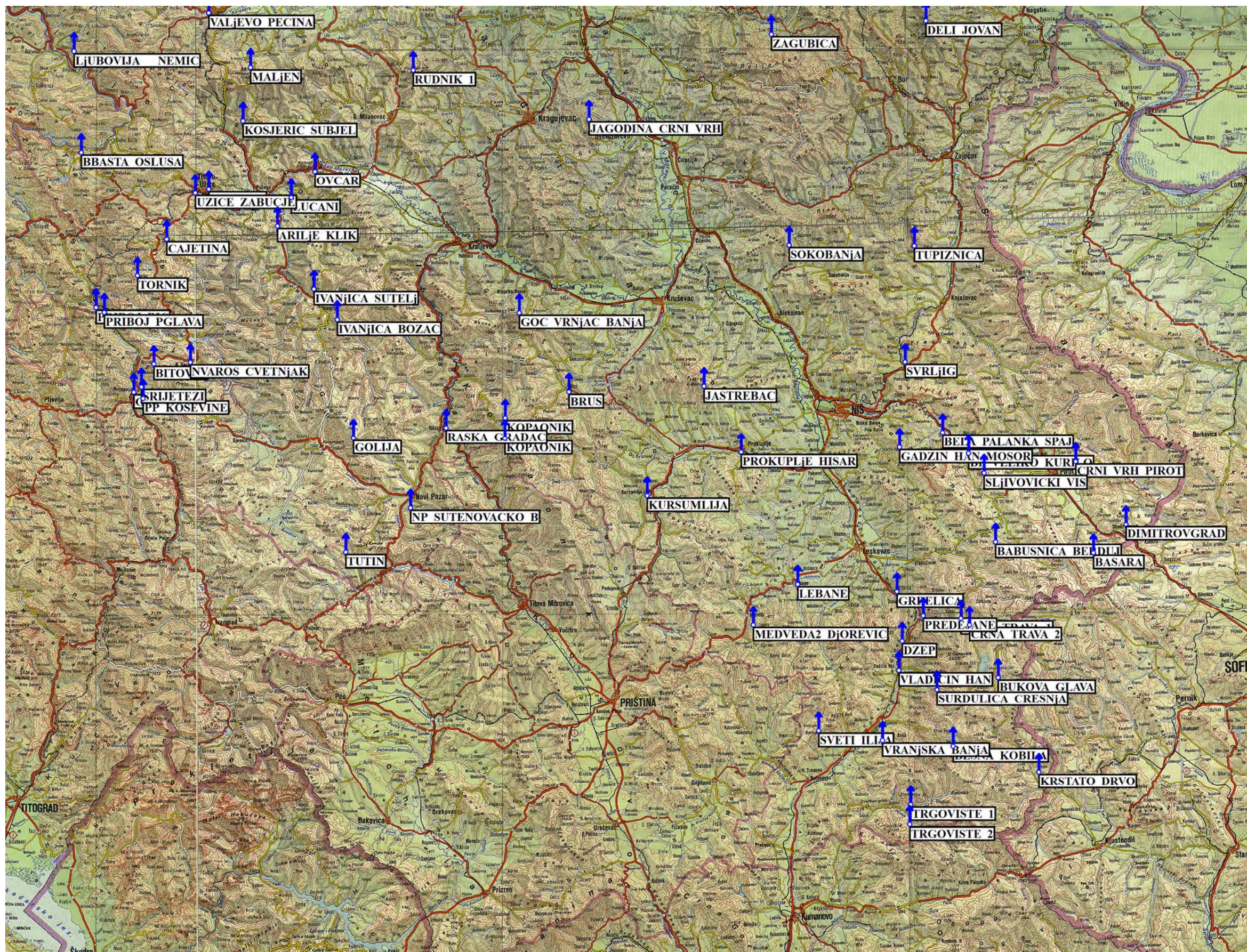
Slika 3.3 - Prikaz raspodele predajnih lokacija sa kojih se emituje signal za MUX1 u severnom delu teritorije Republike Srbije.



Slika 3.4 - Prikaz raspodele predajnih lokacija sa kojih se emituje signal za MUX1 u južnom delu teritorije Republike Srbije.



Slika 3.5 - Prikaz raspodele predajnih lokacija sa kojih se emituje signal za MUX2/MUX3 u severnom delu teritorije Republike Srbije.



Slika 3.6 - Prikaz raspodele predajnih lokacija sa kojih se emituje signal za MUX2/MUX3 u južnom delu teritorije Republike Srbije.

U tabelama 3.6 i 3.7, dat je pregled predajnih lokacija po zonama raspodele, za prvi (MUX 1) i drugi (MUX2) multipleks, respektivno, [3] (zona raspodele Kosovo i Metohija u kojoj se ne obavlja emitovanje je izostavljena). Dati su podaci sa zvaničnog sajta JP ETV.

ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE	ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE
VRŠAC	Vršački breg	TUPIŽNICA	Tupižnica
	Milića brdo		Babušnica
SOMBOR	Sombor		Basara
SUBOTICA	Subotica (Crveno Selo)		Bela Palanka-Špaj
ČOT-VENAC	Crveni Čot		Bela Palanka-Kurilo
	Sremski Karlovci		Bor-Brestovac
KIKINDA	Kikinda		Mali Izvor-Boljevac
AVALA	Avala		Činiglavci
	Begaljica		Dimitrovgrad-Kozarica
	Kanarevo brdo		Donje Krnjino
	Krnjača		Gamzigrad
	Carevac		Gornja Kamenica
	Kosmaj		Kardašnica
	Smederevo		Knjaževac-Kalna
	Veliko Gradište		Crni Vrh (Pilot)
	Darosava		Rosomač
	Slavkovića-Rajac		Rtanj
	Brnjica		Šljivovički vis
	Dobra 1		Štipina
	Dobra 2		Rajac
	Golubac	Rakita	
RUDNIK - CRNI VRH (JAGODINA)	Crni Vrh Jagodina	BESNA KOBILA	Besna kobila
	Rudnik 1		Bukova glava
	Rudnik 2		Crna Trava 1
DELI JOVAN	Deli Jovan		Sveti Ilija
	Boljetin		Krstato drvo (Bosilegrad)
	Brza Palanka		Božica
	Crnajka		Crna Trava 2
	Donji Milanovac-Glavica		Čurkovića
	Jasikovo		Stajevac
	Kladovo-Kulma		Džep
	Klokočevac		Jelašnica
	Krepoljin-Rudina		Klisura
	Kučajna		Gornja Lisina
	Kučevo		Donja Lisina
	Majdanpek-Starica		Vlase
	Mihajlovac		Predejane
	Mustapić		Preševo-Biljača
	Oreškovića		Preslap
	Podvrška		Prohor Pčinjski
	Rabrovo		Radovnica
	Radenka		Surdulica
	Rogljevo		Trgovište 1
	Slatina		Trgovište 2
Štubelj	Vladičin Han		
Tekija 1	Vranjska Banja		

ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE	ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE
DELI JOVAN	Tekija 2	JASTREBAC	Jastrebac
	Turija		Gadžin Han
	Voluja		Goč-Vrnjačka Banja
	Žagubica		Kuršumlja
	Ziman-Neresnica		Lebane
	Bračevac		Lece Gazdare
OVČAR – TORNIK	Ovčar		Medveđa-Borovac
	Arilje-Klik		Medveđa-Đorevica
	Tara Osluša - Bajina Bašta		Prokuplje-Hisar
	Bela Reka		Kalna
	Bitovik		Rudare
	Bogutovac		Jošanica
	Brodarevo		Sokobanja
	Čajetina		Svrljig
	Devići		Tulare
	Roge - Drežnik		Brus
	Gostun		Manastirište
	Ivanjica-Božac		Sesalac
	Ivanjica-Luke		Svodje
	Ivanjica-Šutelj		Zvence
	Jelovik		Grdelica
	Kamena Gora		Đake
	Požegrmac		Darkovce
	Kokin Brod		Sastav Reka
	Kosjerić-Subjel		Stalać
	Kotraža		Gradska
	Kratovo		Kopaonik-Gobelja
	Kremna	Baljevac	
	Kruščica	Blaževo	
	Kumanica	Gradac - manastir	
	Kušići	Jošanička Banja	
	Lučani	Kopaonik-Pančičev vrh	
	Močioci	Novi Pazar	
	Mokra Gora	Polumir	
	Nova Varoš-Cvijetnjak	Raška	
	Poljane	Ribarići 1-Telenor	
	Priboj-Bić	Ribarići 2	
	Priboj-Panja Glava	Studenica	
	Lisna Stena	Tutin	
	Gradina	Prolom Banja	
	Koševine	Ušće	
	Seljašnica	Sjenica	
	Srijetež	Golija	
	Gvozdac	CER-MALJEN	Bodnjik
	Rogačica		Cer
	Radoinja		Čitluk-Culine
Seča Reka	Donja Trešnjica		
Sevojno	Gračanica		
Sirogojno-Ravni	Gučevo		
Sjeverin	Krupanj-Jagodnja		

ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE	ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE
OVČAR – TORNIK	Solotuša	CER-MALJEN	Brstica
	Sopotnica		Krupanj-Đulim
	Tornik		Kostajnik
	Zabučje		Ljubovija-Nemić
	Zlodol		Ljubovija-Distribucija
	Zvijezd		Mali Zvornik-Grad
			Mali Zvornik-Obdanište
			Maljen
			Osečina
			Pecka
			Valjevo-Pećina
			Gornja Koviljača
			Velika Reka
			Vrhopolje
		Zavlaka	

Tabela 3.6 - Pregled predajnih lokacija po zonama raspodele za MUX1.

ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE	ZONA RASPODELE	NAZIV LOKACIJE
VRŠAC	Vršački breg	TUPIŽNICA	Tupiznica
	Milića brdo		Babušnica
SOMBOR	Sombor		Basara
SUBOTICA	Subotica (Crveno Selo)		Bela Palanka-Špaj
ČOT-VENAC	Crveni Čot		Bela Palanka-Kurilo
	Sremski Karlovci		Dimitrovgrad-Kozarica
KIKINDA	Kikinda		Crni Vrh (Pilot)
AVALA	Avala		Šljivovički vis
	Kanarevo brdo		Besna kobila
	Krnjača		Bukova glava
	Kosmaj	Crna Trava 1	
	Smederevo	Sveti Ilija	
	Veliko Gradište	Krstato drvo (Bosilegrad)	
	Golubac	Crna Trava 2	
RUDNIK-CRNI VRH (JAGODINA)	Obrenovac	Džep	
	Crni Vrh (Jagodina)	Predejane	
DELI JOVAN	Rudnik 1	Surdulica	
	Deli Jovan	Trgovište 1	
	Donji Milanovac-Glavica	Trgovište 2	
	Kladovo-Kulma	Vladičin Han	
	Kučevo	Vranjska Banja	
	Majdanpek-Starica	Jastrebac	
	Štubelj	Gadžin Han	
	Žagubica	Goč-Vrnjačka Banja	
Ziman-Neresnica	Kuršumlija		
OVČAR-TORNIK	Ovčar	JASTREBAC	Lebane
	Arilje-Klik		Medveda-Đorevica
	Tara Osluša-Bajina Bašta		Prokuplje-Hisar
	Bitovik		Sokobanja
	Brodarevo		Svrljig
	Čajetina		Brus
	Ivanjica-Božac		Grdelica

OVČAR-TORNIK	Ivanjica-Šutelj	KOPAONIK	Kopaonik-Gobelja
	Požegrmac		Baljevac
	Kosjerić-Subjel		Kopaonik-Pančićev vrh
	Lučani		Novi Pazar
	Nova Varoš - Cvijetnjak		Raška
	Priboj-Bić		Tutin
	Priboj-Panja Glava		Sjenica
	Lisna Stena		Cer
	Gradina	CER-MALJEN	Gučevo
	Koševine		Krupanj-Jagodnja
	Srijetež		Krupanj-Đulim
	Sevojno		Ljubovija-Nemić
	Tornik		Mali Zvornik-Grad
	Zabučje		Maljen
	Osečina		
	Valjevo-Pećina		

Tabela 3.7 - Pregled predajnih lokacija po zonama raspodele za MUX2/MUX3.

3.3 PODACI O MREŽI PREDAJNIKA SISTEMA DTTB IZ BAZE RATEL-A

U tabelama 3.8 do 3.21 dati su detaljni podaci o predajnim lokacijama i instalacijama po zonama raspodele sistema DTTB JP ETV, preuzeti iz registra (baze podataka) RATEL-a, a koji su po zahtevu Projektnog zadatka korišćeni kao osnovna projektna podloga, podaci, za potrebe realizacije ove Studije. U prikazanim tabelama, u odnosu na tabele 3.6 i 3.7, nedostaje nekoliko predajnih lokacija, pri čemu se radi o reperitorskim (*gap-filler*) lokacijama veoma male snage na predaji, sa kojih se pokriva mali deo teritorije. Kako za ove lokacije nisu bili dostupni svi podaci potrebni za sprovođenje analize, u smislu estimacije intenziteta (nivoa) električnog polja koje potiče od predajnika sa ovih lokacija, one nisu bile uključene u dalju analizu. U tabelama 3.8 do 3.21 visina antene iznad terena je data u odnosu na centar antene, a snaga na predaji je data kao efektivno izračena srednja snaga

Osnovni zaključak koji se može izvući na osnovu podataka o prostornom rasporedu predajnih lokacija, ali i instalacijama na predajnim lokacijama (predajnici i antenski sistemi), je da postoji značajna razlika u gustini prostornog rasporeda predajnih lokacija. Naime, u severnom delu (Vojvodina i deo teritorije centralne Srbije), kao i u centralnom delu Republike Srbije (Rudnik), instaliran je relativno mali broj predajnika po zonama raspodele (uz nešto veći brojem predajnika u okolini Beograda). Sa druge strane, duž graničnih oblasti centralne Srbije (zapad, jugozapad, jug, jugoistok i istok) u kojima dominira brdsko-planinski reljef, kao i planinska područja oko reka uz granice države (Drina, Tara, Dunav duž Đerdapske klisure), a koje karakterišu složeni uslovi sa stanovišta propagacije radio signala, instaliran je veoma veliki broj predajnika male snage koji pokrivaju male delove teritorije koje nije moguće pokriti sa odgovarajućim kvalitetom servisa sa glavnih predajnih lokacija u posmatranim zonama raspodele.

Zapravo mrežu predajnika čini manji broj, 24-25 predajnika čija je predajna snaga iznad 1 kW, određen broj predajnika čija je predajna snaga između 100 W i 1 kW, dok je najveći broj predajnika sa snagom manjom od 100 W (jedan veći procenat ima predajnu snaga ispod 20 W), i predstavlja *gap-filler*-e koji pokrivaju samo deo teritorije u svom bližem okruženju. U nekim zonama raspodele (npr. Avala), za neke ili sve multiplekse, koristi se MFN mreža, pri čemu su dodatni kanali (u odnosu na one namenjene za SFN pokrivanje) uglavnom

dodeljeni predajnicima male predajne snage. Ovo rešenje je primenjeno radi boljeg pokrivanja u datoj zoni raspodele, i manje interferencije u drugim zonama raspodele ili van teritorije Republike Srbije.

Tabela 3.8 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Avala, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geograf. širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Kanal	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
AVALA	20° 30' 52.35" E 44° 41' 45.66" N 439 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	81280	196	H	0/090/180/270	280	12.1	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 2	SFN/ MFN	28	530.00	87300	196	H	0/090/180/270	280	12.4	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 3	SFN/ MFN	45	666.00	87700	196	H	0/90/180/270	280	12.43	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
BEGALJICA	21° 41' 50.23" E 44° 37' 49.60" N 143 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	15.3	20	H	45/315	150	4.86	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
BEOGRAD, STOJČINO BRDO	20° 32' 06.00" E 44° 46' 38.00" N 261 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	83.2	35	H	omni	-	2.21	1 sprat 4 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN/ MFN	28	530.00	89.1	35	H	omni	-	2.5	1 sprat 4 pravca Pizl = 50W
BRNJICA	21° 45' 42.73" E 44° 39' 06.58" N 255	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	33.1	16	H	75	70	8.2	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
VELIKO GRADIŠTE	21° 31' 06.34" E 44° 45' 22.02" N 80 m	MUX 1	SFN/ MFN	21 22 (rez.)	474.00 482.00 (rez.)	19.1	70	H	30/290	165	5.82	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
		MUX 2	SFN/ MFN	37 28 (rez.)	602.00 530.00 (rez.)	21.3	70	H	30/290	165	6.3	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
		MUX 3	SFN/ MFN	47 45 (rez.)	682.00 666.00 (rez.)	30.2	70	H	30/290	160	7.81	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
GOLUBAC	21° 40' 05.17" E 44° 39' 21.86" N 284 m	MUX 1	SFN/ MFN	21 22 (rez.)	474.00 482.00 (rez.)	50	25	H	290	80	10	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
		MUX 2	SFN/ MFN	37 28 (rez.)	602.00 530.00 (rez.)	50	25	H	290	80	10	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geograf. širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Kanal	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 3	SFN/ MFN	47 45 (rez.)	682.00 666.00 (rez.)	50	25	H	290	60	10	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
DAROSAVA - PARTIZANI	20° 26' 02.31" E 44° 19' 11.87" N 461 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	30.9	15	H	40/130	170	4.9	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
DOBRA 1	21° 53' 13.66" E 44° 37' 41.52" N 458 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	16.6	24	H	75/280	65	5.2	1 sprat. 2 pravca Pizl = 5W
DOBRA 2	21° 54' 40.21" E 44° 37' 45.32" N 164 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	38.3	10	H	350	65	8.8	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
KANAREVO BRDO	20° 27' 20.79" E 44° 45' 08.64" N 133 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	30.9	50	H	230/320	155	4.9	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN/ MFN	28	530.00	31.4	50	H	230/320	155	5	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/ MFN	45	666.00	48.75	50	H	230/320	155	6.88	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
KOSMAJ	20° 34' 37.29" E 44° 28' 34.17" N 539 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	790	30	H	omni	-	9	4 sprata 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN/ MFN	28	530.00	745	30	H	omni	-	8.7	4 sprata 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN/ MFN	45	666.00	1000	30	H	omni	-	10	4 sprata 4 pravca Pizl = 100W
KRNJAČA	20° 28' 22.98" E 44° 50' 25.54" N 68 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	269	40	H	180	60	11.29	2 sprata 1 pravac Pizl = 20W
		MUX 2	SFN/ MFN	28	530.00	263.6	40	H	180	60	11.2	2 sprata 1 pravac Pizl = 20W
		MUX 3	SFN/ MFN	45	666.00	368.12	40	H	180	60	12.66	2 sprata 1 pravac Pizl = 20W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geograf. širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Kanal	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
RAJAC – SLAVKOVICA	20° 14' 42.0" E 44° 08' 33.85" N 623 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	30.2	30	H	60/330	155	4.8	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
SMEDEREVO	20° 55' 23.00" E 44° 39' 43.86" N 91 m	MUX 1	SFN/ MFN	22	482.00	30.6	30	H	145/235	155	4.8	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN/ MFN	28	530.00	30.2	30	H	145/235	155	4.8	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/ MFN	45	666.00	46.02	30	H	145/235	155	6.63	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
CAREVAC	21° 31' 18.40" E 44° 39' 39.97" N 161 m	MUX 1	SFN/ MFN	27 22 (rez.)	522.00 482.00 (rez.)	23.5	25	H	10/190/280	240	3.7	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Tabela 3.9 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Besna Kobila, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BESNA KOBILA	22° 13' 49.66" E 42° 31' 45.68" N 1907 m	MUX 1	SFN	35	586.00	41000	57	H	omni	-	12.15	8 spratova 4 pravca Pizl = 2500W
		MUX 2	SFN	39	618.00	40000	57	H	omni	-	12	8 spratova 4 pravca Pizl = 2500W
		MUX 3	SFN	43	650.00	43853	57	H	omni	-	12.42	8 spratova 4 pravca Pizl = 2500W
BOŽICA	22° 24' 26.15" E 42° 36' 48.35" N 1199 m	MUX 1	SFN	35	586.00	50	12	H	345	60	10	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
BUKOVA GLAVA	22° 22' 52.15" E 42° 41' 07.96" N 1468 m	MUX 1	SFN	35	586.00	132	30	H	020/170/270	270	4.2	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 2	SFN	39	618.00	132	30	H	020/170/270	270	4.17	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	43	650.00	144	30	H	20/170/270	270	4.58	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
VLADIČIN HAN	22° 03' 55.52" E 42° 42' 34.42" N 363 m	MUX 1	SFN	35	586.00	21	20	H	omni	-	3.33	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	39	618.00	21	20	H	omni	-	3.28	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	43	650.00	24	20	H	omni	-	3.85	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
VRANJSKA BANJA	22° 00' 25.80" E 42° 32' 50.38" N 464 m	MUX 1	SFN	35	586.00	23	12	H	180/300	-	6.6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
		MUX 2	SFN	39	618.00	23	12	H	180/300	-	6.6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
		MUX 3	SFN	43	650.00	26	12	H	180/300	-	7.15	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
GORNJA LISINA	22° 22' 30.40" E 42° 32' 29.04" N 1474 m	MUX 1	SFN	35	586.00	41	25	H	040/130	150	6.09	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
DONJA LISINA	22° 25' 04.07" E 42° 32' 17.13" N 985 m	MUX 1	SFN	35	586.00	47	15	H	210	60	9.72	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
ĐURKOVICA	22° 12' 05.10" E 42° 41' 32.80" N 604 m	MUX 1	SFN	35	586.00	23.4	15	H	120/240	-	6.68	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
JELAŠNICA	22° 07' 17.35" E 42° 38' 34.60" N 784 m	MUX 1	SFN	35	586.00	94	15	H	270	60	9.72	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
KLISURA	22° 25' 20.30" E 42° 45' 56.10" N 980 m	MUX 1	SFN	35	586.00	22	20	H	050/270	-	6.48	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
KRSTATO DRVO	22° 30' 02.28" E 42° 27' 44.20" N 956 m	MUX 1	SFN	35	586.00	28	25	H	155/245/335	250	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	39	618.00	25	25	H	155/245/335	250	4.04	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	43	650.00	28	25	H	155/245/335	250	4.53	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
POLJANICA-VLASE	21° 51' 31.70" E 42° 41' 49.70" N 634 m	MUX 1	SFN	35	586.00	29	22	H	060/150/330	250	4.66	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
PREDEJANE	22° 08' 54.93" E 42° 50' 02.99" N 602 m	MUX 1	SFN	35	586.00	89	20	H	275	60	9.45	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	39	618.00	87	20	H	275	60	9.41	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	43	650.00	97	20	H	275	60	9.87	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
PRESLAP	22° 24' 51.60" E 42° 49' 10.00" N 1170 m	MUX 1	SFN	35	586.00	47	15	H	0	60	9.72	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
PREŠEVO-BILJAČA	21° 44' 45.20" E 42° 21' 32.15" N 479 m	MUX 1	SFN	35	586.00	47	12	H	240/130	-	6.72	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
PROHOR PČINJSKI	21° 54' 04.80" E 42° 21' 09.60" N 797 m	MUX 1	SFN	35	586.00	44	20	H	030/210	150	6.36	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
RADOVNICA	22° 13' 40.15" E 42° 24' 20.70" N 1205 m	MUX 1	SFN	35	586.00	15.6	15	H	080/260/350	250	4.93	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
SVETI ILIJA	21° 48' 16.80" E 42° 34' 24.50" N 1266 m	MUX 1	SFN	35	586.00	1950	30	H	090/180/270	240	8.13	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 2	SFN	39	618.00	1905	30	H	090/180/270	240	8.06	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 3	SFN	43	650.00	2163	30	H	90/180/270	240	8.58	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
STAJEVAC	22° 09' 50.20" E 42° 23' 46.40" N 1082 m	MUX 1	SFN	35	586.00	21.6	20	H	NA	NA	3.34	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
SURDULICA, CREŠNJA	22° 11' 07.90" E 42° 39' 44.35" N 1101 m	MUX 1	SFN	35	586.00	81	25	H	45/315	160	6.09	1 sprat 1 pravac Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	39	618.00	76	25	H	45/315	160	5.77	1 sprat 1 pravac Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	43	650.00	85	25	H	45/315	160	6.29	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W
TRGOVIŠTE 1	22° 05' 24.87" E 42° 23' 42.70" N 1304 m	MUX 1	SFN	35	586.00	55	25	H	095/185/275	250	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	39	618.00	51	25	H	095/185/275	250	4.04	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	43	650.00	57	25	H	95/185/275	250	4.53	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
TRGOVIŠTE 2	22° 05' 05.75" E 42° 20' 57.05" N 877 m	MUX 1	SFN	35	586.00	46	18	H	000/270	150	6.61	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	39	618.00	46	18	H	000/270	150	6.61	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	43	650.00	52	24	H	2/272	150	7.15	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
CRNA TRAVA 1	22° 16' 05.77" E 42° 49' 31.35" N 1379 m	MUX 1	SFN	35	586.00	191	22	H	025/115	150	5.8	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	39	618.00	191	22	H	025/115	150	5.8	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 3	SFN	43	650.00	216	22	H	25/115	150	6.34	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
CRNA TRAVA 2	22° 17' 44.75" E 42° 48' 35.50" N 1079 m	MUX 1	SFN	35	586.00	100	8	H	135	60	10	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	39	618.00	100	8	H	135	60	10	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	43	650.00	111	15	H	135	60	10.44	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
DŽEP	22° 04' 45.45" E 42° 46' 35.85" N 598 m	MUX 1	SFN	35	586.00	46	13	H	030/140	170	6.65	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	39	618.00	46	13	H	030/140	170	6.63	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	43	650.00	52	13	H	30/140	170	7.15	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W

Tabela 3.10 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Cer-Maljen, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BODNJK	19° 19' 51.95" E 44° 17' 24.97" N 747 m	MUX 1	SFN	32	562.00	25	25	H	135/225/315	250	3.86	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
BRŠTICA	19° 19' 32.82" E 44° 23' 47.45" N 521 m	MUX 1	SFN	32	562.00	42	15	H	120/210	150	6.15	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
VALJEVO PEĆINA	19° 52' 24.80" E 44° 16' 00.50" N 257 m	MUX 1	SFN	32	562.00	174	45	H	omni	-	2.43	1 sprat 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SF	34	578.00	209	45	H	omni	-	3.21	1 sprat 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	37	602.00	207	45	H	omni	-	3.17	1 sprat 4 pravca Pizl = 100W
VELIKA REKA	19° 13' 59.46" E 44° 17' 21.03" N 515 m	MUX 1	SFN	32	562.00	28	15	H	080/170/260	240	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
VRHPOLJE	19° 26' 52.20" E 44° 08' 13.30" N 185 m	MUX 1	SFN	32	562.00	20	20	H	080/310	60/60	6.07	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
GRAČANICA	19° 22' 56.18" E 44° 13' 30.44" N 537 m	MUX 1	SFN	32	562.00	27	20	H	0/90/210	150/60	4.31	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
GUČEVO	19° 10' 38.50" E 44° 29' 18.36" N 778 m	MUX 1	SFN	32	562.00	1862	35	H	50/150	160	7.9	4 sprata 4 pravca Pizl = 300W
		MUX 2	SFN	34	578.00	1995	35	H	50/150	160	8.17	4 sprata 4 pravca Pizl = 300W
		MUX 3	SFN	37	602.00	1954	35	H	50/150	160	8.14	4 sprata 4 pravca Pizl = 300W
DONJA TREŠNICA	19° 10' 22.12" E 44° 20' 16.67" N 440 m	MUX 1	SFN	32	562.00	28	15	H	130/220/310	230	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
ZAVLAKA	19° 28' 59.79" E 44° 26' 52.66" N 162 m	MUX 1	SFN	32	562.00	28	18	H	040/130/310	240	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
KOSTAJNIK	19° 19' 36.47" E 44° 25' 22.90" N 469 m	MUX 1	SFN	32	562.00	28	15	H	010/100/190	240	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
KRUPANJ - ĐULIM	19° 22' 03.73" E 44° 21' 48.84" N 341 m	MUX 1	SFN	32	562.00	25	25	H	060/240/330	240	3.86	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	34	578.00	28	25	H	060/240/330	240	4.4	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	37	602.00	27	25	H	60/240/330	240	4.35	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
KRUPANJ JAGODNJA	19° 17' 36.45" E 44° 20' 38.44" N 930 m	MUX 1	SFN	32	562.00	501	33	H	60/150/240	240	7	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	34	578.00	603	33	H	60/150/240	240	7.84	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	37	602.00	604	33	H	60/150/240	240	7.81	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
LJUBOVIJA - NEMIĆ	19° 26' 02.92" E 44° 10' 42.82" N 783 m	MUX 1	SFN	32	562.00	191	30	H	omni	-	5.84	2 sprata 4 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	34	578.00	224	30	H	omni	-	6.53	2 sprata 4 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	37	602.00	222	30	H	omni	-	6.47	2 sprata 4 pravca Pizl = 50W
MALI ZVORNIK - GRAD	19° 06' 33.28" E 44° 23' 13.35" N 221 m	MUX 1	SFN	32	562.00	81	20	H	060/240	60/60	6.07	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	34	578.00	89	20	H	060/240	60/60	6.51	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 3	SFN	37	602.00	88	20	H	60/240	60	6.46	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W
MALI ZVORNIK - OBDANIŠTE	19° 06' 28.60" E 44° 22' 12.00" N 186 m	MUX 1	SFN	32	562.00	41	24	H	170/350	60/60	6.07	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
MALJEN	20° 00' 34.86" E 44° 08' 27.19" N 1021 m	MUX 1	SFN	32	562.00	3162	35	H	40/130/310	240	10.17	4 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 2	SFN	34	578.00	3548	35	H	40/130/310	240	10.7	4 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 3	SFN	37	602.00	3499	35	H	40/130/310	240	10.67	4 sprata 3 pravca Pizl = 300W
OSEČINA	19° 35' 26.32" E 44° 21' 51.65" N 327 m	MUX 1	SFN	32	562.00	26	20	H	020/110/200	240	4.13	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	34	578.00	30	20	H	020/110/200	240	4.67	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	37	602.00	29	20	H	20/110/200	240	4.63	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
PECKA	19° 31' 54.35" E 44° 17' 33.53" N 427 m	MUX 1	SFN	32	562.00	26	20	H	030/120/210	240	4.13	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
RADALJSKA BANJA	19° 10' 49.34" E 44° 24' 45.30" N 374 m	MUX 1	SFN	32	562.00	19	20	H	170/260	150	5.89	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
CER	19° 29' 40.00" E 44° 36' 11.30" N 678 m	MUX 1	SFN	32	562.00	3802	55	H	omni	-	8.04	4 sprata 4 pravca Pizl = 600W
		MUX 2	SFN	34	578.00	3750	55	H	omni	-	7.94	4 sprata 4 pravca Pizl = 600W
		MUX 3	SFN	37	602.00	3622	55	H	omni	-	7.81	4 sprata 4 pravca Pizl = 600W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
ČITLUK - OSTRVO	19° 09' 52.02" E 44° 17' 27.50" N 155 m	MUX 1	SFN	32	562.00	14	15	H	40/130/220	240	4.39	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
ČITLUK - CULINE	19° 10' 16.13" E 44° 18' 30.77" N 521 m	MUX 1	SFN	32	562.00	26	30	H	130/220/310	240	4.13	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Tabela 3.11 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Čot-Venac, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
CRVENI ČOT	19° 42' 40.02" E 45° 09' 03.96" N 538 m	MUX 1	SFN	24	498.00	162180	113	H	60/150/240/330	180	15.1	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 2	SFN	30	546.00	162180	113	H	60/150/240/330	180	15.1	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 3	SFN	41	634.00	158490	113	H	60/150/240/330	180	15	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W

Tabela 3.12 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Kikinda, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
KIKINDA	20° 28' 56.40" E 45° 51' 16.00" N 79 m	MUX 1	SFN	32	562.00	73621	110	H	45/135/225/315	280	11.67	8 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 2	SFN	55	746.00	85114	110	H	45/135/225/315	280	12.3	8 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 3	SFN	29	538.00	74820	110	H	45/135/225/315	270	11.74	8 spratova 4 pravca Pizl = 5000W

Tabela 3.13 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Sombor, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
SOMBOR	19° 15' 39.60" E 45° 47' 17.80" N 89 m	MUX 1	SFN	40	626.00	43950	110	H	20/110/200/290	280	13	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
		MUX 2	SFN	43	650.00	43550	110	H	20/110/200/290	280	12.97	12 spratova 4 pravaca Pizl = 2200W
		MUX 3	SFN	34	578.00	43950	110	H	20/110/200/290	235	13.21	8 spratova 4 pravaca Pizl = 2200W

Tabela 3.14 – Pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Rudnik-Crni Vrh (Jagodina), baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
JAGODINA, CRNI VRH	21° 06' 37.57" E 44° 00' 35.87" N 685 m	MUX 1	SFN	26	514.00	81280	111C	H	omni	-	12.11	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 2	SFN	29	538.00	84830	111C	H	omni	-	12.27	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 3	SFN	35	586.00	93970	111C	H	omni	-	12.73	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
RUDNIK 2	20° 29' 23.29" E 44° 07' 53.25" N 619 m	MUX 1	SFN	26	514.00	40	15	H	30	70	9	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
RUDNIK 1	20° 32' 22.32" E 44° 07' 55.35" N 1111 m	MUX 1	SFN	26	514.00	8100	60	H	omni	-	8.3	4 sprata 4 pravca Pizl = 1200W
		MUX 2	SFN	29	538.00	7480	60	H	omni	-	7.9	4 sprata 4 pravca Pizl = 1200W
		MUX 3	SFN	35	586.00	7550	60	H	omni	-	7.99	4 sprata 4 pravca Pizl = 1200W

Tabela 3.15 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Subotica, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
SUBOTICA	19° 37' 45.26" E 46° 04' 30.96" N 117 m	MUX 1	SFN	40	626.00	125600	210	H	20/110/200/290	150	14.0	12 spratova 4 pravaca Pizl = 5000W
		MUX 3	SFN	29	538.00	68860	210	H	20/110/200/290	150	15.38	12 spratova 4 pravaca Pizl = 2500W
		MUX 2	SFN	43	650.00	61660	210	H	20/110/200/290	150	13.89	12 spratova 4 pravaca Pizl = 2500W

Tabela 3.16 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Vršac, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
VRŠAC	21° 19' 30.00" E 45° 07' 23.00" N 367 m	MUX 1	SFN	25	506.00	24000	35	H	160/250/340	230	12.9	8 spratova 3 pravca Pizl = 1200W
		MUX 2	SFN	31	554.00	24000	35	H	160/250/340	230	12.9	8 spratova 3 pravca Pizl = 1200W
		MUX 3	SFN	37	602.00	22800	35	H	160/250/340	230	12.79	8 spratova 3 pravca Pizl = 1200W

Tabela 3.17 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Deli Jovan, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BOLJETIN	22° 02' 15.27" E 44° 31' 24.79" N 293 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20	15	H	190/300	180	6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
BRZA PALANKA	22° 26' 50.83" E 44° 29' 25.98" N 133 m	MUX 1	SFN	23	490.00	18	25	H	160/255	165	5.51	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
VOLUJA	21° 48' 13.21" N 44° 29' 16.30" N 300 m	MUX 1	SFN	23	490.00	13.5	15	H	060/150/240	245	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
DELI JOVAN	22° 13' 01.64" E 44° 13' 14.50" N 1129 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20000	72	H	omni	-	10	8 spratova 4 pravca Pizl = 2000W
		MUX 2	SFN	43	650.00	20000	72	H	omni	-	11.12	8 spratova 4 pravca Pizl = 1600W
		MUX 3	SFN	41	634.00	20000	72	H	omni	-	11.24	8 spratova 4 pravca Pizl = 1500W
DONJI MILANOVAC - GLAVICA	22° 10' 03.28" E 44° 27' 55.86" N 266 m	MUX 1	SFN	23	490.00	24	25	H	030/170/260	-	3.84	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	43	650.00	30	25	H	030/170/260	-	4.82	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	41	634.00	29.65	25	H	30/170/260	-	4.72	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
ŽAGUBICA	21° 42' 40.59" E 44° 12' 00.17" N 558 m	MUX 1	SFN	23	490.00	37.3	25	H	85/355	160	5.72	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	43	650.00	46	25	H	85/355	160	6.58	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	41	634.00	44.46	25	H	83/353	160	6.48	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
ZIMAN - NERESNICA	21° 45' 18.87" E 44° 26' 35.02" N 509 m	MUX 1	SFN	23	490.00	225.4	15	H	020/290	155	6.54	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	43	650.00	292	15	H	020/290	155	7.66	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	41	634.00	580.8	15	H	20/290	155	10.64	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
JASIKOVO	21° 57' 29.00" E 44° 17' 00.31" N 502 m	MUX 1	SFN	23	490.00	13.5	20	H	135/250/340	275	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
KLADOVO - KULMA	22° 30' 23.49" E 44° 38' 35.86" N 411 m	MUX 1	SFN	23	490.00	389	35	H	110	70	11.95	2 sprata 1 pravac Pizl = 25W
		MUX 2	SFN	43	650.00	506	35	H	110	70	13.06	2 sprata 1 pravac Pizl = 25W
		MUX 3	SFN	41	634.00	501.2	35	H	110	60	12.99	2 sprata 1 pravac Pizl = 25W
KLOKOČEVAC	22° 09' 57.33" E 44° 20' 43.91" N 345 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20.4	15	H	30/120	155	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
KREPOLJIN - RUDINA	21° 34' 35.13" E 44° 11' 22.63" N 556 m	MUX 1	SFN	23	490.00	158	15	H	20/160	155	9.0	2 sprata 2 pravca Pizl = 20W
KUČAJNA	21° 39' 23.93" E 44° 26' 52.16" N 262 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20	15	H	260/350	160	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
KUČEVO	21° 38' 54.63" E 44° 28' 43.55" N 311 m	MUX 1	SFN	23	490.00	18	25	H	100/320	-	5.51	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
		MUX 2	SFN	43	650.00	22	25	H	100/320	-	6.58	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
		MUX 3	SFN	41	634.00	22.28	25	H	100/320	-	6.48	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
MAJDANPEK 1 - STARICA	21° 55' 42.66" E 44° 26' 15.32" N 768 m	MUX 1	SFN	23	490.00	32.4	25	H	100/190	160	5.11	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	43	650.00	40	25	H	100/190	160	6	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	41	634.00	38.64	35	H	100/190	150	5.87	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
MIHAJLOVAC	22° 30' 18.20" E 44° 21' 24.07" N 103 m	MUX 1	SFN	23	490.00	18	25	H	240/330	155	5.6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
MUSTAPIĆ	21° 32' 41.36" E 44° 31' 20.98" N 247 m	MUX 1	SFN	23	490.00	79.7	15	H	30	70	9.01	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
OREŠKOVICA	22° 06' 46.62" E 44° 28' 15.76" N 98 m	MUX 1	SFN	23	490.00	39.8	14	H	260	70	9.01	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
PODVRŠKA	22° 30' 12.52" E 44° 35' 04.09" N 158 m	MUX 1	SFN	23	490.00	39.8	15	H	260	70	9.01	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
RABROVO	21° 33' 05.03" E 44° 35' 10.63" N 178 m	MUX 1	SFN	23	490.00	26.9	15	H	150/240/330	250	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
RADENKA	21° 46' 05.44" E 44° 34' 20.94" N 484 m	MUX 1	SFN	23	490.00	40.7	15	H	0/270	155	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
ROGLJEVO	22° 33' 31.17" E 44° 07' 37.51" N 149 m	MUX 1	SFN	23	490.00	35.5	25	H	130	70	8.52	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
SLATINA	22° 10' 37.08" E 44° 02' 43.43" N 295 m	MUX 1	SFN	23	490.00	39.8	15	H	210	70	9.0	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
TEKIJA 1	22° 25' 36.80" E 44° 40' 42.00" N 539 m	MUX 1	SFN	23	490.00	39.8	15	H	335	70	9.0	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
TEKIJA 2	22° 25' 01.40" E 44° 41' 18.60" N 152 m	MUX 1	SFN	23	490.00	37.7	20	H	225	70	8.77	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
TURIJA	21° 37' 26.27" E 44° 31' 07.25" N 329 m	MUX 1	SFN	23	490.00	25.6	20	H	030/120/300	270	4.1	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
CRNAJKA	22° 07' 55.53" E 44° 17' 56.71" N 255 m	MUX 1	SFN	23	490.00	13.5	15	H	120/210/300	250	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
ŠTUBEJ	21° 37' 44.80" E 44° 21' 29.80" N 937 m	MUX 1	SFN	23	490.00	8700	30	H	020/160/290	-	11.61	4 sprata 3 pravca Pizl = 600W
		MUX 2	SFN	43	650.00	8300	30	H	020/160/290	-	11.41	4 sprata 3 pravca Pizl = 600W
		MUX 3	SFN	41	634.00	8260	30	H	20/160/290	-	11.39	4 sprata 3 pravca Pizl = 600W

Tabela 3.18 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Jastrebac, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BRUS	21° 01' 46.33" E 43° 22' 33.03" N 612 m	MUX 1	SFN	27	522.00	35.5	25	H	0/090	155	5.55	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	38	610.00	41	25	H	0/090	155	6.06	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	42	642.00	46	25	H	0/090	155	6.59	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
GADŽIN HAN - MOSOR	22° 05' 21.47" E 22° 05' 21.47" E 909 m	MUX 1	SFN	27	522.00	26.9	15	H	010/180/270	250	4.3	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 2	SFN	38	610.00	31	15	H	010/180/270	250	4.94	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	35	15	H	010/180/270	250	5.4	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
GOČ - VRNJAČKA BANJA	20° 52' 24.11" E 43° 33' 44.90" N 1061 m	MUX 1	SFN	27	522.00	1528	35	H	020/110/290	240	7.07	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 2	SFN	38	610.00	1738	35	H	020/110/290	240	7.66	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	1970	35	H	020/110/290	240	8.15	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
GRDELICA	22° 04' 01.30" E 42° 53' 36.80" N 344 m	MUX 1	SFN/M FN	21	474.00 522.00 (prijem)	17.5	25	H	omni	-	2.42	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN/M FN	29	538.00 610.00 (prijem)	16.6	25	H	omni	-	2.2	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/M FN	36	594.00 642.00 (prijem)	20	25	H	omni	-	3.02	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
ZVONCE	22° 36' 10.15" E 42° 55' 26.82" N 966 m	MUX 1	SFN	27	522.00	17	30	H	0/270	155	5.3	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
JASTREBAC	21° 27' 55.91" E 43° 22' 57.36" N 1467 m	MUX 1	SFN	27	522.00	73400	123	H	omni	-	11.66	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 2	SFN	38	610.00	83000	123	H	omni	-	12.9	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
		MUX 3	SFN	42	642.00	88920	123	H	omni	-	12.49	12 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
JOŠANICA	21° 46' 32.93" E 43° 43' 32.92" N 427 m	MUX 1	SFN	27	522.00	20	15	H	240/330	155	6.0	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimut maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
KALNA	22° 26' 06.93" E 42° 51' 24.83" N 1166 m	MUX 1	SFN	27	522.00	20.2	15	H	040/310	155	6.0	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
KURŠUMLIJA	21° 16' 28.59" E 43 ° 07' 51.84" N 503 m	MUX 1	SFN	27	522.00	22.6	30	H	0/090/270	240	3.54	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	38	610.00	25.7	30	H	0/090/270	240	4.06	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	28	30	H	0/090/270	240	4.54	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
LEBANE	21° 45' 02.59" E 42° 54' 59.65" N 418 m	MUX 1	SFN	27	522.00	18	24	H	omni	-	2.54	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	38	610.00	20	24	H	omni	-	3.0	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	42	642.00	23	24	H	omni	-	3.58	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
LECE - GAZDARE	21° 32' 35.55" E 42° 54' 55.60" N 794 m	MUX 1	SFN	27	522.00	33.2	25	H	170/270/350	225	5.21	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
MANASTIRIŠTE	22° 10' 23.52" E 42° 57' 25.32" N 580 m	MUX 1	SFN/M FN	26	514.00 522.00 (prijem)	35.5	24	H	010/280	155	5.55	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
MEDVEĐA 1 - BOROVAC	21° 34' 29.22" E 42° 47' 34.68" N 623 m	MUX 1	SFN	27	522.00	38	22	H	080/350	155	5.81	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
MEDVEĐA 2 - DOREVICA	21° 36' 18.93" E 42° 49' 24.5" N 659 m	MUX 1	SFN	27	522.00	263	35	H	0/180/270	240	4.2	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	38	610.00	300	35	H	0/180/270	240	4.78	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	338	35	H	0/180/270	240	5.29	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
PROKUPLJE - HISAR	21° 34' 46.53" E 43° 13' 38.63" N 305 m	MUX 1	SFN	27	522.00	25.4	20	H	010/100/280	240	4.05	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	38	610.00	29	20	H	010/100/280	240	4.61	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	32	28	H	010/100/280	240	5.11	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
RUDARE	21° 16' 48.50" E 43° 05' 39.47" N 735 m	MUX 1	SFN	27	522.00	19	20	H	060/150	155	5.81	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
SVOĐE	22° 16' 35.07" E 42° 57' 12.48" N 786 m	MUX 1	SFN	40	626.00 522.00 (prijem)	47.4	24	H	0/180	-	6.76	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
SVRLJIG	22° 06' 53.81" E 43° 25' 38.81" N 542 m	MUX 1	SFN	27	522.00	27	20	H	030/120/210	240	4.3	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	38	610.00	31	20	H	030/120/210	240	4.89	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	35	20	H	030/120/210	240	5.4	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
SESALAC	21° 58' 48.10" E 43° 41' 15.69" N 579 m	MUX 1	SFN	27	522.00	20	25	H	170/260	155	6.0	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
SOKOBANJA	21° 45' 04.26" E 43° 42' 29.04" N 651 m	MUX 1	SFN	27	522.00	202	25	H	020/110	155	6.0	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	38	610.00	229	25	H	020/110	155	6.62	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN/M FN	42	642.00	261	25	H	020/110	155	7.16	1 sprat 2 pravca Pizl = 50W
TULARE	21° 28' 46.25" E 42° 46' 48.00" N 938 m	MUX 1	SFN	27	522.00	24	25	H	140/230/330	255	3.79	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Tabela 3.19 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Kopaonik, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BALJEVAC	20° 37' 35.62" E 43° 22' 08.39" N 670 m	MUX 1	SFN	24	498.00	18.1	25	H	omni	-	2.58	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
BLAŽEVO	20° 56' 18.99" E 43° 11' 59.57" N 976 m	MUX 1	SFN	24	498.00	27.1	15	H	0/180/270	255	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
GOLIJA	20° 20' 02.26" E 43° 16' 28.10" N 1663 m	MUX 1	SFN	24	498.00	602.5	15	H	90/180/270	250	7.79	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	32	562.00	613.8	15	H	90/180/270	250	7.88	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	34	578.00	697	15	H	90/180/270	250	8.43	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
GRADAC - MANASTIR	20° 32' 25.37" E 43° 21' 12.20" N 865 m	MUX 1	SFN	24	498.00	20.3	15	H	0/90	155	6.09	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
JOŠANIČKA BANJA	20° 45' 44.76" E 43° 23' 36.95" N 813 m	MUX 1	SFN	24	498.00	27.1	15	H	90/180/270	240	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
JOŠANIČKA BANJA - TELENOR	20° 50' 14.31" E 43° 22' 05.98" N 1372 m	MUX 1	SFN	24	498.00	35.5	25	H	300	55	8.51	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
KOPAONIK	20° 49' 23.00" E 43° 19' 04.00" N 1925 m	MUX 1	SFN	24	498.00	20000	77	H	65/155/245/33 5	240	9.58	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
		MUX 2	SFN	32	562.00	20000	77	H	65/155/245/33 5	240	9.59	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
		MUX 3	SFN	34	578.00	20000	77	H	65/155/245/33 5	240	9.6	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
KOPAONIK (PANČIĆ)	20° 49' 15.81" E 43° 16' 08.94" N 1979 m	MUX 1	SFN	24	498.00	1000	12	H	135/225	155	7	2 sprata 2 pravca Pizl = 200W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 2	SFN	32	562.00	1000	12C	H	135/225	155	7	2 sprata 3 pravca Pizl = 200W
		MUX 3	SFN	34	578.00	1000	12C	H	180/270	155	7	2 sprata 2 pravca Pizl = 200W
NOVI PAZAR, ŠUTENOVAČK O BRDO NOVI PAZAR,	20° 30' 54.50" E 43° 06' 39.60" N 782 m	MUX 1	SFN	24	498.00	528.4	35	H	30/210/300	245	7.23	2 sprata 3 pravca izl = 100W
		MUX 2	SFN	32	562.00	537	35	H	30/210/300	245	7.3	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	34	578.00	609	35	H	30/210/300	245	7.84	2 sprata 3 pravca Pizl = 100W
POLUMIR	20° 35' 41.89" E 43° 32' 00.00" N 613 m	MUX 1	SFN	24	498.00	40	15	H	30/150	60	5	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
PROLOM BANJA	21° 22' 21.76" E 43° 02' 57.95" N 728 m	MUX 1	SFN	24	498.00	20.3	5	H	60/150	155	6.09	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
RAŠKA, GRADAC	20° 37' 57.96" E 43° 17' 46.18" N 737 m	MUX 1	SFN	24	498.00	90.6	25	H	omni	-	2.58	1 sprat 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	32	562.00	84.8	25	H	omni	-	2.29	2 sprata 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	34	578.00	102	25	H	omni	-	3.07	1 sprat 4 pravca Pizl = 50W
RIBARIĆI	20° 27' 36.60" E 42° 57' 54.20" N 757 m	MUX 1	SFN	24	498.00	18.1	25	H	60/330	155	5.59	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
RIBARIĆI - TELENOR	20° 25' 21.50" E 42° 58' 57.00" N 1268 m	MUX 1	SFN	24	498.00	79.5	15	H	120	70	9	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
STUDENICA	20° 32' 51.53" E 43° 28' 50.06" N 770 m	MUX 1	SFN	24	498.00	27.1	15	H	100/190/280	245	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
TUTIN	20° 18' 22.10" E 43° 00' 27.50" N 1115 m	MUX 1	SFN	24	498.00	67	30	H	125	65	8.26	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	32	562.00	71.6	30	H	125	65	8.55	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	34	578.00	78	30	H	125	65	8.92	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
UŠĆE	20° 37' 00.62" E 43° 28' 23.66" N 442 m	MUX 1	SFN	24	498.00	27.1	17	H	55/145/235	240	4.33	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Tabela 3.20 – Pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Tupižnica-Crni Vrh (Pirov), baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BABUŠNICA - BERDUJ	22° 23' 14.79" E 43° 00' 06.30" N 925 m	MUX 1	SFN	22	482.00	112.2	30	H	10/100/280	230	3.53	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	25	506.00	112.2	30	H	10/100/280	230	3.5	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	28	530.00	107	30	H	10/100/280	230	3.3	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
BASARA	22° 41' 57.55" E 42° 58' 03.60" N 1014 m	MUX 1	SFN	22	482.00	31.6	30	H	omni	-	2	1 sprat 4 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	25	506.00	31.6	30	H	omni	-	2.02	1 sprat 4 pravca Pizl = 20W

		MUX 3	SFN	28	530.00	31	30	H	omni	-	1.88	1 sprat 4 pravca Pizl = 20W
BELA PALANKA - VELIKO KURILO	22° 18' 36.87" E 43° 12' 31.62" N 526 m	MUX 1	SFN	22	482.00	43.7	24	H	60/150/330	230	3.35	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	25	506.00	43.65	24	H	60/150/330	230	3.34	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	28	530.00	41.3	24	H	60/150/330	230	3.16	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
BELA PALANKA - ŠPAJ	22° 13' 47.40" E 43° 15' 41.33" N 474 m	MUX 1	SFN	22	482.00	40	26	H	30/120/300	230	3.02	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	25	506.00	38.9	26	H	30/120/300	230	2.89	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	28	530.00	40	26	H	30/120/300	230	3.06	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
BOLJEVAC - MALI IZVOR	21° 55' 42.88" E 43° 50' 52.44" N 374 m	MUX 1	SFN	22	482.00	7.58	25	H	omni	-	1.77	1 sprat 4 pravca Pizl = 5W
BOR - BRESTOVAC	22° 06' 05.70" E 44° 01' 54.46" N 332 m	MUX 1	SFN	22	482.00	13.2	25	H	240/330	140	4.19	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
BOR - VELIKI KRIVELJ	22° 05' 26.49" E 44° 08' 08.13" N 424 m	MUX 1	SFN	22	482.00	29.5	15	H	140	65	7.69	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
GAMZIGRAD	22° 10' 59.87" E 43° 55' 01.05" N 273 m	MUX 1	SFN	22	482.00	26.3	15	H	120/210/300	250	4.22	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
GORNJA KAMENICA	22° 21' 31.04" E 43° 28' 34.89" N 440 m	MUX 1	SFN	22	482.00	18.7	20	H	180/270	160	5.74	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
DIMITROVGRAD	22° 48' 22.44" E 43° 01' 53.93" N 816 m	MUX 1	SFN	22	482.00	112.2	30	H	10/100/280	240	3.49	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	25	506.00	114.8	30	H	10/100/280	240	3.57	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	28	530.00	116	20	H	10/100/280	240	3.64	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W

DONJE KRNJINO	22° 25' 26.18" E 43° 05' 58.30" N 636 m	MUX 1	SFN	22	482.00	12.5	20	H	0/90/270	250	3.98	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
KARDAŠNICA	22° 28' 58.83" E 43° 11' 31.60" N 921 m	MUX 1	SFN	22	482.00	35.48	30	H	50/140	150	5.5	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
KNJAŽEVAC - KALNA	22° 25' 30.10" 43° 25' 55.02" 557 m	MUX 1	SFN	22	482.00	38.1	15	H	200	70	8.82	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
RAJAC	22° 33' 39.65" E 44° 05' 54.78" N 151 m	MUX 1	SFN	22	482.00	24	25	H	120/200	130	6.84	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
ROSOMAČ	22° 50' 53.68" E 43° 10' 18.00" N 1198 m	MUX 1	SFN	22	482.00	22.39	30	H	150/240/330	240	3.49	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
RTANJ	21° 56' 03.90" E 43° 45' 48.55" N 675 m	MUX 1	SFN	22	482.00	38.02	15	H	0	70	8.82	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
TUPIŽNICA	22° 09' 25.02" E 43° 41' 55.04" N 1132 m	MUX 1	SFN	22	482.00	36200	110	H	25/115/205/29 5	150	12.17	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
		MUX 2	SFN	25	506.00	38000	110	H	25/115/205/29 5	150	12.4	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
		MUX 3	SFN	28	530.00	39810	110	H	25/115/205/29 5	150	12.71	8 spratova 4 pravca Pizl = 2200W
CRNI VRH (PIROT)	22° 39' 10.12" E 43° 10' 57.35" N 1140 m	MUX 1	SFN	22	482.00	3620	30	H	160/250/340	250	7.81	2 sprata 3 pravca Pizl = 600W
		MUX 2	SFN	25	506.00	3715	30	H	160/250/340	250	7.96	2 sprata 3 pravca Pizl = 600W
		MUX 3	SFN	28	530.00	3820	40	H	160/250/340	250	8.02	2 sprata 3 pravca Pizl = 600W
ČINIGLAVCI	22° 41' 09.48" E 43° 02' 12.98" N 638 m	MUX 1	SFN	22	482.00	14.8	16	H	60/150	150	4.67	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
ŠLJIVOVIČKI VIS	22° 21' 28.35" E 43° 09' 46.62" N 1221 m	MUX 1	SFN	22	482.00	275.4	25	H	0/90/180	245	4.4	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	25	506.00	281.84	25	H	0/90/180	245	4.5	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W

		MUX 3	SFN	28	530.00	287	15	H	0/90/180	245	4.6	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
ŠTIPINA	22° 15' 20.39" E 43° 35' 59.24" N 267 m	MUX 1	SFN	22	482.00	11.75	25	H	90/180/270	240	3.74	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W

Tabela 3.21 – Detaljan pregled podataka o predajnim lokacijama i instalacijama predajnika u zoni raspodele Ovčar-Tornik, baza RATEL-a.

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
ARILJE - KLIK	20° 05' 40.23" E 43° 46' 13/16" N 426 m	MUX 1	SFN	23	490.00	49	30	H	0/90/180	240	3.9	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	36	594.00	54.7	30	H	0/90/180	240	5.37	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	39	618.00	54	30	H	0/90/180	240	4.32	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
BAJINA BAŠTA - TARA OSLUŠA	19° 27' 28.69" E 43° 56' 32.09" N 1032 m	MUX 1	SFN	23	490.00	618	35	H	omni	190	7.9	2 sprata 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	36	594.00	691.8	35	H	omni	190	8.4	2 sprata 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	39	618.00	687	35	H	omni	190	8.37	2 sprata 4 pravca Pizl = 100W
BELA REKA - OBER	19° 50' 34.45" E 43° 35' 41.95" N 1153 m	MUX 1	SFN	23	490.00	27	16	H	20/110/240	-	4.34	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
BITOVIK	19° 41' 32.31" E 43° 26' 53.66" N 1365 m	MUX 1	SFN	23	490.00	1546	20	H	80/225/315	-	7.12	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 2	SFN	36	594.00	1828.6	20	H	80/225/315	-	7.85	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W
		MUX 3	SFN	39	618.00	1828	30	H	80/225/315	-	7.82	2 sprata 3 pravca Pizl = 300W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
BOGUTOVAČKA BANJA	20° 33' 03.06" E 43° 39' 23.19" N 452 m	MUX 1	SFN	23	490.00	23	30	H	60/150/240	240	3.6	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
BRODAREVO	19° 43' 23.27" E 43° 12' 52.91" N 804 m	MUX 1	SFN	23	490.00	38.5	20	H	60/330	150	5.85	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
GVOZDAC	19° 36' 45.39" E 44° 04' 35.41" N 703 m	MUX 1	SFN	23	490.00	25.6	30	H	90/180/270	240	4.1	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
GOSTUN	19° 43' 39.16" E 43° 10' 25.89" N 960 m	MUX 1	SFN	23	490.00	41	15	H	10/100	150	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
GRADINA	19° 37' 45.65" E 43° 22' 54.48" N 756 m	MUX 1	SFN	23	490.00	38.5	30	H	80/170	150	5.85	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	36	594.00	43.2	30	H	80/170	150	6.35	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	39	618.00	43	30	H	80/170	150	6.35	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
DEVIĆI - DUJEVICA	20° 22' 10.00" E 43° 25' 27.00" N 1017 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20	20	H	30/150	-	6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
DREŽNIK - ROGE	19° 56' 26.66" E 43° 46' 56.15" N 787 m	MUX 1	SFN	23	490.00	48.4	30	H	20/110/200	240	3.84	1 sprat 3 pravca Pizl = 20W
ZVIJEZD	19° 33' 22.00" E 43° 21' 42.11" N 896 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20.4	15	H	140/230	150	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
ZLODOL	19° 40' 17.45" E 43° 56' 26.39" N 599 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20.4	15	H	omni	-	3.1	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
IVANJICA - BOŽAC	20° 17' 08.00" E 43° 33' 05.00" N 1105 m	MUX 1	SFN	23	490.00	219.3	30	H	0/210/290	-	6.42	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	36	594.00	239.3	30	H	0/210/290	-	6.8	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 3	SFN	39	618.00	238	30	H	0/210/290		6.77	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
IVANJICA - LUKE	20° 18' 15.56" E 43° 37' 46.20" N 784 m	MUX 1	SFN	23	490.00	13.6	15	H	135/225/315	240	4.34	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
IVANJICA - ŠUTELJ	20° 12' 42.03" E 43° 37' 18.40" N 895 m	MUX 1	SFN	23	490.00	36.3	30	H	omni	-	2.59	1 sprat 4 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	36	594.00	40	30	H	omni	-	3.06	1 sprat 4 pravca Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	39	618.00	40	30	H	omni	-	3	1 sprat 4 pravca Pizl = 20W
JELOVIK	19° 43' 19.46" E 43° 58' 43.35" N 778 m	MUX 1	SFN	23	490.00	43.6	25	H	10/210/300	-	6.37	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
KAMENA GORA	19° 34' 57.76" E 43° 16' 02.84" N 1329 m	MUX 1	SFN	23	490.00	40	15	H	60/300	-	6	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
KOKIN BROD	19° 50' 21.58" E 43° 31' 25.08" N 1234 m	MUX 1	SFN	23	490.00	18	24	H	omni	-	2.6	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
KOSJERIĆ - SUBJEL	19° 58' 58.65" E 44° 00' 52.26" N 889 m	MUX 1	SFN	23	490.00	121	25	H	170/260/350	240	3.84	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 2	SFN	36	594.00	136.8	25	H	170/260/350	240	4.37	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
		MUX 3	SFN	39	618.00	136	25	H	170/260/350	240	4.32	1 sprat 3 pravca Pizl = 50W
KOTRAŽA	20° 12' 35.29" E 43° 42' 11.18" N 673 m	MUX 1	SFN	23	490.00	36.3	25	H	40/130	190	5.6	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
KRATOVO	19° 36' 22.66" E 43° 32' 23.96" N 962 m	MUX 1	SFN	23	490.00	40.7	15	H	110/200	150	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
KREMNA	19° 35' 06.69" E 43° 50' 33.23" N 805 m	MUX 1	SFN	23	490.00	19.2	20	H	omni	-	2.84	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
KRUŠČICA	19° 58' 02.00" E 43° 41' 13.00" N 784 m	MUX 1	SFN	23	490.00	13.6	15	H	70/160/280	-	4.34	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
KUMANICA	20° 14' 57.00" E 43° 29' 16.00" N 971 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20	15	H	210/330	-	6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
KUŠIĆI	20° 04' 38.80" E 43° 29' 33.00" N 1086 m	MUX 1	SFN	23	490.00	27.2	15	H	50/140/230	240	4.34	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
LUČANI	20° 08' 24.54" E 43° 50' 09.77" N 543 m	MUX 1	SFN	23	490.00	69	30C	H	30/120	190	5.36	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W
		MUX 2	SFN	36	594.00	76	30	H	30/120	190	5.8	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W
		MUX 3	SFN	39	618.00	75	30	H	30/120	190	5.77	1 sprat 2 pravca Pizl = 20W
MOKRA GORA	19° 27' 58.79" E 43° 46' 56.89" N 1013 m	MUX 1	SFN	23	490.00	25	20	H	70/180/320	-	4	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
MOČIOCI	19° 58' 55.00" E 43° 31' 55.00" N 1159 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20	15	H	90/330	-	6	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
NOVA VAROŠ - OPŠTINA	19° 48' 41.46" E 43° 27' 38.27" N 990 m	MUX 1	SFN	23	490.00	44.6	5	H	260	70	9.5	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
NOVA VAROŠ - CVETNJAK	19° 48' 40.50" E 43° 27' 08.10" N 1194 m	MUX 1	SFN	23	490.00	23	20	H	30/120/300	230	3.6	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	36	594.00	25.7	20	H	30/120/300	230	4.09	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	39	618.00	25	20	H	30/120/300	230	4.04	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polari-zacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
OVČAR	20° 13' 01.84" E 43° 53' 47.18" N 965 m	MUX 1	SFN	23	490.00	60800	110	H	34/124/214/30 4	220	11.2	8 spratova 4 pravca Pizl = 4600W
		MUX 2	SFN	36	594.00	63100	110	H	34/124/214/30 4	220	11.4	8 spratova 4 pravca Pizl = 4600W
		MUX 3	SFN	39	618.00	95500	110	H	34/124/214/30 4	220	12.81	8 spratova 4 pravca Pizl = 5000W
POŽEGRMAC - KASIDOL	19° 28' 06.69" E 43° 32' 30.15" N 880 m	MUX 1	SFN	23	490.00	40	30	H	280	60	9	1 sprat 1 pravac Pizl = 5W
POLJANE	19° 25' 02.86" E 43° 31' 59.73" N 905 m	MUX 1	SFN	23	490.00	19.2	30	H	omni	-	2.84	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
PRIBOJ - BIĆ	19° 30' 27.07" E 43° 34' 47.37" N 842 m	MUX 1	SFN	23	490.00	24	25	H	64/154/334	230	3.84	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	36	594.00	27.5	25	H	64/154/334	230	4.37	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	39	618.00	27	25	H	64/154/334	230	4.32	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
PRIBOJ - PANJA GLAVA	19° 32' 01.36" E 43° 34' 09.20" N 531 m	MUX 1	SFN	23	490.00	13.6	30	H	150/240/330	230	4.34	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
		MUX 2	SFN	36	594.00	15.5	30	H	150/240/330	230	4.9	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
		MUX 3	SFN	39	618.00	15	30	H	150/240/330	230	4.88	1 sprat 3 pravca Pizl = 5W
PRIBOJSKA BANJA - LISA STENA	19° 32' 07.31" E 43° 30' 28.97" N 1233 m	MUX 1	SFN	23	490.00	40.7	12	H	60/330	150	6.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
PRIJEPOLJE - KOŠEVINE	19° 39' 26.27" E 43° 22' 08.16" N 955 m	MUX 1	SFN	23	490.00	399	25	H	omni	-	6	2 sprata 4 pravca Pizl = 100W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
		MUX 2	SFN	36	594.00	446.5	25	H	omni	-	6.5	2 sprata 4 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	39	618.00	443	25	H	omni	-	6.46	2 sprata 4 pravca Pizl = 100W
RADOJNA - RUTOŠI	19° 44' 33.34" N 44° 30' 48.74" N 886 m	MUX 1	SFN	23	490.00	25.6	20	H	0/90/270	250	4.1	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
ROGAČICA	19° 39' 23.17" E 44° 02' 44.85" N 674 m	MUX 1	SFN	23	490.00	38.5	30	H	120/210	150	5.85	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
SEVOJNO	19° 52' 24.86" E 43° 51' 20.41" N 615 m	MUX 1	SFN	23	490.00	37.7	30	H	115/250	-	5.76	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	36	594.00	43.5	30	H	115/250	-	6.37	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	39	618.00	43	30	H	115/250	-	6.36	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
SELJAŠNICA	19° 34' 58.16" N 43° 22' 28.61" N 625 m	MUX 1	SFN	23	490.00	19.2	12	H	80/350	190	5.85	1 sprat 2 pravca Pizl = 5W
SEČA REKA	19° 50' 37.00" E 44° 00' 53.00" N 603 m	MUX 1	SFN	23	490.00	24.2	25	H	145/235/325	250	3.84	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
SIROGOJNO - RAVNI	19° 53' 59.95" E 43° 41' 44.59" N 939 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20.4	15	H	omni	-	3.1	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
SJEVERIN	19° 22' 23.11" E 43° 35' 00.45" N 756 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20.4	15	H	omni	-	3.1	1 sprat 4 pravca Pizl = 10W
SOLOTUŠA	19° 36' 45.18" E 43° 54' 50.51" N 731 m	MUX 1	SFN	23	490.00	25.6	18	H	50/140/320	260	4.1	1 sprat 3 pravca Pizl = 10W
SOPOTNICA	19° 41' 31.31" E 43° 18' 03.58" N 846 m	MUX 1	SFN	23	490.00	20.4	15	H	80/350	150	3.1	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W

Naziv lokacije predajnika	Geograf. dužina Geografska širina Nadmorska visina	MUX	Tip mreže	Broj kanala	Centralna učestanost kanala [MHz]	Snaga [W]	Visina antene iznad terena [m]	Polarizacija	Azimet maksimalnog zračenja	Ugao širine glavnog snopa antene	Dobitak antene	Opis antenskog sistema
SRIJETEŽI	19° 39' 03.33" E 43° 23' 41.19" N 596 m	MUX 1	SFN	23	490.00	75.3	20	H	125	70	8.77	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	36	594.00	87.9	20	H	125	70	9.44	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	39	618.00	87	20	H	125	70	9.41	1 sprat 1 pravac Pizl = 10W
TORNIK	19° 38' 23.76" E 43° 39' 15.05" N 1475m	MUX 1	SFN	23	490.00	10000	45	H	omni	-	9.2	4 sprata 4 pravca Pizl = 1200W
		MUX 2	SFN	36	594.00	8710	45	H	omni	-	8.6	4 sprata 4 pravca Pizl = 1200W
		MUX 3	SFN	39	618.00	8933	45	H	omni	-	8.72	4 sprata 4 pravca Pizl = 1200W
UŽICE - ZABUČJE	19° 49' 40.82" E 43° 50' 51.31" N 700 m	MUX 1	SFN	23	490.00	259.4	39	H	30/120/300	-	4.14	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 2	SFN	36	594.00	292.4	39	H	30/120/300	-	4.66	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
		MUX 3	SFN	39	618.00	290	39	H	30/120/300	-	4.62	1 sprat 3 pravca Pizl = 100W
ČAJETINA	19° 44' 06.06" E 43° 44' 25.28" N 1130 m	MUX 1	SFN	23	490.00	38.5	20	H	225/315	150	5.85	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 2	SFN	36	594.00	43.15	20	H	225/315	150	6.35	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W
		MUX 3	SFN	39	618.00	43	20	H	225/315	150	6.33	1 sprat 2 pravca Pizl = 10W

4. PREGLED SISTEMA ZA KONTINUALNO PRAĆENJE KVALITETA EMITOVANJA DIGITALNE TELEVIZIJE U OKRUŽENJU I EVROPI

U ovoj glavi prikazan je pregled i analiza stanja u oblasti praćenja kvaliteta digitalne televizije u određenom broju zemalja u okruženju i u Evropi. Pregled je formiran na osnovu javno dostupnih informacija koje se mogu naći na zvaničnim sajtovima nacionalnih regulatornih agencija (NRA) u posmatranim državama, informacija dobijenih direktno od pojedinih NRA slanjem odgovarajućeg upitnika članovima CEPT/ECC WG FM 22 (*Electronic Communication Committee Working Group Frequency Management 22 – Spectrum Monitoring and Enforcement*) grupe (sadržaj upitnika dat je u Prilogu 1 ove Studije), kao i drugih podataka koje je bilo moguće prikupiti za ove potrebe sa Internet mreže.

U prvom delu ove glave dat je prikaz stanja u smislu postojanja sistema za kontinualno praćenje (monitoring) kvaliteta sistema DTTB u posmatranim državama. Potom je dat sažeti opis organizacije, elemenata i karakteristika jedinog postojećeg sistema ovog tipa koji postoji u Evropi, a koji je razvijen za potrebe NRA u Portugaliji (ANACOM). Nakon toga, u posebnom poglavlju data je analiza prikazanog stanja, a posebno rešenja sistema za monitoring razvijenog u Portugaliji, kao i ocena mogućnosti i opravdanosti primene sličnog rešenja na teritoriji Republike Srbije.

4.1 PREGLED STANJA U OKRUŽENJU I EVROPI

U tabeli 4.1 dat je tabelarni prikaz informacija o postojećem stanju u oblasti praćenja kvaliteta sistema za emitovanje digitalne zemaljske televizije (sistema DTTB) u određenom broju zemalja u okruženju i u Evropi za koje je bilo moguće prikupiti validne informacije.

Osim podataka prikazanih u tabeli 4.1, mogu se navesti i neki dodatni komentari i podaci koje su dale pojedine NRA, i to:

- RRT, NRA u Republici Litvaniji, između ostalog, navela je u svom odgovoru da se u pogledu praćenja kvaliteta sistema DTTB u Litvaniji sprovodi jedino uobičajeno merenje intenziteta (nivoa) električnog polja predajnika DTTB sistema. Za ove potrebe se koristi standardna oprema za merenje i monitoring RF spektra u okviru svakodnevnih ili periodičnih poslova koji se obavljaju primenom fiksnih stanica za

merenje i za monitoring RF spektra (*Fixed Measuring/Monitoring Stations*, FMS), sa ljudskom posadom ili FMS upravljanih putem daljinske kontrole (*Remote Fixed Measuring/Monitoring Stations*, RFMS), odnosno mobilnim stanicama za merenje i za monitoring RF spektra (*Mobile Measurement/Monitoring Station*, MMS) kojima raspolaže RRT;

- u odgovoru *Ofcom*-a, NRA u Velikoj Britaniji (VB), navodi se da se u VB pri izdavanju licence za emitovanje DTTB od operatera zahteva da implementiraju i održavaju svoje mreže na takav način da se postignu visoki standardi dostupnosti (*uptime*) servisa na delu teritorije obuhvaćene licencom. Pored toga, *Ofcom*-u se dostavljaju godišnji izveštaji o ostvarenoj uspešnosti u pogledu kvaliteta pokrivanja i dostupnosti servisa (raspoloživosti DTTB servisa) ostvarenih u praksi. Osim toga, navedeno je da je generalni pristup regulaciji tehničkih aspekata rada DTTB mreža u VB takav, da se zasniva na analizi i reagovanju na podnete pritužbe (npr. na loš kvalitet servisa ili pojavu interferencije usled rada ovih sistema), a ne na bazi monitoringa. Ipak, navedeno je da se od strane mernih timova *Ofcom*-a povremeno izvode merenja intenziteta (nivoa) električnog polja predajnika DTTB mreža, kao deo projekata u oblasti merenja i monitoringa RF spektra, kao i da se pri tome koristi komercijalno dostupna oprema za analizu TS za potrebe monitoringa sastava DTT multipleksa sa *ad hoc* pristupom. Konačno, navedeno je da izdate licence i dozvole za radio-stanice daju za pravo *Ofcom*-u da pristupe i obave inspekciju predajne opreme, odnosno izvrše proveru usaglašenosti sa tehničkim uslovima navedenim u dozvoli/licenci;
- na osnovu zvaničnog stava OFCOM-a, Švajcarska, sledi da se u Švajcarskoj pri izdavanju licence za DTTB zahteva da se pri implementaciji i radu mreže ostvari pokrivanje određenog procenta stanovništva, specifikacijom parametara za PI95 (pokrivanja za portabilni *indoor* prijem na 95% teritorije) i MO99 (pokrivanje za mobilni *outdoor* prijem na 99% teritorije). Konačno stanje se pri tome ostvaruje kroz nekoliko usputnih koraka koji su definisani licencom. Ipak, kao i u VB, kontrola tehničkih aspekata rada DTTB mreža ostvaruje se po modelu reakcije na pritužbe, odnosno putem povremenih merenja parametara predajnika (kao postupak tehničke kontrole predajnika i provere usklađenosti sa uslovima izdate dozvole) korišćenjem *Kathrein* MSK200 ili *Rohde & Schwarz* ETL uređaja;
- BNA, kao regulatorno telo u Nemačkoj, izričito smatra da monitoring kvaliteta sistema DTTB nije zadatak kojim treba da se bavi NRA. Osim toga, navodi se da kvalitet signala DTTB ima smisla meriti samo u slučaju postojanja žalbe na interferenciju, kada se koristi *Kathrein* MSK200 uređaj za merenje DVB-T signala, ali da ne poseduju opremu za merenje DVB-T2 signala;
- u odgovoru Agencije za radiokomunikacije Holandije (RAN) navodi se da se merenje DTTB signala obavlja samo u okviru mernih kampanja korišćenjem mobilnih mernih stanica (*drive test*), pri čemu se meri intenzitet (nivo) električnog polja korišćenjem analizatora spektra i *broadcast drive test* softvera;
- od EETT, NRA u Grčkoj, dobijena je informacija da se sprovede analize o opravdanosti i isplativosti razvoja sistema za monitoring DTTB. Pri tome, navedeno je da će se u slučaju odluke da se uđe u nabavku sistema za ove potrebe, najverovatnije izabrati opcija nabavke prenosivih mernih stanica. Ove merne stanice bi se primenjivale u slučaju da se u nekom području identifikuju problemi sa prijemom DTTB signala, i to sporadični, stalni ili učestali, kada bi se postavljala merna stanica i vršilo merenje u datoj oblasti. Osim toga, u Grčkoj je izvršen određen broj mernih kampanja (na 4000 lokacija širom teritorije Grčke) kako bi se stekao uvid u stvarno (ostvareno) pokrivanje, ali i proverio kvalitet signala.

Rezultati ovog merenja su javno dostupni (na Grčkom) na URL adresi <http://www.eett.gr/opencms/opencms/EETT/Consumer/Electronics/search.html?cat=DTVC>,

- Agencija za elektronske komunikacije i poštansku djelatnost (EKIP) iz Crne Gore, navela je da se u bliskoj budućnosti ne razmatra razvoj sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB, osim, eventualno, u sklopu razvoja mreže RF senzora na teritoriji grada Podgorice, ali da ni primarna namena ove mreže ne podrazumeva monitoring DTTB signala. Osim toga, navedeno je da će se merenje pokrivanja i parametara mobilnog *outdoor* prijema povremeno obavljati korišćenjem mobilnih mernih stanica uz primenu *Rohde&Schwarz* ETL uređaja i *Rohde&Schwarz* BCDRIVE softvera. Konačno, navedeno je da se merenje neophodnih parametara DVB-T2 signala obavlja i u sklopu tehničke kontrole predajnika, kao i u slučaju prijave interferencije.

DRŽAVA I NRA	DA LI POSTOJI SISTEM ZA KONTINUALNI MONITORING DTTB	DA LI POSTOJI PLAN ZA RAZVOJ SISTEMA ZA KONTINUALNI MONITORING DTTB	OCENA POTREBE PRIMENE SISTEMA ZA KONTINUALNI MONITORING DTTB
Češka Republika ČTU	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije
Republika Litvanija RRT	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije
Republika Slovačka TUSR	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije
Kraljevina Belgija BIPT	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije
Velika Britanija (VB) Ofcom	Ne postoji	Ne planira se	Smatraju da takav sistem nije potreban. U VB je organizacija kontinualnog praćenja kvaliteta servisa stvar dogovora (ugovora) između operatora DTTB mreža i provajdera TV sadržaja koji koriste mrežu.
Republika Slovenija AKOS	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije
Švajcarska OFCOM	Ne postoji	Ne planira se	Iz odgovora sledi da se smatra da nema potrebe za takvim sistemom.
Savezna Republika Nemačka BNA	Ne postoji	Ne planira se	Smatra se da monitoring kvaliteta DTTB signala nije zadatak NRA.
Kraljevina Holandija ACM - RAN	Ne postoji	Ne planira se	Smatraju da nema potrebe
Republika Grčka EETT	Ne postoji	Nije doneta odluka o razvoju takvog sistema. Obavlja se interna analiza isplativosti razvoja takvog sistema. Paralelno sa tim se obavlja proces ispitivanja tržišta.	
Republika Crna Gora EKIP	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije
Republika Finska FICORA	Ne postoji	Ne planira se	Nisu date informacije

DRŽAVA I NRA	DA LI POSTOJI SISTEM ZA KONTINUALNI MONITORING DTTB	DA LI POSTOJI PLAN ZA RAZVOJ SISTEMA ZA KONTINUALNI MONITORING DTTB	OCENA POTREBE PRIMENE SISTEMA ZA KONTINUALNI MONITORING DTTB
Republika Portugalija ANACOM	Postoji sistem za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB u Portugaliji. Koristi se za kontinualno, svakodnevno, praćenje kvaliteta prijema DVB-T signala na teritoriji kontinentalnog dela Portugalije. Sastoji se od 390 mernih stanica (sondi) povezanih sa centrom za upravljanje. <i>Napomena: Detalji i opis ovog sistema dati su u poglavlju 4.2.</i>		Sistem je razvijen zbog velikih problema sa interferencijom tokom uvođenja DVB-T sistema. Sistem za monitoring je omogućio efikasno otklanjanje problema interferencije i pomogao pri modifikaciji predajne mreže.

Tabela 4.1 – Pregled podataka o postojanju, planovima za razvoj, potrebama i efektima primene sistema za monitoring DTTB od strane NRA u Evropi.

Osim toga, pregledom zvaničnih Internet prezentacija (*web* sajtova) NRA zemalja u okruženju, tj. Rumuniji (ANCOM), Bosni i Hercegovini (CRA), Bugarskoj (CRC), Hrvatskoj (HAKOM), Makedoniji (AEK), Mađarskoj (NMHH), i Austriji (RTR), kao i nekih drugih Evropskih država, npr. Francuska (ARCEP) i Španija (CNMC), odnosno putem obimnog pretraživanja informacija na Internet mreži, nije ustanovljeno da u ovim zemljama, kao ni u drugim zemljama Evrope, postoje sistemi za kontinualno praćenje i nadgledanje (monitoring) kvaliteta signala DTTB. U određenom broju zemalja, npr. Mađarskoj, na sajtu NRA (NMHH), mogu se naći prikazi raspodele pokrivanja signalom DTTB dobijeni tokom mernih kampanja izvedenih od strane odgovarajuće NRA (ili neke druge organizacije). Ipak, nije potvrđeno da u bilo kojoj Evropskoj državi, osim u Portugaliji, postoji namenski sistem za kontinualno praćenje i nadgledanje (monitoring) kvaliteta signala DTTB na celokupnoj ili široj teritoriji.

Za određen broj zemalja, npr. za Makedoniju ili Grčku, putem upitnika ili na osnovu pretraživanja WWW, nađena je informacija da su jednokratno, povremeno ili regularno obavljane merne kampanje po delovima ili na celokupnoj teritoriji, i to kao preventivna aktivnost u cilju određivanja realno ostvarenog pokrivanja ili usled postojanja problema sa pokrivanjem u nekom delu teritorije. Pri tome su za merenje korišćene mobilne merne stanice.

4.2 OPIS SISTEMA ZA KONTINUALNO PRAĆENJA KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE U PORTUGALIJI

U ovom poglavlju ukratko je dat opis uslova realizacije, kao i sam sistem, za kontinualno praćenje (monitoring) kvaliteta prijema DTTB signala u Portugaliji.

4.2.1. Osnovne informacije o DVB-T mreži predajnika u Portugaliji

Sistem za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne zemaljske televizije, na teritoriji Portugalije realizovan je tako da pokriva celokupnu teritoriju kontinentalnog dela države, koja obuhvata približno 89.089 kvadratnih kilometara. Sistem za monitoring realizovan je sa osnovnim ciljem da se obezbedi kontinualno praćenje kvaliteta prijema DTTB, odnosno da se omogući kontinualni uvid (u realnom vremenu) u pokrivenost i trenutni kvalitet (zadovoljenje

postavljenog nivoa kvaliteta) dostavljanja signala DTTB na teritoriji Portugalije, koji se obavlja od strane operatera radio-difuzione mreže. Pri tome, definisani su sledeći uslovi:

- podrazumeva se kontinualni rad sistema za monitoring, odnosno praćenje kvaliteta prijema signala digitalne zemaljske televizije obavlja se 24 časa dnevno, 7 dana u nedelji, svih 365 dana u godini (24/7/365);
- praćenje kvaliteta prijema se obavlja sa stanovišta korisnika sistema DTTB i to na celokupnoj teritoriji kontinentalnog dela Portugalije. Ovaj zahtev inherentno uslovljava korišćenje velikog broja mernih stanica (lokacija) i to pravilno raspoređenih u okviru date teritorije. Kako bi trenutne vrednosti merenja parametara signala koji emituje sistem DTTB predstavljale reprezentativni uzorak, prostorne lokacije na kojima se obavlja merenje i antenske instalacije koje se koriste za merenje moraju biti izabrane tako da budu usklađene sa uslovima prijema signala u pojedinim regionima, a posebno sa gustinom rasporeda potencijalnih korisnika. Odnosno, prostorni raspored lokacija na kojima se meri i broj ovih lokacija mora biti izabran na takav način da se obezbedi uzorak (posmatrano u prostoru) koji pravilno reprezentuje trenutni kvalitet prijema za najveći broj korisnika sistema DTTB;
- neophodno je obezbediti potpuno autonomni rad sistema, sa fleksibilnošću ostvarivanja komunikacije merne opreme sa centrom za obradu podataka;
- mora se omogućiti detektovanje nepravilnosti u radu predajnika ili mreže predajnika, kao i prikupljanje mernih podataka čijom analizom se može ostvariti identifikacija uzroka koji dovode do pogoršanja kvaliteta prijema ili loš kvalitet prijema na nekim delovima teritorije u određenim periodima vremena; i
- pri izboru i realizaciji rešenja mora se ostvariti minimizacija troškova razvoja sistema.

Na teritoriji Portugalije se za potrebe digitalnog zemaljskog emitovanja televizijskog programa koristi DVB tehnologija prve generacije, odnosno primenjen je DVB-T standard. Pri tome, postoji samo jedna mreža (i operator mreže) za zemaljsko emitovanje digitalne televizije, tj. preduzeće TDT (*Televisao Digital Terrestre*), [31], pri čemu se putem postojeće mreže predajnika emituje ukupno 7 televizijskih kanala. Mreža predajnika za digitalno zemaljsko emitovanje televizijskih programa sastoji se od 253 DVB-T predajnika koji rade u okviru SFN mreže, odnosno od 8 DVB-T predajnika koji rade u okviru dopunske *overlay* MFN mreže, [31]. Pri tome:

- u kontinentalnom delu države za rad predajne SFN mreže koristi se samo kanal #CH56 (opseg 750 – 758 MHz), tj. celokupna teritorija kontinentalnog dela Portugalije čini jednu jedinstvenu zonu raspodele;
- na teritoriji ostrva Madeira koristi se kanal #CH54 (opseg 734 – 742 MHz);
- na teritoriji ostrva Azorskog arhipelaga za emitovanje se koriste kanali #CH47 (opseg 678 - 686MHz), #CH48 (opseg 686 – 694 MHz), #CH49 (opseg 694 - 702MHz), #CH55 (opseg 742 – 750 MHz) i #CH56 (opseg 750-758 MHz);
- za potrebe rada MFN predajne mreže koriste se kanali #CH40 (opseg 622 – 630 MHz), #CH42 (opseg 638 – 646 MHz), #CH45 (opseg 662 – 670 MHz), #CH46 (opseg 670 – 678 MHz), #CH48 (opseg 686 – 694 MHz), #CH49 (opseg 694 – 702 MHz).

U okviru procesa prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskih programa u Portugaliji, a koji je otpočeo krajem aprila 2012. godine, zabeležen je izuzetno veliki broj prijava vezanih za pojavu interferencije ili lošeg kvaliteta prijema, usled čega su od strane operatera mreže, kompanije TDT, instalirana prva tri predajnika MFN

mreže. Ovaj broj je u narednom periodu povećan na trenutnih 8 predajnika. Pri tome, treba još jednom istaći činjenicu da je celokupna SFN mreža u kontinentalnom delu Portugalije realizovana kao jedna zona raspodele i to korišćenjem istog kanala na celoj ovoj teritoriji.

4.2.2. Razvoj sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije

Upravo je pojava relativno velikog broja pritužbi (prijava postojanja interferencije kao i žalbi korisnika na kvalitet prijema DVB-T signala) predstavljala osnovni razlog za početak razvoja sistema za kontinualno praćenje kvaliteta emitovanja digitalne televizije u Portugaliji.

NRA Portugalije ANACOM, [32], sproveo je analizu raspoloživih rešenja na tržištu, pri čemu je ustanovljeno da u tom trenutku nije postojala odgovarajuća oprema, tj. merni uređaji potrebnih tehničkih karakteristika i prihvatljive cene. Stoga je donesena odluka da se ostvari razvoj specifičnog uređaja, mernog senzora (sonde), za potrebe realizacije planiranog sistema za monitoring signala DTTB mreže. Nacionalna regulatorna agencija Portugalije (ANACOM) je tokom decembra 2012. godine definisala tehničke specifikacije, na osnovu kojih je u januaru 2013. godine raspisan međunarodni tender za razvoj odgovarajućeg rešenja. Tender je okončan u aprilu 2013. godine, a ugovor je potpisan u maju 2013. godine. Razvoj mernih uređaja (sondi), kao i hardverskih i softverskih rešenja centra za monitoring iz kojeg se upravlja radom mernih jedinica i u kojem se obavljaju analiza, obrada i skladištenje prikupljenih podataka, izvršen je od strane dve kompanije *Ubiwhere* i *WAVECOM wireless experts* sa sedištem u Aveiro, Portugalija, uz nadzor i saradnju sa Univerzitetom u Oportou.

Kvalitativno testiranje razvijenog uređaja, merne sonde, izvršeno je u oktobru 2013. godine, dok je krajem decembra 2014. godine implementirana prva (pilot) mreža za praćenje kvaliteta signala digitalne zemaljske televizije. Kompletan sistem za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne zemaljske televizije sastoji se u ovom trenutku od 390 mernih sondi raspoređenih na kontinentalnom delu teritorije Portugalije. Dodatno, na raspolaganju je 14 dodatnih mernih sondi od kojih su neke instalirane na ostrvu Madeira i na ostrvima Azorskog arhipelaga, dok preostale predstavljaju rezervne merne jedinice (kao rezerva u slučaju otkaza korišćenih mernih sondi), ili se koriste za potrebe ispitivanja na alternativnim lokacijama.

4.2.3. Opis sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije

4.2.3.1. Određivanje potrebnog broja i prostornog rasporeda lokacija mernih sondi

U okviru procesa razvoja i implementacije sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB u Portugaliji, broj potrebnih mernih sondi određen je na osnovu gustine rasporeda domaćinstava, kao potencijalnih korisnika ovog sistema, odnosno gustine rasporeda objekata (svih objekata), na teritoriji kontinentalnog dela države. Pri tome, korišćeni su podaci dobijeni tokom poslednjeg sprovedenog popisa u Portugaliji (iz 2011. godine), po kojima se navodi da u kontinentalnom delu države (bez ostrva), čija je površina približno 89.089 kvadratnih kilometara, živi nešto manje od 10 miliona stanovnika, odnosno da postoji približno 3.4 miliona objekata (građevinskih objekata pod krovom koji se koriste kao stambeni objekti ili za neku drugu namenu, npr. prodavnice, poslovni prostor i slično).

Kako je osnovni cilj razvoja sistema za monitoring bio da se omogući kontinualan uvid, estimacija i praćenje ostvarenog kvaliteta pokrivanja teritorije signalom DTTB od strane operatera mreže za emitovanje digitalne televizije (u okviru jedinstvene SFN mreže na posmatranoj teritoriji ostvarene korišćenjem kanala #56), primenjen je pristup po kome se merne jedinice smeštaju u/na objektima koji su slični objektima u kojima se nalaze domaćinstva, tj. korisnici. Usled usvajanja ovakvog pristupa rešavanja problema monitoringa,

bilo je neophodno odrediti dimenziju uzorka (broj i generalni prostorni raspored mernih stanica u okviru date teritorije), a koji omogućava procenu trenutnog kvaliteta ostvarenog pokrivanja sa zadovoljavajućom greškom estimacije. Pri tome, prijem signala se ostvaruje korišćenjem antenskog sistema merne sonde, koji odgovara referentnoj prijemnoj anteni koja se koristi za prijem RF signala na objektima predviđenim za stanovanje jednog (porodične kuće sa antenom i kućnom instalacijom) ili više (stambene zgrade sa zajedničkom antenom i zajedničkom instalacijom) domaćinstava. U slučaju stambenih objekata sa više domaćinstava uvedena je pretpostavka da sva domaćinstva ostvaruju prijem istog kvaliteta posredstvom zajedničkog antenskog sistema i instalacije.

U skladu sa prethodno navedenim pretpostavkama, svaka pojedinačna merna sonda (uz odgovarajuću instalaciju unutar posmatranog objekta), na odgovarajući način oslikava uslove prijema signala za sve tipove stambenih objekata u svojoj blizini. Pri tome, prijem signala putem svake pojedinačne merne sonde predstavlja reprezentativan uzorak samo za skup domaćinstva koja se nalaze u blizini prostorne lokacije merne sonde, i to pod uslovom da su scenario i okolnosti prijema za ta domaćinstva slični onima na lokaciji merne sonde.

Na osnovu prethodno izloženih principa, određena je veličina uzorka (broj i prostorni raspored mernih sondi) kojom se omogućava prikupljanje reprezentativnog uzorka kvaliteta signala za kontinentalni deo Portugalije, posmatran na bazi pokrivenosti stanovništva ili objekata, i to za pouzdanost pokrivanja od 95% i grešku odmeravanja (prikupljanja uzorka) od 5%. Sprovedenom analizom je dobijeno da je potreban broj mernih sondi 386. Vrednost za grešku odmeravanja usvojena je na osnovu podataka iz tabele 4.1, gde je dat broj mernih sondi potrebnih da bi se ostvarila pouzdanost od 95% uz grešku odmeravanja vrednosti 5%, 4% i 3%. Na osnovu podataka prikazanih u tabeli 4.1, vidi se da je dalje smanjivanje greške prikupljanja uzorka, moguće samo uz drastično povećanje broja mernih sondi. Pri tome, u analizi je posmatrano kompletno stanovništvo i svi objekti na posmatranoj teritoriji, a ne samo oni koji se odnose na domaćinstva koja pristup televizijskim programima ostvaruju prijemom radio signala DTTB mreže.

GREŠKA ODMERAVANJA [%]	5%	4%	3%
BROJ MERNIH SONDI	386	600	1067

Tabela 4.1 – Broj mernih sondi u funkciji vrednosti greške odmeravanja.

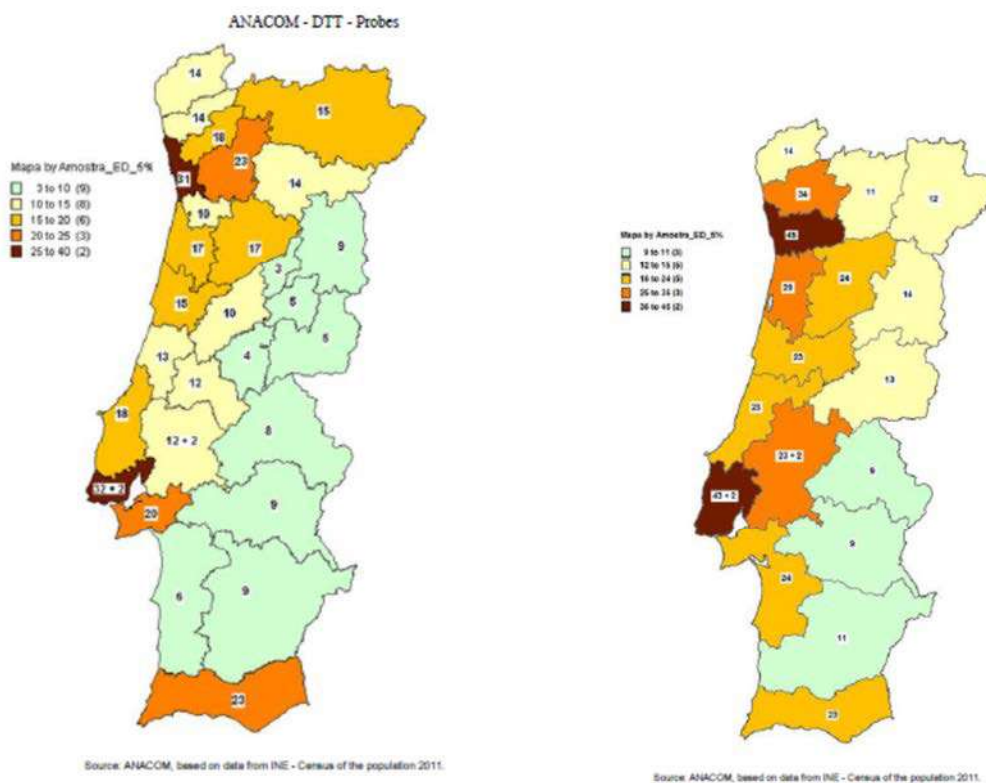
U cilju obezbeđivanja ravnomerne zastupljenosti mernih sondi na celokupnoj teritoriji, a uz uvažavanje različitih karakteristika pojedinih regiona u pogledu gustine naseljenosti i gustine raspodele objekata (u kojima se nalaze potencijalni korisnici), ukupan broj i prostorni raspored lokacija na kojima su postavljene merne sonde po pojedinim delovima teritorije usvojen je uz korišćenje gustine raspodele objekata (u skladu sa podacima popisa iz 2011. godine) kao težinskog faktora (tj. predviđen je veći broj mernih sondi u regionima sa većom gustinom naseljenosti).

U tabeli 4.2, prikazan je raspored broja lokacija mernih sondi po pojedinim regionima za usvojenu grešku prikupljanja uzorka od 5%, određenih u skladu sa gustinom raspodele objekata na posmatranoj teritoriji, i to po statističkim regionima u skladu sa regionima po NUTS III, [32], odnosno po administrativnim regionima, a na slici 4.1 je dat odgovarajući grafički prikaz.

Statistički region po NUTS III	Broj mernih sondi u regionu	Administrativni region	Broj mernih sondi u regionu
Minho-Lima	14	Aveiro	29
Cavado	14	Beja	11
Ave	18	Braga	34
Grande Porto	31	Braganca	12
Tamega	23	Castelo Branco	13
Entre Douro e Vouga	10	Coimbra	23
Douro	14	Evora	9
Alto Tras-os-Montes	15	Faro	23
Baixo Vouga	17	Guarda	14
Baixo Modego	15	Leiria	23
Pinhal Litoral	13	Lisboa	45
Pinhal Interior Norte	10	Portalegre	9
Dao-Lafoes	17	Porto	45
Pinhal Interior Sul	4	Santarem	25
Serra da Estrela	3	Setubal	24
Beira Interior Norte	9	Viana do Castelo	14
Beira Interior Sul	5	Vila Real	13
Cova de Beira	5	Viseu	24
Oeste	18		
Medio Tejo	12		
Grande Lisboa	34		
Peninsula de Setubal	20		
Alentejo Litoral	6		
Alto Alentejo	8		
Alentejo Central	9		
Baixo Alentejo	9		
Leziria do Tejo	14		
Alagrive	23		

Tabela 4.2 – Broj mernih sondi za grešku prikupljanja uzorka od 5%, po statističkim i administrativnim regionima u kontinentalnom delu Portugalije, [32].

Pri tome, izbor objekata u okviru svakog od regiona na kojima su realizovane merne lokacije (lokacije na kojima se postavljaju merne sonde) izvršen je tako da se što ravnomernije pokrije određena teritorija, ali je radi jednostavnije realizacije i regulisanja pravnih pitanja, skup mogućih lokacija bio ograničen na objekte koji pripadaju određenim javnim službama (mesne zajednice, socijalne službe, opštine i slično). Uneto ograničenje je donekle umanjilo slučajnost pri formiranju uzorka (tj. korišćenja što ravnomernijeg i slučajnijeg izbora prostornih lokacija za merne sonde), ali je ipak dovelo do značajnog smanjivanja troškova i vremena potrebnog za implementaciju sistema.

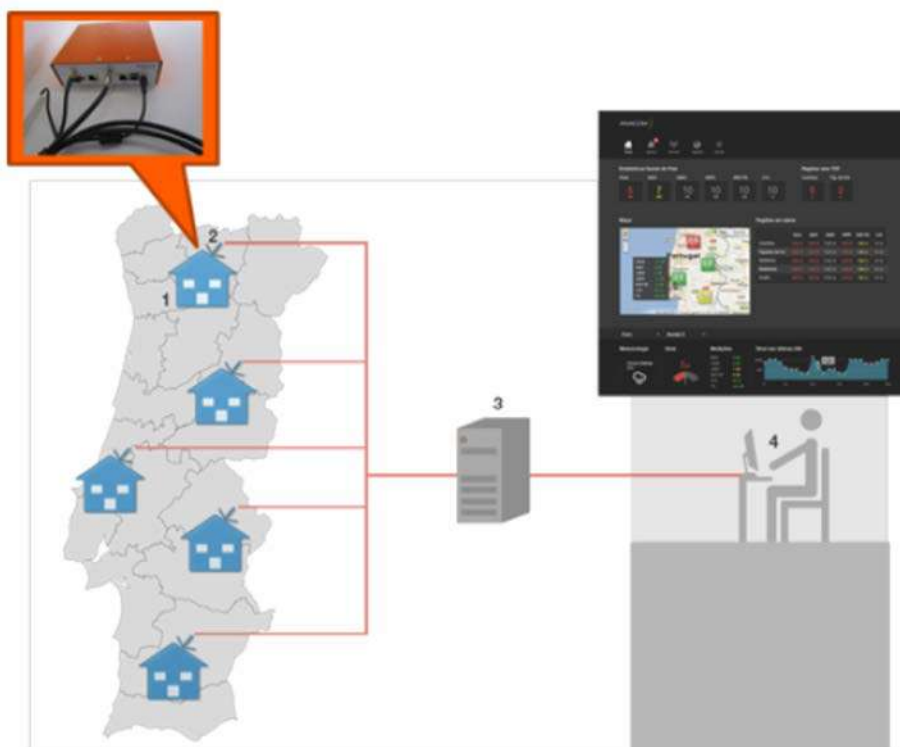


Slika 4.1 - Raspored broja mernih sondi na teritoriji kontinentalnog dela Portugalije, (levo) po statističkim regionima, i (desno) po administrativnim regionima, [32].

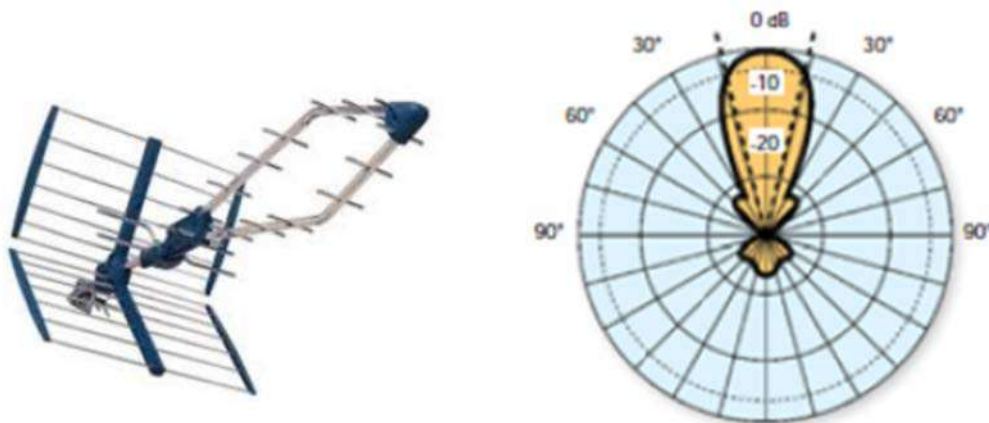
4.2.3.2. Struktura sistema za monitoring i opis korišćene preme na tipičnoj mernoj lokaciji

Celokupna mreža ANACOM-a za monitoring signala DTTB sastoji se od većeg broja različitih mernih lokacija (sajtova), centra za obradu podataka i upravljanje uređajima na mernim lokacijama (kontrolni centar), kao i komunikacionih linkova neophodnih za prenos podataka između mernih lokacija i centra za obradu (*data center*). Grafički prikaz organizacije mreže za monitoring prikazan je na slici 4.2. U okviru mernih lokacija koriste se posebno razvijene merne sonde (prijemnici), model WAVESYS SENSE DVB-T, putem kojih se ostvaruje prijem i analiza parametara kvaliteta signala digitalne televizije na lokalnom nivou (očekuje se ostvarivanje sličnog kvalitet u bliskoj zoni merne lokacije).

U okviru svake merne lokacije prijem signala se ostvaruje putem *Yagi* usmerene antene sa konstrukcijom u dve ose i reflektorom (koje za prijem koriste i obični korisnici), prikazane na slici 4.3 (levo), a čiji je dijagram zračenja dat na slici 4.3 (desno). Dobitak ove antene u odnosu na izotropnu antenu na učestanosti 754 MHz (centralna učestanost radio kanala korišćenog u okviru SFN mreže) je 15.5 dBi, tj. 13.35dBd u odnosu na linearni polutalasni dipol. Prijemna antena je povezana na ulaz merne sonde korišćenjem koaksijalnog kabla sa malim gubicima, slabljenja 0.168 dB/m na učestanosti 754 MHz (centralna učestanost radio kanala korišćenog u okviru SFN mreže). Kako bi se dodatno minimizovali gubici dužina koaksijalnog kabla kojim je antena povezana na merni uređaj je ograničavana (zavisno od uslova lokacije) na takav način da ukupni dobitak na prijemu (razlika dobitka antene i slabljenja kabla) uvek bude veći od 10 dBi.

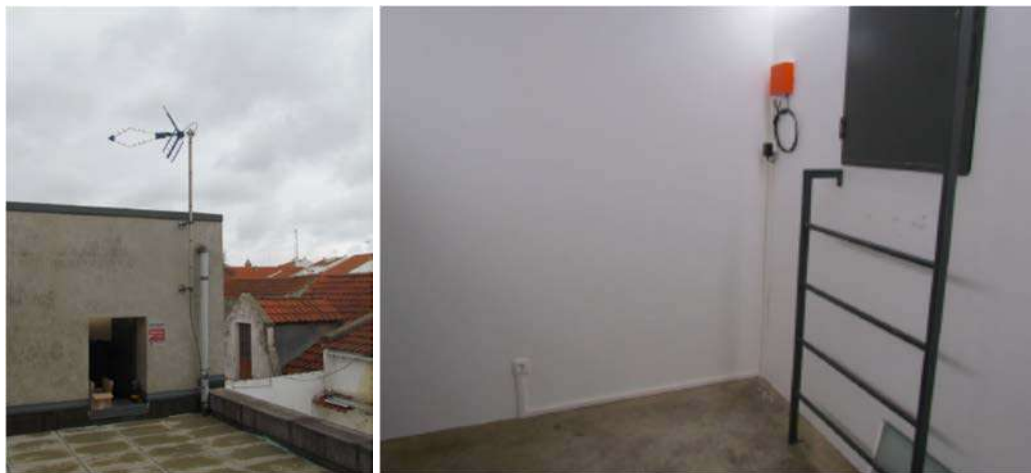


Slika 4.2 – Grafički prikaz organizacije mreže ANACOM-a za monitoring signala terestičke digitalne televizije, [32]



Slika 4.3 – (levo) *Yagi* usmerena antena korišćena za prijem na mernim lokacijama, i (desno) dijagram zračenja prijemne *Yagi* antene u horizontalnoj ravni, [32].

Na slikama 4.4, 4.5, i 4.6 prikazane su instalacije antenskog sistema i načini postavljanja merne sonde na nekim od tipičnih lokacijama, objektu sa 2-3 nivoa, prizemnom objektu i stambenom objektu za kolektivno stanovanje (stambena zgrada), respektivno.



Slika 4.4 – Tipična merna lokacija na objektu manje visine (2-3 nivoa): (levo) instalacija antenskog sistema i (desno) unutrašnja instalacija sa mernom sondom, [32].



Slika 4.5 – Tipična merna lokacija na prizemnom objektu: (levo) instalacija antenskog sistema i (desno) unutrašnja instalacija sa mernom sondom, [32].

Usmerenje prijemne antene na svakoj od mernih lokacija, vršeno je na osnovu procedure za određivanje „najboljeg servera” (*best server*) definisanom u preporuci ITU-R SM.1875. U skladu sa tim, prijemne antene su postavljane na približnoj visini od 10 m, kako bi se time reprodukovala referentna instalacija prijemne antene za tipičnog korisnika sistema DTTB, odnosno omogućilo da instalacija na svakoj mernoj lokaciji obezbeđuje potrebnu pouzdanost, a u skladu sa preporučenom praksom za korisnike DTTD sistema definisanom od ANACOM-a.

Kao merne sonde (prijemnici) na svakoj od lokacija korišćene su specijalno razvijene merne sonde, čiji je izgled prikazan na slici 4.7, a čije su tehničke karakteristike detaljno opisane u poglavlju 8.6. Kako bi se osigurao integritet merenja DTTB signala, svaka od mernih sonda ima u sebi ugrađen laboratorijski atestiran adaptivni digitalni filter kojim se ostvaruje minimalno potiskivanje od 40 dB za sve prisutne interferirajuće LTE (*Long-Term Evolution*) signale u susednim radio kanalima (*interference suppression in adjacent channel*), bez degradacije parametara željenog DVB-T signala, posmatrano na osnovu MER (*Modulation Error Rate*) parametra signala na prijemu.



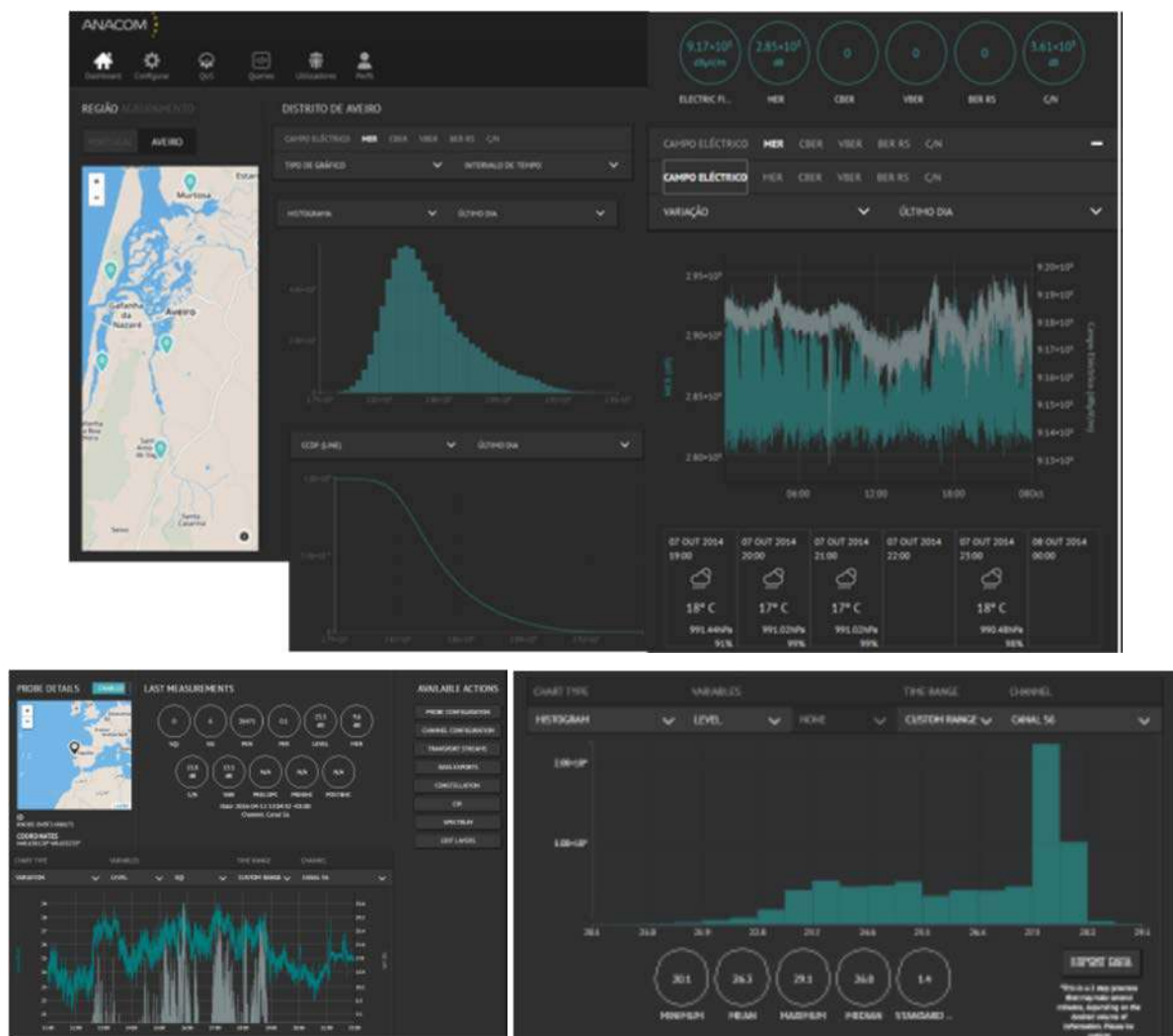
Slika 4.6 – Tipična merna lokacija na objektu za kolektivno stanovanje (stambena zgrada): (levo) antenski sistem, i (desno) unutrašnja instalacija sa mernom sondom, [32].



Slika 4.7 – Izgled i način povezivanja merne sonde, [32].

Podaci prikupljeni merenjem korišćenjem mernih sondi, dostavljaju se u centar za obradu podataka i kontrolu/upravljanje lokacijama (centar upravljanja). Komunikacija između mernih sondi i opreme u centru upravljanja, ostvaruje se korišćenjem raspoloživih interfejsa merne sonde ka 2G/3G/4G javnim mobilnim mrežama, odnosno putem *Ethernet* interfejsa ukoliko na lokaciji za to postoje tehničke mogućnosti (tj. ako postoji i može se koristiti IP pristup). Na ovaj način, obezbeđuje se pristup opreme na mernoj lokaciji ka javnoj Internet mreži, na koju je povezana i mrežna oprema u okviru centra upravljanja. U okviru centra za obradu podataka obavlja se analiza, obrada i skladištenje prikupljenih podataka sa mernih sondi, pri čemu je za ove potrebe razvijen specijalni softverski alat, sa odgovarajućim korisničkim grafičkim interfejskom (*Graphical User Interface*, GUI), čiji je izgled dat na slici 4.8.

Korišćenjem mernih sondi obavlja se merenje odgovarajućih parametara DVB-T signala i to sa periodičnošću od 1 s, dok se izveštavanje ka centru obavlja periodično na svakih 10 ili 20 minuta, odnosno odmah nakon detekcije alarma (slučaja u kojem se jedan od definisanih parametara signala nalazi van dozvoljenog opsega vrednosti) ako je tako definisano.



Slika 4.8 – Izgled GUI u kontrolnom centru za neke od različitih operacija: (gore) obrada upita za informacije prikupljene od svih mernih sondi u mreži, i (dole) statistička analiza mernih podataka prikupljenih sa jedne lokacije za definisani period vremena, [32].

Detaljan opis tehničkih karakteristika i ostalih parametara mernih sondi korišćenih pri implementaciji sistema za monitoring, i podržane mogućnosti za analizu, obradu i skladištenje podataka u okviru centra za obradu podataka i kontrolu mernih lokacija, dat je u poglavlju 8.6. Naime, oprema i softverski paketi korišćeni pri implementaciji sistema za monitoring u Portugaliji dostupni su na tržištu pod robnom markom *rNode* za mernu sondu i *rCenter* za celinu koju čine hardverske i softverske komponente centra za obradu podataka i kontrolu mernih lokacija. Stoga je detaljan opis ovih rešenja dat u poglavlju Studije u kome se analizira trenutno stanje na tržištu u pogledu raspoložive opreme u oblasti monitoringa sistema DTTB, kao i primenjivost postojećih rešenja za potrebe realizacije sistema za monitoring na teritoriji Republike Srbije, a koji je predmet ove Studije.

4.2.3.3. Tehnički parametri signala DTTB (DVB-T) koji se mere korišćenjem mernih sondi

Kako bi se omogućila karakterizacija kvaliteta DVB-T signala na mernim lokacijama, tj. signala koji emituje DTTB sistem, a samim tim prikupio reprezentativni uzorak za ocenu kvaliteta i pokrivenosti signalom na celokupnoj posmatranoj teritoriji, sistem za monitoring putem skupa mernih sondi prikuplja merenjem trenutne vrednosti više tehničkih parametara i indikatora performansi mreže za radio-difuziju DVB-T signala. Pri tome, kontinualno u vremenu (na svakih 1 sekund) korišćenjem mernih sondi se na svim mernim lokacijama mere sledeći parametri i indikatori:

- **intenzitet (nivo) električnog polja** – pri čemu se merenjem intenziteta (nivoa) električnog polja putem merne sonde određuje vrednost rezultantnog polja koje nastaje kombinovanjem radio signala koji se propagira direktnom putanjom od posmatranog predajnika do prijemne antene sa zakasnelim komponentama signala istog predajnika usled višestruke propagacije, ali i komponentama radio signala koji potiču od drugih predajnika, a koji se emituju u istom RF kanalu (predajnika iste SFN mreže ili drugih izvora interferencije). Pri tome se vrednost intenziteta električnog polja na lokaciji statistički karakteriše srednjom vrednošću (*mean*), medijanskom vrednošću (*median*) ili putem efektivne vrednosti (*Root-Mean Square*, RMS).
- **parametar greške modulisanog signala ili modulaciona greška, eng. Modulation Error Ratio (MER)** – parametar putem koga se mogu analizirati greške i izobličenja na nivou modulisanog signala na ulazu prijemnika, a koji obezbeđuje relevantnu informaciju o degradaciji signala pri prenosu od predajnika do datog prijemnika;
- **verovatnoća greške po bitu, eng. Bit Error Ratio (BER)** – srednja verovatnoća greške pri prenosu binarnih simbola, pri čemu se mogu posmatrati vrednosti ovog parametra na tri nivoa obrade, tj. procesa odlučivanja, pri prijemu signala, i to: BER pre primene *Viterbi*-jevog dekodera (CBER), BER nakon primene *Viterbi*-jevog dekodera (VBER), i BER nakon primene *Reed-Solomon*-ovog dekodera (BER RS). Dobijene vrednosti karakterišu ukupnu degradaciju pri prenosu binarnog signala (VBER), preostalu degradaciju nakon korekcije grešaka u prvom nivou dekodiranja (CBER) i preostalu degradaciju nakon korekcije grešaka na oba nivoa dekodiranja (BER RS). Vrednosti ova tri parametra predstavljaju osnovnu meru na osnovu koje se može proceniti kvalitet rekonstruisanog prikaza koji se dobija prijemom DVB-T signala. *Napomena: U slučaju DVB-T2 standarda koji se koristi u Republici Srbiji definiše se drugačiji skup BER parametara zbog različite šeme zaštitnog kodiranja.*
- **odnos srednje snage nosioca i šuma, eng. Carrier-to-Noise Ratio (CNR)** – osnovna mera kvaliteta signala koja se može proceniti na osnovu spektra OFDM signala, i to integracijom signala unutar posmatranog RF kanala i integracijom šuma neposredno pored posmatranog kanala (levo i desno u spektru);
- **procena spektra DVB-T signala** – parametra koji se može koristiti za potrebe analize sa ciljem detektovanja prisustva signala interferencije, procenu degradacije signala kao rezultata postignute vrednosti CNR, ili neusklađenog (nepravilnog) rada predajnika;
- **2D konstelacija signala u fazorskoj ravni** – prikaz konstelacije signala za podkanale OFDM signala, pri čemu se ova analiza odvija na manuelni zahtev;

- **impulsni odziva kanala, eng. *Channel Impulse Response (CIR)*** – generisanje, čuvanje i prikaz impulsnog odziva kanala, pri čemu se ova analiza odvija na manuelni zahtev; i
- **snimak TS (*Transport Stream*) dobijenog demodulacijom primljenog signala** – za slučaj pojave alarma ili na zahtev operatera, merna sonda demoduliše signal sa prijema i generiše se fajl u kome se čuva TS za veoma kratak period vremena. Ovaj snimak TS se može preneti, i po potrebi analizirati i sačuvati u centru za kontrolu, a moguć je i direktni *streaming* ovog sadržaja ukoliko na mernoj lokaciji postoji IP pristup kojim se pristupa resursima telekomunikacione mreže većeg kapaciteta (za ovu funkcionalnost nije moguće koristiti pristup preko javnih mobilnih mreža).

U realizovanom sistemu za monitoring kvaliteta DTTB signala u Portugaliji su za jedan broj merenih parametara definisane granične vrednosti. Na osnovu ovih graničnih vrednosti, obavlja se binarna procena kvaliteta signala na prijemu, odnosno donosi ocena da li je kvalitet signala zadovoljavajućeg (prihvatljivog) nivoa kvaliteta ili ne. Pomenute granične vrednosti koriste se za definisanje uslova u procesu detekcije pojave alarma (*alarm event*), odnosno za detekciju i beleženje podataka o periodu vremena u kome se jedan ili neki skup posmatranih parametara signala nalazio van dozvoljenog opsega vrednosti. U tim trenucima se, ako je to dato u postavci koja definiše izveštavanje mernih sondi ka centru upravljanja, izveštavanje centra upravljanja obavlja odmah, a ne na kraju predviđenog intervala.

Prikupljeni merni podaci i generisani snimci TS čuvaju se na lokalnom storidž sistemu merne sonde kapaciteta 4 GB, uz definisano automatsko brisanje najstarijih podataka u slučaju zauzeća raspoložive memorije. Svi podaci prikupljeni tokom rada sistema, dobijeni od svih mernih sondi u sistemu, sakupljaju se i pohranjuju u okviru centra upravljanja (između ostalog i centra za obradu podataka). U centru za obradu podataka može se izvršiti statistička analiza i prikaz rezultata ove analize za svaki mereni parametar signala, i to za izabrani vremenski period i za svaku mernu lokaciju posebno. Dodatno, mogu se generisati automatski izveštaji u kojima se prikazuje broj pojava alarma za svaki od parametara signala, trajanje zastoja u emitovanju (prijemu) DTTB signala (tzv. *downtime*) na nekoj mernoj lokaciji, kao i druge statističke analize za izmerene parametre (varijacija 1 ili 2 parametra, histogram, procena gustine raspodele verovatnoće, komplementarna kumulativna funkcija raspodele, standardna devijacija, srednja, maksimalna, minimalna i medijanska vrednost). Osim toga, na osnovu veze sa serverima u kojima se beleže informacije o klimatskim parametrima (sa datom prostornom raspodelom rezultata merenja ovih parametara), moguće je izvršiti korelaciju klimatskih parametara i izmerenih vrednosti parametara DTTB signala za svaku ili grupu mernih lokacija (definisanih kao skup tačaka u prostoru).

Treba naglasiti da u slučaju analize performansi DVB-T/T2 mreža predajnika, odnosno nivoa kvaliteta signala na prijemu koji potiče od ovih predajnika, ostvareni intenzitet (nivo) električnog polja na ulazu u prijemnik nije dovoljan indikator. Odnosno, zadovoljavajući nivo električnog polja na prijemu ne garantuje samo po sebi kvalitetan prijem i demodulaciju signala. Ipak, ovaj parametar se koristi kao jedna od osnovnih mera za procenu kvaliteta prijema signala.

U skladu sa ITU dokumentom, [2], za posmatrani radio kanal koji se koristi u okviru SFN mreže u Portugaliji, tj. kanal #56 sa centralnom učestanošći 754 MHz, kao i parametre korišćenog signala po DVB-T standardu (64-QAM modulacioni postupak i kodni količnik 2/3), kao granična vrednost za intenzitet električnog polja (minimalna srednja vrednost intenziteta električnog polja izražena u dB μ V/m) koja se zahteva za efektivno pokrivanje DVB-T signalom sa verovatnoćom 95%, pri prijemu u fiksnom spoljašnjem okruženju (*Fixed Exterior, FX*) usvojena je vrednost:

$$E_{95\%}(754) = 52,5 + 20\log_{10}(754/500) = 56,07 \text{ dB}\mu\text{V/m.} \quad (5.1)$$

Na osnovu ove definisane granične vrednosti određena je granična vrednost za intenzitet električnog polja (minimalna srednja vrednost intenziteta električnog polja izražena u dB μ V/m) koja se zahteva za garantovano pokrivanje DVB-T signalom sa verovatnoćom 70% lokacija u fiksnom spoljašnjem okruženju (FX) usvojena je vrednost:

$$E_{70\%}(754) = E_{95\%}(754) - 6 \text{ dB} = 50,07 \text{ dB}\mu\text{V/m.} \quad (5.2)$$

U skladu sa Dogovorom iz Ženeve (GE06 Plan), na osnovu parametara datih u odgovarajućoj Tabeli A.3.2-1 ovog dokumenta, ovde date tabele 4.3, za vrednosti parametara DVB-T standarda koji je prihvaćen u Portugaliji definisana je minimalna vrednost CNR od 19.5 dB za scenario fiksnog spoljašnjeg prijema i usvojeni model *Rice*-ove propagacije. U skladu sa uslovima definisanim u tehničkim specifikacijama u kojima je propisano da se planiranje mreže predajnika i radio pokrivanje baziraju na GE06 Planu, usvojeno je da se za minimalnu vrednost MER parametra usvoji odgovarajuća referenta vrednost CNR od 19.5 dB.

MINIMALNA VREDNOST CNR [dB]						
MODULACIJA	KODNI KOLIČNIK	MODEL KANALA				
		GAUSS- OV	RICE-OV	RAYLEIGH-OV		
			FIKSNI - OUTSIDE	PORTABILNI - OUTDOOR	INTERIOR LAPTOP	MOBILNI PRIJEM
64-QAM	2/3	18.4	19.5	21.8	21.8	24.8

Tabela 4.3 – Minimalne vrednosti CNR za različite scenarije prijema i modele kanala.

4.2.3.4. Iskustva i iskazani rezultati primene sistema za monitoring u Portugaliji

Rezultati primene implementiranog sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB signala u Portugaliji, a na osnovu podataka dobijenih od ANACOM-a, odnosno od operatora DTTB mreže, mogu se izdvojiti sledeća iskustva i rezultati primene ovog sistema (ostvarenih u periodu trajanja od 1-1.5 godine koliko je sistem u upotrebi):

- sistem je omogućio da se izvrši detekcija (izdvajanje) problema, u slučaju analize pritužbi korisnika na loš kvalitet, čiji je uzrok loša prijemna instalacija korisnika, a ne samo funkcionisanje i realizacija DTTB mreže u datom regionu;
- moguće je detektovati određene tipove problema u radu i upravljanju DTTB mreže;
- omogućena je identifikacija i karakterizacija pojave samo-interferencije u okviru SFN mreže (koja je u Portugaliji definisana sa jednom zonom raspodele i jednim kanalom za celokupnu kontinentalnu teritoriju države) koja se javlja usled uticaja različitih efekata propagacije radio signala i datog prostornog rasporeda, projektovane snage i instalacije antenskog sistema više predajnika sistema DTTB kojima se ostvaruje pokrivanje za neki prostorni region;
- primena sistema omogućila je da se otklone detektovani i identifikovani problemi u samom dizajnu DTTB mreže, na osnovu čega je operater DTTB mreže u Portugaliji postavio oko 25% novih predajnika kako bi se na odgovarajući način izvršilo pokrivanje celokupne teritorije i/ili poboljšao ostvareni kvalitet pokrivanja.

4.3 ANALIZA PRIKAZANOG STANJA I OCENA MOGUĆNOSTI PRIMENE

Na osnovu prikupljenih, i u ovom poglavlju prikazanih informacija, o zastupljenosti i korišćenju sistema za kontinualno praćenje kvaliteta signala sistema za digitalno zemaljsko emitovanje televizije u okruženju i Evropi, mogu se izvesti sledeći zaključci:

- od trinaest država, prema podacima dobijenim od NRA kao odgovora na postavljeni upitnik, samo u Portugaliji postoji sistem za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije, dok se u Grčkoj eventualno razmišlja o nabavci određenog rešenja kojim bi se obavljalo preventivno ili reaktivno (na osnovu pritužbi) merenje pokrivanja korišćenjem prenosivih mernih stanica (sondi) namenjenih specijalno za monitoring kvaliteta prijema DTTB signala. U slučaju ostalih 11 zemalja uopšte se ne sagledava potreba za primenom sistema za kontinualni monitoring kvaliteta digitalnog televizijskog signala, ili se čak smatra da takav sistem nije potreban i u potpunosti se odbacuje mogućnost njegove primene u bliskoj budućnosti;
- za određeni broj zemalja, npr. Veliku Britaniju i Švajcarsku, navedeno je da se problem kontrole kvaliteta DTTB signala za operatera mreže, rešava kroz proces izdavanja licenci. Pri tome se u licenci eksplicitno navodi obaveza vezana za ispunjavanje postavljenih zahteva u pogledu ostvarene dostupnosti (raspoloživosti) i pokrivanja signala sa definisanim nivoom kvaliteta. U slučaju Velike Britanije, u kojoj postoji veoma jaka konkurencija na tržištu provajdera mreža za distribuciju i emitovanje signala digitalne televizije, čak se navodi da se monitoring kvaliteta servisa rešava na komercijalnom principu u okviru ugovora provajdera mreža za distribuciju i emitovanje sa provajderima sadržaja (emitera);
- dok je za određen broj zemalja, npr. Slovenija, Belgija, Holandija, Češka, Slovačka, Crna Gora, navedeno samo da NRA ovih zemalja još uvek ne razmatraju uvođenje sistema za kontinualni monitoring kvaliteta digitalnog televizijskog signala, a nekoliko NRA se po tom pitanju nije izjasnila, NRA iz Nemačke čak decidno navodi da monitoring kvaliteta DTTB signala nije uopšte zadatak regulatornog tela;
- NRA Velike Britanije i Švajcarske posebno ističu činjenicu da se regulativa, kao i sistemski pristup, vezani za tehničke aspekte pružanja DTTB servisa prevashodno orijentišu na postupanje u slučaju postojanja pritužbi na kvalitet servisa ili pojavu interferencije, a ne na monitoring signala DTTB. Slična napomena, dobijena je i od NRA u Nemačkoj;
- u nekim državama NRA sprovode povremena *ad hoc* merenja, ili merenja u regionima u kojima su zabeleženi određeni problemi, u formi kontrolnih merenja parametara predajnika (tehnička kontrola u cilju kontrole ispravnosti i usaglašenosti sa dozvolama/licencama) i prijemnog DTTB signala kao deo različitih projekata i aktivnosti vezanih za monitoring i kontrolu RF spektra. U Litvaniji se periodično obavlja merenje nivoa električnog polja, dok se u Holandiji obavljaju *drive* testovi za pojedine oblasti, a korišćenjem mobilnih mernih stanica obavlja se merenje kvaliteta i u Crnoj Gori;
- prikupljanjem dostupnih informacija za države u regionu i druge države u Evropi, za koje podaci nisu zvanično dobijeni od NRA putem odgovora na upitnik, utvrđeno je da ni u ovim državama ne postoje sistemi za kontinualni monitoring kvaliteta signala DTTB. Odnosno u nekima od njih, npr. Makedoniji, obavlja se određeni tip merenja pokrivanja signalom DTTB mreža, ali se to radi jednokratno, ali i u cilju određivanja realno ostvarenog kvaliteta pokrivanja. Npr. u Grčkoj je NRA (EETT) izvršila određen broj mernih kampanja (na 4000 lokacija širom

teritorije Grčke) kako bi se stekao uvid u stvarno pokrivanje, ali i proverio kvalitet signala, pri čemu su rezultati merenja javno dostupni. Za Mađarsku su na zvaničnim sajtu NRA (NMHH), postavljeni podaci o pokrivanju ostvarenom za različite multiplekse i operatere DTTB, ali nije precizno naveden način pribavljanja ovih podataka.

U celini gledano, kao osnovni zaključak sprovedenog postupka prikupljanja i analize podataka o trenutnoj zastupljenosti primene sistema za monitoring kvaliteta signala digitalne televizije u Evropi, kao i očekivanja za nekom budućom primenom ovakvog tipa sistema, može se navesti da se u ogromnoj većini zemalja primena ovakvog sistema uopšte ne sagledava kao realna i potrebna. Naime, preovladava stav da se sva pitanja vezano za obezbeđivanje kvaliteta signala DTTB trebaju rešavati kroz obaveze operatera DTTB mreža definisanih u procesu izdavanja licence, kao komercijalnog pitanja između operatera DTTB mreža i provajdera saobraćaja (emitera), ili na osnovu postojećeg mehanizma istraživanja i razrešavanja žalbi po pitanju kvaliteta servisa ili pojave interferencije.

Jedino je NRA u Portugaliji uvidela potrebu za razvojem specifične forme sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB na svojoj teritoriji. Pri tome, razvijena je mreža kojom je pokrivena teritorija kontinentalnog dela Portugalije, uz opremanje 390 mernih lokacija sa odgovarajućim mernim sondama i instalacijama antenskih sistema, pri čemu je gustina broja i prostorna raspodela ovih lokacija usaglašena sa gustinom domaćinstava (stanovništva) i objekata u pojedinim regionima. Između ostalog, ovakva postavka je opravdana pošto su zone veće gustine naseljenosti često pokrivene sa više predajnika SFN mreže, pa se u njima mogu češće javiti problemi na prijemu. Mreža senzora je koncipirana na takav način da se prikuplja reprezentativan uzorak o trenutnom kvalitetu signala DTTB, posmatrano sa stanovišta prijema signala od strane krajnjih korisnika, i to na osnovu formiranja velikog broja referentnih prijemnih lokacija sa sličnim osobinama kao kod standardnih instalacija korisnika.

Ipak, treba naglasiti da je potreba za razvojem sistema za monitoring ovog tipa u Portugaliji nastala usled pojave izuzetno velikog broja pritužbi na kvalitet servisa ili pojavu interferencije u procesu prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog signala u Portugaliji. Jedan od mogućih razloga za nastanak navedenih problema je usvojena strategija da se celokupan kontinentalni deo Portugalije pokriva jedinstvenom SFN mrežom, odnosno da se posmatra kao jedna zona raspodele. Ograničenja koja postoje po pitanju maksimalne dozvoljene udaljenosti predajnika u okviru SFN mreže u pojedinim delovima teritorije, velike dimenzije SFN mreže u Portugaliji i specifičan prostorni raspored predajnika u pojedinim regionima, najverovatnije su bili uzrok pojave ovako velikog broja žalbi. Razvoj sistema za monitoring kvaliteta DTTB je stoga bila jedna vrsta odgovora na evidentan i konkretan problem koji je postojao.

Osim toga, u Portugaliji (kao i u Srbiji) postoji samo jedan provajder mreže za distribuciju digitalnog televizijskog signala, odnosno ne postoji konkurencija u ovoj oblasti kao što je to slučaj u velikom broju zemalja u Evropi. U tom smislu, postojanje sistema za kontinualni monitoring signala DTTB predstavlja i jedan od načina da se preventivno kontrolišu ili preduprede negativni efekti privilegovanog položaja operatera DTTB na ostvareni kvalitet servisa i pokrivenost servisom uz ujednačen regionalni kvalitet na celokupnoj teritoriji, a koji se mogu javiti usled monopolskog položaja i/ili nedostatka konkurencije u pogledu upravljanja mrežom za distribuciju.

S obzirom na relativno mali broj pritužbi na kvalitet signala DTTB u Srbiji, kao i žalbi vezanih za pojavu interferencije pri radu predajne mreže DTTB u Srbiji (ometanje prijema DTTB signala usled pojave inteferencije, ali i ometanje drugih sistema od strane DTTB mreže), može se zaključiti da u Srbiji ne postoji osnovni razlog koji je podstakao NRA u Portugaliji na razvoj specifičnog rešenja sistema za monitoring. Dodatno, sprovođenje samog

koncepta mreže senzora, sa 390 senzora u mreži kojom se pokriva celokupna teritorija sa stanovišta prijema signala od strane krajnjih korisnika, zahteva uređenje, opremanje i održavanje izuzetno velikog broja mernih lokacija, kao i stalnu kontrolu i upravljanje opremom na ovim lokacijama uz značajne operativne troškove.

Naime, ukoliko bi se u Srbiji usvojio pristup primenjen u Portugaliji, broj potrebnih mernih lokacija bi bio relativno veliki, oko 250 lokacija po prvoj gruboj proceni. Opremanje i uređenje velikog broja lokacija, pored toga što predstavlja veoma složen proces sa organizacionog stanovišta, predstavlja i rešenje sa relativno velikim troškovima izgradnje i održavanja. Iz tog razloga, visoki troškovi izgradnje (kapitalna investicija), kao i visoki operativni troškovi održavanja ovakvog rešenja sistema za kontinualni monitoring DTTB signala, u kombinaciji sa ograničenim pozitivnim efektima primene u situaciji kada se ne sagledavaju bitni problemi u postojećoj DTTB mreži, u značajnoj meri utiču na relativno slabu ocenu ekonomske i društvene opravdanosti ovakvog rešenja. Zapravo, sagledavajući iskustva NRA u drugim evropskim zemljama, uz evidentan stav većine NRA da ne postoje opravdani razlozi za razvoj sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB signala, sasvim se opravdano može postaviti pitanje realne ekonomske i društvene isplativosti razvoja jednog ovako složenog i relativno skupog rešenja.

Stoga, iako će ponovo biti razmatrano i analizirano u nastavku Studije, rešenje za kontinualni monitoring kvaliteta signala DTTB koje bi bilo zasnovano na primeni koncepta i organizacije rada korišćenog u Portugaliji, a usled značajnih troškova implementacije sistema sa oko 250 mernih lokacija, u ovom trenutku se ne može posmatrati kao ekonomski isplativo rešenje. Iz tog razloga, u jednom od narednih poglavlja biće razmotrena neka od drugih mogućih rešenja sistema za kontinualni monitoring, kao i druga alternativna rešenja, ali će biti i bliže analizirana ekonomsko-društvena opravdanost rešenja na bazi mreže senzora (slične onoj u Portugaliji), kada će biti obrazložena i data konačna ocena po tom pitanju.

5. PREGLED TRENUTNOG STANJA I TEHNIČKIH MOGUĆNOSTI SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA RATEL-A

Poslove kontrole korišćenja RF spektra na teritoriji Republike Srbije obavlja Služba za kontrolu RATEL-a, koja pripada Sektoru za elektronske komunikacije. U skladu sa trenutnom organizacijom rada ova služba kao primarne opsege učestanosti pri obavljanju kontrole RF spektra tretira: opsege učestanosti namenjene za potrebe radiodifuzije TV signala (VHF/UHF) i audio signala (VHF), opsege učestanosti namenjene za rad operatora mreža javne mobilne telefonije (GSM, DCS 1800, UMTS/IMT-2000 i LTE) kao i operatora mreža za fiksni bežični pristup (CDMA, PMR i FWA), opsege učestanosti namenjene vazduhoplovnoj mobilnoj i vazduhoplovnoj navigacionoj službi, kao i delova opsega učestanosti koje trenutno koriste funkcionalni sistemi Vojske Srbije i MUP Srbije. Kao sekundarni opsezi u pogledu kontrole korišćenja RF spektra definisani su preostali opsezi učestanosti do 40GHz.

U ovoj glavi prikazano je trenutno stanje u pogledu opremljenosti i tehničkih mogućnosti, ali i planiranog razvoja, sistema za monitoring RF spektra kojim upravlja Služba za kontrolu RATEL-a. Ova Služba istovremeno predstavlja i organizacioni element RATEL-a koji bi upravljao sistemom za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne zemaljske televizije koji predstavlja predmet analize ove Studije. U prvom delu ove glave biće dat sažeti pregled postojećih objekata i antenskih instalacija, kao i raspoloživih mernih uređaja i drugih sredstava kojima raspolaže Služba za kontrolu. Pri tome, biće dat opis postojećeg stanja sistema za monitoring RF spektra, odnosno planova i aktivnosti za razvoj i unapređenja ovog sistema. Proces unapređenja postojećeg, odnosno izgradnje i puštanja novih kapaciteta sistema za kontrolu korišćenja RF spektra obavlja se u skladu sa planskom dokumentacijom, odnosno tehničkom dokumentacijom po nazivom „Idejni projekat implementacije sistema za monitoring radio-frekvencijskog spektra na teritoriji Republike Srbije”, [33].

Konačno, biće data ocena mogućnosti primene pojedinih elemenata opisanog sistema za monitoring RF spektra (u skladu sa trenutnim stanjem, ali i na osnovu planiranog razvoja), u funkciji realizacije sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije na teritoriji Republike Srbije, ili za potrebne uporedne analize rezultata ova dva sistema.

5.1 ORGANIZACIJA SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA I PREGLED POSTOJEĆE MERNE OPREME

U okviru postojećeg sistema za monitoring RF spektra RATEL-a funkcionišu:

- 2 kontrolno-merna centra (KMC), KMC Beograd u Dobanovcima i KMC Niš. Oba KMC funkcionišu kao fiksne kontrolno-merne stanice za monitoring RF spektra sa ljudskom posadom (FMS);
- 4 daljinski upravljane (*remote*) distribuirane fiksne kontrolno-merne stanice za monitoring RF spektra (distribuirane RFMS), koje funkcionišu u formi senzorskog sistema. Tri mikrolokacije sa instalacijama stanica ovog senzorskog sistema nalaze se na teritoriji grada Beograda, dok je jedna na teritoriji grada Novog Sada;
- 5 mobilnih kontrolno-mernih stanica za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra (MMS). U KMC Beograd stacionirane su 4 MMS, dok je u KMC Niš stacionirana jedna MMS. Postoji dodatno i određen broj raspoloživih vozila, sa ili bez ugrađene opreme, koja se više ne koriste u funkciji MMS.

U skladu sa postojećom planskom dokumentacijom, tj. Idejnim projektom implementacije sistema za monitoring RF spektra na teritoriji Republike Srbije, nakon okončanja procesa modernizacije postojećih i izgradnje novih kapaciteta, sistem za monitoring RF spektra treba da se sastoji od tri KMC (FMS sa ljudskom posadom) u Beogradu (Dobanovci), Nišu i Somboru (Gakovo), kao i 12 regionalnih daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica za monitoring RF spektra bez ljudske posade (RFMS). Osim toga, biće uređeno još 5 lokacija, na kojima će biti izgrađeni antenski stubovi i postavljeni antenski sistemi, ali na kojima nije planirano smeštanje aktivne opreme. Ove lokacije, označene su u daljem tekstu kao lokalne FMS. Dodatno, sistem sadrži i podsistem koji čini mreža senzorskih čvorova, distribuiranih RFMS, zasnovanih na primeni RF senzorskih uređaja *Agilent N6841A*, koji omogućavaju monitoring RF spektra sa mogućnošću združene geolokacije na osnovu primene TDOA (*Time-Difference of Arrival*) tehnike. Trenutno su u funkciji senzorski čvorovi na 4 lokacije, a u narednom periodu biće pušteni u rad i senzorski čvorovi na dodatnih 7 lokacija.

Opisana podela fiksnih kontrolno-mernih stanica zasniva se na strukturi opreme koja se instalira i ljudske posade potrebne za opsluživanje stanice, i to:

- nacionalne centre (FMS nacionalnog nivoa) čine postojeći KMC u Beogradu i Nišu, kao i planirani KMC na lokaciji u okolini Sombora. Za ove stanice je karakteristično da postoji ljudska posada u toku radnih dana, kao i da je struktura opreme takva da omogućava kontinuirano osmatranje i kontrolu spektra, i goniometrisanje. KMC su u sistemu za kontrolu i nadgledanje (monitoring) RF spektra hijerarhijski nadređene svim ostalim stanicama;
- regionalne daljinski upravljane fiksne kontrolno-merne stanice, regionalne RFMS, podrazumevaju opremu koju čini odgovarajući multifunkcionalni prijemnik sa mogućnošću daljinske kontrole opreme koja je smeštena u metalnom kontejneru ili adaptiranom objektu (ukoliko takav postoji na lokaciji). U kontejneru se nalazi jedno radno mesto za kontrolora spektra, ali je organizacija rada takva da za rad stanice nije neophodno njegovo prisustvo. Regionalne RFMS su podređene FMS nacionalnog nivoa po regionalnoj pripadnosti, i u principu su predviđene u blizini većih gradova ili na istaknutim lokacijama sa kojih je moguća kontrola veće teritorije;
- lokalne FMS, predstavljaju zapravo lokacije na kojima je predviđeno postavljanje antenskog sistema kao i priključaka sa pratećom infrastrukturu koji omogućavaju povezivanje mobilnih kontrolno-mernih stanica na taj antenski sistem i dugotrajno

merenje (sedmično, mesečno i slično). Ove stanice su lokalnog značaja i predviđene su za slabije naseljena i manje interesantna područja u pogledu monitoringa RF spektra. Lokalne FMS podređene su regionalnim RFMS;

- za visoko urbane sredine, odnosno Beograd, Niš i Novi Sad, planirana je primena distribuiranih daljinski upravljanih fiksnih kontrolno-mernih stanica (tzv. senzorskih čvorova), distribuiranih RFMS, čiji rad se kontroliše iz odgovarajućih KMC.

Analizu rezultata merenja obavlja osoblje u KMC i administrativnom centru RATEL-a. Celokupan postupak merenja podržava se, po potrebi, merenjima odgovarajućih mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS). MMS predstavljaju sastavni deo sistema za monitoring RF spektra (MMS), i mogu se koristiti kao mobilne stanice za merenje u pokretu ili za terenska merenja i kontrolu korišćenja RF spektra. Ove merne stanice se mogu koristiti i za izvođenje dugotrajnih merenja korišćenjem infrastrukture lokalnih FMS. Planom razvoja sistema za monitoring RF spektra, predviđeno je opremanje sva tri planirana KMC sa odgovarajućim brojem MMS, a u skladu sa potrebama u zoni odgovornosti svakog od ovih KMC.

Pored fiksnih i mobilnih kontrolno-mernih stanica predviđena je i nabavka određenog broja ručnih stanica, kako bi se omogućilo merenje u zatvorenim prostorima i u sredinama gde nije moguć pristup mobilnim kontrolno-merim stanicama. Kompaktne prenosne stanice trebaju da budu malih dimenzija i da su relativno lagane kako bi se kontrolorima omogućilo da ih nose tokom merenja, kao i da se smeste u bilo koji tip MMS.

Važno je napomenuti da celokupna merna oprema zadovoljava zahteve Međunarodne unije za telekomunikacije (ITU), definisane serijom preporuka koje se bave upravljanjem radio-frekvencijskim spektrom, parametrima emisija i preciznošću merenja (serija preporuka pod oznakom SM), [34]. Ovo je od posebne važnosti, imajući u vidu značaj rezultata merenja i njihovu kasniju upotrebu kao referentnih vrednosti prilikom koordinacije, potencijalnih tužbi ilegalnih operatora, kao i za potrebe korekcija postojećih emisija koje ne zadovoljavaju uslove pomenute serije ITU preporuka usled dotrajalosti opreme, loše konfiguracije ili iz nekog drugog razloga.

5.1.1 Pregled postojećih i planiranih objekata KMC

Trenutno su u funkciji dva KMC, i to KMC Beograd (Dobanovci) i KMC Niš, dok je izgradnja KMC Gakovo (Sombor) u planu za neki naredni period. U tabeli 5.1 dati su podaci o prostornoj lokaciji sva tri KMC, koji su korišćeni u analizama sprovedenim u ovoj Studiji.

Objekat u kome je smešteno ljudstvo i oprema KMC Beograd prostorno je lociran u Dobanovcima. Objekat je prizeman približne površine 600 m² i izgrađen je 1962. godine, uz kasnije adaptacije i dogradnju određenih delova. Objekat se sastoji od izdvojenog dela za rad na poslovima kontrole RF spektra, garaže, magacina i prostora za kotlarnicu i agregat. Garaža je kapaciteta 4 vozila. Objekat poseduje centralno grejanje, dok se klimatizacija obavlja sa pojedinačnim klima uređajima po kancelarijama. U okviru KMC Beograd postoje instalacije 2 antenska stuba. Oba stuba su visine 30 m i rešetkaste su konstrukcije. Podnožje stubova se nalazi na nadmorskoj visini od 77 m, i postavljeni su na betonskoj bazi. GPS koordinate antenskih stubova su (44°50'59.8"N, 20°12'41.2"E) za antenski stub broj 1, i (44°50'57.5"N, 20°12'44"E) za antenski stub broj 2. Oba stuba su uzemljena.

Objekat u kome je smešteno ljudstvo i oprema KMC Niš nalazi se u blizini Niša, a u okviru kompleksa KMC se nalazi jedan antenski stub čije su GPS koordinate (43°17'20.8"N, 21°56'25.5"E). Antenski stub je visine 20 m, a podnožje stuba se nalazi na nadmorskoj visini od 420 m. Stub je rešetkaste konstrukcije, izgrađen je 2001. godine, i smešten je na betonskoj osnovi sa kablovskom infrastrukturom. Stub je uzemljen. Objekat KMC Niš je prizeman približne površine 200 m² i izgrađen je 1975. godine. Objekat poseduje centralno grejanje.

KMC	GEOGRAFSKA ŠIRINA	GEOGRAFSKA DUŽINA	NADMORSKA VISINA	NAPOMENA
KMC Beograd (Dobanovci)	44° 50' 59.79" N	20° 12' 41.20" E	77 m	U funkciji. U toku je nadogradnja.
KMC Niš	43° 17' 20.83" N	21° 56' 25.46 "E	420 m	U funkciji. U toku je nadogradnja.
KMC Gakovo (Sombor)	45° 55' 51.67" N	19° 1' 26.76" E	86 m	U planu. Izgradnja nije počela.

Tabela 5.1 – Prostorne lokacije postojećih i planiranih KMS – FMS sa ljudskom posadom.

U tabeli 5.2, dat je pregled opreme koja se koristi u fiksnim stanicama za monitoring RF spektra u okviru KMC Beograd i KMC Niš.

TIP I MODEL UREDAJA/OPREME	RADNI OPSEG	LOKACIJA	OPIS STANJA I VREME NABAVKE	KONTROLNI INTERFEJS	NAMENA
Merač polja R&S ESMD	20 MHz - 3.6 GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2011. godine.	LAN interfejs	Glavni uređaj u FMS
Merač polja R&S ESMD	20 MHz - 3.6 GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2012. godine.	LAN interfejs	Glavni uređaj u FMS
Merač polja R&S PR100	9 kHz - 7.5 GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2011. godine.	LAN interfejs	Koristi se za rad na terenu
Analizator spektra Anritsu MS2720T	9kHz - 43GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2015. godine.	LAN interfejs	Prenosivi uređaj. Kontrola emisija u MT opsegu i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
Analizator spektra Agilent N9342C	9kHz - 7GHz	KMC Beograd	Trenutno neispravan Iz 2012. godine.	LAN interfejs	Prenosivi uređaj. Kontrola emisija i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
USB merač snage Anritsu MA24126A	10 MHz- 26GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2014. godine.	USB interfejs	Prenosni uređaj za merenje snage na predajnicima
Merač polja R&S ESVN-40	20MHz - 2.75GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2002. godine.	GPIB interfejs	Rezervni uređaj. Koristi se za merenje devijacije FM stanica
Merač polja - HF R&S ESH-2	9kHz - 30MHz	KMC Beograd	Uređaj prve generacije. Ispravan. Iz 1990. godine.	-	Koristi se po potrebi.
Merač polja R&S ESVP	20MHz - 1.3GHz	KMC Beograd	Upotrebljiv uz analizator spektra. Nepouzdan. Iz 1986. godine.	GPIB interfejs	Ne koristi se više u postupku kontrole RF spektra. Koristi se u eksperimentalne svrhe
Analizator spektra Advantest U3772	9kHz - 43GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2008. godine.	GPIB interfejs	Prenosivi uređaj. Kontrola emisija u MT opsegu i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
Analizator spektra Tektronix RSA3308B	DC - 8GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2008. godine.	GPIB interfejs	Analizator spektra u realnom vremenu
Analizator spektra HP8568E	100Hz - 1.5GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 1998. godine.	-	Laboratorijski uređaj

TIP I MODEL UREDAJA/OPREME	RADNI OPSEG	LOKACIJA	OPIS STANJA I VREME NABAVKE	KONTROLNI INTERFEJS	NAMENA
Analizator spektra HP8563E	9kHz - 26.5GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 1999. godine.	GPIO interfejs	Laboratorijski uređaj
Logperiodik antena R&S HL-023	80MHz - 1.3GHz	KMC Beograd	Ispravna. Zbog duge upotrebe treba je zameniti. Iz 1980-1990. godine.	-	Na antenskom stubu br.1. Mogućnost rotacije po azimutu i elevaciji. Koristi se u radu FMS. U postupku zamena novom HL033
Diskon antena D-130 J	25MHz - 1.3GHz	KMC Beograd	Ispravna. Zbog duge upotrebe treba je zameniti. Iz 1980-1990. godine.	-	Na antenskom stubu br.2. Koristi se u radu FMS
Logperiodik antena R&S HL-226	20MHz - 400GHz	KMC Beograd	Ispravna. Zbog duge upotrebe treba je zameniti. Iz 1980-1990. godine.	-	Na antenskom stubu br.1. Mogućnost rotacije samo po azimutu, usmerena u kosoj polarizaciji. Koristi se u radu FMS
Mini loop antena	9kHz - 30MHz	KMC Beograd	Ispravna, prenosiva.	-	Namenjena radu uz uređaj merač polja HF R&S ESH-2
Merač polja R&S ESMD	20 MHz - 3.6 GHz	KMC Niš	Ispravan. Iz 2011. godine.	LAN interfejs	Glavni uređaj u FMS
Merač polja R&S PR100	9 kHz - 7.5 GHz	KMC Niš	Ispravan. Iz 2011. godine.	LAN interfejs	Koristi se za rad na terenu
Analizator spektra Anritsu MS2720T	9kHz - 43GHz	KMC Niš	Ispravan. Iz 2014. godine.	LAN interfejs	Prenosivi uređaj. Kontrola emisija u MT opsegu i istraživanje smetnji na mikrolokacijama
USB merač snage Anritsu MA24126A	10 MHz-26GHz -40dBm - +20dBm	KMC Niš	Ispravan. Iz 2014. godine.	USB interfejs	Prenosni uređaj za merenje snage na predajnicima
Merač polja R&S ESVN-40	80MHz - 2.75GHz	KMC Niš	Ispravan. Iz 1995. godine.	GPIO interfejs	Rezervni uređaj
Merač polja HF R&S ESH-2	9kHz - 30MHz	KMC Niš	Uređaj prve generacije, ispravan. Iz 1990. godine.	-	Koristi se po potrebi
Logperiodik antena R&S HL-023	80MHz - 1.3GHz	KMC Niš	Instalirana na antenskom stubu, ispravna. Iz 1995. godine.	-	Ima mogućnost rotacije po azimutu i elevaciji. Koristi se u radu FMS (u toku je nabavka novih antena)

Tabela 5.2 - Pregled mernih uređaja i opreme koja se koristi u KMC Beograd i KMC Niš.

Po pitanju trenutnih i planiranih unapređenja mogućnosti KMC Beograd, u toku su radovi na remontu i osavremenjavanju antenskog sistema na kontrolno-mernom mestu broj 1 (antenski stub broj 1). Predviđeno je da u sklopu radova bude urađeno sledeće:

- postavljanje dodatnog antenskog kabla 1 5/8 inča;
- zamena postojeće antene HL023 sa novom HL033;
- postavljanje nove, dodatne, antene HL040E koja će biti na istom nosaču sa antenom HL033 u konfiguraciji „leđa u leđa“;

- zamena rotatora polarizacije i postavljanje novog rotatora azimuta za sistem antena koje čine HL033 i HL040E u cilju omogućavanja nezavisne rotacije od postojeće HA 226/512 antene;
- instalacija upravljačke kutije RK3 koja će omogućiti automatizaciju merenja na ovom mernom mestu.

Navedenim radovima će se smanjiti slabljenje u kablovima za mernu antenu koja se primarno koristi u radu KMC, i proširiti radni opseg učestanosti ovog antenskog sistema sa 1.3 GHz na 4 GHz. Konačno, biće omogućeno uvođenje automatizovanih mernih procedura za proveru i monitoring RF spektra.

5.1.2 Pregled postojećih distribuiranih RFMS u formi senzorskih sistema

Do sada je nabavljeno ukupno 11 kompleta opreme za realizaciju senzorskih čvorova (RF senzora), i to: 3 kompleta 2011. godine, 5 kompleta 2013. godine i 3 kompleta 2016. godine. Trenutno se u funkciji nalazi mreža od 3 senzorska čvora na teritoriji Beograda i jednog senzorskog čvora na teritoriji Novog Sada. U tabeli 5.3 prikazani su podaci o mernim uređajima i drugoj opremi koja je na raspolaganju za primenu u okviru senzorske mreže.

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	PODACI O SOFVERSKOJ PODRŠCI	KONTROLNI INTERFEJS	NAMENA
Daljinski prijemnici Agilent N6841A. Iz 2011 (3 kom), 2013 (5 kom) i 2016 (3 kom) godine. Raspoloživo je ukupno 11 jedinica, a trenutno su 4 u funkciji.	20MHz - 6GHz	Softver za geolokaciju N6854A (neograničen broj radnih mesta). Softver za monitoring N6802E.	RJ45 konektor. Rad u okviru TCP/IP mreža.	Senzorski sistem od 4 stanice u Beogradu i Novom Sadu. Još 7 raspoloživo za realizaciju senzorskih mreža u Novom Sadu i Nišu. Mogućnost geolokacije na osnovu TDOA tehnike.
CRFS RF EYE Iz 2013. godine (1 kom)	20MHz - 6GHz	Softver za monitoring	RJ45 konektor. Rad u okviru TCP/IP mreža	Prijemnik uzet za testiranje opreme i za snimanje RF spektra u pokretu
Diskon antena D-130 J (3 kom)	25MHz - 1.3GHz	-	-	Antena za pretragu spektra i snimanje emisija
Diskon antena AOR DA 5000 (3 kom)	700 MHz - 3 GHz	-	-	Antena za pretragu spektra i snimanje emisija
Diskon antena D-3000 N (8 kom)	25MHz - 3GHz	-	-	Antena za pretragu spektra i snimanje emisija

Tabela 5.3 - Pregled mernih uređaja i opreme koja se koristiti u postojećim i planiranim distribuiranim RFMS u formi senzorskog sistema na teritoriji Beograda, Novog Sada i Niša.

U toku 2016. godine u Nišu su izgrađene 3 lokacije za potrebe instalacije senzorske mreže, odnosno ugovoren je zakup lokacija, postavljeni su antenski sistemi i ormani za smeštaj opreme, a obezbeđeno je i napajanje električnom energijom. Puštanje u rad ove senzorske mreže očekuje se veoma brzo, nakon završetka postupka nabavke i instalacije TK linkova za povezivanje senzorskih čvorova u mrežu. U toku je ugovaranje lokacija za mrežu od 3 senzorska čvora u Novom Sadu, kao i dodatnih lokacija koje se planiraju u Beogradu.

Kada su u pitanju antenski sistemi, u prvoj fazi (za prva 3 senzorska čvora u Beogradu) instaliran je antenski sistem u kombinaciji diskon antena D-130 J i diskon antena AOR DA 5000 sa radnim opsegom od 25 MHz do 3 GHz, dok je u kasnijim nabavkama umesto ovog sistema antena nabavljena diskon antena D-3000 N koja sama pokriva isti

frekvencijski opseg. Trenutno su na raspolaganju po tri antene D-130 J i DA 5000 i osam antena D-3000 N.

U narednom periodu nije planirano dalje proširenje navedenih senzorskih mreža (nakon postavljanja senzorskih čvorova u Novom Sadu i Beogradu i puštanja u rad senzorske mreže u Nišu). Prioritet je izgradnja sistema za monitoring RF spektra zasnovanog na korišćenju daljinski kontrolisanih fiksnih kontrolnih-mernih stanicama (regionalnih RFMS).

5.1.3 Planirane RFMS u formi daljinski upravljanih fiksnih stanica

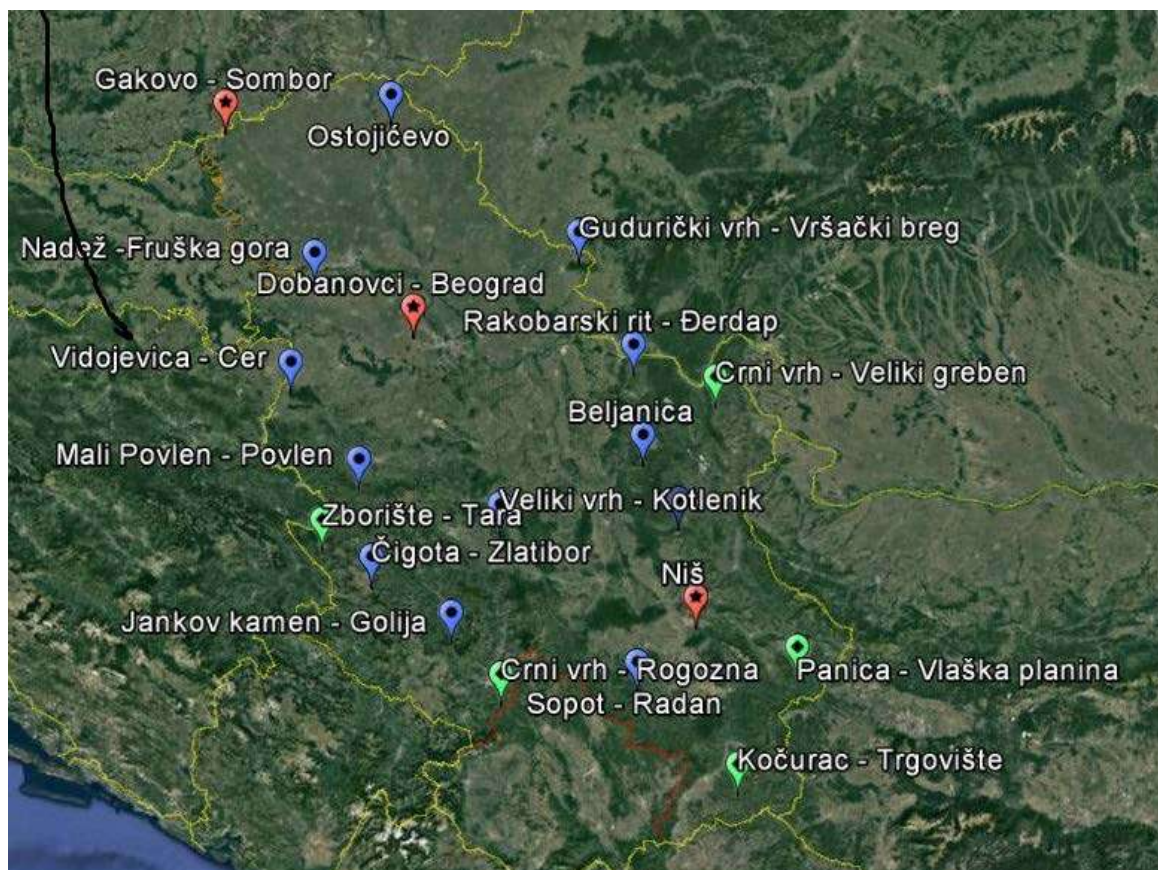
Kao što je prethodno rečeno, u narednom periodu, a u skladu sa postojećom planskom dokumentacijom, planirana je izgradnja 12 regionalnih RFMS, odnosno daljinski upravljanih fiksnih kontrolno-mernih stanica za monitoring RF spektra, kao i uređenje lokacija za 5 planiranih lokalnih FMS. U tabeli 5.4 dati su podaci o prostornim lokacijama planiranih regionalnih RFMS i lokalnih FMS, a koji su korišćeni u analizama sprovedenim u Studiji.

RFMS	GEOGRAFSKA ŠIRINA	GEOGRAFSKA DUŽINA	NADMORSKA VISINA	TIP FMS
Nadež (Fruška Gora)	45° 9' 29.74" N	19°33' 45.05" E	363 m	Regionalne RFMS – daljinski upravljane fiksne kontrolno-merne stanice
Mali Povlen (Povlen)	44° 7' 46.88" N	19° 44' 42.15" E	1318 m	
Vidojevica (Cer)	44° 37' 56.58" N	19° 20' 8.24 "E	363 m	
Sopot (Radan)	43° 0' 11.41" N	21° 29' 47.66" E	1409 m	
Šiljak (Rtanj)	43°46' 34.76" N	21° 53' 36.87" E	1532 m	
Beljanica	44° 6'42.34"N	21° 41' 58.60" E	1326 m	
Gudurički vrh (Vršački breg)	45° 8' 13.90" N	21° 24' 45.07" E	624 m	
Rakobarski rit (Đerdap)	44°33' 29.82" N	21° 42' 13.25" E	676 m	
Čigota (Zlatibor)	43° 38' 52.69" N	19° 46' 25.10" E	1405 m	
Jankov kamen (Golija)	43° 20' 21.09" N	20° 16' 36.23" E	1828 m	
Veliki vrh (Kotlenik)	43° 50' 40.59" N	20° 40' 34.86" E	691 m	
Ostojićevo	45° 54' 6.81" N	20° 11' 45.05" E	77 m	
Panica (Vlaška planina)	42° 59' 0.32" N	22° 35' 20.73" E	1434 m	Lokalne FMS – uređene lokacije
Kočurac (Trgovište)	42° 26' 32.26" N	22° 6' 7.67" E	1559 m	
Crni vrh (Rogozna)	43° 0' 53.88" N	20° 34' 24.11" E	1449 m	
Crni Vrh (Veliki Greben)	44° 21' 17.91" N	22° 14' 44.95" E	656 m	
Zborište (Tara)	43° 50' 56.02" N	19° 27' 35.08" E	1525 m	

Tabela 5.4 – Prostorne lokacije planiranih regionalnih RFMS i lokalnih FMS.

Na slici 5.1 prikazan je prostorni raspored mreže postojećih i planiranih KMC, kao i regionalnih RFMS i lokalnih FMS na teritoriji Republike Srbije, pri čemu nije dat prikaz distribuiranih RFMS u formi senzorske mreže. Crvenom bojom su označene lokacije KMC (nacionalne FMS sa ljudskom posadom), planirane lokacije za regionalne RFMS su označene plavom, dok su planirane lokacije za lokalne FMS označene zelenom bojom.

U tabeli 5.5 prikazan je skup osnovne merne i druge opreme koja će se koristiti u okviru svake od lokacija regionalnih RFMS, odnosno planiranih antenskih sistema za lokalne FMS. U periodu od 2014 - 2015 godine nabavljena su 3 kompleta za opremanje ovih stanica sa montažno demontažnim antenskim stubovima tipa pauk visine 20 m i 15 metara, pri čemu će se koristiti i odgovarajući rotatori za promenu azimuta i polarizacije.



Slika 5.1 – Prikaz prostornog rasporeda KMC i RFMS na teritoriji Republike Srbije.

TIP I MODEL UREĐAJA	RADNI OPSEG	PODACI O SOFVERSKOJ PODRŠCI	KONTROLNI INTERFEJS	NAMENA
Merač polja R&S EB500	20 MHz - 3.6 GHz	Upravljiv uz pomoć R&S Argus i Ramon softverskih paketa. TDOA ready	LAN interfejs	Merenja po ITU preporukama
Merač polja R&S EM100	9 kHz - 7.5 GHz	Upravljiv uz pomoć R&S Argus i Ramon softverskih paketa. TDOA ready	LAN interfejs	Pretraga spektra, snimanje emisija i kao rezervni prijemnik
Upravljačka kutija STMM RK 3	-	Upravljiva uz pomoć R&S Argus softverskog paketa	LAN interfejs	Upravljačka kutija rotatora i preklopnik antena
Logperiodik antena R&S HL-033	80MHz - 2GHz	-	-	Imaju mogućnost rotacije po azimutu i elevaciji. Koristi se u radu RFMS.
Logperiodik antena R&S HL-040	40MHz - 3,6GHz	-	-	
Diskon antena D-3000 J	25MHz - 3GHz	-	-	Pomoćna antena za pretragu spektra i snimanje emisija.

Tabela 5.5 – Tipičan komplet opreme koja će se koristiti na lokacijama RFMS.

Na lokacijama planiranih regionalnih RFMS biće izgrađeni rešetkasti antenski stubovi, minimalne visine 24 m (maksimalno 36 m), ili će eventualno biti montiran antenski stub tipa „Pauk” visine od 15 m ili 20 m. Na antenskim stubovima predviđena je montaža antenskog sistema koji čine logperiodična antena R&S HL-033 i logperiodična dipol antena R&S HL-

040 (HL-040E), ili sličnih, sa podržanom mogućnošću rotacije antena po azimutu i elevaciji korišćenjem odgovarajućih rotatora (sličnih *Yaesu G-800DXA* i *Yaesu G-550*). Na bočnom nosaču biće montirana antena Diamond D-3000, ili slična. Kontrola rotacije i distribucije signala (antenski *switch*) obavljaće se korišćenjem upravljačke kutije rotatora i preklopnika antena (sličnih karakteristika kao *STMM Sistemi RK 3*).

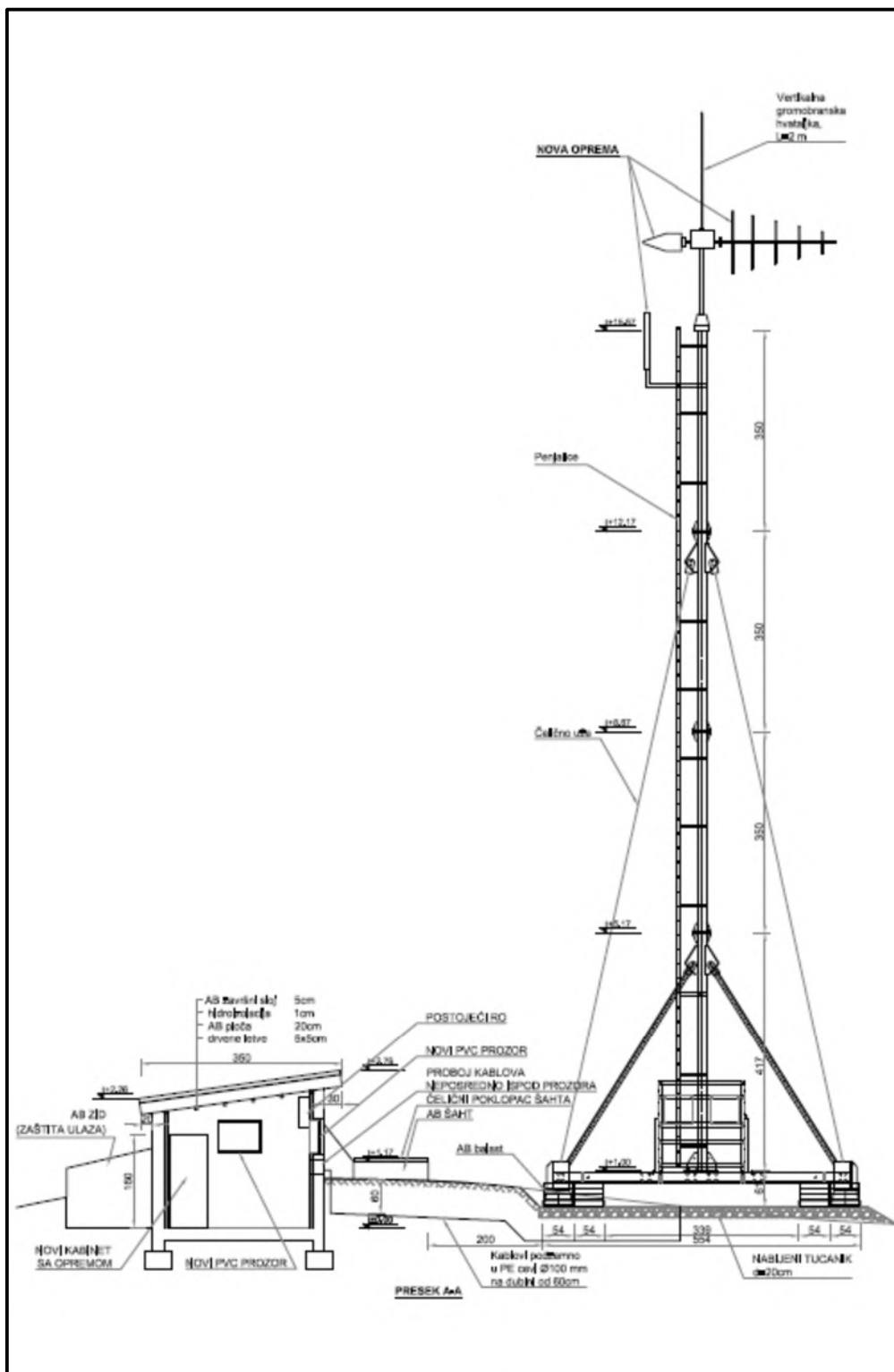
Planirano je da se kabineti sa mernom opremom smeštaju unutar posebno adaptiranih objekata, ukoliko za to postoji mogućnost na datoj lokaciji, ili kontejnera površine oko 12 m². Antenski kablovi od objekta do antenskog stuba biće vođeni kroz PVC cevi. U kabinetu su planirani merni prijemnici R&S EB500 i R&S EM100 (ili merni uređaji istih odgovarajućih karakteristika), upravljačka kutija za kontrolu rotatora i preklapanje antena (*antenna switch*), PC računar (industrijski standard) bez monitora, sva potrebna komunikaciona oprema, i to ruter za priključenje na komunikacionu vezu realizovanu putem usmerenih radio veza (RR linka), WiFi konekcije ili optičkog interfejsa, kao i UPS (*Uninterruptible Power Supply*) uređaj predviđen za rek (*rack*) dimenzija od 19 inča. U planu je da se u sklopu regionalnih RFMS realizuje sistem video nadzora, kao i mala meteo stanica za praćenje temperature, odnosno pravca i brzine vetra.

Na lokacijama regionalnih RFMS, a u skladu sa lokalno postojećom infrastrukturom i uslovima realizacije za datu lokaciju, biće obezbeđene instalacije za napajanje električnom energijom sa AC naponom napajanja 230V/50Hz, i to za jednovremenu vršnu snagu opreme vrednosti od 500W (ili veću).

Komunikacioni linkovi, kojima je lokalna mreža RFMS preko rutera povezana sa spoljašnjom IP zasnovanom mrežnom infrastrukturom, tj. telekomunikacionom mrežom koja omogućava IP konektivnost sa nadređenim KMC ili administrativnim centrom RATEL-a, moraju biti dovoljno velikog kapaciteta da podrže kontrolu, upravljanje, kao i prenos velike količine mernih podataka od RFMS ka KMC pri čemu RFMS radi u realnom vremenu. Planirano je da ako je to moguće (i ekonomski opravdano), lokacije regionalnih RFMS budu povezane optičkim linkovima, odnosno ako to nije moguće da se putem radio-relejnih linkova ostvari veza ka najbližim lokacijama na kojima postoji priključak na optičku telekomunikacionu infrastrukturu (npr. predajne lokacije DTTB sistema ili drugih predajnih sistema u okolini). Može se očekivati da će se ka lokacijama regionalnih RFMS obezbediti kapaciteti linkova koji u određenoj meri prevazilaze standardne komunikacione zahteve za rad RFMS.

Na svim lokacijama biće realizovano uzemljenje, čime se obezbeđuje izjednačavanje metalnih masa na lokaciji (antenski stub, antenski kablovi, napajanje u reku...). Dodatno, planiran je sistem zaštite od atmosferskog pražnjenja pri čemu će na vrhu stuba biti montirana odgovarajuća vertikalna hvataljka, koja će bakarnim užetom biti spojena sa spušnim vodom. Takođe, ostvariće se odgovarajuće povezivanje antenskih elemenata sa spušnim vodom, dok će segmenti antenskog stuba biti prespojeni, a zatezna užad povezana, sa bakarnim užetom odgovarajućih karakteristika. Dnevno i noćno obeležavanje stuba biće izvršeno u skladu sa važećom regulativom u ovoj oblasti.

Kao ilustracija, na slici 5.2 prikazana je jedna specifična realizacija RFMS za lokaciju Čigota (Zlatibor), planirana sa privremenim antenskim stubom tipa Pauk. Na lokaciji, koja se nalazi u blizini postojećeg vojnog objekta, postoji zidani objekat (za koji je planirana adaptacija), kao i mogućnost priključenja na postojeću elektroenergetsku i telekomunikacionu infrastrukturu. Smeštanje opreme RFMS je predviđeno u adaptirani postojeći objekat.



Slika 5.2 – Primer realizacije regionalne RFMS – lokacija Čigota (Zlatibor), izvor RATEL.

5.1.4 Opis postojećih mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS)

Služba za kontrolu u svom radu standardno koristi veći broj mernih vozila, odnosno mobilnih kontrolno-mernih stanica (MMS). MMS su stacionirane u KMC Beograd i KMC Niš, i opremljene su tako da imaju mogućnost merenja radio emisija iz pokreta (emisije

baznih stanica mobilnih operatera, radio-stanica i TV stanica), odnosno poslova vezanih za nadgledanje i kontrolu korišćenja RF spektra, merenja parametara emisija u skladu sa ITU preporukama, a određene MMS podržavaju i funkcionalnost mobilnog radio-goniometarskog sistema. U poslednjih nekoliko godina, pored nabavke merne i ostale opreme za postojeća vozila, nabavljena su tri nova vozila, pri čemu je ugradnjom odgovarajuće opreme izvršena integracija novih MMS. Ova vozila su zamenila ranije korišćena merna vozila, koja su i dalje na raspolaganju, ali se ne koriste za svakodnevne poslove.

Treba posebno istaći, da su tokom 2015. godine nabavljene dve kompletno opremljene mobilne kontrolno-merne stanice. Ove MMS su ugrađene u vozila *Volks Wagen Transporter T5* i omogućavaju obavljanje kontrole RF spektra i goniometrisanje u frekvencijskom opsegu od 20 MHz do 3000 MHz. Sistemi za merenje u ovim MMS zasnivaju se na opremi proizvođača TCI, pri čemu je glavni merni uređaj merni prijemnik i DF (*Direction Finding*) procesor *TCI Spectrum Processor 5095*. Antenski sistem čine 10-metarski stub na koji se montiraju log-periodik antene *Antena Experts LP 80-1000 Antenna* (podržan rad u opsegu od 80 MHz do 1000 MHz) ili *Antena Experts LP 1000-3000 Antenna* (podržan rad u opsegu od 1 GHz do 3 GHz), kao i DF antena *TCI 643 VHF/UHF Dual-Polarized DF and Spectrum Monitoring Antenna* (za rad u opsegu od 20 MHz do 3000 MHz), koja je fiksno montirana na krovu vozila.

Pored navedene merne opreme nove MMS opremljene su analizatorom TV signala *TV Signal Analyzer Televes H60 Advance* za kontrolu predajnika digitalne i analogne televizije, analizatorom spektra u realnom vremenu *Tektronix Real Time Spectrum Analyzer RSA306*, kao i RDS dekodera *DEVA FM Band Spectrum/Modulation Analyzer&RDS Decoder* za potrebe analize RDS signala FM radiodifuznih stanica. Svaka od ove dve MMS opremljena je komunikacionim podsistemom zasnovanom na *Cisco* ruteru i integrisanim GSM/UMTS/LTE modemom, što omogućava jednostavnu integraciju u nacionalni sistem za monitoring RF spektra koji čine KMC i RFMS kao fiksne kontrolno-merne stanice. Uključenje ovih novih MMS u sistem za monitoring RF spektra RATEL-a predstavlja značajan kvalitativni pomak u odnosu na raniji period.

U tabeli 5.6 prikazani su osnovni podaci o raspoloživim MMS, uključujući opremu i vozila, kao i informacije o nameni ovih MMS.

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	SEDIŠTE MMS	OPIS STANJA I VREME NABAVKE	MERNO VOZILO	NAMENA MMS
Kontrolni prijemnik - analizator spektra R&S ESPI	9kHz - 7GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2008. godine.	Mercedes Vito - vozilo za merenje pokrivanja	Merenje emisija iz pokreta i merenje QoS za sisteme baznih stanica mobilnih operatera, radio i TV stanica. Merenje QoS za mreže u skladu sa IEEE 802.11 standardom.
TV analizator digitalni R&S ETL	UHF TV VHF TV		Ispravan. Iz 2008. godine.		
TV analizator analogni R&S EFA	UHF TV VHF TV		Trenutno neispravan. Iz 2008. godine.		
Analizator radio mreža R&S TSMQ	80MHz - 3GHz		Ispravan. Iz 2008. godine.		
Analizator radio mreža R&S TSMW	30 MHz - 6 GHz		Ispravan. Iz 2013. godine.		

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	SEDIŠTE MMS	OPIS STANJA I VREME NABAVKE	MERNO VOZILO	NAMENA MMS
Antenski sistem: Geroh Telescopic Mast 6KVL5, 6 GSM/UMTS antena (Kathrein), R&S HE500 Active Rx, EU Antenna XP02V, GPS Antena, Antennentechnnik GP 500, GP 600 i GP 750			Ispravna. Iz perioda 2008.-2013. godine.		Softverski paket R&S Romes 4.0
Merač polja R&S DDF 255	20 MHz - 3.6 GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2011. godine.	Mercedes Sprinter - vozilo za monitoring RF spektra	Kontrola RF spektra, merenja parametara emisija u skladu sa ITU preporukama i mobilni goniometarski sistem. Softverski paket R&S Argus verzija 5.4.
Merač polja R&S PR100	9 kHz - 7.5 GHz		Neispravan. Iz 2011. godine. Pomoćni uređaj.		
Logperiodik antena R&S HL-033	80MHz - 2GHz		Ispravan. Iz 2011. godine.		
Logperiodik antena R&S HL-040	40MHz – 3.6GHz		Ispravan. Iz 2011. godine.		
Kontroler antena R&S GB127M	-		Ispravna. Iz 2011. godine.		
Antenski preklopnik R&S ZS129	-		Ispravan. Iz 2011. godine.		
Goniometarski sistem R&S EBD190 R&S ADD190 R&S ADD119	300 kHz - 1.3GHz	KMC Beograd	Ispravan. Iz 2002. godine. 2015. godine nabavljena HF DF antena R&S ADD119	Sistem montiran u vozilo tipa Lada Niva. (ne koristi se zbog vozila)	Mobilni goniometarski sistem u bliskim zonama.
Kontrolni prijemnik R&S EB200	10kHz - 3GHz		Prenosiv uređaj, LAN interfejs. Iz 2000. godine.		
Analizator spektra TCI Spectrum Processor 5095	20MHz – 3GHZ	KMC Beograd	Ispravni svi uređaji MMS. Iz 2015. godine	Volks Wagen Transport. T5 sa	Monitoring RF spektra i DF u opsegu od 20 MHz do 3 GHz. Softverski paket TCI Scorpio
Analizator TV sig. Televes H60Advance	Opseg do 3.3GHz				
Analizator spektra u realnom vremenu Tektronix RSA306	9kHz – 6.2GHz				
DEVA FM Band Spectrum/Modul. Analyzer and RDS Decoder	87.8MHz 108MHz				
Antenski sistem: Geroh Telescopic Mast 10KVL6, TCI 643 VHF/UHF Dual-Polarized Monitoring antenna, Antenna Experts LP 80-1000 i LP 1000-3000, GSM/UMTS/LTE antene					
Bez merne opreme (montira se oprema po potrebi)	-	KMC Beograd	Dobijeno iz donacija 2006. godine, prešlo 411000 km.	Volks Wagen sa stubom od 10 m	Trenutno se ne koristi. Zamenjeno novim vozilom

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	SEDIŠTE MMS	OPIS STANJA I VREME NABAVKE	MERNO VOZILO	NAMENA MMS
Logperiodik antena R&S HL-023	80MHz - 1.3GHz	KMC Beograd	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u oba vozila.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Logperiodik antena R&S HL-040	0.4GHz- 3.6GHz	KMC Beograd	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u oba vozila.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Horn antena R&S HF-906	1GHz - 18GHz	KMC Beograd	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u oba vozila.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Standard Gain Horn Antena	18GHz – 26.5 GHz	KMC Beograd	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u oba vozila.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Standard Gain Horn Antena	26,5 GHz – 40 GHz	KMC Beograd	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u oba vozila.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Set mikrotalasnih antena (parabolične antene sa prelazima talasovod-SMA)	Opsezi: 15GHz 23 GHz 26 GHz 38 GHz	KMC Beograd	Prenosive, ispravne.	Koristi se na terenu za merenja u MT opsezima	Prenosive antene koje se montiraju na tronožac sa glavom za podešavanje azimuta i elevacije.
Analizator spektra TCI Spectrum Processor 5095	20MHz – 3GHZ	KMC Niš	Ispravna sva oprema MMS. Iz 2015. godine	Volks Wagen Transport. T5 sa	Monitoring RF spektra i DF u opsegu od 20 MHz do 3 GHz. Softverski paket TCI Scorpio
Analizator TV sig. Televes H60Advance	do 3.3GHz				
Analizator spektra u realnom vremenu Tektronix RSA306	9kHz – 6.2GHz				
DEVA FM Band Spectrum/Modul. Analyzer and RDS Decoder	87.8MHz 108MHz				
Antenski sistem: Geroh Telescopic Mast 10KVL6, TCI 643 VHF/UHF Dual-Polarized Monitoring antenna, Antenna Experts LP 80-1000 i LP 1000-3000, GSM/UMTS/LTE antene					
Goniometarski sistem R&S DF PP 055S	20MHz - 1GHz	KMC Niš	Ispravan. Iz 1990. godine.	Volks Wagen LT sa stubom od 5 m	Trenutno se ne koristi. Zamenjeno novim vozilom
Merni prijemnik R&S EM550	20MHz - 1GHz		Ispravan. Iz 1990. godine.		

TIP I MODEL UREĐAJA/OPREME	RADNI OPSEG	SEDIŠTE MMS	OPIS STANJA I VREME NABAVKE	MERNO VOZILO	NAMENA MMS
Antenski niz dipola štampan na supstratu - Imtel	18GHz – 26.5GHz	KMC Niš	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u svim vozilima.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Antenski niz dipola štampan na supstratu - Imtel	26GHz – 34GHz	KMC Niš	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u svim vozilima.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu
Antenski niz dipola štampan na supstratu - Imtel	34GHz - 40GHz	KMC Niš	Prenosiva, ispravna.	Može se koristiti u svim vozilima.	Prenosiva antena - koristi se na vozilima MMS i tronošcu

Tabela 5.6 - Podaci o raspoloživim MMS, uključujući opremu i vozila, kao i informacije o nameni ovih MMS.

5.1.5 Kadrovska struktura Službi za kontrolu

U radu KMC Beograd, angažovano je 12 zaposlenih, od čega 5 na poslovima kontrole korišćenja i nadgledanja RF spektra (sa prosečnim iskustvom od oko 10 godina), dok su ostali uglavnom angažovani na kontroli uređaja i opreme. U radu KMC Niš angažovano je troje zaposlenih, i to na poslovima kontrole korišćenja i nadgledanja RF spektra. Prosečno radno iskustvo na poslovima kontrole RF spektra je oko 10 godina. U okviru Službe za kontrolu, ukupno je angažovano 16 zaposlenih (uključujući Rukovodioca Službe), pri čemu od tog broja 12 zaposlenih poseduje visoko obrazovanje, 1 zaposleni ima višu stručnu spremu, a troje zaposlenih ima srednju stručnu spremu.

5.1.6 Organizacija rada i način funkcionisanja Službe za kontrolu

Služba za kontrolu RATEL-a, koja je zadužena za poslove kontrole korišćenja RF spektra, u skladu sa trenutnom organizacijom rada kao primarne opsege učestanosti pri nadgledanju i kontroli korišćenja RF spektra tretira: opsege učestanosti za radiodifuziju TV signala (VHF/UHF) i audio signala (VHF), opsege učestanosti namenjene vazduhoplovnoj mobilnoj i vazduhoplovnoj navigacionoj službi, opsege učestanosti koje koriste operatori mreža javne mobilne telefonije i operatori mreža za fiksni bežični pristup, kao i delove opsega koje koriste funkcionalni sistemi Vojske Srbije i MUP Srbije. Kao sekundarni opsezi u pogledu kontrole korišćenja RF spektra definisani su preostali opsezi učestanosti do 40 GHz.

Uzimajući u obzir trenutno stanje tehničke opremljenosti Službe, broj zaposlenih na poslovima kontrole korišćenja RF spektra, kao i relativno veliki broj prijavljenih predmeta (smetnji i drugih nepravilnosti), Služba za kontrolu veliki procenat poslova obavlja na terenu, odnosno po zahtevu (reaktivno dejstvo u funkciji istraživanja i razrešavanja prijavljenih smetnji, kao i detekcije nepravilnosti u radu radio stanica). Pri tome, kontrola korišćenja RF spektra izvodi se u sklopu redovnih zadataka periodične kontrole radio-emisija sa pogodnih lokacija, odnosno u skladu sa važećim planom kontrole radio emisija iz KMC po delovima opsega učestanosti. Za sve predviđene poslove, postoje jasno definisane procedure izlaska na teren, evidentiranja podataka dobijenih merenjem kao i njihovog unosa u bazu kontrolno-mernih podataka, kao i odgovarajuće procedure prikupljanja i arhiviranja dodatnih podataka.

Svi podaci dobijeni merenjem upisuju se u bazu kontrolno mernih podataka (bazu koja se odnosi na kontrolu RF spektra). Predviđeno je da se pri svakoj akciji merenja popunjavaju izveštaji administrativnog tipa i tipski obrasci sa rezultatima merenja, pri čemu postoje tipski obrasci za Izveštaje o nepravilnostima, smetnjama i sl.

5.2. OCENA MOGUĆNOSTI PRIMENE ELEMENATA SISTEMA ZA MONITORING RF SPEKTRA ZA POTREBE KONTROLE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE ILI UPOREDNU ANALIZU REZULTATA

Podaci prikazani u ovom poglavlju, a koji su dobijeni od Službe za kontrolu RATEL-a, daju presek trenutnog stanja u smislu opremljenosti i organizacije Službe za kontrolu, koja izvršava poslove kontrole korišćenja RF spektra na teritoriji Republike Srbije. U daljem toku analize vezane za predlog sistema za praćenje kvaliteta digitalne televizije (DTTB), treba između ostalog uzeti u obzir i trenutno stanje tehničke opremljenosti, tj. trenutne i planirane tehničke mogućnosti i upotrebljivosti postojeće opreme sistema za monitoring RF spektra.

Pri tome, treba naglasiti sledeće:

- u toku je veoma opsežan i relativno dugotrajan proces modernizacije i funkcionalne nadogradnje sistema za monitoring RF spektra RATEL-a, pri čemu je u tom smislu već obavljen značajan broj aktivnosti vezanih za nabavku nove merne opreme, opremanje antenskih stubova u dva aktivna KMC u skladu sa budućim potrebama;
- nabavljene su dve nove MMS, po jedna stacionirana u KMC Beograd i u KMC Niš, koje omogućavaju izvršavanje svih neophodnih poslova vezanih za monitoring RF spektra i goniometrisanje u opsegu od 20 MHz do 3 GHz, pri čemu je podržana i funkcija integracije ovih MMS u okviru sistema za monitoring RF spektra koju čine KMC, a u budućnosti i mreža regionalnih RFMS. Na ovaj način su bitno unapređene performanse sistema za monitoring RF spektra;
- MMS bazirana na vozilu *Mercedes Vito*, stacionirana u KMC Beograd, opremljena je za poslove merenja pokrivanja i proveru kvaliteta servisa svih mreža javne mobilne telefonije (GSM, DCS 1800, UMTS/W-CDMA i LTE), mreža za fiksni bežični pristup (CDMA 1xEV-DO), TETRA sistema i sistema za digitalno zemaljsko emitovanje TV signala po DVB-T2 standardu, a koje su zastupljene na teritoriji Republike Srbije u opsegu učestanosti do 3 GHz. Osim toga, vozilo je opremljeno za analizu i merenje analognih i digitalnih TV signala, primenom uređaja R&S EFA i R&S ETL. MMS je opremljena kombinovanim analizatorom spektra i mernim test prijemnikom R&S ESPI (9 kHz do 7 GHz), uz obezbeđenu podršku softverskog paketa R&S Romes v.4.0. Merno vozilo je potpuno opremljeno za obavljanje niza zadataka u oblasti ispitivanja kvaliteta i merenja pokrivanja servisom radiodifuznih mreža i javnih mreža mobilne telefonije i fiksnog bežičnog pristupa u primarnom delu RF spektra do 3 GHz;
- u funkciju je delimično stavljen sistem distribuiranih RFMS u formi senzorskih mreža na bazi senzorskih čvorova (RF senzora) proizvođača *Agilent*. Trenutno su aktivna 4 RF senzora. Ovaj sistem nove generacije je usaglašen sa ITU preporukama za merenja zauzetosti RF spektra, a može se koristiti i za potrebe automatske detekcije i geolociranja predajnika detektovanih radio emisija u širokom opsegu učestanosti. Sistem poseduje i dodatne mogućnosti analize signala, pa će značajno povećavati mogućnosti monitoringa RF spektra za potrebe upravljanja RF spektrom u urbanim sredinama za koje je namenjen. Ipak, sistem pokriva ograničenu, mada veoma bitnu, zonu, koja obuhvata područje grada Beograda i Novog Sada, a u budućnosti i Niša. S obzirom na zahteve tehnologije po

- pitanju broja sajtova neophodnih za realizaciju veće zone pokrivanja, nije realno planirati značajnije pokrivanje teritorije Republike Srbije sistemima ovog tipa;
- nabavljena je oprema potrebna za uspostavljanje 3 regionalne RFMS, a trenutno se obavljaju poslovi vezani za realizaciju ovih RFMS. U narednom periodu se može očekivati dalja nabavka opreme za ove potrebe i izgradnja regionalnih RFMS;
 - u cilju osposobljavanja KMC kao budućih kontrolnih centara za potrebe daljinskog upravljanja regionalnim RFMS, neophodno je izvršiti dalje opremanje KMC sa svom potrebnom računarskom i komunikacionom opremom, a u skladu sa projektovanim tehničkim rešenjem;
 - svi merni uređaji, kako oni u KMC i MMS, tako i oni planirani za buduće regionalne RFMS, ispunjavaju uslove ITU preporuka za merenje parametara signala (za merenja za koja su predviđeni). Poslednjih nekoliko godina, značajnim angažovanjem zaposlenih, uspešno je i u velikom meri poboljšana tehnička opremljenost Službe;
 - dalji razvoj sistema za monitoring RF spektra omogućiće da se osim najbitnijih zadataka vezanih za istraživanje i razrešavanje smetnji, detekciju neovlašćenog korišćenja spektra i nepravilnosti u radu radio-stanica i radiodifuznih predajnika, stvore preduslovi za izvršavanje niza drugih poslova, kao što su ispitivanje zauzetosti i iskorišćenja RF spektra za potrebe upravljanja spektrom, proveravanje i utvrđivanje zone pokrivanja servisom, kao i merenje parametara usluga koje se pružaju bežičnim putem u cilju provere kvaliteta pružanja servisa, i slično.

U pogledu mogućnosti primene postojećeg i budućeg (projektovanog) sistema za monitoring RF spektra, za potrebe kontinualne kontrole kvaliteta sistema DTTB u Srbiji, kao i u smislu uporedne analize rezultata koji se mogu dobiti uz upotrebu specijalizovanog sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB i sistema za monitoring RF spektra, mogu se navesti sledeći zaključci:

- razvoj mreže regionalnih RFMS, uz modernizaciju dva postojeća i uspostavljanje jednog novog KMC, stvorice mrežu kontrolno-mernih stanica kojom se može pokriti veoma veliki procenat teritorije Republike Srbije (odnosno obezbediti detekcija, identifikacija i geolociranje aktivnih predajnika radio emisija na datoj teritoriji, uz eventualno merenje određenog broja parametara emisija). U tom smislu, u okviru redovnih zadataka/projekata periodičnog ili namenskog istraživanja pojedinih opsega učestanosti, ovaj sistem će omogućiti manuelnu ili automatsku detekciju (u spektru) i lokalizaciju predajnika DTTB mreže, kao i merenje intenziteta (nivoa) električnog polja na lokacijama kontrolno-mernih stanica. Ipak, s obzirom na primarnu namenu ovog sistema, a koja je vezana za kontrolu korišćenja RF spektra i za prikupljanje podataka za potrebe upravljanja RF spektrom (tj. detekciju neovlašćenog korišćenja RF spektra, istraživanje i razrešavanje smetnji, nepravilnosti u radu radio-stanica i radiodifuznih predajnika, ispitivanje zauzetosti i iskorišćenja RF spektra za potrebe upravljanja spektrom), učestalost sa kojom bi se putem ovog sistema prikupljale informacije o radu mreže DTTB predajnika ne zadovoljava potrebe kontinualnog praćenja kvaliteta;
- u slučaju obavljanja automatskog istraživanja RF spektra sa memorisanjem rezultata analize (generišu se tzv. *log* fajlovi), sistem za monitoring RF spektra obezbeđuje određene podatke o postojanju i nivou signala DTTV u određenim RF kanalima. Ipak, usled načina rada SFN mreže, kao i mogućnosti da se na lokacijama KMC i/ili regionalnih RFMS istovremeno primaju signali koji potiču od većeg broja predajnika DTTB mreže koji emituju u istom kanalu (a koji pripadaju istoj i/ili različitoj zoni raspodele) sam podatak o zabeleženom nivou polja za određeni

RF kanal, bez dalje detaljnije analize putem demodulacije i određivanja drugih parametara DVB-T2 signala, ne pruža dovoljnu količinu podataka za pouzdano izvođenje zaključaka. Ovi podaci se eventualno mogu koristiti za potrebe uporedne analize i potvrđivanje rezultata koji se dobijaju putem specijalizovanog sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB;

- razvojem posebnih projekata za analizu signala DTTB sistema, eventualno bi se primenom sistema za monitoring RF spektra mogao obavljati deo zadataka vezanih za dodatnu kontrolu rada DTTB mreže. Ipak, to bi zahtevalo odvajanje određenog, i to značajnog procenta raspoloživog vremena ovog sistema, i verovatno izazvalo pogoršanje performansi sistema u oblasti njegove primarne namene. Dodatno, ovo bi dovelo do znatnog povećanja složenosti upravljanja radom sistema, što u kombinaciji sa nedovoljnim kadrovskim resursima i već značajnim angažovanjem zaposlenih može (u značajnoj meri) da naruši obavljanje poslova za primarnu i mnogo značajniju oblast rada za koju je sistem za monitoring RF spektra prevashodno i namenjen;
- MMS u kojoj je integrisana oprema za proveru i utvrđivanje zone pokrivanja servisom kao i merenje parametara usluga koje se pružaju bežičnim putem u cilju provere kvaliteta pružanja servisa, između ostalog omogućava merenje u pokretu kao i procenu kvaliteta servisa koju pruža sistem DTTB. Stiga se ova MMS može koristiti za te svrhe u pojedinim oblastima od interesa (delovi teritorije u kojima postoji problem sa pokrivanjem servisom DTTB ili *ad hoc* merenja za neku izabranu prostornu oblast). Ipak, uzimajući u obzir kadrovsku strukturu Službe za kontrolu, odnosno relativno mali broj zaposlenih i značajno angažovanje na ostalim zadacima iz domena rada Službe, ovakve aktivnosti se mogu obavljati samo po potrebi i ne mogu se smatrati kao dovoljne za potrebe kontinualne kontrole kvaliteta DTTB. Drugim rečima, primena ove MMS se može posmatrati kao dopunska, ali ne i dovoljna aktivnost u smislu kontinualne kontrole kvaliteta DTTB, i prevashodno se može koristiti u slučaju postojanja žalbi na kvalitet servisa koje pruža sistem DTTB u nekoj široj oblasti, ili za povremenu kontrolu zone pokrivanja DTTB mreže i njenog poređenja sa onom dobijenom korišćenjem analize putem odgovarajućih softverskih paketa;
- MMS sa odgovarajućom opremom se naravno može koristiti za potrebe istraživanja i razrešavanja interferencije vezane za rad DTTB mreže, kao i za eventualnu detekciju uzroka problema u prijemu DVB-T2 signala u datoj oblasti usled SFN načina rada;
- merna vozila Službe za kontrolu, kao i merni timovi, su u potpunosti opremljeni i osposobljeni da uspešno, a u skladu sa postojećim uputstvom, [5], izvrše redovnu ili eventualno vanrednu kontrolu tehničkih i drugih parametara TV radio stanica koje emituju po standardu DVB-T2. Ova aktivnost, iako značajna, prevashodno spada u osnovne zadatke Službe za kontrolu, kojom se preventivno ili reaktivno obezbeđuje kontrola u smislu detekcije i otklanjanja nepravilnosti u radu radio-stanica i radiodifuznih predajnika, tj. predstavlja osnovni element kontrole kvaliteta rada bilo kog radio sistema.

Na osnovu svega izloženog može se zaključiti da pojedini elementi postojećeg i planiranog sistema za monitoring RF spektra, mogu na neki način poslužiti za prikupljanje dodatnih podataka vezanih za procenu kvaliteta rada sistema DTTB, ali da sam po sebi ovaj sistem ne predstavlja realan osnov za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB.

Ipak, pri razvoju specijalizovanog sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB ima smisla uzeti u razmatranje korišćenje lokacija regionalnih RFMS, kao i lokacija KMC, za smeštanje opreme ovog specijalizovanog sistema. Naime, lokacije RFMS i KMC izabrane su

na takav način da se sa njih pokriva (u smislu mogućnosti detekcije, prijema i analize radio signala) rad predajnika na najvećem delu teritorije Republike Srbije. Samim tim, ove lokacije su tako izabrane, što je i bio jedan od kriterijuma pri njihovom izboru, [33], da omoguće da se sa njih detektuje i sa veoma velikim nivoom kvaliteta prime signali predajnika DTTB mreže. Iz navedenog razloga, postavljanje elemenata (mernih senzora/prijemnika) sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB na lokacijama regionalnih RFMS i KMC, omogućava istovremenu detekciju, prijem, demodulaciju i analizu signala koji potiče sa većeg broja predajnika DTTB mreže.

Osim toga, treba imati u vidu i to da se na lokacijama regionalnih RFMS već planira izgradnja kontrolno-mernih stanica RATEL-a, odnosno da će u sklopu tih aktivnosti svakako biti izvršena izgradnja antenskih instalacija (stubovi), uređenje pristupa lokaciji kao i same lokacije, odnosno biće obezbeđeno napajanje električnom energijom i odgovarajući IP pristup (preko komunikacionih linkova ka KMC) za opremu koja će se smeštati na ovim lokacijama za potrebe rada sistema za monitoring RF spektra. Samim tim, kolokacija mernih prijemnika sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB sa regionalnim RFMS i KMC, ne zahteva nikave dodatne troškove osim troškova za nabavku i smeštanje specifične merne opreme i realizacije antenskog sistema i pratećih instalacija na već postojećim antenskim stubovima. U suštini, za rad prijemnika ovog sistema mogli bi se koristiti i već planirani antenski sistemi regionalnih RFMS i KMC, ali bi se na taj način delimično narušile performanse primarnih sistema za monitoring RF spektra, a koji realno imaju znatno veći prioritet i značaj od zadataka vezanih za kontrolu kvaliteta sistema DTTB.

6. PRINCIPI MERENJA I MONITORINGA DVB-T2 SISTEMA

U ovoj glavi dat je pregled osnovnih principa merenja i monitoringa DVB-T2 sistema. Najpre je dat pregled preporuka, tehničkih specifikacija i drugih ITU i ETSI dokumenata koji se odnose na problem merenja i monitoringa DVB i DTTB sistema u cilju tehničke kontrole kvaliteta rada ovih sistema. Nakon toga, prikazan je i pregled različitih parametara DVB-T2 signala i MPEG-2 TS koji se mere u cilju kontrole kvaliteta rada DVB-T2 sistema. Pri tome, treba istaći da su osnovni koncepti sistema za kontinualno praćenje kvaliteta rada DTTB sistema, a koji su specificirani u okviru odgovarajućih ITU i ETSI dokumenata, primarno definisani i razmatrani sa stanovišta primene od strane operatora DTTB sistema. U tom smislu, određen broj parametara, kao i samih procedura i pristupa problemu monitoringa nije primenjiv na strani prijemnika DVB-T2 signala, a što je slučaj koji se razmatra u okviru ove Studije. Ipak, ovde opisani parametri koji se mere na različitim nivoima DTTB sistema, predstavljaju osnovne mere performansi sistema nezavisno od toga za čije potrebe se obavlja proces monitoringa kvaliteta DTTB mreže.

6.1 PREGLED ETSI STANDARDA I ITU PREPORUKAU OBLASTI MERENJA I MONITORINGA DVB SISTEMA

U okviru ITU dokumenta ITU-R Report BT.2389-0: “*Guidelines on measurements for digital terrestrial television broadcasting systems*”, [35], definisani su neophodni zahtevi i metodi za potrebe praćenja i održavanja kvaliteta rada DTTB sistema tokom puštanja u rad, ali i tokom njihove operativne primene. Održavanje kvaliteta rada DTTB sistema, i to za celokupni digitalni sistem prenosa do krajnjeg korisnika, je jedan od vitalnih zadataka tokom tehničke eksploatacije mreže, čije zanemarivanje vodi do značajnog pogoršanja performansi. Detekcija otkaza, kao i identifikacija uzroka otkaza, predstavlja relativno složen problem za tehnološki kompleksan DTTB sistem. Iz tog razloga, kao najefikasniji pristup posmatra se primena kontrole tehničkih performansi pri prenosu po putanji sa kraja na kraj uz primenu višeslojnog OSI (*Open System Interconnection*) referentnog modela. Odnosno, ovakav pristup zahteva da se praćenje tehničkog kvaliteta rada DVB sistema implementira na nivoima fizičkog sloja prenosa, transportnog sloja, RF kanala, kao i na aplikacionom sloju i sloju prezentacije. Pristup zahteva da se definišu odgovarajuće granične vrednosti za nadgledane

(monitorisane) tehničkih parametre, a čije prekoračenje (tj. odstupanje iz dozvoljenog opsega vrednosti) ukazuje na značajno pogoršanje kvaliteta servisa i pogoršanje performansi sistema.

Trenutno postoji određen broj tehničkih rešenja za kontrolu kvaliteta rada na različitim OSI slojevima, ali su normativne vrednosti često nedefinisane ili je ta definicija ograničena na nivo specifikacije dozvoljenih opsega vrednosti signala na ulazu DVB prijemnika i uskog skupa drugih parametara. Pri tome, kada se posmatra RF signal na ulazu DVB prijemnika, osim direktne interferencije od drugih predajnika/servisa postoji i određen broj drugih uzroka degradacije kvaliteta signala na prijemu, kao što su na primer: izobličenje usled neidealnosti kvadraturnog demodulatora, pojava faznog šuma, pojava nelinearnih izobličenja i slično. Efekti navedenih pojava moraju se posmatrati u okviru procesa procene i potiskivanja negativnog uticaja ovih efekata na performanse sistema pri prenosu sa kraja na kraj (*end-to-end*), čak i kada je zadovoljen uslov zahtevanog nivoa ulaznog signala. Dodatno, određivanje uzroka pogoršanja kvaliteta prijema signala u realnom vremenu predstavlja izuzetno složen problem, a posebno stoga što se u realnom radu sistema često javlja kombinacija više efekata.

Uzimajući u obzir sve navedene faktore, identifikacija dozvoljenih nivoa izobličenja predstavlja izuzetno važan zadatak, nezavisno od toga da li je u pitanju degradacija izazvana usled dejstva jednog ili usled kombinacije više faktora. Dodatni problem predstavlja identifikacija mehanizma usled kojeg nastaje degradacija, kao i razvoj metoda sa ciljem ograničavanja negativnih uticaja na kvalitet servisa. Konačno, svako tehničko rešenje za merenje tehničkih parametara i monitoring kvaliteta rada DVB sistema mora da uzme u obzir i postojanje različitih parametara i konfiguracija pri implementaciji DTTB sistema, kao i uticaj različitih uslova prijema koji se javljaju u praksi.

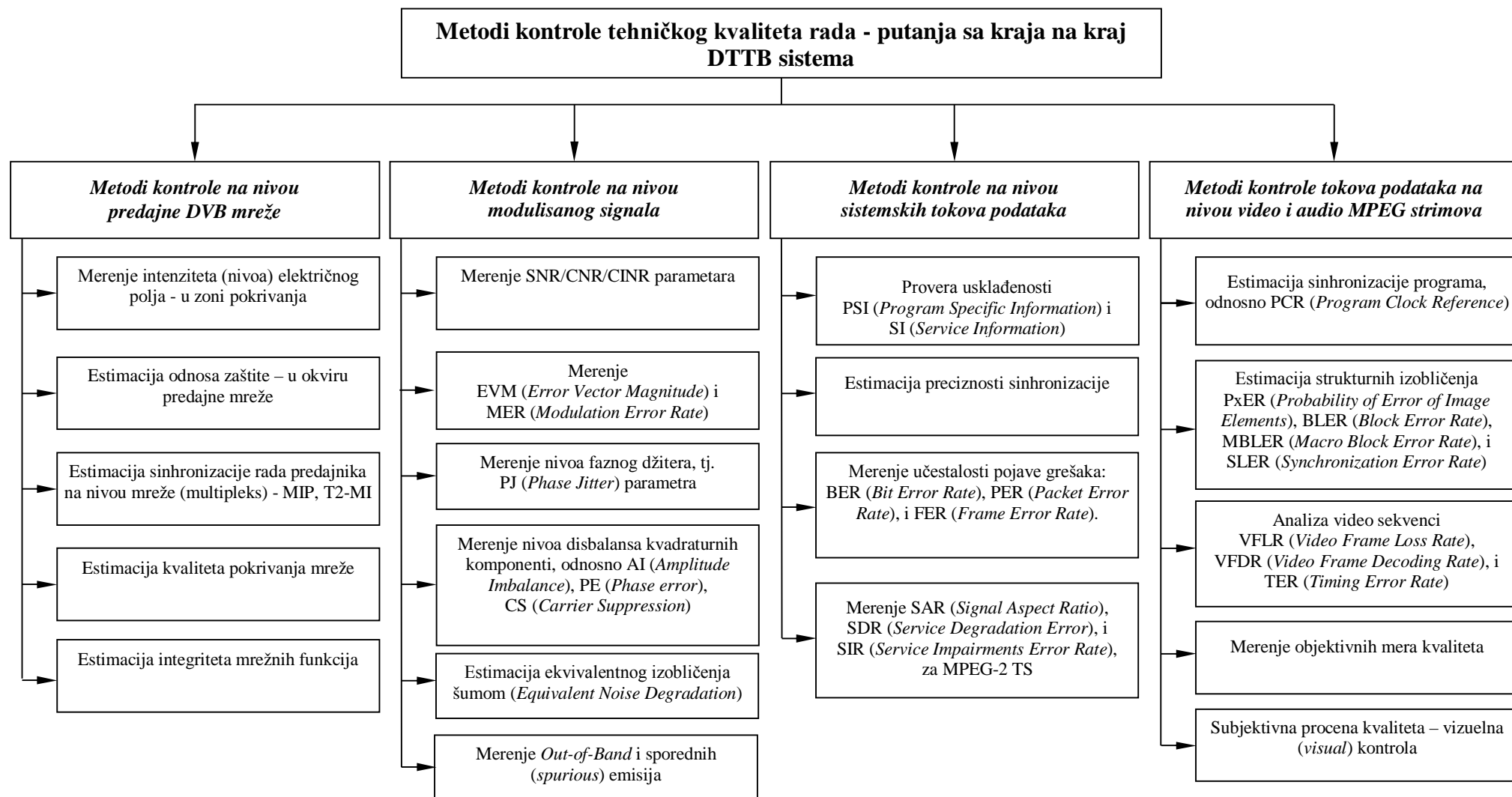
6.1.1 Osnovni principi merenja i monitoringa DTTB sistema

6.1.1.1 Parametri za tehničku kontrolu kvaliteta rada DTTB sistema

Pristupi za implementaciju kontrole tehničkog kvaliteta rada DTTB mreže (servisa) se razlikuju u smislu nivoa OSI referentnog modela na kome se sprovodi analiza usaglašenosti primljenog signala sa određenom standardnom strukturom ili graničnim vrednostima merenih parametara. Uzimajući u obzir složenost procesa obrade i prenosa u okviru DTTB sistema, analiza putanje sa kraja na kraj sistema se može izvesti na nivou fizičkog sloja prenosa (analiza fazorskog dijagrama, konstelacije, ili RF signala), na nivou kanala i/ili transportnog sloja (analiza MPEG-2 TS ili nekog drugog toka podataka), na nivou radio mreže (analiza preciznosti sinhronizacije rada predajnika u SFN mreži, degradacija kvaliteta prijema kao posledica interferencije izazvane signalima drugih predajnika DTTB mreže, analiza kvaliteta pokrivanja), na nivou sloja prezentacije (analiza video i audio MPEG tokova podataka), kao i na aplikacionom sloju (vizuelna kontrola ili varijante implementacije kontrole na bazi automatskog monitoringa).

Generalizacija postojećih metoda kontrole tehničkog kvaliteta rada DTTB sistema je data na slici 6.1, [35]. U skladu sa datim prikazom, celokupan proces tehničke kontrola rada DTTB sistema može se podeliti u 4 osnovne klase:

- metode kontrole na nivou predajne DVB mreže;
- metode kontrole na nivou modulisanog signala;
- metode kontrole na nivou sistemskih tokova podataka; i
- metode kontrole tokova podataka audio i video MPEG strimova.



Slika 6.1 – Klasifikacija metoda kontrole rada DTTB sistema sa kraja na kraj putanje prenosa, [35].

Na nivou DTTB mreže, kontrola tehničkog kvaliteta rada sistema uobičajeno se izvodi na osnovu merenja intenziteta (nivoa) električnog polja korisnog signala u datoj servisnoj zoni uz određivanje procenata tačaka sa uspešnim prijemom, tj. u kojima je nivo signala u okviru postavljenih granica koje omogućavaju uspešan prenos televizijskog signala sa kraja na kraj. Postupak merenja se izvodi u skladu sa mernim procedurama koje uključuju korišćenje skupa merne opreme koji je definisan ITU-R dokumentima, izveštajima (*Reports*) i preporukama (*Recommendations*), i to:

- Preporuka ITU-R BT.1735-1: “*Methods for objective reception quality assessment of digital terrestrial television broadcasting signals of System B specified in Rec. ITU-R BT.1306*”;
- Preporuka ITU-R SM.1875-2: “*DVB-T coverage measurements and verification of planning criteria*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2035: “*Guidelines and techniques for the evaluation of digital terrestrial television broadcasting systems including assessment of their coverage areas*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2137: “*Coverage prediction methods and planning software for digital terrestrial television broadcasting (DTTB) networks*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2143: “*Boundary coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2252: “*Objective quality coverage assessment of digital terrestrial television broadcasting signals of Systems A and B*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2254: “*Frequency and network planning aspects of DVB-T2*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2341: “*TV receiver subjective picture failure thresholds and the associated minimum quasi error free levels for good quality reception*”.

Kontrola tehničkog kvaliteta rada na nivou DTTB mreže, određuje se i na osnovu nivoa interferencije koja postoji na ulazima prijemnika na granici servisne zone. Ova interferencija nastaje kao posledica rada drugih predajnika (iste ili druge radio-mreže). Nivo interferencije se reguliše kroz postupak radio planiranja i na osnovu uvedenih restrikcija za tehničke parametre instalacija radio predajnika (izračena snaga, dozvoljen nivo nestabilnosti učestanosti nosioca, ...). Tehnički kvalitet rada DTTB sistema na ovom nivou posmatra se u sledećim ITU-R dokumentima, izveštajima (*Reports*) i preporukama (*Recommendations*):

- Preporuka ITU-R BT.1368-9: “*Planning criteria, including protection ratios, for digital terrestrial television services in the VHF/UHF bands*”;
- Preporuka ITU-R BT.2033: “*Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in VHF/UHF bands*”;
- Preporuka ITU-R BT.2052: “*Planning criteria for terrestrial multimedia broadcasting for mobile reception using handheld receivers in VHF/UHF bands*”;
- Preporuka ITU-R BT.1895: “*Protection criteria for terrestrial broadcasting systems*”;
- Preporuka ITU-R BT.2036: “*Characteristics of a reference receiving system for frequency planning of digital terrestrial television systems*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2382: “*Description of interference into a digital terrestrial television receiver*”.

Dodatni element kontrole tehničkog kvaliteta rada na nivou DTTB mreže predstavlja estimacija sinhronizacije rada mreže, koja u slučaju primene SFN mrežnog modela određuje nivo interferencije unete od strane predajnika iz bliskih servisnih zona. ITU-R dokumenti,

izveštaji (*Reports*) i preporuke (*Recommendations*), i ETSI dokumenti, na osnovu kojih se donose tehničke odluke u vezi sa obezbeđivanjem sinhronizacije rada DTTB predajnika su:

- Izveštaj ITU-R BT.2209: “*Calculation model for SFN reception and reference receiver characteristics of ISDB-T system*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2253: “*GPS timing receivers for DVB-T SFN application: 10 MHz phase recovery*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2294: “*Construction technique of DTTB relay station network for ISDB-T*”;
- Specifikacija ETSI TS 101 191: “*Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization*”;
- Specifikacija ETSI TS 102 773: “*Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator Interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*”;
- Specifikacija ETSI TS 102 992: “*Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system*”.

Kontrola kvaliteta rada DTTB sistema u svim okruženjima distribucije i radio-difuzije TV programa (satelitski, terestički, kablovski sistemi) na nivou modulisanog signala definisani su osnovnim DVB standardima, odnosno za DVB-T2 sisteme skupom ETSI standarda navedenim u tabeli 2.1 u glavi 2.

Kontrola tehničkog kvaliteta rada na nivou tokova podataka video i audio MPEG strimova, definiše se na osnovu procene tehničkog kvaliteta prenosa i kompresije audio i vizuelnih informacija. Među normativnim dokumentima koji se bave ovim vidom kontrole kvaliteta mogu se kao posebno značajni navesti sledeća ITU-R dokumenta, izveštaji (*Report*) i preporuke (*Recommendation*):

- Preporuka ITU-R BT.1737: “*Use of the Recommendation ITU-T H.264 (MPEG-4/AVC) video source-coding method to transport high definition TV programme material*”;
- Preporuka ITU-R BT.1122-2: “*User requirements for codecs for emission and secondary distribution systems for SDTV and HDTV*”;
- Preporuka ITU-R BT.1203-1: “*User requirements for generic video bit-rate reduction coding of digital TV signals for an end-to-end television system*”;
- Preporuka ITU-R BT.1380-1: “*Standards for bit rate reduction coding systems for SDTV*”;
- Preporuka ITU-R BT.1870: “*Video coding for digital television broadcasting emission*”;
- Preporuka ITU-R BT.500-13: “*Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures*”;
- Preporuka ITU-R BT.813: “*Methods for objective picture quality assessment in relation to impairments from digital coding of television signals*”;
- Preporuka ITU-R BT.1676: “*Methodological framework for specifying accuracy and cross-calibration of video quality metrics*”;
- Preporuka ITU-R BT.1683: “*Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a full reference*”;

- Preporuka ITU-R BT.1790: “*Requirements for monitoring of broadcasting chains during operation*”;
- Preporuka ITU-R BT.1885: “*Objective perceptual video quality measurement techniques for standard definition digital broadcast television in the presence of a reduced bandwidth reference*”;
- Preporuka ITU-R BT.1907: “*Objective perceptual video quality measurement techniques for broadcasting applications using HDTV in the presence of a full reference signal*”;
- Preporuka ITU-R BT.1908: “*Objective video quality measurement techniques for broadcasting applications using HDTV in the presence of a reduced reference signal*”;
- Preporuka ITU-R BT.2073-0: “*Use of the high efficiency video coding (HEVC) standard for UHDTV and HDTV broadcasting*”;
- Preporuka ITU-R BT.2021: “*Subjective methods for the assessment of stereoscopic 3DTV systems*”;
- Izveštaj ITU-R BT.2020: “*Objective quality assessment technology in a digital environment*”; i
- Izveštaj ITU-R BT.2341: “*TV receiver subjective picture failure thresholds and the associated minimum quasi error free levels for good quality reception*”.

Na osnovu prethodnog mogu se definisati sledeći indeksi za kvalitet rada DTTB sistema na nivou tokova podataka audio i video MPEG strimova:

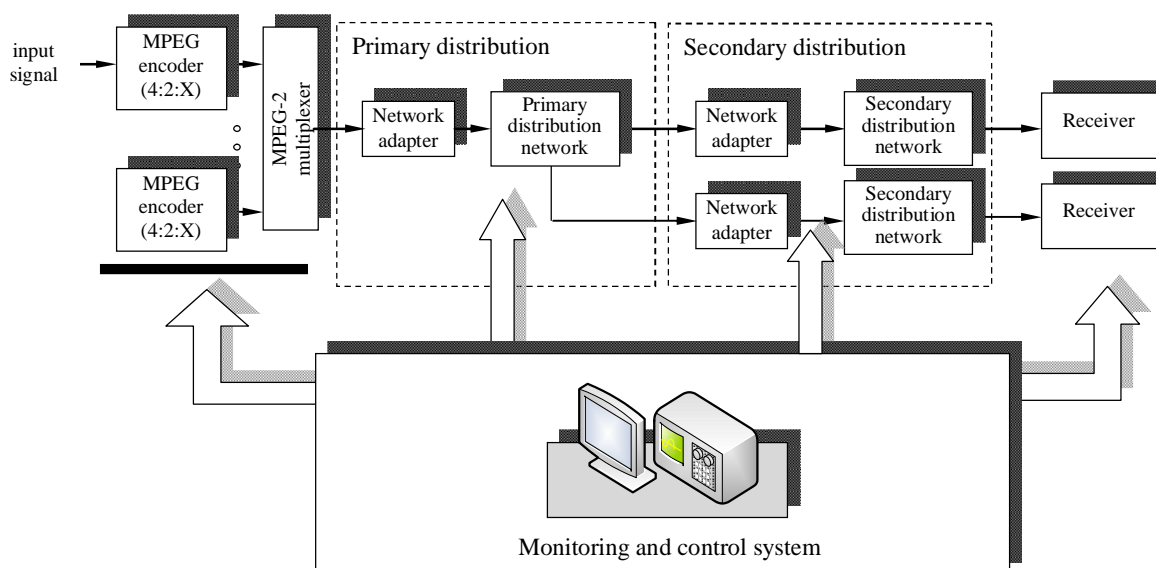
- Preciznost sinhronizacije programa (npr. džiter i greške signala sinhronizacije);
- Parametri video sekvenci u vremenskom domenu, kao što su VFLR (*Video Frame Loss Rate*), VFDR (*Video Frame Decoding Rate*), i TER (*Timig Error Rate*);
- Objektivno merenje kvaliteta (ITU-R BT.1908, ITU-R BT.1683 i ITU-R BT.2020); i
- Subjektivna estimacija kvaliteta (*visual control*).

6.1.1.2 Principi monitoringa DTTB sistema od strane operatora sistema

Monitoring rada DTTB mreže pri prenosu sa kraja na kraj, predstavlja veoma važan deo tehničkog održavanja sistema koje se sprovodi od strane operatora sistema. Monitoring sistema osim blagovremene detekcije uzroka/porekla otkaza, degradacije digitalnog kvaliteta ili statusa određenih objekta monitoringa, omogućava i analizu promena digitalne radio-difuzne mreže u određenom dugačkom intervalu vremena, kao i predikciju mogućih uzroka/porekla otkaza ili promena statusa. U ITU preporuci ITU-R BT.2389-0 opisan je generalni model za monitoring DTTB sistema.

Uzrok, izvor ili poreklo otkaza, degradacija digitalnog kvaliteta ili promena statusa objekta monitoringa mogu se odrediti proverom usaglašenosti sa generičkim standardom ili specifikacijom sa odgovarajućim tehničkim ili drugim normama. Poštovanje ovih normi bi u najvećem broju situacija trebalo da garantuje postizanje zahtevanog nivoa tehničkog kvaliteta rada DTTB sistema. U zavisnosti od dimenzija i složenosti posmatrane digitalne DTTB mreže sistem za monitoring se može implementirati ili kao distribuirani sistem sa odvojenim centrima za potrebe monitoringa (koji obavljaju kontrolu rada mreže digitalnih predajnika za dati region) ili kao centralizovani sistem u kome se kontrola celokupne predajne mreže obavlja iz jednog centra za monitoring.

U ovom trenutku, operatori mreža u najvećem broju slučajeva primenjuju pristup sa automatskim hardverskim sistemom za monitoring, kojim se povećava efikasnost sistema u pogledu operabilnosti, kao i u pogledu broja mrežnih objekata čiji se rad simultano nadgleda. Ipak, i kod ovih sistema i dalje postoji potreba za interakcijom operatera, i to najčešće u koordinaciji tokom procesa otklanjanja posledica otkaza i drugih procedura. U zavisnosti od strukture sistema, monitoring DTTB sistema sa kraja na kraj može se implementirati nakon formiranja programskog sadržaja, kao i na izlazu primarne i sekundarne distribucione mreže, odnosno na izlazu referentnog prijemnika, kao što je prikazano na slici 6.2.



Slika 6.2 – Monitoring sa kraja na kraj putanje prenosa u različitim segmentima DTTB, [35].

Uzimajući u obzir višeslojnu strukturu DTTB mreže, monitoring procesa prenosa se može implementirati preko dva osnovna pristupa: monitoring na jednom ili na više slojeva mreže. Pri tome, monitoring se najčešće odvija na nivou tokova podataka audio i video MPEG strimova, na nivou MPEG TS, na nivou RF signala i na nivou digitalne mreže predajnika. Realizacija istovremenog monitoringa na više nivoa predstavlja najefikasnije rešenje, usled toga što se može javiti akumulacija i propagacija grešaka pri procesiranju na različitim slojevima, čime se značajno usložnjava problem detekcije uzroka/izvora grešaka. U nastavku teksta biće dat pregled parametara koji predstavljaju predmet monitoringa na svakom od ovih nivoa.

Određena ITU-R dokumenata definiše neke osnovne principe implementacije sistema za monitoring DTTB sistema, od kojih treba posebno istaći sledeće:

- Preporuka ITU-R BT.1790: “*Requirements for monitoring of broadcasting chains during operation*”;
- Preporuka ITU-R BT.1865: “*Metadata to monitor errors of SDTV and HDTV signals in the broadcasting chain*”; i
- Preporuka ITU-R BT.2026: “*Guidelines on the implementation of systems for in-service objective measurement and monitoring of perceptual transparency for the distribution chain of SDTV and HDTV programmes*”.

Opšti zahtevi sistema za monitoring su definisani u preporuci ITU-R BT.1790. U skladu sa ovom preporukom osnovni zahtevi vezani za monitoring statusa i kvaliteta, su:

- mogućnost obavljanja monitoringa sistema tokom regularnog pružanja servisa;
- primenljivost za sve video formate u upotrebi (npr. SDTV, HDTV, UHD TV i 3DTV);
- primenljivost za sve podržane vrednosti protoka korisničkih informacija, nezavisno od toga da li je primenjeno VBR ili CBR kodiranje;
- primenljivost za sve binarne protoke koje podržava DVB tehnologija;
- primenljivost za sve podržane i korišćene parametre i postupke kodiranja;
- primenljivost za sve različite izvore degradacije kvaliteta (npr. faktore kompresije ili verovatnoće greške pri prenosu);
- mogućnost praćenja izvora i uzoraka nepravilnog rada, otkaza i degradacije; i
- dostupnost preciznih informacija za potrebe prebacivanja na rezervni (redundantni) sistem na osnovu dobijenih rezultata monitoringa.

U navedenim ITU-R preporukama date su detaljne informacije o zahtevima koje treba da ispuni sistem za monitoring statusa i kvaliteta, kao i o odgovarajućoj opremi. Pri tome, jedan od pristupa praktičnoj implementaciji sistema za monitoring kvaliteta u produkciji TV sadržaja, a na osnovu korišćenja meta podataka, definisan je u preporuci ITU-R BT.1865. Ovaj pristup se zasniva na tome što se, pri prosleđivanju audio i vizuelnog sadržaja sa kraja na kraj, u tok podataka utiskuju određeni meta podaci (*metadata*). Ovi meta podaci sadrže informaciju vezanu za trenutne rezultate analize sadržaja. Poređenjem trenutnih meta podataka i onih umetnutih u *upstream* pravcu, moguće je obezbediti monitoring audio i video signala u cilju detekcije pojave problema. Osnovni principi implementacije ovakvog tipa sistema, sa definisanim objektivnim postupcima merenja i monitoringa perceptivne transparentnosti za lanac distribucije SDTV i HDTV programa dati su u preporuci ITU-R BT.2026.

Za potrebe monitoringa DTTB sistema, najčešće se koristi tehničko rešenje sa primenom SNMP (*Simple Network Management Protocol*) protokola, a koje se bazira na primeni MIB (*Management Information Base*) kao objedinjenog alata za razmenu dijagnostičkih i drugih podataka o nadgledanim objektima. U najvećem broju slučajeva, bazični elementi za primenu MIB-a obezbeđuju se od strane proizvođača opreme za emitovanje ili drugih organizacija koje se bave standardizacijom DVB tehnologija u cilju određivanja osnovnih principa ili kompatibilnosti opreme za upravljanje različitim proizvođača. Na primer, specifikacija ETSI TS 102 032 definiše SNMP MIB bazu za potrebe merenja i testiranja DVB sistema.

Druge varijante implementacije sistema za monitoring zasnivaju se na primeni virtuelnog kanala za monitoring (*Virtual Monitoring Channel, VMC*) na bazi MPEG-2 TS. U ovoj varijanti koriste se specifične tabele sa servisnim informacijama koje sadrže posebne informacije o dijagnostici vezane za status nadgledanih objekata kao i rezultata određenih tipova merenja kojima se direktno specificira indikator kvaliteta (npr. BER) DTTB sistema. Primer praktične implementacije sistema zasnovanog na ovom pristupu dat je u specifikaciji ETSI TR 101 291.

6.1.1.3 Sistemska merenja i analize DTTB sistema

U okviru kontrole na nivou digitalno modulisanog signala osnovni parametri za tehničku kontrolu kvaliteta rada DTTB sistema su:

- odnos srednje snage signala i šuma (*Signal-to-Noise Ratio, SNR*), odnos srednje snage nosioca i šuma (*Carrier-to-Noise Ratio, CNR*), i odnos srednje snage nosioca i interferencije + šuma (*Carrier-to-Interference-and-Noise Ratio, CINR*);
- MER (*Modulation Error Ratio*) i EVM (*Error Vector Magnitude*);

- nivo izobličenja kvadrature grana, koji se karakteriše parametrima: disbalans amplitude (*Amplitude Imbalance*, AI), fazna greška (*Phase Error*, PE), nivo potiskivanja nosioca (*Carrier Suppression*, CS);
- fazni džiter (*Phase Jitter*, PJ);
- ekvivalentna degradacija šumom (*Equivalent Noise Degradation*, END); i
- nivo *out-of-band* emisija (*shoulder attenuation*).

Nakon estimacije SNR, CNR i CINR u korišćenom RF kanalu, izmerena vrednost se poredi sa zahtevanom graničnom vrednošću u kome DTTB sistem radi u QEF (*Quasi-Error-Free*) modu rada. Osim toga, treba imati u vidu da nije od značaja samo apsolutna vrednost parametra već i razlika između izmerene i zahtevane vrednosti. Granične vrednosti za CNR i SNR za različite implementacije DTTB sistema su definisane u odgovarajućim normativnim dokumentima.

Uobičajeni parametri za estimaciju kvaliteta modulacije su MER i EVM. U okviru DVB-T/T2 standarda se koristi COFDM, što zahteva merenja vezana za ovaj tip modulacije sa više nosilaca i strukturu RF signala. Merenja se koriste za potrebe estimacije degradacije signala na pojedinačnom ili na svim nosiocima (*sub-carriers*) OFDM signala. Detaljne informacije o parametrima koji se mere u slučaju ovog tipa analize za DVB-T2 sistem date su u narednom poglavlju, a sama merenja su detaljno opisana u [36].

Skup merne opreme kojom se u principu obavljaju merenja ovog tipa, uz uslov da oprema podržava određeni DVB standard, uključuje:

- analizator spektra;
- merni prijemnik sa mogućnošću obavljanja analize konstelacije, estimacije odziva kanala (amplituda, faza, grupno kašnjenje i analiza impulsnog odziva), i BER;
- testni predajnik za merenje DTTB prijemnika;
- MPEG 2 TS generatori i generatori šuma; i
- MPEG-2 dekoderi za testiranje i TV monitori.

6.1.1.4 Merenja i analize na nivou predajne DTTB mreže

Sva merenja koje se izvode na nivou mreže predajnika DTTB sistema mogu se klasifikovati na:

- periodična merenja i merenja koja se obavljaju u slučaju otkaza ili tokom inicijalne faze implementacije sistema;
- standardna merenja koja se izvode tokom pružanja servisa (*in-service*) ili kada se određeni elementi ne koriste za pružanje servisa (*out-of-service*); i
- merenja u fazi tehničkog održavanja DTTB mreže (tokom postavljanja mreže i tokom operativnog rada mreže).

Tokom inicijalne faze implementacije mreže, osnovni ciljevi merenja su:

- Kontrola kvaliteta pokrivanja (u sklopu procesa potvrđivanja rezultata frekvencijskog planiranja ili kao rutinska procedura za evaluaciju kvaliteta prijema na različitim lokacijama u servisnoj zoni kako bi se ostvarilo dalje poboljšanje pokrivenosti). Tehnike koje se koriste za ovaj tip merenja, kao i neka praktična iskustva i rezultati ovog tipa merenja su dati u poglavlju 6.1;
- Procena uticaja drugih predajnika u okviru DTTB mreže (postojećih ili onih koji se puštaju u operativni rad), ili drugih instalacija radio-predajnika koji rade u istim ili susednim RF kanalima sa posmatranim DTTB predajnikom.

Između ostalih parametara koji se mere u ovoj fazi implementacije DTTB sistema, obično se razmatra merenje:

- intenziteta (nivoa) električnog polja na lokacijama prijemnika;
- CNR ili drugih ekvivalentnih parametara (SNR , E_s/N_0 , E_b/N_0), kao i proširene verzije ovih parametara koje uzimaju u obzir i dodatne elemente (npr. SINR kada se u obzir uzima interferencija);
- zaštitnog odnosa (*Protection Ratio*, PR) za posmatrane prijemne lokacije na granici servisne zone;
- intenziteta *cliff* efekta u smislu uticaja na digitalni prikaz (vizuelna kontrola i dekodabilnost) korišćenjem različitih kriterijuma, npr. SFP (*Subjective Failure Point*); i
- BER za potrebe testiranja moda prijema DTTB kanala (u QEF ili non-QEF modu).

Analizom svih navedenih parametara može se odrediti ukupni kvalitet pokrivanja DTTB mreže, i izvršiti karakterizacija kvaliteta rada na nivou predajne mreže u prisustvu signala interferencije drugih predajnika.

Principi merenja su isti pri dodavanju novih predajnika u okviru postojeće DTTB mreže (npr. u cilju poboljšanja pokrivenosti ili povećanja kapaciteta). Osnovna razlika je u smislu izbora minimalnog skupa parametara koji se meri i suženog skupa merenja. Tokom ovog procesa, kvalitet pokrivanja signalom novouvedenog predajnika ocenjuje se na osnovu prethodno pomenutih parametara i kriterijuma u fazi inicijalne implementacije, uz kontrolu i proveru usaglašenosti sa zahtevanim zaštitnim odnosima u cilju minimizacije interferencije od drugih predajnika u mreži ili predajnika drugih sistema.

Periodični monitoring kvaliteta ostvarenog pokrivanja DTTB mreže koristi se kako bi se identifikovali nedostaci (*gaps*) u primarnom pokrivanju, a koji nisu identifikovani tokom primarne inspekcije. Ovakva merenja se najčešće obavljaju u okviru tehničkog održavanja predajnika. Ipak, osnovni tip kontrole kvaliteta pokrivanja je periodični monitoring integriteta i performansi delova digitalnog strima. Obično se kontrola integriteta izvodi za pomoćne tokove podataka kojima se prenose informacije bitne za sinhronizaciju mreže i druge mrežne funkcije, kao i u formi evaluacije tačnosti sinhronizacije na nivou mreže. Parametri koji se kontrolišu za prethodno pomenute dodatne (*auxiliary*) digitalne tokove podataka delimično su objašnjeni u poglavlju 6.2 u kome se razmatra kontrola kvaliteta MPEG-2 TS. Detekcija praznina u pokrivanju se izvodi korišćenjem istih parametara kao i tokom inicijalne faze implementacije mreže, ali na osnovu znatno manjeg broja merenja, i za suženi skup parametara.

Estimacija preciznosti sinhronizacije na nivou tokova podataka se zasniva na korišćenju različitih modifikacija MPEG-2 TS sistemskih transportnih strimova, pri čemu bazični skup parametara uključuje:

- estimacija preciznosti sinhronizacije na osnovu PCR (*Program Clock Reference*) za strimove sa određenim PID i sistemskim satom u TS pri postojanju džitera. Obično se procenjuju frekvencijski pomak sata, *drift*, ukupan džiter, i preciznost PCR.
- Estimacija TS protoka koji varira usled otkaza bafera multipleksera i re-multipleksera.

Skup merenja za određeni tip DTTB sistema razlikuje se u zavisnosti od parametara implementacije. Generalno, određen tip merenja se izvodi za predajnike SFN mreže, pri čemu je bitan cilj da se obezbedi sinhronizacija emitovanja u skladu sa geografskim lokacijama i drugim faktorima. Ako trenutna mreža ne ispunjava zahteve u pogledu sinhronizacije rada predajnika, to može dovesti do značajnog smanjenja kvaliteta rada DTTB mreže, do povećanja nivoa interferencije i drugih negativnih posledica.

Skup merenja se definiše analizom posmatranog DTTB sistema, odnosno pristupa za obezbeđivanje sinhronizacije SFN predajnika. Generalno, u slučaju OFDM zasnovanog DTTB sistema, veoma je bitno obezbediti stabilnost učestanosti nosioca, kao i frekvencije odabiranja za izlazni signal modulatora. Merenje navedenih parametara za potrebe provere usaglašenosti sa normativnim vrednostima predstavlja deo procesa za osiguranje uspešne sinhronizacije na nivou bita i učestanosti za signal na izlazu predajnika u SFN mreži.

Osim toga, veoma je bitno merenje ukupnog kašnjenja duž putanje prenosa u DTTB sistemu za potrebe podešavanja trenutaka emitovanja signala u okviru SFN mreže. Navedena poboljšanja su potrebna pošto se njima obezbeđuje uspešna vremenska sinhronizacija rada predajnika. Tipičan pristup za obezbeđivanje sinhronizacije je korišćenje univerzalnog referentnog sata.

U zavisnosti od generacije sistema (DVB-T ili DVB-T2) izvodi se estimacija različitih komponenti linka ili mrežnog sloja. Karakteristike specijalnog paketa (*Mega-Frame Initialization Packets*, MIP), koji se koristi za sinhronizaciju predajnika u okviru iste SFN mreže se estimiraju u okviru DVB-T/T2 sistema. U stvari, obavlja se sledeća evaluacija:

- provera integriteta MIP paketa (test usaglašenosti sintakse i test periodičnosti MIP *jittera*).
- provera insertovanja MIP paketa u TS; i
- preciznost STS (*Synchronization Time Stamp*) ubačenih u MIP pakete.

Osnove i detaljni opis prethodno pomenutih merenja dati su u ETSI TR 101 191 i ETSI TR 101 290 specifikacijama. U specifikaciji ETSI TR 101 290 dati su i detalji vezani za merenja i monitoring posebnog toka podataka T2-MI koji se koristi za potrebe implementacije SFN mreža u okviru DVB-T2 sistema.

Skup potrebne merne opreme potrebne za realizaciju merenja i analizu na nivou mreže predajnika, kao i podržane funkcionalnosti, zavise od faze tehničkog održavanja u okviru kojih se merenja i analize izvode. Stoga, može se posmatrati osnovni i prošireni skup opreme i funkcionalnosti.

U osnovni skup opreme spadaju: kalibrisana antena, GPS prijemnik, analizator spektra i analizator eho signala, analizator protokola sa merenjem osnovnih parametara kao što su BER, MER, CNR. Svi pomenuti analizatori mogu biti implementirani u okviru jednog portabilnog mernog uređaja sa osnovnim funkcionalnostima.

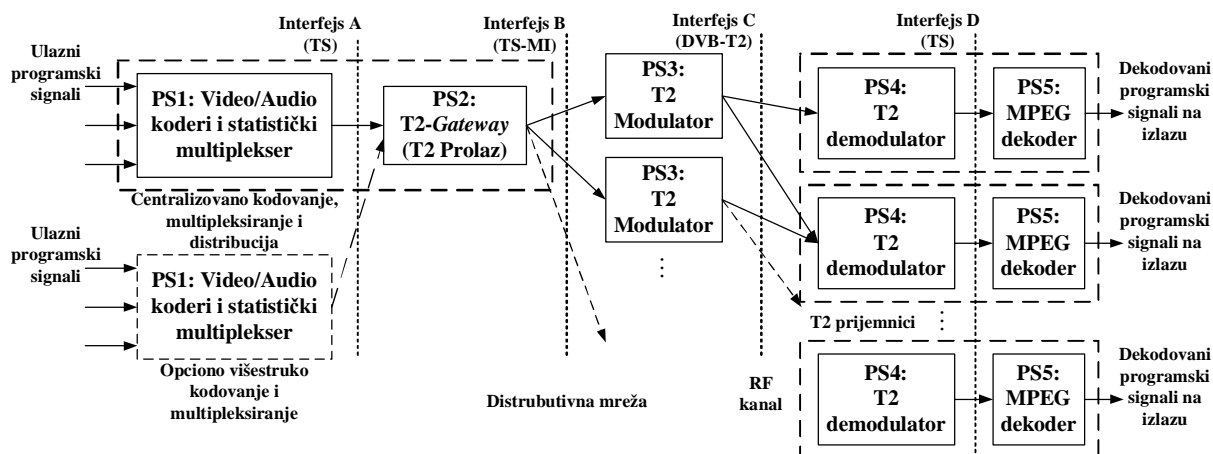
Prošireni skup opreme, osim osnovnog skupa, može uključivati analizatore za sinhronizacione signale i protokole (npr. T2-MI, DVB-T MIP, ...). Osim toga, ova oprema treba da podrži i prošireni skup funkcionalnosti (npr. snimanje i analizu TS u realnom vremenu i drugih specijalnih tokova podataka za potrebe detekcije grešaka i sintakse).

6.2 MERENJE I MONITORING DVB-T2 SISTEMA

Specifikacija parametara DVB-T2 sistema koje treba meriti putem posmatranog sistema za monitoring data je u tehničkoj specifikaciji ETSI TR 101 290 verzija 1.3.1, [36], i u izveštaju ITU-R BT.2389-0, [35]. U nastavku teksta će biti prikazan skup osnovnih parametara koje treba meriti, definicije graničnih vrednosti ili oblasti dozvoljenih vrednosti nekih parametara, kao i drugi detalji definisani ovim specifikacijama.

Na slici 6.3 prikazan je referentni model DVB-T2 sistema, od interfejsa A do interfejsa D, za slučaj prenosa MPEG-2 TS. Ovaj referentni model je detaljno opisan u poglavlju 2.3. Na interfejsima A i D obavlja se merenje i monitoring na nivou MPEG-2 TS, što će biti opisano u posebnom poglavlju. Takođe, u posebnom poglavlju biće definisani parametri koji se mere na ostalim interfejsima, B, C i C_n. Interfejsi C_n, $n = 1, 2, 3, 4$ i 5, koji nisu definisani u osnovnom standardu uvedeni su ovde nakon svakog pojedinačnog koraka u obradi signala

koji se odvijaju između interfejsa C i D, kako bi se mogla definisati sva merenja za DVB-T2 sistem u okviru demodulatora i dekodera (FEC), i to: C1 nakon IQ demodulacije pre ekvalizacije kanala, C2 nakon IQ demodulacije posle ekvalizacije kanala, C3 pre LDPC dekodera, C4 pre BCH dekodera i C5 posle BCH dekodera. U pogledu merenja signalizacije, preporučuje se da merni uređaj prikazuje signalizacione informacije u obliku teksta i skraćenica.



Slika 6.3 – Blok šema referentnog DVB-T2 sistema za slučaj prenosa TS, izvor [2-12].

6.2.1 Merenja na interfejsu B DVB-T2 sistema - T2-MI merenja

Interfejs modulatora u DVB-T2 sistemu (T2-MI) definiše format T2-MI paketa koji omogućavaju rad SFN mreža time što se odluke vezane za raspored emitovanja donetih u T2 prolazu (T2-Gateway) korišćenjem ovih paketa prenose kroz distributivnu mrežu do modulatora u predajnicima. Izlaz T2-Gateway-a se prosleđuje do svih modulatora u okviru jedne predajne SFN mreže tako da svi modulatori prime identičnu informaciju.

U skladu sa ETSI TR 101 290 verzija 1.3.1, [36], i ITU-R BT.2389-0, [35], merenja na interfejsu B, tj. T2-MI merenja, obuhvataju:

- merenje sintakse T2-MI paketa - *T2MI-packet-type-error-1*, *T2MI-packet-type-error-2*, *T2MI-packet-count-error*, *T2MI-CRC-error*, *T2MI-payload-error*, *T2MI-plp-num-blocks-error*, *T2MI-transmission-order-error*, *T2MI-DVB-T2-Timestamp_error*, *T2MI-DVB-T2-Timestamp-discontinuity*, *T2MI-T2-frame-length-error*;
- provere za T2-MI MIP (Modulator Interface Packet) - *T2MI-MIP-timestamp-error*, *T2MI-MIP-individual-addressing-error*, *T2MI-MIP-continuity-error*, *T2MI-MIP-CRC-error*;
- provere konzistentnosti T2-MI signalizacione informacije - *T2MI-bandwidth-consistency-error*, i *T2MI-DVB-T2-Timestamp-leap-second-error*; i
- merenja na T2-MI transportnom sloju – enkapsulacija T2-MI paketa u MPEG-2 TS (ASI) i to parametara povezanih sa prenosom, informativnih parametara i parametara integriteta, Enkapsulacija T2-MI paketa u IP tokove podataka i to parametara IP prenosa, informativnih parametara i parametara integriteta.

Prethodno navedeni tip merenja ima smisla koristiti samo u okviru sistema za monitoring kojim upravlja operator DVB-T2 sistema, a u cilju pravilnog funkcionisanja predajnika. Budući da se informacije koje se prenose u okviru T2-MI paketa ne emituju, ovaj

tip merenja nije moguće, niti ima smisla, sprovoditi na mestu prijema RF signala, a što je slučaj koji se razmatra u ovoj Studiji. Iz tog razloga, ovde neće biti detaljnije opisan ovaj tip merenja, kao ni skup parametara i veličina koje se mere na nivou T2-MI interfejsa.

6.2.2 Osnovna merenja za bazični (*baseline*) DVB-T2 sistem

U okviru ovog tipa merenja, parametri se uglavnom mere na interfejsu C ili na interfejsu Cn (T2-IQ), n = 1, 2, 3, 4 i 5. U tabeli 6.1 prikazan je skup parametara DVB-T2 signala čije merenje se preporučuje, sa navedenim oblastima primene. Osim toga, moguće je primeniti i merenja raspoloživosti sistema (*system availability*) i raspoloživosti linka (*link availability*).

PARAMETAR	PREDAJNIK	MREŽA	PRIJEMNIK	IN-SERVICE
RF merenja	X	-	-	X
- Tačnost učestanosti nosioca na RF	X	X	-	X
- Zauzeti opseg učestanosti na RF	X	-	X	X
Selektivnost	-	-	X	-
AFC <i>capture range</i>	-	-	X	-
Fazni šum lokalnog oscilatora	X	-	X	
RF/IF snaga signala	X	X	X	X
MGPR (MISO <i>Group Power Ratio</i>)	X	X	X	X
Snaga šuma	X	X	X	X
RF i IF spektar	X	-	X	X
Osetljivost prijemnika/Dinamički opseg za <i>Gauss-ov</i> kanal	-	-	X	-
Karakterizacija linearnosti – <i>shoulder attenuation</i>	X	-	-	X
Efikasnost korišćenja snage	X	-	-	X
PAPR efekat	X	-	-	-
P1 SER (<i>Symbol Error Rate</i>)	-	-	X	X
BER pre LDPC (unutrašnjeg) dekodera	-	-	X	X
Broj LDPC iteracija	-	-	X	X
BER pre BCH (spoljašnjeg) dekodera	-	-	X	X
BB FER (<i>BaseBand Frame Error Rate</i>)	-	-	X	X
<i>Errored Second Ratio</i> (ESR)	-	-	X	X
IQ analize signala	X	-	X	X
- <i>Modulation Error Ratio</i> (MER)	X	X	X	X
- <i>Signal to Interference Noise Ratio</i> (SINR)	X	-	-	X
- <i>Carrier Suppression</i> (CS)	X	-	-	X
- <i>Carrier Phase</i>	X	-	-	X
- <i>Amplitude Imbalance</i> (AI)	X	-	-	X
- <i>Quadrature Error</i> (QE)	X	-	-	X
SFN sinhronizacija	-	X	-	X
L1 greška signalizacije (<i>signaling error</i>)	X	-	X	X
RMS <i>Delay-Spread</i> (RMS-DS)	-	X	X	X
<i>Maximum Excess Delay</i> (MED)	-	X	X	X
<i>Receiver Buffer Model</i> (RBM) <i>validity test</i>	-	-	X	-
<i>Relative power Level during the non-P1 part of the FEF</i> (RLF-non-P1)	-	X	-	X
⁽¹⁾ Oznaka 'In-service' predstavlja merenje koje ne zahteva korišćenje specifičnog test signala i koje se može izvesti za normalan DVB-T2 signal				

Tabela 6.1 – Parametri DVB-T2 signala i mesto merenja datih parametara

6.2.2.1 RF merenja – Tačnost frekvencije nosioca i zauzeti opseg učestanosti

Merenja nekih osnovnih parametara DVB-T2 OFDM signala mogu se izvršiti na RF sloju korišćenjem mernog prijemnika, analizatora spektra ili drugih sličnih uređaja.

Uspešna obrada DVB-T2 OFDM signala podrazumeva održavanje određenog zahtevanog nivoa tačnosti učestanosti signala nosioca na predaji. Specifični modovi rada DTTB mreže, npr. primena SFN mreže, zahtevaju visoku tačnost učestanosti nosioca. Merenje tačnosti učestanosti nosioca obavlja se na interfejsu C. Merenjem tačnosti učestanosti nosioca određuje se centralna učestanost u spektru signala, odnosno pozicija datog signala u RF kanalu. Moguće je koristiti metod na bazi primene analizatora spektra, kada se centralna učestanost u spektru signala određuje na osnovu izmerenih vrednosti učestanosti kontinualnih pilota i/ili krajnjih (*edge*) pilota. Osim toga, moguće je koristiti metod sa primenom mernog prijemnika, kada se centralna učestanost u spektru signala određuje na osnovu digitalnih odbiraka dobijenih nakon sinhronizacije mernog prijemnika na DVB-T2 signal na prijemu. U ovom slučaju, tačnost učestanosti nosioca označava se kao pomeraj nosioca (*Carrier Offset*) i izražava se u jedinicama Hz ili ppm. Primena izvora referentne učestanosti visoke preciznosti, iako nije neophodna za ovaj tip merenja, može značajno unaprediti postupak merenja.

Drugi bitan tip merenja na RF sloju je merenje zauzetog opsega učestanosti. Ovaj tip merenja omogućava verifikaciju primene tačne učestanosti odabiranja u OFDM modulatoru. Merenje se izvodi na interfejsu C. Zauzeti opseg učestanosti se računa na osnovu merenja učestanosti krajnjih (*edge*) pilota i/ili kontinualnih pilota DVB-T2 signala. I u ovom slučaju, moguće je koristiti metod na bazi primene analizatora spektra, kada se određuju učestanosti *edge* pilota, a nakon toga se na osnovu ovih vrednosti određuje zauzeti opseg učestanosti. Označavanjem učestanosti *edge* pilota sa F_{min} i F_{max} zauzeti opseg učestanosti (*Occupied Bandwidth, OB*) jednak je vrednosti $OB = F_{max} - F_{min}$. Osim toga, moguće je primeniti metod sa korišćenjem mernog prijemnika.

6.2.2.2 Merenje selektivnosti

Merenje selektivnosti se koristi za potrebe identifikacije mogućnosti prijemnika da odbaci (potisne) interferenciju koja se nalazi van dodeljenog RF kanala. Merenjem ulaznog nivoa signala, kao i signala interferencije, obavlja se na interfejsu C, pri čemu se interfejsi C3 i C4 koriste za potrebe monitoringa BER.

U okviru ovog tipa merenja ulazna snaga se podešava na vrednost od 10dB iznad minimalne vrednosti definisane osetljivošću prijemnika (koja će biti definisana u nastavku teksta). Tada graničnu vrednost odnosa srednje snage nosioca i interferencije (*Carrier-to-Interference Ratio, CIR*) potrebnu za rad u kome praktično nema grešaka u odlučivanju, tzv. QEF, treba meriti u funkciji učestanosti CW (*Continuous Wave*) interferencije. Tražena tačka otkaza, kada prestaje QEF, se definiše kao ESR5 (*Errored Second Ratio, ESR*). Pri tome, ESR5 predstavlja slučaj kada se javlja jedna sekunda u okviru koje postoji greška tokom intervala trajanja 20 sekundi, tj. kada se javlja greška u 5% sekundi. Definicija ESR5 je data u poglavlju 6.2.2.18.

Alternativno, QEF tačka se može definisati i za slučaj kada je BER nakon LDPC dekodiranja ima vrednosti 10^{-7} . Kako ovakav tip merenja zahteva veoma dug period vremena, obično se primenjuje postupak u okviru koga se meri vrednost BER-a nakon LDPC do vrednosti 10^{-4} , pri čemu se dobijena vrednost CNR uvećava za 0.2dB, što odgovara vrednosti BER-a nakon BCH od 10^{-11} .

6.2.2.3 Merenje AFC capture range

Merenje AFC (*Automatic Frequency Control*) *capture range* parametra koristi se za određivanje opsega učestanosti u kome prijemnik može da ostvari praćenje učestanosti (zaključavanje fazno kontrolisane petlje). Merenje se obavlja na interfejsu C, pri čemu se interfejsi C1 i C2 koriste za potrebe testiranja sinhronizacije prijemnika. Kao i u slučaju merenja selektivnosti, ulazna snaga se podešava na vrednost od 10 dB iznad minimalne vrednosti definisane osetljivosti prijemnika. Učestanost signala se menja u fiksnim koracima ka nominalnoj vrednosti, pri čemu se prijemnik pušta da se sinhroniše nakon svakog koraka. Pretpostavlja se da je ostvaren pravilan prijem posle svakog koraka, ako se obavi uspešna sinhronizacija za ulazni DVB-T2 signal, a u suprotnom se indikuje neuspeh, pri čemu je tačka prekida ESR5 (definisana za merenje selektivnosti).

6.2.2.4 Merenje faznog šuma lokalnog oscilatora

Fazni šum u okviru sistema se može uneti u predajniku, prijemniku ili u okviru bilo kog konvertora učestanosti. U OFDM sistemu pojava faznog šuma izaziva CPE (*Common Phase Error*) efekat, koji istovremeno deluje na sve podnosiocce, a koji se može minimizovati ili korigovati korišćenjem kontinualnih pilot tonova. Ipak, kod OFDM sistema nije moguće korigovanje međukanalne interferencije (ICI) koja se javlja usled faznog šuma. Merenje faznog šuma unetog lokalnim oscilatorom je korisno tokom procesa proizvodnje, u procesu inspekcije i tehničke kontrole održavanja modulatora, predajnika, *up/down* konvertora i prijemnika (profesionalnih i korisničkih). Merenje se ostvaruje korišćenjem nekog dostupnog pristupa lokalnom oscilatoru u predajniku, prijemniku, i konvertorima. Merenje se obavlja korišćenjem analizatora spektra, vektorskog analizatora ili sistema za testiranje faznog šuma.

6.2.2.5 Merenje nivoa snage signala na RF/IF

Merenje srednje snage signala, ili željene snage, neophodno je za potrebe postavljanja i provere nivoa snage signala na izlazu predajnika i ulazu u prijemnik. Merenje se obavlja na interfejsu C. Srednja snaga DVB-T2 signala se definiše kao srednja snaga signala koja bi se izmerila korišćenjem TPS (*Thermal Power Sensor*) senzora. U slučaju merenja signala na prijemu, neophodno je izvršiti ograničavanje opsega učestanosti signala. Pri korišćenju analizatora spektra ili kalibrisanog prijemnika, neophodno je izvršiti integraciju snage u okviru nominalnog opsega učestanosti signala ($n \times f_{SPACING}$) gde n predstavlja broj podnosioca OFDM signala, a $f_{SPACING}$ njihov razmak u spektru. Na ovom mestu treba napomenuti da ukoliko korišćeni analizator spektra nema mogućnost automatske kompenzacije za dati rezolucioni filter (*Resolution Bandwidth*, RBW), treba izvršiti manuelnu korekciju.

6.2.2.6 Merenje odnosa snage MISO grupe

Merenje odnosa snage MISO grupe (*MISO Group Power Ratio*, MGPR) je neophodno za proveru prisustva obe MISO grupe u okviru predajne mreže. Merenje se obavlja na interfejsu C. MGPR se definiše kao odnos snaga RF signala za MISO grupu 1 i snage RF signala za MISO grupu 2, a vrednost se izražava u dB. Pri tome, MGPR parametar može imati negativnu vrednost ako su signali iz MISO grupe 2 primljeni sa većim nivoom od signala iz MISO grupe 1. U slučaju prisustva samo jedne MISO grupe, parametar uzima vrednost $\pm \infty$.

6.2.2.7 Merenje snage šuma

Merenje se obavlja na interfejsu C, i to na učestanosti radio kanala ili na međufrekvenciji (*Intermediate Frequency*, IF). Snaga šuma se definiše kao srednja snaga, ili neželjena snaga, i može se meriti korišćenjem analizatora spektra kada korisni signal nije prisutan (*out-of-service* merenje). Na ovom mestu treba napomenuti da vrednost CNR treba računati kao odnos (srednje) snage signala izmerene na način opisan u 6.2.2.5 i ovde definisane (srednje) snage šuma.

6.2.2.8 Merenje spektra na RF i IF učestanostima

Kako bi se izbegla pojava interferencije u susednim RF kanalima, oblik RF spektra emitovanog signala se mora uklapati u spektralnu masku definisanu za datu varijantu DTTB. Ako je spektar na izlazu modulatora u predajniku usaglašen sa spektralnom maskom, ista procedura merenja se primenjuje i na IF (bez aktivne pre-korekcije). Merenje se obavlja na interfejsu C, i to na RF ili na IF učestanostima. Ovaj tip merenja se obično izvodi korišćenjem analizatora spektra. Spektralna gustina sredne snage terštičkog DVB signala se definiše kao usrednjena vrednost vremenski promenljivog signala za dugotrajan period vremena u odnosu na recipročnu vrednost jediničnog opsega (1 Hz). Vrednosti za opsege drugih širina dobijaju se proporcionalnim povećanjem vrednosti za jedinični opseg. Kako bi se izbegao uticaj pojave pravilnih (regularnih) struktura u modulisanom signalu, na ulaz modulatora se dovodi pseudoslučajna binarna sekvenca (*Pseudo-Random Binary Sequence*, PRBS). Vrednost za širinu opsega rezolucionog filtra (RBW) treba da bude manja od 30 kHz, pri čemu je preporučena vrednost oko 3 kHz. Pri tome, merenje treba normalizovati po šumu na 3 kHz.

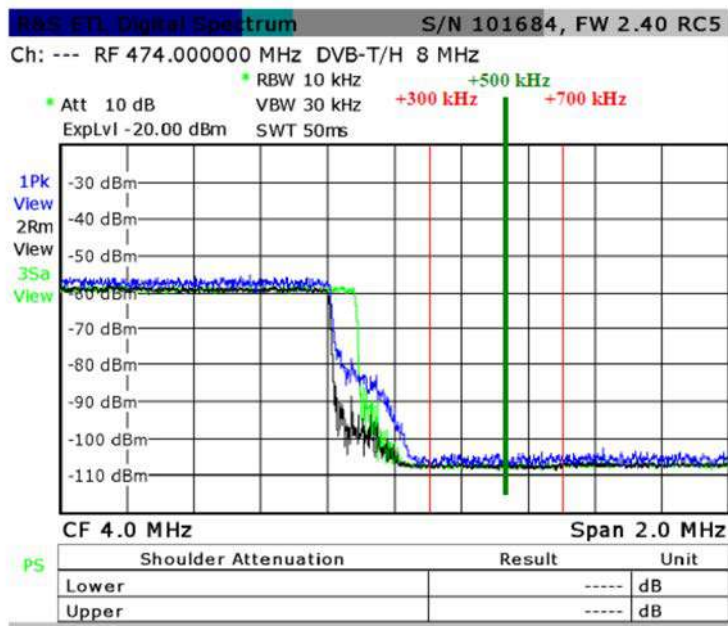
6.2.2.9 Merenje osetljivosti prijemnika i dinamičkog opsega za Gauss-ov kanal

Merenje osetljivosti prijemnika i dinamičkog opsega za *Gauss-ov* kanal se izvodi za potrebe planiranja mreže predajnika, pri čemu je cilj odrediti nivoe minimalne i maksimalne vrednosti srednje snage signala na ulazu u prijemnik za normalni rad. Za potrebe ovog merenja primenjuju se test signali, a merenje se obavlja na interfejsu C, dok se interfejsi C3 i C4 koriste za monitoring BER-a. Merenjem se određuju granične vrednosti za minimalnu i maksimalnu ulaznu snagu za QEF prijem, pri čemu je kao tačka otkaza definisana ESR5 (definicija ESR5 je data u prehodnom izlaganju). Dinamički opseg se definiše kao razlika izmerenih graničnih vrednosti nivoa maksimalne i minimalne ulazne snage signala.

6.2.2.10 Karakterizacija linearnosti (shoulder attenuation)

Merenje tipa *shoulder attenuation* se koristi za potrebe karakterizacije linearnosti OFDM signala. Merenje se obavlja na interfejsu C (na RF). Nakon merenja RF spektra emitovanog signala na izlazu predajnika primenjuje se posebna procedura. Najpre se identifikuju maksimalne vrednosti spektra korišćenjem RBW koja je približno $10 \times f_{SPACING}$. Nakon toga se definišu linearno opadajući segmenti koji povezuju izmerene tačke na 300 kHz i 700 kHz od svake gornje i donje granice spektra, uz ucrtavanje dodatnih paralelnih linija tako da najviša vrednost spektra u posmtranom opsegu bude na liniji. Određuje se razlika snage na centru linije (500 kHz od gornje i donje granice) od maksimalne vrednosti u spektru i uočava razlika koja predstavlja *shoulder attenuation* za donju i gornju granicu. Na ovom mestu treba primetiti da se opisani metod koristi za DVB-T2 signale širine 5, 6, 7, 8 i 10 MHz. Referentne (frekvencijske) tačke su iste za slučaj modova sa (*extended*) i bez

ekstenzije (*non-extended*), a kako bi se ostvarila ista zaštita susednih RF kanala. Na slici 6.4 je prikazan tipičan slučaj koji se dobija pri ovom merenju.



Slika 6.4 – Izmereni oblik spektra za različite modove DVB-T2 signala, izvor [36].

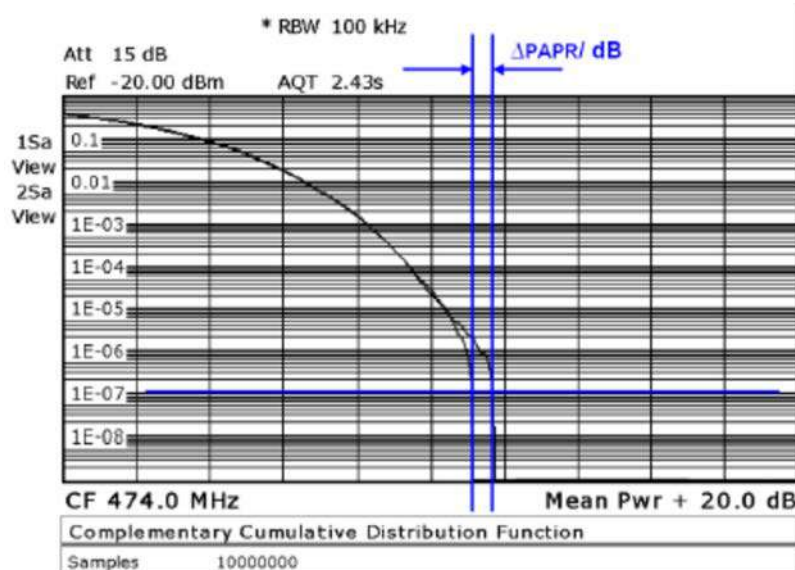
6.2.2.11 Merenje efikasnosti korišćenja snage

Ovaj tip merenja se sprovodi u cilju poređenja ukupne energetske efikasnosti DVB predajnika. Efikasnost korišćenja snage se definiše kao odnos izlazne snage DVB signala i ukupne potrošnje snage lanca obrade signala od TS na ulazu do RF signala na izlazu referentnog DVB-T2 modela sa slike 6.1, uključujući svu neophodnu opremu. Pri tome, neophodno je definisati uslove radnog okruženja i korišćeni RF kanal

6.2.2.12 Merenje PAPR efekta

Ovaj tip merenja se sprovodi u cilju određivanja efekata PAPR na OFDM signal sa ili bez primene nekog od metoda za potiskivanje uticaja PAPR. Metod merenja se zasniva na merenju razlike performansi ostvarenih sa i bez primene tehnika za potiskivanje uticaja PAPR. Parametri od interesa su povećanje srednje snage, poboljšanje CCDF (*Cumulative Complimentary Density Function*) anvelope, i poboljšanje performansi u pogledu vrednosti MER. Merenje se obavlja korišćenjem interfejsa C na izlazu modulatora ili izlazu predajnika.

Merenje se može sprovesti za signal na izlazu modulatora merenjem uticaja primene tehnike za potiskivanje PAPR na CCDF. Nakon toga treba izvesti poređenje CCDF krivih (dobijenih sa i bez primene tehnika za potiskivanje PAPR) i uočiti indikativne razlike u dB između krivih za specificiranu verovatnoću (npr. 10^{-7}). Pri tome, posebnu pažnju treba obratiti na zahteve vezane za postavku parametara mernih instrumenata, koja se ne sme menjati tokom oba merenja (sa i bez primene tehnika za potiskivanje PAPR), kao i da se tokom merenja ne jave efekti klipovanja ili preopterećenja OFDM signala. Broj odbiraka koji treba koristiti za sprovođenje ovog poređenja treba da bude veći od 10^7 . Ilustracija rezultata ovog postupka je data na slici 6.5.



Slika 6.5 – Prikaz postupka merenja PAPR efekta merenjem CCDF efekta za signal na izlazu DVB-T2 modulatora, [36].

Postupak merenja se može sprovesti i na izlazu predajnika određivanjem porasta srednje snage ili poboljšanja MER parametra. Pri tome, srednja snaga se najpre meri pre i posle primene tehnike za redukciju uticaja PAPR. U slučaju primene TR (*Tone Reservation*) tehnike, merenje se najpre obavlja kada se na rezervisanim podnosiocima ne emituje ništa (slučaj bez primene tehnike), a potom i nakon primene TR tehnike. Povećanje srednje snage signala treba da bude što je manje moguće vrednosti. Na sličan način sprovodi se i merenje na osnovu analize promene MER parametra, pri čemu se ovaj parametar za TR tehniku izvodi na sličan način kao i pri merenju srednje snage, dok je pri primeni ACE (*Active Constellation Extension*) tehnike u specifikaciji ETSI 101 290 verzija 1.3.1 dat detaljan opis procedure.

6.2.2.13 Merenje verovatnoće greške za P1 simbole – P1 SER

Ovaj tip merenja se sprovodi u cilju dobijanja indikacije za vrednost P1 SER (*Symbol Error Rate*) parametra. Merenje se izvodi na interfejsu C5. Definisana procedura merenja obuhvata dekodovanje prenošenih podataka iz S1 i S2 polja i njihovo poređenje sa tačnim vrednostima. Usvaja se da je P1 simbol pogrešan ukoliko se pojavi greška pri prenosu bar jednog bita iz polja S1 ili S2. Merenje parametra omogućava estimaciju nivoa kvaliteta signala na T2 sloju u slučaju da nije moguće dekodovanje *payload* podataka. Tačne vrednosti bita u S1 i S2 poljima se mogu dobiti iz S1/S2 polja koja se prenose u okviru *L1-pre data*.

6.2.2.14 Merenje BER pre LDPC (unutrašnjeg) dekodera

Primenom ovog merenja moguće je dobiti indikaciju performansi pri prijemu DVB-T2 signala na nivou nedekodiranog toka podataka i to pri *In-Service* merenju, odnosno merenja sprovedenog samo na primljenom DVB-T2 signalu bez korišćenja referentnog signala ili generisanog test signala. Iako pri ovom merenju postoji doprinos BER-u usled uticaja posmatranog predajnika i mernog (test) prijemnika, doprinos vrednosti BER-u od strane mernog prijemnika bi trebao da bude zanemariv pri ocenjivanju performansi (validaciji) predajnika. Merenje se obavlja na interfejsu C3. Pri tome, merenje vrednosti BER-a pre primene LDPC dekodera se obavlja nezavisno za svaki PLP, a ovim postupkom se

omogućava identifikacija sporadičnih grešaka pri prenosu na izlazu predajnika. Period usrednjavanja za proračun BER-a pre primene LDPC se mora tako izabrati da se pri usrednjavanju ne izgubi informacija o pojavi sporadičnih grešaka.

6.2.2.15 Merenje broja LDPC iteracija u procesu dekodiranja

Primenom ovog merenja moguće je dobiti *in-service* indikaciju kvaliteta primljenog signala, kao i hardversko-softverskih resursa koji se koriste za potrebe dekodiranja. Kako rezultat ovog merenja u velikoj meri zavisi od načina implementacije LDPC dekodera, poređenje rezultata je moguće samo pri korišćenju istog mernog instrumenta. Merenje se sprovodi na interfejsu C3. Pri tome, vrednost parametra se meri nezavisno za svaki PLP, pri čemu se smatra da je konačan broj iteracija dostignut kada je broj preostalih grešaka manji ili jednak mogućnostima korekcije grešaka spoljašnjeg BCH dekodera (koji se primenjuje nakon LDPC dekodera), ili kada je dostignut maksimalni broj iteracija LDPC dekodera. Pri tome, čak i signal bez grešaka zahteva bar jednu iteraciju LDPC dekodera. Usrednjavanje ovog parametra (broja LDPC iteracija) treba da se obavlja tokom perioda trajanja 1 sekunde, pri čemu osim srednje vrednosti treba prikazati i ostvarenu maksimalna vrednost merenog parametra tokom ovog intervala. U slučaju da se radi o veoma malim vrednostima binarnog protoka, usled čega se frejmovi PLP primaju sa smanjenom učestalošću, treba povećati period u kome se obavlja usrednjavanje pri merenju ovog parametra.

6.2.2.16 Merenje BER pre BCH (spoljašnjeg) dekodera

Vrednost BER-a predstavlja primarni parametar za estimaciju kvaliteta digitalnog sistema prenosa (tj. linka), odnosno obezbeđuje brzu indikaciju pojave potencijalnih problema, a naročito u slučaju kada sporadične greške u prenosu dovode do sasvim malog povećanja BER nakon BCH dekodiranja. Merenje se sprovodi na interfejsu C4. Pri tome, merenje se obavlja nezavisno za svaki PLP, a analiza se može zasnivati na poređenju ulaznog niza pre dekodera sa binarnim nizom dobijenim ponovnim BCH kodiranjem niza dobijenog putem BCH dekodiranja ulaznog niza. Vrednost BER-a se definiše kao odnos između broja pogrešno prenesenih bita i ukupnog broja emitovanih bita. Postupak merenja treba da omogućiti zadavanje vremenskog intervala za koji se obavlja ovo merenje.

U tabeli 6.2 definisane su zahtevane vrednosti BER pre LDPC dekodera, pre BCH dekodera i nakon BCH dekodera za DVB-T2 sistem, [35]. Generalno je za DTTB sisteme usvojena praksa da se obavlja estimacija i vrednosti PER i FER parametra.

SISTEM	BER PRE LDPC DEKODERA	BER PRE BCH DEKODERA	BER POSLE BCH DEKODERA
DVB-T2	$1 \cdot 10^{-2} \dots 1 \cdot 10^{-3}$	$\leq 1 \cdot 10^{-7}$	$\leq (1 \cdot 10^{-11} \dots 1 \cdot 10^{-12})$

Tabela 6.2 – Zahtevane vrednosti BER pre LDPC dekodera, pre BCH dekodera i posle BCH dekodera za DVB-T2 sistem, [35, 36].

6.2.2.17 Merenje BBFER – Baseband Frame Error Rate

Merenje BBFER parametra se obavlja u cilju dobijanja informacije o procentu frejmova u osnovnom opsegu (frejmova dobijenih nakon demodulacije i kompletnog procesa dekodiranja) u kojima se javljaju greške pri prenosu bita. Merenje se sprovodi na interfejsu C5. Pri tome, vrednost parametra se meri nezavisno za svaki PLP. Smatra se da za posmatrani frejm postoji greška, ako se otkrije i korišćenjem *error flag*-a postavljenog od BCH

dekodera javi nekorigovana greška pri prenosu bita u okviru datog frejma. Vrednost parametra se daje kao procenat BB frejmova ili ukupan broj BB frejmova sa pojavom greške tokom perioda trajanja od 1 sekunde na kome se obavlja merenje.

6.2.2.18 Merenje ESR – Errored Second Ratio

Merenje ESR parametra obavlja se u cilju dobijanja statističkih informacija o kvalitetu radio veze (koja se završava na izlazu mernog prijemnika). Postupak merenja se sprovodi na interfejsu C5. Pri tome, definišu se periodi trajanja 1 sekunde, a u skladu sa vrednošću referentnog sistemskog časovnika. Oni intervali trajanja 1 sekunde tokom kojih se pojave greške pri prenosu BB frejmova označavaju se kao *errored seconds* (sekunde sa greškom). Sam ESR parametar predstavlja procenat broja *errored second* u odnosu na ukupno proteklo vreme. U praksi najčešće se koristi period trajanja od 20 sekundi, pri čemu se slučaj u kojem se tokom jedne od 20 sekundi javlja *errored second* označava kao ESR5 (5% vremena).

6.2.2.19 Analiza signala u domenu kompleksne fazorske ravni – IQ analiza

Analiza signala na osnovu prikaza digitalno modulisanog signala u kompleksnoj fazorskoj ravni (2D konstelacioni dijagram) na osnovu signala u fazi (I grana) i kvadraturi (Q grana), odnosno IQ analiza, može se primeniti na svaki od podnosioca OFDM signala ili na grupu podnosioca. Ukoliko se evaluacija obavlja za grupu podnosioca svi primljeni simboli za ovu grupu se superponiraju kako bi se proračunom dobila respektivna vrednost merenog parametra ili konstelacionog dijagrama. Definicije parametara dobijenih IQ analizom se baziraju na sledećim pretpostavkama:

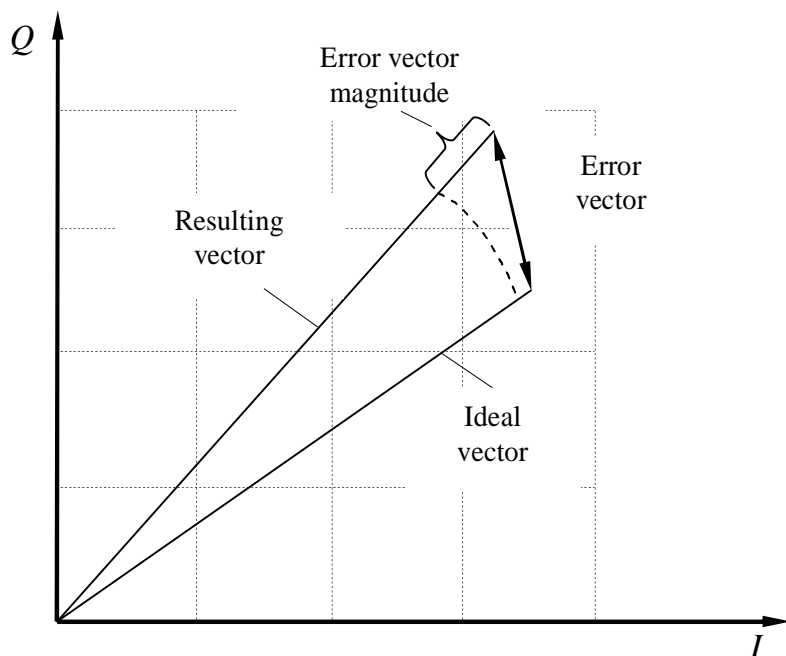
- Posmatra se konstelacioni dijagram dobijen za M simbola i K podnosilaca uz uslov da je $0 < K \leq K_{MAX} + 1$ gde je $K_{MAX} + 1$ ukupan broj aktivnih OFDM podkanala;
- Merni uzorak se sastoji od N podataka (tačaka), gde je N dovoljno velike vrednosti u odnosu na prizvod $M \times K$ kako bi se obezbedila zadovoljavajuća tačnost merenja;
- Koordinate svake od primljenih N tačaka sa indeksom j su $(I_j + \delta I_j, Q_j + \delta Q_j)$, gde oznake I i Q predstavljaju koordinate idealnog položaja simbola, dok su δI i δQ *offset* (pomeraj) na osnovu kojih se formira vektor greške (*error vector*) za posmatranu tačku.

6.2.2.19.1 Merenje MER i EVM – Modulation Error Ratio i Error Vector Magnitude

Merenjem MER parametra se obezbeđuje estimacija faktora dobrote pri analizi L1 signalizacionih podataka i to za svaku PLP strukturu posmatranog DVB-T2 signala. Merenje se obavlja na izlazu predajnika (za estimaciju kvaliteta emitovanog signala) ili na fiksnoj lokaciji u okviru SFN mreže (za potrebe identifikacije značajnih izboljšenja postavke mreže predajnika koji čine jednu SFN). Merenje MER parametra se obavlja na C2 interfejsu nakon ekvalizacije kanala.

Postupak merenja se sprovodi nakon demodulacije OFDM signala uz sinhronizaciju učestanosti nosioca i vremenske sinhronizacije na nivou simbola. Preostali frekvencijski *offset* centralne učestanosti (usled postojanja rezidualnog signala nosioca, frekvencijskog *offset*-a pri demodulaciji, ili DC *offset*-a), QE (*Quadrature Error*) i AI (*Amplitude Imbalance*) se ne koriguju pre prikupljanja uzorka. Uzorak signala za dati period vremena sastoji se od N primljenih simbola koji su definisani parom koordinata $(I_{j,est}, Q_{j,est})$. Za svaki primljeni simbol, donosi se odluka, pridruživanjem najbližem simbolu iz emitovane konstelacije za datu

modulaciju, i definiše se idealni položaj simbola (I_j, Q_j), tj. idealni vektor simbola, koji odgovara izabranom simbolu (donesenoj odluci) i koji se nalazi u centru oblasti odlučivanja (*decision box*) za dati simbol. Na osnovu razlike stvarnih koordinata primljenog simbola i idealnog vektora simbola definiše se vektor greške simbola (*symbol error vector*) koji se definiše parom koordinata ($\delta I_j, \delta Q_j$) gde je $\delta I_j = I_{j,est} - I_j$ i $\delta Q_j = Q_{j,est} - Q_j$, pri čemu je postupak određivanja ovog vektora prikazan na slici 6.6.



Slika 6.6 – Prikaz proračuna vektora greške simbola, [35]

Određivanjem količnika sume kvadrata amplituda za skup idealnih vektora simbola za dati uzorak od N simbola, sa sumom kvadrata amplituda za skup vektora greške simbola za isti uzorak, a koji predstavlja odnos snage idealnog vektora simbola i snage vektora greške simbola za dati uzorak izražen u dB, predstavlja MER parametar. Definicioni izraz za MER je,

$$\text{MER} = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N (I_j^2 + Q_j^2)}{\sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)} \right\} [\text{dB}].$$

Treba naglasiti da MER predstavlja samo jedan od načina za proračun faktora dobrote vektora modulisanog signala. Drugi način određivanja faktora dobrote predstavlja parametar EVM (*Error Vector Magnitude*) definisan izrazom,

$$\text{EVM} = \frac{1}{S_{\max}} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N (\delta I_j^2 + \delta Q_j^2)},$$

gde je S_{\max} maksimalna apsolutna vrednost za dati skup vektora greške simbola ($\delta I_j, \delta Q_j$) u posmatranom uzorku sa N simbola.

Na osnovu definicionih formula MER i EVM vidi se da su ovi parametri međusobno povezani i generalno se mogu izračunati jedan na osnovu drugog. Za oba parametra je veoma pogodan prikaz vrednosti u funkciji učestanosti ili rednog broja podnosioca posmatranog podkanala. Osim trenutne vrednosti MER i EVM parametara koriste se i srednje kvadratne vrednosti (RMS) odnosno procentualne vrednosti (npr. za 99% perioda posmatranja).

6.2.2.19.2 Merenje SINR – Signal-to-Interference-and-Noise Ratio

Merenje SINR (*Signal-to-Interference-and-Noise Ratio*) parametra omogućava analizu u smislu faktora dobrote za L1 signalizacione podatke i to za svaku PLP strukturu posmatranog DVB-T2 signala, a posebno u slučaju merenja nivoa električnog polja u servisnoj zoni kada nije moguće meriti MER parametar. Merenje SINR obavlja se na C1 interfejsu pre ekvalizacije.

Postupak merenja se sprovodi nakon demodulacije OFDM signala uz sinhronizaciju učestanosti nosioca i vremenske sinhronizaciju na nivou simbola. Preostali frekvencijski *offset* centralne učestanosti, QE i AI se ne koriguju pre prikupljanja uzorka. Uzorak signala za dati period vremena se sastoji od N primljenih kompleksnih QAM ćelija $\mathbf{d}_{j,est}$, koje su prikupljene na ulazu u ćelijski deinterliver bez ekvalizacije. Za svaku primljenu QAM ćeliju, donosi se odluka o prenošenom QAM simbolu $\mathbf{d}_{j,sim}$, čija se vrednost množi sa procenjenom vrednošću frekvencijskog odziva kanala $\mathbf{H}_{j,sim}$ čime se definiše idealna pozicija primljene QAM ćelije u domenu kompleksne fazorske ravni. Kvadrat apsolutne vrednosti posmatranog proizvoda definiše snagu signala. U slučaju nepostojanja bilo kakvog izobličenja vrednost proizvoda $\mathbf{d}_{j,sim} \times \mathbf{H}_{j,sim}$ bi trebala da se idealno poklapa sa $\mathbf{d}_{j,est}$. Apsolutna kvadratna greška razlike ove dve vrednosti predstavlja zbir snage inetrferencije i snage šuma. Parametar SINR se stoga računa, izražen u dB, kao:

$$SINR = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{\sum_{j=1}^N |\mathbf{H}_{j,sim} \mathbf{d}_{j,sim}|^2}{\sum_{j=1}^N |\mathbf{H}_{j,sim} \mathbf{d}_{j,sim} - \mathbf{d}_{j,est}|^2} \right\} [dB].$$

SINR parametar je veoma sličan MER parametru, osim što se ne obavlja nikakva ekvalizacija za ulazne podatke. Usled toga ne javlja se efekat pojačanja šuma u slučaju prenosa kroz RF kanale sa pojavom frekvencijski selektivnog fedinga. Slično, kao i kod MER i EMV parametara, pogodno je da se vrednost SINR parametra prikazuje u funkciji učestanosti ili rednog broja nosioca posmatranog podkanala.

6.2.2.19.3 Merenje potiskivanja nosioca CS – Carrier Suppression

Rezidualni nosilac OFDM signala predstavlja neželjeni koherentan signal koji se superponira na centralnu učestanost, tj. centralni pod-nosilac (*subcarrier*), OFDM signala. Ovaj signal može biti posledica DC *offset*-a modulacionih signala u I i Q grani kvadratnog modulatora ili nastaje usled preslušavanja signala nosioca unutar modulatora. Merenje CS parametra obavlja se na C2 interfejsu. Postupak merenja CS parametra zasniva se na određivanju sistematske devijacije svih tačaka u konstelacionom dijagramu centralnog pod-nosioca OFDM signala i izdvajanju rezidualnog nosioca. Vrednost CS parametra se računa kao:

$$CS = 10 \times \log_{10} \left\{ \frac{P_{\text{sig}}}{P_{\text{RC}}} \right\} [dB],$$

gde P_{RC} predstavlja srednju snagu rezidualnog signala nosioca, a P_{sig} je srednja snaga centralnog pod-nosioca OFDM signala (bez rezidualnog signala nosioca).

6.2.2.19.4 Merenje faze nosioca CP – Carrier Phase

Merenje faze rezidualnog nosioca OFDM signala koji predstavlja neželjeni koherentan signal koji se superponira na centralnu učestanost, tj. centralni podnosioc (*subcarrier*), OFDM signala, omogućava automatsku i efikasnu kalibraciju modulatora putem koje se obavlja i optimizacija potiskivanja signala nosioca (porast CS parametra). Merenje faze nosioca, CPh parametra, obavlja se na interfejsu C2. CPh parametar opisuje fazu neidealno potisnutog nosioca. Kada imamo beskonačnu vrednost CS parametra, nije moguće obavljati merenje CPh parametra. Referenca za određivanje CPh je osa grane u fazi (I osa). Rezidualni nosilac koji je usmeren ka pozitivnom vrednostima duž I ose ima fazu nosioca od 0° , dok onaj usmeren ka pozitivnim vrednostima duž Q ose (ose grane u kvadraturi) ima fazu nosioca od 90° .

6.2.2.19.5 Merenje disbalansa amplitude AI – Amplitude Imbalance

Merenje parametra disbalansa amplitude (AI) obavlja se u cilju razdvajanja izobličenja QAM konstelacije koje nastaje usled neusaglašenosti, disbalansa, amplitude signala u granama u fazi (I grana) i kvadraturi (Q grana) od svih ostalih uzroka izobličenja. Merenje AI parametra obavlja se na interfejsu C2.

Disbalans amplituda I i Q signala se javlja tokom izvođenja kvadraturene modulacije i demodulacije. U slučaju postojanja ovog disbalansa dolazi do pojave kompresije idealne konstelacije QAM simbola duž jedne od ortogonalnih osa (I ili Q ose). Primer ove pojave za slučaj DVB-T signala uz primenu 64-QAM modulacije prikazan je na slici 6.7. Ova pojava dovodi do pojave varijacije simbola u konstelaciji duž određene trajektorije u odnosu na nominalnu poziciju, čime se uzrokuje pojava grešaka u procesu demodulacije.

Proračun AI se obavlja na osnovu sledećeg niza izraza,

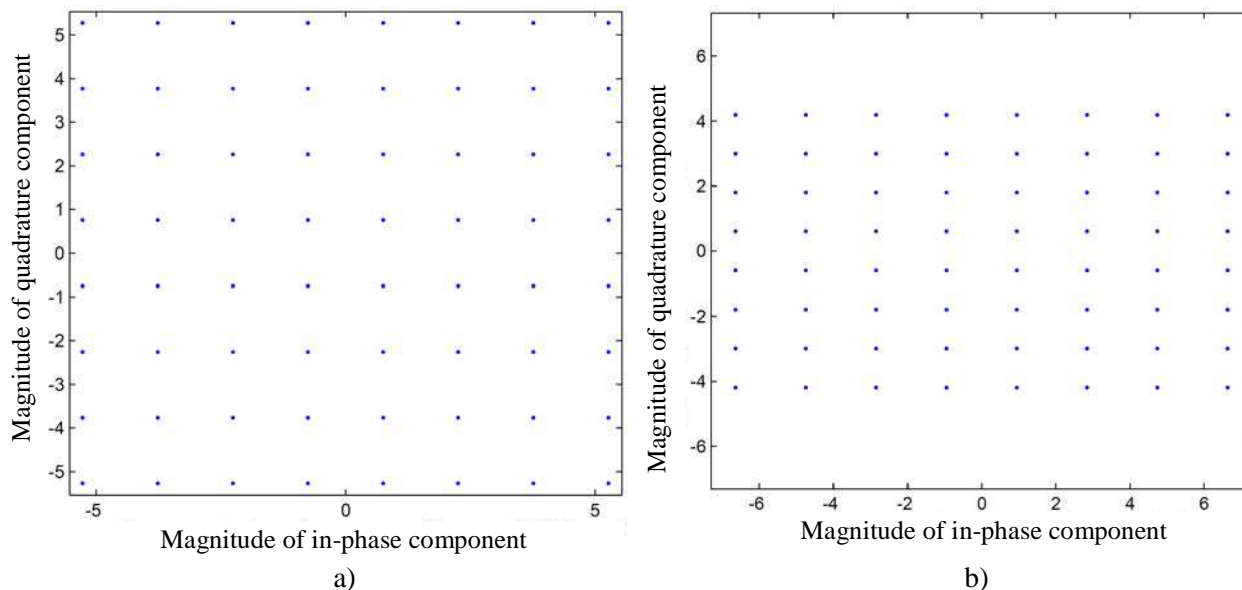
$$AI = \begin{cases} \left(\frac{v_I}{v_Q} - 1 \right) \times 100\%, & v_I > v_Q \\ \left(\frac{v_Q}{v_I} - 1 \right) \times 100\%, & v_Q > v_I \end{cases},$$

gde je v_I dužina pravougaone stranice koju formiraju tačke u konstelacionom dijagramu locirane duž I ose, a v_Q dužina pravougaone stranice koju formiraju tačke u konstelacionom dijagramu locirane duž Q ose, odnosno:

$$v_I = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{I_i + (\bar{d}_i)_I}{I_i} \quad \text{i} \quad (\bar{d}_i)_I = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta I_j,$$

$$v_Q = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M \frac{Q_i + (\bar{d}_i)_Q}{Q_i} \quad \text{i} \quad (\bar{d}_i)_Q = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \delta Q_j,$$

$$(\bar{d}_i)_I + (\bar{d}_i)_Q = \bar{d}_i.$$



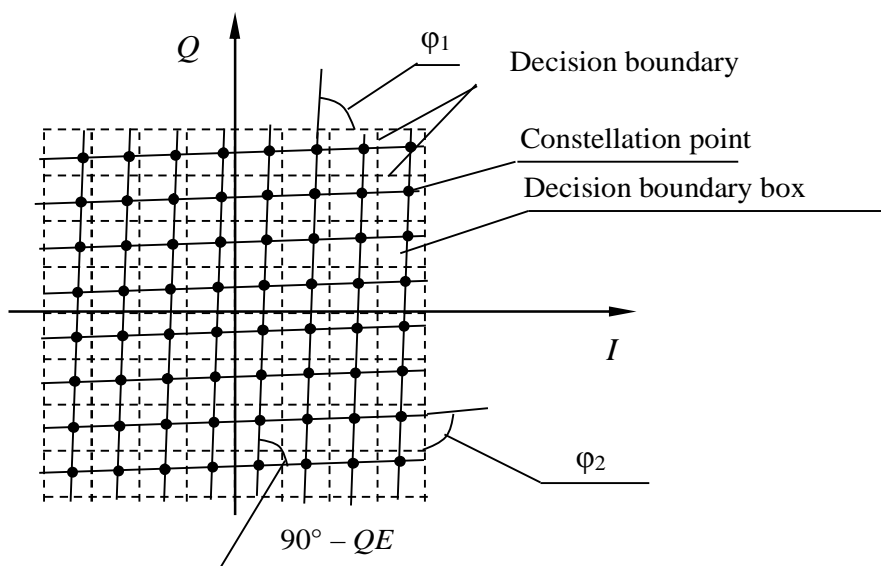
Slika 6.7 – Prikaz konstelacionog dijagrama za slučaj primene 64-QAM u okviru DVB-T2 sistema: (a) idealna konstelacija i (b) konstelacija sa amplitudskim disbalansom, izvor [36].

6.2.2.19.6 Merenje kvadrature greške QE – Quadrature Error

U idealnom slučaju faze dva kvadratna signala nosioca pri IQ modulaciju treba da budu ortogonalne, pa se u slučaju da razlika faze ova dva signala nosioca nije 90° javlja tipičan oblik izobličenja konstelacionog dijagrama za primenjeni tip modulacije. Merenje parametra kvadrature greške (QE) vrši se u cilju identifikacije i procene uticaja ovakvog tipa izobličenja. Merenje QE parametra obavlja se na interfejsu C2.

Postupak za određivanje izobličenja (greške) konstelacionog dijagrama koje nastaje usled neortogonalnosti nosioca pri modulaciji prikazan je na slici 6.8. Pri tome, proračun vrednosti fazne razlike $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$, nakon eliminacije svih ostalih uticaja koji dovode do izobličenja konstelacije, obavlja se na osnovu izraza:

$$QE = \frac{180^\circ}{\pi} \times (\varphi_1 - \varphi_2) [^\circ].$$



Slika 6.8 – Izobličenje 64-QAM konstelacije usled uticaja I/Q kvadrature greške (QE), [35].

6.2.2.20 SFN sinhronizacija

Merenje SFN sinhronizacije obavlja se radi kvantifikacije i podešavanja (usklađivanja) kašnjenja OFDM predajnika na željenu vrednost, kako bi se ostvario sinhronizovan rad predajnika u okviru SFN mreže. Ovaj tip merenja se obavlja na interfejsu C1. Postupak merenja se obavlja na osnovu prikupljanja dovoljnog uzorka I/Q odbiraka, na osnovu kojih se procenjuje impulsni odziv kanala. Postupak merenja SFN sinhronizacije zavisi od lokacije na kojoj se obavlja merenje. Pri tome, SFN sinhronizacija se odnosi na dva nezavisna parametra:

- **Vremenska sinhronizacija:** Svi signali koji se primaju na posmatranoj lokaciji, a koji potiču od odgovarajućih predajnika, treba da budu primljeni tokom trajanja zaštitnog intervala (GI). Zadatak planiranja SFN mreže je da ovo pravilo bude zadovoljeno i za komponente višestruke propagacije (ehoe) ovih signala. Prilikom merenja se primenjuje metod u kome se meri kompleksni impulsni odziv kanala uz indicaciju GI. Osim toga, na pravilan način se uzimaju u obzir i pre-ehoi, a u skladu sa njihovom pozicijom u FFT prozoru, pri čemu indicacija GI treba uvek da počne sa početkom FFT prozora; i
- **Frekvencijska sinhronizacija:** Centralna učestanost spektra svih signala primljenih od skupa posmatranih predajnika SFN mreže treba da bude u okviru određenih granica. Vrednost od 1 Hz je ustanovljena kao dobra praktična ciljna vrednost u slučaju korišćenja RF kanala širine 8 MHz i dimenzije FFT od 8k. Za druge vrednosti širine opsega RF kanala i veličine FFT, npr. 16k ili 32k, mogu se usvojiti proporcionalno strože granice. Frekvencijski *offset* u SFN mreži se može izračunati kao relativna vrednost, pri čemu se kao referentna vrednost uzima putanja propagacije signala koja nosi maksimalnu snagu. Pri tome, merenjem se određuje kompleksni impulsni odziv kanala, i na osnovu njega se određuje i obavlja indicacija frekvencijskog *offset-a* svake eho komponente. Potrebno je na pravilan način uzeti u obzir pre-ehoe. Pozitivna vrednost SFN frekvencijskog *offset-a* označava da je lokalna centralna učestanost za datu eho komponentu viša od lokalne centralne učestanosti referentnog signala.

6.2.2.21 Merenje L1 signalizacione greške

Merenje L1 signalizacione greške se obavlja iz razloga što je L1 konzistentnost esencijalna za uspešno dekodovanje DVB-T2 signala u prijemniku. Merenje se obavlja na interfejsu C3. Prijemnik u sklopu ovog merenja proverava CRC u okviru odgovarajućih L1-pre i L1-post podataka.

6.2.2.22 Merenje RMS-DS – Root-Mean-Square of Delay-Spread

Performanse sistema zasnovanih na primeni OFDM zavise od karakteristika RF kanala u okviru koga se obavlja prenos. Uticaj višestruke propagacije signala pri prenosu signala kroz RF kanal se karakteriše korišćenjem srednje kvadratne vrednosti rasipanja u vremenu (*Root-Mean-Square of Delay-Spread*, RMS-DS) za dati kanal. Merenje RMS-DS se obavlja na interfejsu C1.

Vrednost RMS-DS parametra se meri direktno na osnovu impulsnog odziva kanala. Vrednost ovog parametra se računa na osnovu svih n komponenti višestruke propagacije, za vrednosti $i = 1, \dots, n$, snage P_i i kašnjenja u odnosu na prvu komponentu (*excess delay*) τ_i , čija snaga prevazilazi graničnu vrednost (npr. -15 dB, -20 dB, -25 dB, ...) u odnosu na komponentu najveće snage. Kašnjenje τ_i se definiše kao razlika kašnjenja komponente u odnosu na prvu komponentu signala. Proračun treba da bude ograničen na trajanje GI, i definisan je izrazom:

$$\tau_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{\sum_{i=1}^n P_i} \times \sum_{i=1}^n (\tau_i^2 P_i) - \tau_d^2}, \quad \tau_d = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i P_i}{\sum_{i=1}^n P_i}.$$

6.2.2.23 Merenje MED parametra – Maximum Excess Delay

Performanse sistema zasnovanih na primeni OFDM zavise od karakteristika RF kanala u kome se obavlja prenos signala. Uticaj najveće vrednosti kašnjenja višestruke propagacije signala pri prenosu kroz RF kanal se karakteriše maksimalnom vrednošću kašnjenja u odnosu na najjaču komponentu (*Maximum Excess Delay*, MED) za dati kanal. Merenje MED parametra se obavlja na interfejsu C1. Vrednost MED parametra se meri direktno na osnovu impulsnog odziva kanala. Vrednost ovog parametra se definiše kao maksimalno kašnjenje τ_{max} svih komponenti višestruke propagacije, uz uslov da njihova snaga prevazilazi određenu graničnu vrednost (npr. -15 dB, -20 dB, -25 dB, ...) u odnosu na komponentu najveće snage. MED se definiše u odnosu na prvu pristiglu komponentu čija je snaga iznad specificirane vrednosti.

6.2.2.24 Testiranje modela bafera u prijemniku - Receiver Buffer Model validation test

Test za validaciju bafera u prijemniku (*Receiver Buffer Model*, RBM) sprovodi se na korišćenjem testnog toka podataka i to u obliku *out-of-service* testa, a u cilju testiranja i potvrde pravilnog rada bafera u prijemniku. Proces testiranja se izvodi na interfejsu C. Tokom testa, DVB-T2 signal se dovodi na ulaz DVB-T2 prijemnika, pri čemu signal sadrži testni strim (npr. V&V number 7xx), koji se generiše (tipično u T2-Gateway-u) i sadrži

modifikovanu C-PLP strukturu. C-PLP ne sadrži uobičajene tabele i servisne informacije, već sadrži eksterni audio/video strim. Kao tačka otkaza koristi se ESR5.

6.2.2.25 RLF-non-P1 test – Relative power level during non-P1 part of the FEF

Namena ovog testa je da se izvrši merenje nivoa srednje snage *non-P1* signala FEF u odnosu na snagu T2 signala bez FEF (ne uzima se u obzir vreme u kome se javlja uspon i pad između P1 i susednih talasnih oblika signala). Ova procedura omogućava merenje istokanalne interferencije (CCI) kada se koriste prazni FEF i to u *in-service* modu rada. Proces testiranja se izvodi na interfejsu C. Prva generacija DVB-T2 prijemnika ignoriše FEF.

6.2.3 Merenja i analize na nivou MPEG-2 TS

Jedan od bitnih zadataka o kome se mora voditi računa u okviru kontrole tehničkog kvaliteta rada DTTB sistema je sprovođenje monitoringa na nivou MPEG-2 TS. Postignuti nivo kvaliteta pri donošenju odluka tokom procesa nadgledanja, kao i tipovi grešaka koji se mogu javiti i detektovati pri nadgledanju i praćenju kvaliteta prenosa TS kroz DTTB sistem, predstavljaju prilično pouzdan indikator krajnjeg kvaliteta servisa. Iz tog razloga, praćenjem kvaliteta na ovom nivou prenosa DTTB sistema moguća je implementacija sistema za monitoring sa visokim nivoom pouzdanosti.

Skup parametara na nivou MPEG-2 TS koji se mogu meriti i na osnovu kojih se može obavljati monitoring, ali i kontrola rada sistema, definisan je u specifikaciji ETSI TR 101 290 verzija 1.3.1. Pri definisanju elemenata ove specifikacije uveden je određen broj pretpostavki, odnosno definisani su neki osnovni principi, od kojih su najbitniji sledeći:

- definisani testovi su uglavnom namenjeni za kontinualno ili učestalo periodično izvršavanje postupka monitoringa MPEG-2 TS u radnom okruženju (odnosno tokom pružanja servisa) bez ometanja normalnog rada sistema;
- generalni cilj sprovođenja testova je da se obezbedi podrška za proveru ispravnosti (*health check*) za najbitnije elemente TS, pri čemu je definisan konačan broj testova;
- testovi su primarno dizajnirani u cilju provere integriteta TS kao izvora;
- testovi su konzistentni sa MPEG-2 testovima usaglašenosti definisanim u ISO/IEC 13818-4 standardu, ali ne predstavljaju zamenu za njih; i
- testovi su konzistentni sa DVB-SI dokumentima, ali ne predstavljaju zamenu za njih. Rezervisane vrednosti TS za MPEG-2 i DVB-SI ne uzrokuju indikaciju pojave grešaka pri sprovođenju testova.

U osnovi, testovi se obavljaju na osnovu informacija sadržanih u TS zaglavljjima pa su validni i kada se primenjuju uslovni algoritmi pristupa, ali je određen broj testova validan samo u slučaju skremblovanih, odnosno neskremljovanih TS. Osim toga, testovi ne zavise od načina implementacije postupka kodiranja i dekodiranja. Određen broj testova se sprovodi u *off-line* režimu pod stabilnim uslovima, kada se ne javlja diskontinuitet ili dinamička promena tokom procesa testiranja.

Sva merenja vezana za analizu MPEG-2 TS, a koja se sprovode u cilju detekcije grešaka i neusaglašenosti se obavljaju na ulazu u demultiplekser na transportnom sloju. Tokom merenja na MPEG-2 TS na strani prijema obavlja se analiza usaglašenosti strukture sa standardnim TS ili usaglašenosti prenošenih servisnih informacija sa standardnim servisnim informacijama.

Testovi, odnosno greške koje se mogu javiti i detektovati, su u okviru ETSI TR 101 290 specifikacije, podeljeni u 3 osnovne grupe prioriteta u zavisnosti od značaja za proces reprodukcije MPEG-2 TS na strani prijema, a samim tim i za process monitoringa, pri čemu:

- Testovi svrstani u grupu prvog prioriteta (*Priority 1*) predstavljaju osnovni skup parametara koje treba uzeti u obzir kako bi se donela odluka o tome da li se TS može dekodovati. Ukoliko ovi testovi nisu uspešni TS se ne može dekodovati.
- Testovi svrstani u grupu drugog prioriteta (*Priority 2*) predstavljaju dodatni skup parametara koji se preporučuju u slučaju kontinualnog monitoringa. U slučaju da su ovi testovi neuspešni TS se može samo delimično dekodovati; i
- Testovi svrstani u grupu trećeg prioriteta (*Priority 3*) predstavljaju dodatni opcioni skup parametara koji su od interesa samo za određen skup aplikacija. U slučaju da su ovi testovi neuspešni TS sadrži određene greške u okviru servisnih informacija, ali se može dekodovati.

Detaljan opis i informacije o greškama različitog prioriteta dati su u ETSI TR 101 290 specifikaciji, [36]. Generalna klasifikacija grešaka u MPEG-2 TS sa ukazivanjem na uticaj na procese dekodiranja i reprodukcije (*recovery*) TS po prethodno navedenim grupama prioriteta data je u tabelama 6.3, 6.4 i 6.5, respektivno.

Sva oprema koja se koristi za testiranje i koja je namenjena evaluaciji definisanih parametara treba da ima mogućnost izveštavanja o dobijenim rezultatima testiranja putem jasno definisanih indikatora (indikator se postavlja da ukaže na pojavu greške detektovanu putem određenog testa, a ima vrednost 0 okada greška nije detektovana) pri čemu se test mora izvesti u skladu sa definisanim preduslovima (ETSI TR 101 290). U slučaju kada je postavljen određeni indikator, to označava slučaj da je došlo do pojave greške u TS. Ipak, pošto testovi ne pokrivaju celokupan skup mogućih grešaka, nepostojanje indikatora nije dovoljan uslov da se može zaključiti da nije došlo do grešaka. U slučaju da je prvi indikator (oznaka 1.1 u tabeli 6.3) aktiviran, svi ostali indikatori nisu važeći. Svaki indikator je aktivan (postavljen) sve dok je bar jedan od uslova (definisani odgovarajućim testom) na osnovu kojeg se detektuje greška i dalje važeći.

U slučaju pojave grešaka prvog prioriteta, može doći do situacije da nije moguće obaviti proces sinhronizacije primljenog MPEG-2 TS, pa nije moguće obnavljanje (*recovery*) originalnog programskog toka podataka, tj. javlja se otkaz na nivou programskog strima. Pri pojavi grešaka drugog prioriteta, moguće je dekodiranje programskog strima, ali se tokom ovog procesa javljaju određene greške ili se neki od dodatnih servisa MPEG-2 TS ne mogu delimično ili potpuno dekodovati. Pojava grešaka trećeg prioriteta u MPEG-2 TS predstavlja indicaciju prisustva grešaka na nivou servisnih informacija, ali greške ovog tipa nisu u toj meri kritične za proces obnavljanja i/ili dekodovanja TS.

Statistike grešaka sa različitim prioritetom se mogu iskoristiti za procenu performansi u sklopu monitoringa DTTB servisa. Indeksi kvaliteta servisa (*Quality of Service, QoS*) za DTTB mrežu na osnovu ETSI TR 101 290 specifikacije su:

- vremenski intervali nedostupnosti servisa u smislu pravilnog prijema;
- nivo degradacije kvaliteta prijema servisa; i
- nivo uticaja neusklađenosti na prijem emitovanog signala i njegovu obradu.

U skladu sa izabranim kriterijumima i statističkom analizom grešaka, definisani su određeni indikatori grešaka: SDR (*Service-Degradation-Error*), SAE (*Service-Availability-Error*) i SIE (*Service-Impairments-Error*). Na osnovu rezultata analize pojave i promene navedenih tipova grešaka moguće je izvršiti evaluaciju tehničkog kvaliteta pružanja servisa u okviru DTTB sistema. Metodologija evaluacije je data u [35].

BROJ	TIP GREŠKE	UTICAJ NA REPRODUKCIJU (RECOVERY) I/ILI DEKODOVANJE
1.1	TS_sync_loss	Gubitak sinhronizacije tokom obrade TS – uzimaju se u obzir i parametri histerezisa.
1.2	Sync_byte_error	Javlja se greška pri prenosu sinhronizacionih bita, pa nije moguće pravilno dekodovati pakete na transportnom sloju. Uzimajući u obzir da je obrada <i>payload</i> -a ovih paketa bazirana na primeni sinhronizacionih bita praktično je neostvarivo uspešno obnavljanje bilo kakve informacije.
1.3	PAT_error	PAT (<i>Program Association Table</i>) sadrži greške ili se ne javlja u periodu minimalnog trajanja 0.5 sekundi (maksimalni interval prenosa PAT). Nije moguće obnavljanje (<i>recovery</i>) bilo kog servisnog strima iz MPEG-2 TS.
1.3a	PAT_error_2	Slično kao za PAT_error samo se u ovom slučaju uzima u obzir i to da se PAT može sastojati od više sekcija sa istim identifikatorom.
1.4	Continuity_count_error	Kombinuju se tri provere. U slučaju ove greške nije validno demultipleksiranje elementarnih strimova.
1.5	PMT_error	PMT (<i>Program Map Table</i>) sadrži greške ili se ne javlja u periodu minimalnog trajanja od 0.5 sekundi (maksimalni interval prenosa PMT). Neppravilna konfiguracija MPEG video i/ili audio dekodera usled netačne definicije tipa strima i metoda kompresije može voditi do neuspeha u procesu dekodiranja.
1.5a	PMT_error_2	Preporučuje se za buduću upotrebu kao zamena za PMT_error.
1.6	PID_error	Pojava greške u PID (<i>Packet ID</i>) vodi ka pogrešnom izboru elementarnog strima sa pogrešnim identifikatorom paketa. Referisani PID se ne javlja za period definisan od strane korisnika.

Tabela 6.3 – Parametri za MPEG-2 TS monitoring prvog prioriteta, [35], [36]

BROJ	TIP GREŠKE	UTICAJ NA REPRODUKCIJU (RECOVERY) I/ILI DEKODOVANJE
2.1	Transport_error	Paket sadrži nekorigovane greške što vodi ka otkazu tokom obnavljanja (<i>recovery</i>) odgovarajućeg <i>payload</i> -a.
2.2	CRC_error	PSI/SI tabela sadrži greške (na osnovu rezultata CRC analize), došlo je do odbacivanja odgovarajuće sekcije tabele ili trenutne tabele, pa dekođer čeka na sledeće ponavljanje prenosa informacije.
2.3	PCR_error	Izgubljena je sinhronizacija MPEG koderu i dekođeru.
2.3a	PCR_repetition_error	Interval između dve uzastopne PCR vrednosti je duži od 40 ms.
2.3b	PCR_discontinuity_indicator_error	Razlika između dve uzastopne PCR vrednosti je izvan opsega 0 do 100 ms bez postavljenog indikatora diskontinuiteta.
2.4	PCR_accuracy_error	Gubitak sinhronizacije tokom procesa u MPEG koderu ili dekođeru što vodi ka određenoj degradaciji (džiter u audio/video sinhronizaciji).
2.5	PTS_error	Gubitak sinhronizacije tokom prezentacije audio/video sadržaja. Period ponavljanja PTS duži od 700 ms.
2.6	CAT_error	CAT (<i>Conditional Access Table</i>) sadrži greške ili se ne javlja tokom specificiranog maksimalnog perioda prenosa. U slučaju CAT baziranih sistema ova greška vodi ka gubitku pristupa informacijama o servisu tokom intervala između uzastopnih CAT kontrolnih poruka.

Tabela 6.4 – Parametri za MPEG-2 TS monitoring drugog prioriteta, [35], [36]

BROJ	TIP GREŠKE	UTICAJ NA REPRODUKCIJU (RECOVERY) I/ILI DEKODOVANJE
3.1	NIT_error	NIT (<i>Network Information Table</i>) sadrži greške ili se ne javlja tokom specificiranog maksimalnog perioda prenosa. Ova greška vodi ka gubitku informacija o mreži, nije kritična za dekodiranje MPEG videa.
3.1a	NIT_actual_error	NIT sadrži informacije o frekvenciji, kodnom količniku, modulaciji, polarizaciji i slično. Proverava se da li je NIT prisutan u TS i da li ima korektan PID.
3.1b	NIT_other_error	NIT može biti prisutna pod drugim PID i da se odnosi na drugi TS kako bi pružala informacije o programima dostupnim na drugim kanalima. Distribucija ovih NIT nije obavezna, provera samo utvrđuje da li postoje ove tabele.
3.2	SI_repetition_error	Vreme za obnavljanje odgovarajuće PSI/SI tabele je povećano što izaziva određeno kašnjenje za pristup servisu (nekad nije kritično za korisnika).
3.3	Buffer_error	Preopterećenje bafera, moguć gubitak podataka.
3.4	Unreferenced_PID	Dekoder ne može da pristupi traženom elementarnom strimu usled toga što je PID nereferenciran u bilo kom od dozvoljenih ID skupova.
3.4a	Unreferenced_PID	
3.5	SDT_error	Opis servisa koji je dostupan korisniku postaje nedostupan ili je ograničen u trenutnom ili drugim TS.
3.5a	SDT_actual_error	
3.5b	SDT_other_error	
3.6	EIT_error	Opis događaja (takve informacije se prenose u EIT tabelama) postaje nedostupan ili je ograničen u trenutnom ili drugim TS.
3.6a	EIT_actual_error	
3.6b	EIT_other_error	
3.6c	EIT_PF_error	
3.7	RST_error	Mehanizam za brzo <i>update</i> -ovanje statusnih informacija koji se odvija kroz EIT je nedostupan ili ograničen.
3.8	TDT_error	Greška u trenutnim UTC informacijama o vremenu i datumu.
3.9	Empty_buffer_error	Punjenje bafera prijemnika nije zadovoljavajuće.
3.10	Data_delay_error	Kašnjenje podataka kroz TSDT bafere je duže od 1 sekunde.

Tabela 6.5 – Parametri za MPEG-2 TS monitoring trećeg prioriteta, [35], [36].

7. ANALIZA MOGUĆIH KONCEPATA SISTEMA ZA PRAĆENJE KVALITETA SISTEMA DTTB U SRBIJI

U okviru ovog poglavlja biće analizirani mogući koncepti implementacije sistema za praćenje kvaliteta sistema DTTB u Republici Srbiji. U skladu sa zahtevima i potrebama Investitora, definisanim u okviru Projektnog zadatka, mreža stacionarnih senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije treba da omogući kontinualnu proveru kvaliteta prijemnog signala nacionalne DTTB mreže. U osnovi, potrebno je korišćenjem mreže senzora, odnosno mreže daljinski kontrolisanih mernih prijemnika postavljenih na za to pogodnim lokacijama, obezbediti nadgledanje nacionalne DVB-T2 mreže 24 časa dnevno 365 dana u godini.

Kao što je to navedeno u glavi 1, neki od osnovnih ciljeva razvoja sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne nacionalne DTTB mreže, odnosno zadataka koji treba da se obavljaju primenom ovog sistema su:

- kontinualna provera kvaliteta prijemnog signala nacionalne DTTB mreže;
- održavanje i unapređenje postignutog kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB u zonama opsluživanja, kao i ujednačavanje kvaliteta servisa;
- obezbeđivanje reprezentativnog uzorka za ocenu kvaliteta i regularnosti rada mreže predajnika sistema DTTB na celokupnoj ili u najvećem delu zone opsluživanja, a čime bi se omogućio kontinualni uvid u trenutno stanje postojeće mreže predajnika i ispravnost njihovog rada; i
- detekcija i registrovanje povremenih, periodičnih ili retkih događaja narušavanja kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB, koji se dešavaju u određenim periodima vremena i delovima teritorije zone opsluživanja. Odnosno, cilj je da se detektuju i zabeleže čak i trenutne, kratkotrajne promene u kvalitetu rada sistema DTTB.

Na osnovu primene sistema za monitoring kvaliteta nacionalne DTTB mreže u osnovi se očekuje da se ostvare određeni pozitivni efekti, i to:

- stvore preduslovi za dokumentovano ukazivanje na neujednačen, promenljiv ili pogoršan kvalitet servisa sistema DTTB u pojedinim periodima vremena i/ili delovima planirane zone opsluživanja;
- kontinualnim prikupljanjem i analizom podataka koji mogu da ukažu na određene nedostatke u dizajnu sistema DTTB u određenim delovima zone opsluživanja,

stvaraju se preduslovi za održavanje, ujednačavanje i unapređenje postignutog nivoa kvaliteta prijemnog signala u delovima ili celokupnoj zoni opsluživanja; i

- podržava se proces unapređenje kvaliteta rada sistema DTTB putem prikupljanja informacija o trenutnom (i dostignutom) kvalitetu servisa i kontinualne kontrole rada operatera sistema DTTB (JP ETV). Pri tome, u vidu se ima situacija da u ovoj oblasti ne postoji konkurencija, tj. da ne postoji veći broj operatera koji bi poslovali i nadmetali se pod komercijalnim uslovima na tržištu.

Sama realizacija planiranog sistema za praćenje (monitoring) kvaliteta nacionalne DTTB mreže na teritoriji celokupne zone opsluživanja, a koja zavisi od posmatranog multipleksa obuhvata od 90% do 98% teritorije Republike Srbije, podrazumeva postavljanje određenog broja stacionarnih daljinski kontrolisanih mernih stanica. Pri tome, ove merne stanice moraju biti adekvatno opremljene mernom i komunikacionom opremom. Pored toga, sistem treba da sadrži i centar za prikupljanje, skladištenje i obradu izmernih podataka, kao i za upravljanje radom mernih stanica. Dodatno, potrebno je obezbediti mrežu komunikacionih linkova za povezivanje mernih stanica i centra upravljanja. Samim tim, realizacija planiranog sistema za monitoring, podrazumeva određena kapitalna ulaganja (troškove), koja se povećavaju sa porastom broja mernih stanica, pri čemu je realno očekivati i značajne operative troškove tokom dugotrajne eksploatacije i održavanja sistema. Iz navedenog razloga, pri usvajanju koncepta i definisanju rešenja predmetnog sistema za kontinualno praćenje kvaliteta nacionalne DTTB treba sagledati moguće varijante, i analizirati ih sa stanovišta postizanja optimalnog odnosa očekivanih ulaganja i mogućih (realno ostvarivih) performansi sistema kao i pozitivnih efekata njegove primene.

7.1 ANALIZA I OCENA MOGUĆIH KONCEPATA SISTEMA

U skladu sa prethodno definisanim opštim zahtevima i zadacima, kao i sa očekivanim pozitivnim efektima primene, u pogledu sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB mreže, kao jedno prirodno rešenje nameće se ono u kome se:

- odvija kontinualni rad sistema, tj. praćenje kvaliteta prijema signala DTTB mreže 24 časa dnevno, 7 dana u nedelji, svih 365 dana u godini;
- kvalitet prijema signala obavlja sa stanovišta korisnika sistema DTTB, pri čemu se u cilju prikupljanja reprezentativnog uzorka prijemnih signala na celokupnoj teritoriji zone opsluživanja definiše mreža senzora koji su prostorno raspoređeni širom ove teritorije. Ovakav pristup uslovljava primenu velikog broja senzora (mernih stanica u okviru kojih se smeštaju senzori), raspoređenih na datoj teritoriji. Naime, kako bi se u svakom trenutku omogućilo prikupljanje reprezentativnog uzorka za procenu kvaliteta signala DTTB na celokupnoj teritoriji, prostorne lokacije u kojima se obavlja merenje, kao i prateće antenske i druge instalacije, moraju odgovarati lokalnim uslovima prijema signala sa stanovišta korisnika. Stoga, prostorni raspored lokacija na kojima se obavlja merenje i broj ovih lokacija treba da bude izabran na takav način da se obezbedi uzorak (posmatrano u prostoru) koji pravilno reprezentuje trenutni kvalitet prijema za većinu korisnika sistema DTTB, a što uslovljava da gustina prostornog rasporeda lokacija odgovara gustini mogućih korisnika (npr. broju stanovnika po km²) po pojedinim regionima. Između ostalog, ovakav prostorni raspored mernih stanica opravdan je i stoga što su zone veće gustine naseljenosti često pokrivene sa više predajnika SFN mreže (rešenje koje je pretežno primenjeno i u Srbiji), pa se u njima mogu češće javiti problemi na prijemu;

- merne stanice se smeštaju u i na objektima koji odgovaraju tipičnim objektima u kojima se nalaze korisnici sistema, sa antenskim instalacijama i mernom opremom koja ima slične karakteristike kao i tipični korisnici sistema DTTB, posmatrano u smislu ostvarivanja kvaliteta prijema signala DTTB;
- odvija potpuno autonomni rad sistema, uz kontinualno ostvarivanje komunikacije merne opreme sa centrom za upravljanje i obradu podataka u cilju dostavljanja izmerenih podataka ka centru upravljanja i prenosa kontrolnih poruka ka mernim stanicama. Merna oprema treba da podržava merenje određenog skupa parametara signala kojima se karakteriše kvalitet prijema signala sa stanovišta korisnika, uz mogućnost detekcije odstupanja od zahtevanog nivoa kvaliteta u kom slučaju se registruje alarmna situacija i obavlja beleženje (eng. *logging*) bitnih podataka koji karakterišu prijem signala u tom trenutku, odnosno vrši izveštavanje centra upravljanja o tome.

Upravo rešenje ovog tipa primenjeno je u Portugaliji, pri čemu je implementirana mreža senzora za kontinualno praćenje kvaliteta prijema signala DTTB na kontinentalnom delu teritorije države koja se sastoji od 390 mernih stanica. Pri tome, treba naglasiti da je razvoj ovog sistema bio uslovljen izuzetno velikim brojem pritužbi korisnika na kvalitet servisa ili pojavu interferencije u procesu prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog signala u Portugaliji. Kao jedan od mogućih uzroka za tako veliki broj pritužbi može se posmatrati usvojena strategija operatora da se celokupan kontinentalni deo Portugalije pokriva jednom SFN mrežom, što usled ograničenja maksimalnog dozvoljenog rastojanja predajnika u okviru SFN mreže može u određenim delovima teritorije rezultovati pojavom interferencije.

Kako je u Srbiji od trenutka uvođenja digitalnog emitovanja televizijskog signala zabeležen relativno mali broj pritužbi na kvalitet signala DTTB (osim možda u početnom periodu kada je trebalo dodatno informisati korisnike o pravilnom načinu korišćenja kućnih instalacija), kao i relativno mali broj žalbi vezanih za pojavu interferencije, može se zaključiti da u Republici Srbiji ne postoji osnovni razlog koji je podstakao NRA u Portugaliji na implementaciju ovog specifičnog rešenja.

Pri tome, dodatni razlog za realizaciju sistema za monitoring u Portugaliji, bio je taj što postoji samo jedan operator DTTB mreže za distribuciju digitalnog televizijskog signala, odnosno ne postoji konkurencija u ovoj oblasti kao što je to slučaj u velikom broju zemalja u Evropi. U tom smislu, postojanje sistema za kontinualni monitoring signala DTTB bio je jedan od načina da se preventivno kontrolišu ili preduprede negativni efekti privilegovanog položaja operatera DTTB na ostvareni kvalitet servisa i pokrivenost servisom sa ujednačenim kvalitetom po regionima i na celokupnoj teritoriji. Ovo je situacija koja postoji i u Srbiji, o čemu se mora voditi računa pri donošenju konačne ocene o potrebi za realizacijom neke od varijanti sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta rada sistema DTTB.

Pri analizi primene prethodno opisanog koncepta realizacije sistema za kontinualno praćenje kvaliteta prijema signala DTTB za slučaj Republike Srbije, uz usvajanje osnovnih principa realizacije ovakvog tipa sistema u Portugaliji, a koji se mogu oceniti kao opravdani i potpuno usklađeni sa samim konceptom i koji su detaljno prikazani u poglavlju 4.2, može se navesti sledeće:

- teritorija Republike Srbije iznosi približno 88 361km². Po popisu iz 2011. godine, na delu teritorije bez AP Kosovo i Metohija na kome popis nije mogao biti sproveden, živi nešto više od 7.565.761 stanovnika u 2.497.187 domaćinstava, uz prosečnu gustinu naseljenosti od približno 92 stanovnika na km², uz popisanih 3.243.587 stambenih jedinica.

- ukupna teritorija Republike Srbije je približno jednaka onoj u Portugaliji, uz nešto manju gustinu naseljenosti i gustinu objekata (stambenih i drugih objekata) kao potencijalnih lokacija korisnika DTTB sistema;
- u slučaju realizacije sistema približan broj mernih stanica kojima bi se ostvarilo adekvatno pokrivanje bi bio oko 250. Pri tome, radi se o početnoj i verovatno optimističnoj proceni (u smislu da predstavlja podcenjen broj lokacija);
- primena koncepta zahteva opremanje i uređenje velikog broja lokacija, mernih stanica, što je veoma složen proces kako sa stanovišta organizacije (identifikacija i ugovaranje lokacija, uređenje i postavljanje instalacija, realizacija komunikacionih linkova – posebno u ruralnim predelima), tako i sa stanovišta visokih kapitalnih troškova (instalacije, oprema, troškovi izvođenja radova), vremena potrebnog za realizaciju, kao i visokih operativnih troškova tokom dugog perioda eksploatacije sistema (održavanje, amortizacija, troškovi komunikacije, kalibracija, ljudski resursi, i sl.);
- trenutno ne postoji veliki broj pritužbi na kvalitet prijema za nacionalnu DTTB mrežu (koja je realizovana preko 200 predajnika), što u značajnoj meri dovodi u pitanje osnovni razlog za primenu jednog ovakvog rešenja.

Dodatno, iskustva i mišljenje NRA u drugim evropskim zemljama, a koja su opširno izložena u glavi 4, pokazuju evidentan stav većine NRA da ne postoje opravdani razlozi za implementaciju “portugalskog rešenja” za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB mreže. Naime, iskazan stav NRA u 13 evropskih zemalja po pitanju razvoja sistema za kontinualno praćenje kvaliteta rada DTTB mreža se može sumirati na sledeći način:

- samo u jednoj od posmatranih država (Portugalija) postoji sistem za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB, dok se u jednoj (Grčka) razmišlja o nabavci određenog rešenja kojim bi se obavljalo preventivno ili reaktivno (na osnovu pritužbi) merenje pokrivanja. U ostalih 11 zemalja se trenutno ne sagledava potreba za primenom ovakvog tipa sistema, a u nekima se smatra da takav sistem nije potreban i odbacuje se mogućnost njegove primene u bliskoj budućnosti;
- problem kontrole kvaliteta DTTB mreža se u određenom broju zemalja, i to onima u kojima postoji veći broj operatera i tržišna konkurencija u ovoj oblasti, rešava kroz proces izdavanja licenci, sa definisanom obavezom ispunjenja zahteva u pogledu ostvarene dostupnosti (raspoloživosti) i pokrivanja sa definisanim nivoom kvaliteta. Postoje slučajevi gde se problem monitoringa kvaliteta servisa rešava na komercijalnom principu na bazi ugovora operatera DTTB mreža sa provajderima sadržaja (emitera); i
- u određenom broju zemalja NRA sprovode povremena *ad hoc* merenja ostvarenog pokrivanja, ili merenja u regionima u kojima su zabeleženi određeni problemi, u formi kontrolnih merenja parametara predajnika i prijemnog DTTB signala kao deo različitih projekata i aktivnosti vezanih za monitoring i kontrolu RF spektra.

Na osnovu svega navedenog, postavlja se opravdano pitanje realne ekonomske i društvene opravdanosti razvoja sistema za praćenje kvaliteta DTTB mreže na osnovu prethodno izloženog koncepta (portugalskog), koji karakteriše veliki broj mernih stanica za potrebe merenja kvaliteta prijema signala sa stanovišta korisnika uz procenu trenutnog kvaliteta ostvarenog pokrivanja na celokupnoj teritoriji. Pri tome, prvenstveno treba imati u vidu izuzetno velike troškove izgradnje, kao i operativne troškove jednog ovakvog sistema. Stoga, uzimajući u obzir realne potrebe za kontinualnim nadgledanjem kvaliteta rada digitalne televizije na teritoriji Republike Srbije, može se dati konačna ocena da investicija vezana za razvoj sistema ovog tipa predstavlja ekonomski neopravdano i suštinski neracionalno rešenje.

Uzimajući u obzir postavljene zadatke i zahteve definisane za sistem za kontinualno praćenje kvaliteta rada DTTB mreže, odnosno očekivane efekte primene koji su izloženi u početnom delu ovog poglavlja, pri izradi ove Studije biće razmatrano i predloženo rešenje sistema za monitoring zasnovano na drugačijem konceptu realizacije. Pri tome, uzeta je u obzir činjenica da postoje realne potrebe za određenim nivoom praćenja kvaliteta rada DTTB mreže od strane Investitora, kao što su:

- trenutna nacionalna DTTB mreža izgrađena je u poslednjih nekoliko godina (praktično je nova), ali se u daljem toku eksploatacije, pogotovo u dužem vremenskom periodu, usled prirodnog starenja pojedinih elemenata mreže mogu javiti problemi u pogledu povremenih otkaza i/ili pogoršanja kvaliteta pokrivanja servisom u nekom delu zone opsluživanja;
- postoji realna potreba da se u slučaju žalbi na ostvaren kvalitet servisa ili pojavu interferencije u određenim delovima teritorije omogući potvrdi opravdanost ovih žalbi, što nije uvek moguće uraditi naknadnim izlaskom mernih ekipa na teren. U tom smislu, određen nivo praćenja kvaliteta rada sistema DTTB, na bazi kontinualnog procesa merenja, analize i čuvanja osnovnih parametara kvaliteta signala, pogotovo u slučaju detektovanja pojave narušavanja kvaliteta pokrivanja ili prestanka pružanja servisa u kraćim ili dužim periodima vremena, omogućava znatno jednostavnije i delotvornije izvršenje ovih zadataka; i
- u oblasti emitovanja digitalne televizije ne postoji konkurencija na tržištu, pa NRA treba da ostvari određen vid kontrole kvaliteta pružanja servisa na celokupnoj teritoriji. Trenutni tehnički, a naročito ljudski resursi kojima raspolaže Služba za kontrolu ne omogućavaju izvođenje učestalih i periodičnih *ad hoc* provera kvaliteta pokrivanja DTTB servisom kojim bi se ostvarila adekvatna kontrola.

Pri razvoju koncepta sistema za kontinualno praćenje kvaliteta rada DTTB mreže, kao polazna osnova usvojen je zahtev da mreža senzora za praćenje kvaliteta sistema DTTB treba da omogući kontinualnu proveru kvaliteta prijemnog signala nacionalne DTTB mreže. Kako bi se sa stanovišta ekonomske opravdanosti realizacije sistema za monitoring dobilo što povoljnije rešenje, uzeti su u obzir planovi Investitora u pogledu razvoja mreže daljinski upravljanih fiksnih kontrolno-mernih stanica (RFMS) i kontrolno-mernih centara (KMC) sa stalnom ljudskom posadom za potrebe monitoringa i kontrole korišćenja RF spektra, što je detaljno opisano u poglavlju 5.1.3. Naime, na osnovu planske dokumentacije, u narednom periodu planirana je izgradnja 12 regionalnih RFMS i 5 lokalnih RFMS (u daljem tekstu sve ove merne stanice biće označene samo kao RFMS), kao i modernizacija dva postojeća KMC (Dobanovci-Beograd i Niš) i izgradnja novog KMC (Gakovo-Sombor). Planirane lokacije za RFMS i KMC su u skladu sa svojom namenom izabrane na takav način da omogućavaju detekciju, prijem i merenja RF signala gotovo svih predajnika lociranih na teritoriji Republike Srbije (korišćenjem odgovarajuće RFMS ili KMC), i to sa takvim nivoom radio signala (intenzitetom električnog polja) koji omogućava širok skup merenja i analiza. Uz saglasnost Investitora, predložen je koncept u kome se merne stanice sistema za monitoring kvaliteta DTTB mreže kolociraju sa RFMS i KMC, odnosno smeštaju se na iste lokacije i koriste osnovnu infrastrukturu ovih kontrolno-mernih stanica. Time je obezbeđeno da se korišćenjem relativno malog skupa mernih stanica, lociranih isključivo na postojećim ili planiranim lokacijama RFMS i KMC namenjenih za nadgledanje RF spektra, mogu primati i meriti parametri signala predajnika DTTB mreže.

Ove lokacije će biti u potpunosti u vlasništvu Investitora, što praktično znači da za realizaciju stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije neće biti potrebno rešavati imovinsko-pravne poslove, postavljati nove antenske stubove, obezbeđivati napajanje električnom energijom, niti realizovati zaseban sistem prenosa za povezivanje

mreže senzora sa centrom za upravljanje. Ovakav pristup u značajnoj meri smanjuje vrednost ukupne investicije, odnosno rešava osnovni problem, problem ekonomske isplativosti, koji je postojao u prethodno analiziranom i odbačenom konceptu.

Pri tome, umesto prethodnog koncepta, u kome se praćenje kvaliteta DTTB mreže obavlja sa stanovišta krajnjih korisnika sistema, korišćenjem velikog broja mernih stanica čije su karakteristike (prijemnika i antenskih sistema) slične karakteristikama tipičnih instalacija korisnika sistema, ovde se predlaže drugačiji koncept u kome se nadgleda rad predajnika DTTB mreže. Pri tome, obavlja se prijem signala predajnika DTTB mreže, i to na lokacijama na kojima se obezbeđuje relativno visok nivo signala (intenzitet električnog polja) i relativno visok kvalitet signala u smislu vrednosti SNR i CNR. Iz tog razloga, cilj merenja nema za cilj da utvrdi da li je pri prijemu signala zadovoljen minimalni zahtevani nivo kvaliteta prijema, već se na osnovu promena parametara signala u vremenu može utvrditi da li je i kada je došlo do poremećaja rada predajnika. Primera radi, ukoliko se u nekom periodu vremena detektuje naglo i značajno opadanje izmerene vrednosti snage signala na ulazu u prijemnik u odnosu na očekivanu srednju vrednost to predstavlja indikaciju da je došlo do poremećaja u radu predajnika DTTB mreže. Poremećaj rada predajnika, po pravilu izaziva veće ili manje pogoršanje kvaliteta prijema signala u okviru servisne zone koju taj predajnik pokriva. Pri tome, u delovima servisne zone u kome je kvalitet prijema bio relativno blizu nominalnih graničnih vrednosti, poremećaj u radu predajnika (npr. smanjivanje predajne snage) dovodi do situacije u kojoj je onemogućen kvalitetan i uspešan prijem signala DTTB, odnosno dolazi do prekida dostavljanja servisa. Praćenjem različitih parametara RF signala svakog od predajnika DTTB mreže, tj. parametara koji se mere pre i nakon demodulacije, pre i nakon dekodiranja signala, odnosno onih koji karakterišu sinhronizaciju, mogu se uočiti različiti tipovi poremećaja u radu predajnika. Samim tim merenjem i praćenjem promene ovih parametara dobijamo indikaciju pogoršanja kvaliteta DTTB servisa u delu ili celokupnoj servisnoj zoni posmatranog predajnika.

Nacionalna DTTB mreža je zasnovana na primeni DVB-T2 standarda, pri čemu je pri njenoj implementaciji intenzivno primenjen SFN način rada, uz određene zone raspodele u kojima se koristi kombinovani SFN/MFN način rada na manjem procentu teritorije, videti glavu 3. Implementacija DTTB mreže u Srbiji izvedena je podelom na više zona raspodele, pri čemu u u jednoj zoni raspodele imamo jedan do dva predajnika velike snage (efektivno zračene snage veće od 3 kW) koji obezbeđuju pokrivanje na najvećem delu odgovarajuće zone raspodele, kao i određen broj predajnika srednje snage (snaga od 100 W do 1-3 kW) i veći broj predajnika male snage (snage manje od 100 W) koji pokrivaju relativno mali procenat teritorije (ovi poslednji uglavnom u funkciji *gap-filler-a*). Usled principa rada SFN mreža, na velikom procentu teritorije svake zone raspodele predajnici velike snage u značajnoj meri maskiraju signal koji potiče od predajnika male snage. Kako se u predloženom konceptu prijem signala odvija na dominantnim lokacijama na kojima je planirana realizacija RFMS i KMC, uz dobar prijem signala predajnika velike snage iz jedne ili više zona raspodele, ovaj efekat će biti veoma izražen. Stoga bi u cilju mogućnosti prijema i analize signala predajnika male snage trebalo postaviti merne stanice relativno blizu ovim predajnicima, u okviru servisne zone tih predajnika, što bi opet rezultovalo velikim brojem mernih stanica, odnosno dobijanjem rešenja koje nije ekonomski opravdano. Usvojeni koncept sistema će biti detaljno razmatran u nastavku Studije, pri čemu će biti obavljena detaljna analiza u cilju formiranja predloga tehničkog rešenja za mrežu mernih stanica koja će omogućiti najbolje moguće performanse u smislu praćenja kvaliteta nacionalne DTTB mreže, uz uslov korišćenja relativno malog broja mernih stanica kolociranih sa RFMS i KMC, u cilju dizajna ekonomski opravdanog rešenja za kontinualno praćenje kvaliteta sistema DTTB u Srbiji.

U sledećoj glavi, glavi 8, biće dat pregled na tržištu dostupne merne opreme i uređaja pogodnih za realizaciju mernih stanica ovog sistema. U glavi 9, prikazan je opis osnovnih funkcionalnih elemenata sistema, definisan je predlog načina funkcionisanja sistema uz specifikaciju karakteristika merne opreme i uređaja, kao i predlog parametara DVB-T2 signala obuhvaćenih postupkom monitoringa. U glavama 10 i 11, date su osnovne postavke, metodologija i rezultati analize sprovedene u cilju definisana tehničkog rešenja za realizaciju mreže senzora (mernih stanica) za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB mreže na bazi prethodno izloženog koncepta.

7.2 DODATNE AKTIVNOSTI ZA KONTROLU KVALITETA DTTB MREŽE

Trenutno stanje tehničke opremljenosti Službe za kontrolu RATEL-a, omogućava izvođenje određenog broja zadataka vezanih za kontrolu kvaliteta servisa i pokrivanja nacionalne DTTB mreže, koji ne spadaju u kontinualno praćenje kvaliteta nacionalne DTTB mreže, ali se mogu posmatrati kao dopunske aktivnosti u oblasti kontrole kvaliteta i ostvarenog pokrivanja DTTB mreže. Obavljanje zadataka ovog tipa predstavlja dopunsku aktivnosti putem kojih se mogu unaprediti određeni aspekti kontrole kvaliteta DTTB mreže.

MMS bazirana na vozilu *Mercedes Vito*, stacionirana u KMC Beograd, opremljena je za poslove merenja pokrivanja i proveru kvaliteta servisa svih mreža javne mobilne telefonije, mreža za fiksni bežični pristup, TETRA sistema i DTTB sistema zasnovanog na primeni DVB-T2 standarda u opsegu učestanosti do 3GHz. Osim toga, vozilo je opremljeno za analizu i merenje analognih i digitalnih TV signala, primenom uređaja R&S EFA i R&S ETL. MMS se može koristiti za potrebe provere i utvrđivanje zone pokrivanja servisom, kao i za merenje parametara usluga koje se pružaju, a u cilju provere kvaliteta pružanja servisa sistema DTTB. MMS između ostalog omogućava merenje u pokretu. Iz toga razloga MMS se može koristiti za te svrhe u pojedinim oblastima od interesa (delova teritorije u kojima postoji problem sa pokrivanjem servisom DTTB - *ad hoc* merenja za neku izabranu prostornu oblast). Ipak, uzimajući u obzir kadrovsku strukturu Službe za kontrolu, odnosno relativno mali broj zaposlenih i značajno angažovanje na ostalim zadacima iz domena rada Službe, ovakve aktivnosti se mogu obavljati samo po potrebi i ne mogu se smatrati kao dovoljne za potrebe kontrole kvaliteta DTTB. Stoga se, primena ove MMS može posmatrati kao dopunska, ali ne i dovoljna aktivnost u smislu kontinualne kontrole kvaliteta DTTB, i prewashodno se može koristiti u slučaju postojanja žalbi na kvalitet servisa koje pruža sistem DTTB u nekoj široj oblasti, ili za povremenu kontrolu zone pokrivanja DTTB mreže i njenog poređenja sa onom dobijenom korišćenjem analize putem odgovarajućih softverskih paketa.

Služba za kontrolu raspolaže svom potrebnom opremom, kojom se u skladu sa odgovarajućim normativima, npr. preporuka ITU-R SM.1875-2, [5], može obaviti kontrola radio-pokrivanja u prostornim zonama od interesa, npr. u manjim delovima servisne zone u kojima je korišćenjem odgovarajućih softverskih paketa ustanovljen kvalitet prijema blizak graničnim uslovima, a za koje postoji žalba vezana za kvalitet servisa DTTB mreže ili preventivno u cilju provere ostvarenog nivoa radio-pokrivanja u datoj oblasti.

Postojeće MMS sa odgovarajućom opremom se naravno mogu koristiti za potrebe utvrđivanja i analize problema interferencije vezane za rad DTTB mreže.

Konačno, merna vozila Službe za kontrolu, kao i merni timovi, u potpunosti su opremljeni i osposobljeni da uspešno i u skladu sa uputstvom, [37], vrše redovnu ili eventualno vanrednu kontrolu tehničkih i drugih parametara TV radio stanica koje emituju po standardu DVB-T2. Ova aktivnost, primarno spada u osnovne zadatke Službe za kontrolu, kojom se preventivno ili reaktivno obezbeđuje kontrola u smislu detekcije i otklanjanja nepravilnosti u radu radio-stanica i radio-difuznih predajnika.

8. PREGLED RASPOLOŽIVE MERNE OPREME

Jedan od izuzetno bitnih faktora pri definisanju tehničkog rešenja za mrežu senzora za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije predstavljaju mogućnosti merne opreme koja je raspoloživa na tržištu. U tom smislu, pri izradi Studije, izvršena je detaljna pretraga mogućih rešenja pregledom i analizom dostupne dokumentacije na zvaničnim *web* sajtovima (prezentacijama) proizvođača opreme koja je namenjena za merenje i monitoring DVB-T2 signala, odnosno nadgledanje kvaliteta rada DTTB mreže.

Na osnovu analize tehničkih karakteristika i opisa rešenja uočenih tokom sprovedenog postupka pretraživanja i pregleda dostupne dokumentacije, u ovoj glavi su prikazani tipični predstavnici merne opreme koja je dostupna na tržištu, pri čemu:

- Na tržištu se može naći čitav niz rešenja koja omogućavaju prijem i obavljanje nekih osnovnih merenja DVB-T2 signala na RF sloju, zasnovanih na veoma jednostavnim platformama, PCI/PCIe (*Peripheral Component Interconnect - Extended*) karticama sa komercijalnim DVB-T/T2 tjunerima (prijemnicima) i slično. Uzimajući u obzir predmet projekta, odnosno potrebu da se definiše pouzdano i dugotrajno tehničko rešenje za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB mreže u Srbiji, kao i da rezultati dobijeni merenjem i monitoringom mogu da se koriste za potrebe zvaničnog dokumentovanja pojave pogoršanja kvaliteta servisa i poremećaja u radu predajnika, ovakva rešenja nisu razmatrana. Dodatno, zaduženja i pravni status Investitora, kao i relativno velika vrednost investicije, inherentno nameću zahtev da se pri realizaciji sistema za monitoring DTTB mreže koristi oprema pouzdanih proizvođača sa kojima bi bila moguća dugotrajna saradnja, adekvatna tehnička podrška, kao i podrška u cilju unapređenja performansi sistema u narednom periodu.
- Pretaragom je uočen relativno širok skup proizvođača merne opreme koja podržava širi ili užu opciju vezanih za monitoring DVB-T2 sistema. Većina proizvođača, izuzimajući recimo *Rohde & Schwarz*, na svojim zvaničnim sajtovima postavlja tehničku dokumentaciju relativno skromnog obima i sa navođenjem samo osnovnih funkcionalnih i tehničkih karakteristika (npr. tipovi podržanih analiza, merenja i opcija pri monitoringu) bez dodatnih tehničkih podataka za pouzdanu procenu kvaliteta merne opreme. Pri tome, najveći problem za gotovo svu mernu opremu dostupnu na tržištu je bio relativno skroman opis softverske aplikacije. Ovo je veoma važan aspekt, pošto se ovakve aplikacije koriste za udaljenu kontrolu, konfigurisanje procesa merenja i monitoringa, prikaz i obradu rezultata analize, zadavanje uslova i

zapis pojave alarma i slično. Iz tog razloga, nije bilo moguće samo na osnovu pregleda raspoložive dokumentacije izvršiti analizu, već su proizvođači direktno kontaktirani i slati su im upitnici sa dodatnim pitanjima u molbama za dostavljanje dokumentacije.

- Sva komercijalno dostupna merna oprema namenjena je zapravo operatorima DTTB mreža, pri čemu je osnovna namena ove opreme kontinualna kontrola i monitoring distributivne i predajne mreže DTTB sistema. Samim tim, namenski razvijeni softverski paketi, npr. NMS (*Network Management System*), kao i sam način pristupa analizi prilagođen je upravo takvoj primeni. Pri tome, većina rešenja mernih prijemnika za RF signale definisana je sa idejom kolokacije merne opreme sa predajnicima DVB-T2 sistema, pri čemu se razmatra prijem signala u bliskoj zoni predajnika ili čak analiza RF signala pre emitovanja, tj. preuzetog direktno sa izlaza predajnika pre antene. Ovo za posledicu može imati relativno nisku osetljivost mernih prijemnika, što nije povoljno za pri prijemu signala na lokaciji koja je na relativno velikom rastojanju od predajnika, a što je slučaj koji se razmatra u ovoj Studiji. Dodatno, često se posmatra slučaj analize MPEG-2 TS i T2-MI sa ulaza u predajnik, a ne onih dobijenih demodulacijom i dekodiranjem RF signala. Predmet projekta, zahteva da tehničko rešenje mora da funkcioniše isključivo na osnovu prijema i analize DVB-T2 signala iz realnog RF kanala na lokacijama koje se nalaze na velikom rastojanju od predajnika DVB-T2 signala. Iz tog razloga, određena merna oprema nije praktično primenjiva (npr. funkcioniše samo za veoma visoke vrednosti nivoa ulaznog RF signala), odnosno neke od standardno podržanih analiza i merenja na RF sloju ili na nivou TS nisu od značaja. Stoga je u pregledu opreme datom u nastavku ove glave obuhvaćena samo oprema za koju je procenjeno da je primenjiva u specifičnim uslovima primene razmatrane u ovoj Studiji.
- Kako se na tržištu može naći veoma širok skup merne opreme relativno sličnih karakteristika, pregled i opis merne opreme dat u nastavku ove glave treba posmatrati kao prikaz tipičnih rešenja koja delimično ili potpuno odgovaraju zahtevima projekta, a ne kao konačan skup mogućih rešenja. Ideja je bila da se opisom obuhvati što širi skup merne opreme koja može doći u obzir za realizaciju projektovanog tehničkog rešenja, a kako bi se na osnovu toga mogle definisati minimalne karakteristike merne opreme potrebne za definiciju i kasniju realizaciju tehničkog rešenja sistema za monitoring DTTB u Srbiji.
- Monitoring DVB-T2 sistema sa kraja na kraj, kao što je to opisao u glavi 6., može se obavljati na više nivoa, i to najčešće analizom RF signala (RF monitoring) ili na nivou MPEG-2 TS (TS monitoring). Pri tome, dobar kvalitet RF signala (npr. visok nivo ulaznog signala) ne garantuje da je sadržaj TS ispravno prenesen, pošto se problemi koji rezultuju pogoršanjem kvaliteta ili čak otkaz servisa na nivou TS mogu javiti u okviru distributivne mreže. Takođe, ispravan prijem i uspešno dekodovanje, kao i regeneracija TS na mestu prijema ne garantuju da nije došlo do kratkotrajnog ili dugotajnog pogoršanja kvaliteta RF signala (pogotovo u slučaju razmatranom u ovoj Studiji kada se očekuju relativno visoki nivoi ulaznog signala na mestu prijema). Iz tog razloga, u većini analiziranih rešenja jasno se razgraničavaju slučajevi podržanih opcija vezanih za RF monitoring i onih vezanih za TS monitoring. Ovakva podela usvojena je i u okviru opisa merne opreme date u nastavku teksta ove glave, a javlja se i u ITU i ETSI specifikacijama koje se odnose na oblast merenja i monitoringa DVB-T2 signala.

U narednim poglavljima 8.1 do 8.6 biće dat sažeti pregled tipičnih predstavnika merne opreme namenjene za merenje i monitoring DVB-T2 sistema, pri čemu je obim i detaljnost

opisa ograničen dostupnom proizvođačkom dokumentacijom. Detaljno je prikazana merna oprema kompanija *Avateq Corporation*, [38], *Gsertel*, [39], *WorldCast Systems Inc.*, [40], *Test-Tree (Enesys Technologies)*, [41], *Rohde&Schwarz*, [42], kao i zajedničko rešenje kompanija *Ubiwhere i WAVECOM wireless experts*, [43]. Osim ovih rešenja, kao veoma zanimljivo rešenje se može navesti i modularno rešenje koje na tržištu zajednički nude kompanije *Sencore i Bridge Technologies*, [44, 45], i koje je bazirano na kombinaciji **VB120** i **VB252** modula. Ovo rešenje omogućava monitoring korišćenjem IP, TS i RF ulaza, i podržava sve postavljene zahteve za monitoring na RF sloju i na nivou TS, ali ima i znatno šire mogućnosti (monitoring *DVB-over-IP*). Ipak, pošto je rešenje primarno namenjeno analizi signala na lokaciji predajnika ili u okviru distributivne mreže, bez potvrde i odgovora proizvođača na osnovu dostupne dokumentacije nije bilo moguće proceniti da li se može koristiti za monitoring na osnovu RF prijema signala na lokacijama udaljenim od predajnika, kao ni koja konfiguracija modularnog rešenja bi bila odgovarajuća u tom slučaju.

U nastavku ove glave dat je detaljan prikaz 6 tipičnih rešenja, uz kraku ocenu njihove promenljivosti u predloženom tehničkom rešenju sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB sistema, dok su u prilogu date specifikacije ovih uređaja koje su preuzete sa zvaničnih *web* prezentacija proizvođača ili su dobijene od proizvođača u direktnom kontaktu.

8.1 MERNI OPREMA KOMPANIJE AVATEQ CORPORATION

Kompanija *Avateq Corporation* sa sedištem u Kanadi, [38], proizvodi i nudi na tržištu familiju uređaja zasnovanih na *ActiveCore*[®] platformi ove kompanije, a koji su prvenstveno dizajnirani za primenu od strane operatera DTTB mreže. Ovu grupu uređaja čine:

- Platforma za povećanje efikasnosti DVB-T/H/T2 predajnika - **AVQ1010-DVBT**;
- Merni prijemnik RF signala za monitoring performansi predajnika DVB-T/H/T2 signala – **AVQ1020-DVBT**;
- Digitalni ripiter za sisteme zasnovane na DVB-T/H/T2 standardima za robustnu retransmisiju signala u okviru SFN mreža (kao *on-channel* ripiter) ili u okviru MFN mreža (kao *gap-filler* ili transponder) - **AVQ1030-DVBT**; i
- Merni uređaj za adaptivnu estimaciju linearnih i nelinearnih izobličenja, i naknadnu kompenzaciju distorzije (pre-distorziju) na osnovu estimacije - **AVQ1040-DVBT**.

Od četiri navedena uređaja, kao glavni merni uređaj u okviru merne stanice mreže za kontinualno praćenje kvaliteta sistema DTTB može se koristiti samo merni prijemnik RF signala za monitoring performansi DVB-T/H/T2 signala **AVQ1020-DVBT** (u daljem tekstu **AVQ1020**). Uređaj **AVQ1020** predstavlja merni (monitoring) prijemnik i analizator signala za više digitalnih standarda za radio-difuziju DVB signala. Razvijen je prvenstveno kao ekonomski isplativo rešenje za potrebe monitoringa predajnika DVB signala u radio-difuziji, i za potrebe monitoringa kvaliteta emitovanog RF signala u cilju obezbeđivanja kvaliteta servisa (QoS) posmatrane mreže predajnika. Dizajn uređaj omogućava jednostavnu primenu u formi direktne integracije u okviru jednog predajnika posmatrane DVB mreže. Osim toga, ovaj merni uređaj se može primeniti i kao deo integrisanog sistema za daljinski kontrolisani (*remote*) monitoring na nivou mreže predajnika, ali i kao samostalna jedinica u procesu verifikacije dizajna predajne mreže, testiranja u procesu proizvodnje ili za potrebe kalibracije DVB predajnika.

Merni prijemnik **AVQ1020** omogućava merenje i monitoring osnovnih sistemskih parametara RF signala (po DVB-T/H/T2 standardu), a može se koristiti i za potrebe merenja i karakterizacije performansi predajnika posmatranog signala u smislu izobličenja (distorzije)

signala koja se unosi tokom pojačanja i filtriranja signala. Ovaj merni prijemnik se stoga može koristiti i za merenje kritičnih RF parametara koji predstavljaju meru performansi pojačavača snage velikog pojačanja (*High Power Amplifier*, HPA). Merni prijemnik **AVQ1020** omogućava praćenje promena vrednosti parametara RF signala, uz mogućnost generisanja automatskog alarma u slučaju odstupanja ovih parametara od definisanog skupa dozvoljenih vrednosti. Prijemnik poseduje ugrađeni sistem za alarmiranje kome se može pristupiti preko raspoloživih komunikacionih interfejsa (*Ethernet*, RS232). U slučaju integracije **AVQ1020** sa predajnikom DVB signala, sistem za alarmiranje se može tako konfigurisati da obavlja funkciju kontrole osnovnih komponenti.

Primarna namena mernog prijemnika **AVQ1020** je da obavlja merenja i monitoring modulisanog RF signala na izlazu predajnika, čime se određuju mere realnih performansi predajnika. Uređaj je dizajniran kao ekonomski isplativo rešenje za potrebe monitoringa kvaliteta RF signala udaljenih predajnika i ripitera bez ljudske posade. Neke od osnovnih karakteristika ovog mernog uređaja su:

- podržava uobičajen skup merenja RF signala kao što su MER/SNR, merenje RF spektra, merenje frekvencijskog *offset*-a, *spectrum shoulder attenuation*, i slično;
- može se koristiti za procenu izobličenja koje unosi predajnik usled nelinearnosti, pri čemu se mere AM-AM i AM-PM krive i grupno kašnjenje;
- koristi se za ranu indikaciju degradacije kvaliteta signala usled starenja komponenti predajnika ili usled varijacije radnih parametara predajnika;
- predstavlja fleksibilno rešenje sa mogućnošću unapređenja na terenu (u toku operativnog rada), pri čemu se mogu fino podešavati funkcije za dijagnostiku i monitoring u skladu sa zahtevima korisnika; i
- poseduje bogate mogućnosti grafičkog prikaza dobijenih rezultata merenja i monitoringa, u cilju vizuelizacije, kao i mogućnost generisanja i čuvanja zapisa (*log* fajlova) o zabeleženim događajima (npr. pojava alarma – prekoračenja dozvoljenih vrednosti nekog od merenih parametara signala).

Uređaj **AVQ1020** je dostupan kao samostalna jedinica (dimenzije 1U) koja se može ugraditi u 19" rek ili u formi OEM (*Original Equipment Manufacturer*) modula. Ovde ćemo prvenstveno posmatrati verziju uređaja kao samostalne jedinice, pošto OEM modul zahteva dodatnu integraciju u okviru neke hardversko-sofverske platforme. Izgled **AVQ1020** mernog prijemnika je dat na slici 8.1.



Slika 8.1 – Spoljašnji izgled **AVQ1020** mernog (monitoring) prijemnika za monitoring performansi predajnika DVB-T/H/T2 signala na RF sloju, [38].

Uređaj je opremljen jednim RF ulazom, i to 50 Ω *N-type* za samostalnu 1U jedinicu, sa mogućnošću dodavanja jednog dodatnog RF ulaza. Dinamički opseg nivoa ulaznog RF signala je od 0 dBm do -50 dBm, pri čemu je optimalna vrednost -20 dBm, što predstavlja ograničavajući faktor za primenu ovog uređaja za potrebe nadgledanja udaljenih predajnika DVB-T2 signala. Merni uređaj podržava rad u opsegu učestanosti od 48 MHz do 1000 MHz. Uređaj je opremljen jednim *Ethernet* interfejsom (RJ45, 10/100/1000 *Fast Ethernet*), kao i serijskim portom (RS232, DB9M za samostalnu 1U jedinicu) preko kojih je omogućena udaljena (*remote*) kontrola, podešavanje i monitoring rada uređaja, odnosno dostavljanje rezultata ili slanje obaveštenja o alarmima ka kontrolnom centru. Dodatno, na raspolaganju je i port za potrebe relejne kontrole (*Dry contact*, DB9F za samostalnu 1U jedinicu). U slučaju realizacije u obliku samostalne 1U jedinice uređaj koristi standardno naizmenično napajanje iz električne mreže (110-250V, 50/60 Hz AC). Merni uređaj je predviđen za rad u opsegu temperature od 0°C do +50°C. Za realizaciju u obliku samostalne 1U jedinice W x D x H dimenzije uređaja su 483 mm x 330 mm x 43 mm.

U zvaničnoj dokumentaciji proizvođača navedeno je da merni uređaj podržava DVB-T, DVB-H i DVB-T2 standarde, pri čemu su u tabeli 8.1 date podržane vrednosti parametra za DVB-T2 standard (kao standarda od interesa).

PARAMETAR	PODRŽANE VREDNOSTI
Podržani standardi	ETSI EN 302 755 (DVB-T2)
Podržani opseg učestanosti	48 MHz do 1000 MHz
Propusni opseg / Širina spektra signala	5, 6, 7, 8, 10 MHz
Broj FFT tačaka	1k, 2k, 4k, 8k, 16k i 32k
Zaštitni (<i>guard</i>) interval	1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/128, 19/128 i 19/256
Modulacija u podkanalu	QPSK, 16-QAM, 64-QAM i 256-QAM

Tabela 8.1 – Podržane vrednosti parametara DVB-T2 standarda za merni prijemnik AVQ1020, [38]. *Napomena: Nisu navedeni parametri za druge DVB standarde.*

Merni prijemnik **AVQ1020** podržava skup merenja, proračuna parametara i analizu kvaliteta primljenog RF signala koji je dat u tabeli 8.2.

Kao što je navedeno merni prijemnik **AVQ1020** je prvenstveno predviđen za primenu u okviru sistema za kontrolu kvaliteta mreže predajnika DTTB, pri čemu se može koristiti u direktnoj sprezi sa predajnikom DVB signala, ili u okviru servisne zone predajnika, što je šematski prikazano na slici 8.2, ali na manjim rastojanjima od predajnika zbog relativno loše oseljivosti. Osnovne predviđene primene uređaja su:

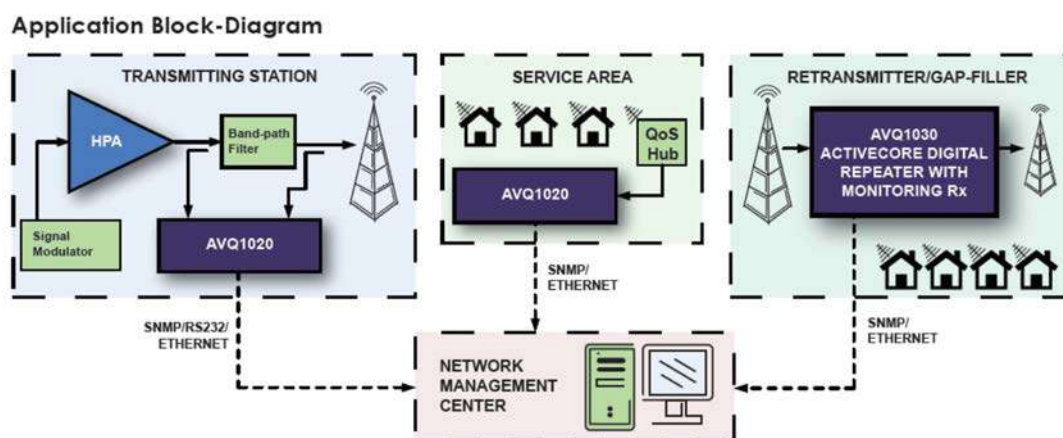
- 24/7 monitoring QoS performansi DVB-T/H/T2 predajnika i ripitera;
- monitoring mreže ripitera mreže predajnika DTTB signala na osnovu udaljene kontrole mernog uređaja;
- u funkciji analizatora RF signala u skladu sa DVB-T/H/T2 standardima za širok skup mogućih primena;
- kao uređaja za testiranje i verifikaciju dizajna predajnika, kao i za testiranje na terenu i tokom proizvodnje.

U okviru mreže senzora za kontinualno praćenje kvaliteta signala digitalne televizije, ovaj merni uređaj ima veoma ograničenu primenu. Prvi razlog je što ne omogućava monitoring

MPEG-2 TS koji se dobija demodulacijom i dekodiranjem primljenog DVB-T2 signala (TS monitoring). Drugi razlog je relativno loša osetljivosti (minimalni nivo signala na ulazu je samo -50 dBm) usled čega se uređaj ne može koristiti za prijem signala predajnika na lokacijama koje su na relativno velikoj udaljenosti od predajnika.

Tip	PODRŽANE FUNKCIONALNOSTI
Osnovna merenja	Vremenski domen: RMS (<i>Root-Mean Square</i>) vrednost signala. PAR (<i>Peak-to-Average Ratio</i>). Maksimalna vršna vrednost. Spektralni domen: Estimacija spektra. Širina spektra. Frekvencijski pomeraj (<i>shift</i>). PAPR (<i>Peak-to-Average Power Ratio</i>).
DVB-T/T2 merenja	Spektralna maska (u skladu sa ETSI TR 101 290 standardom). Potiskivanje signala van dodeljenog RF kanala (<i>spectrum shoulder attenuation</i>). SNR/EVM/MER. Odnos srednje bitske energije i spektralne gustine srednje snage šuma (E_b/N_o). STED (<i>System Target Error Deviation</i>) i STEM (<i>System Target Error Mean</i>). Analiza L1 signalizacije i strukture rama za DVB-T2. Amplitudska i fazna greška signala. Grupno kašnjenje. SFN <i>drift</i> predajnika (varijacija početka DVB-T2 rama).
Merenje izobličenja (distorzija) signala	Linearna: Frekvencijski odziv i grupno kašnjenje signala Nelinearna: Estimacija AM-AM/AM-PM krivih
Generisanje alarma	Osnovni mod: Uslovi za generisanje alarma na osnovu izmerene vrednosti MER/SNR, frekvencijskog pomeraja (<i>shift</i>), <i>spectrum shoulder attenuation</i> , i spektralne maske. Po zahtevu: Moguće je podešavanje skupa parametara i graničnih vrednosti na osnovu zahteva korisnika.
Periodičnost	Period obnavljanja parametara je manji od 60 sekundi
Podržani grafički prikazi i čuvanje podataka o merenju i alarmima (tzv. logovanje)	Spektar signala. Konstelacija. Dijagram oka. AM-PM i AM-PM krive. Amplitudski i fazni odziv kanala. Komplementarna kumulativna funkcija raspodele (CCDF), Analiza <i>echo</i> profila (SFN impulsni odziv/CIR). Istorija promene SNR/MER/EVM. Istorija promene <i>spectrum shoulder attenuation</i> . SFN <i>drift</i> . Generisanje <i>log</i> fajlova sa zapisom događaja i pojave alarma.
Softverska podrška i udaljena kontrola	WEB GUI, <i>Host-based</i> GUI (PC GUI). SNMP agent. SMMP (<i>Simplified Machine-to-Machine Protocol</i>), <i>e-mail</i> , <i>Event & Alarm log</i> .

Tabela 8.2 – Podržan skup merenja, proračuna i analize parametara DVB-T2 signala korišćenjem mernog prijemnika AVQ1020, [38].



Slika 8.2 – Grafički prikaz dve različite forme primene AVQ1020: integrisan u okviru predajnika signala (*transmitting station*) ili samostalno u okviru servisne zone (*service area*).

8.2 MERNA OPREMA KOMANIJE GSERTEL

Kompanija *Gsertel* sa sedištem u Španiji, [39], proizvodi širok spektar profesionalne merne opreme, pri čemu na tržištu nudi familiju merne opreme predviđene za merenje i monitoring sistema za analognu i digitalnu difuziju televizijskog signala (analogni TV standardi, DVB-T/T2, DVB-C/C2, DVB-S/S2, DVB-H/H2, ISDB-T/Tb,). Pri tome, primarna oblast primene merne opreme kompanije *Gsertel*, kada su u pitanju DVB-T/T2 sistemi, obuhvata oblast monitoringa i kontrola rada mreže predajnika za potrebe operatera DTTB mreže.

U grupu uređaja ove kompanije koji podržavaju analizu, merenje i monitoring DVB-T2 signala i sistema spadaju merni uređaji **RCS100** i **RCS400**. Ovi merni uređaji su dizajnirani kao daljinski upravljane (*remote*) platforme za monitoring mreža zasnovanih na DVB-T/T2 i DVB-C standardima. Pri tome, ova dva uređaja se razlikuju samo po kapacitetu (a samim tim i ceni). Zapravo, uređaj **RCS400** omogućava istovremenu analizu 4 DVB-T/T2 signala na RF sloju i/ili na nivou TS, dok uređaj **RCS100** omogućava analizu samo jednog DVB-T/T2 signala. Stoga, merni uređaj **RCS100** predstavlja znatno jeftinije rešenje u odnosu na **RCS400**, a kako podržava sekvencijalnu analizu većeg broja RF kanala u potpunosti je primenjiv u stanicama za monitoring koje trebaju da podrže praćenje signala većeg broja predajnika DVB-T2 signala. Osim toga, kompanija *Gsertel* nudi i niz drugih uređaja za analizu i merenje DVB-T/T2 signala, npr. prenosivi signal analizator **HEXYLON**, ali ti merni uređaji nisu primenjivi, ili njihova primena nije ekonomski opravdana, u okviru mreže daljinski upravljanih mernih stanica za monitoring kvaliteta DTTB koja se razmatra u okviru ove Studije. Iz navedenih razloga ovde će biti opisan samo merni uređaj **RCS100**.

Uređaj **RCS100** predstavlja platformu za profesionalni monitoring mreža, namenjenu za daljinski upravljani, proaktivni monitoring DVB-T/T2 signala u realnom vremenu, i to kako signala na RF sloju, tako i na nivou TS (MPEG-2 TS). Osnovna namena ovog uređaja je da analizira i podrži kontrolu kvaliteta rada DVB-T/T2 mreža, i to neprekidno (24 sata, 7 dana u nedelji, tj. 24x7), za potrebe obezbeđivanja raspoloživosti servisa DVB-T/T2 mreža. Uređaj **RCS100** predstavlja kompaktno rešenje, koje se može smeštati u 19 " rek (dimenzija 1U), u kome se obavlja kompletan proces obrade i analize za dobijanje rezultata monitoringa. Pri tome, za rad mernog uređaja **RCS100** nije potrebna nikakva dodatna oprema, a udaljeni pristup za potrebe podešavanja uređaja i prikaza informacija i rezultata analize ostvaruje se putem *web* pretraživača. Pristup uređaju ostvaruje se kroz WEB GUI aplikaciju, koja treba da omogući jednostavan i brz pristup svih funkcijama uređaja, uključujući spektralnu analizu RF signala, snimanje TS ili IP prenos TS u realnom vremenu ka željenoj tački sistema za kontrolu rada predajnika. Merni uređaj **RCS100** je zamišljen kao fleksibilno rešenje za monitoring DVB-T2 signala koje se može koristiti u glavnom čvorištu (*headend*) distributivne mreže, na lokacijama predajnika DTTB mreže ili na prijemnim lokacijama u servisnoj zoni.

Merni prijemnik **RCS100** omogućava monitoring osnovnih sistemskih parametara RF signala (po DVB-T/T2 standardu), odnosno analizu na nivou MPEG-2 TS (TS monitoring), pri čemu je omogućeno merenje i praćenje vrednosti skupa parametara, kao i obavljanje određenog skupa analiza i testova, datih u tabeli 8.3. Uređaj podržava mogućnost generisanja alarma u slučaju odstupanja vrednosti parametara i rezultata obavljenih testova i analiza od unapred definisanog skupa dozvoljenih vrednosti.

Uređaj **RCS100** je dostupan kao samostalna jedinica, a spoljni izgled **RCS100** mernog uređaja je dat na slici 8.3. Uređaj je opremljen jednim RF ulazom (1 x RF IN, 50 Ω , *N-type*), kao i jednim TS ulazom (1 x ASI IN, BNC 75 Ω), pri čemu je dozvoljen dinamički opseg ulaznog RF signala od -100 dBm do 0 dBm. Izlazni TS (dobijen demodulacijom i

dekodiranjem signala sa RF ulaza) dostupan je preko jednog TS izlaza (1 x ASI OUT, BNC 75 Ω), a uređaj je opremljen i jednim audio/video izlazom (*High-Definition Multimedia Interface*, HDMI). Za potrebe precizne vremenske sinhronizacije i sinhronizacije u spektru, uređaj je opremljen 1xPPS (BNC 50 Ω) i 10 MHz (BNC 50 Ω) ulazima za dovođenje referentnih signala, respektivno. Opciono je moguće opremanje sa dva *TS-over-IP* ulaza (2 x *GigabitEthernet* IN, RJ45). Merni uređaj podržava rad u opsegu učestanosti od 47 MHz do 1000 MHz. Podržan je rad sa podešavanjem centralne učestanosti u koracima od 10 Hz. Merni uređaj poseduje *Ethernet* interfejs (1 x 10/100/1000 *FastEthernet* IN, RJ45), preko kojeg je omogućena udaljena (*remote*) kontrola, setovanje i monitoring rada uređaja. Osim toga dostupan je i jedan USB2.0 interfejs. Uređaj koristi standardno AC napajanje preko električne mreže (100-240VAC, 50/60 Hz AC, 1.4 A). Merni uređaj **RCS100** je predviđen za rad u opsegu temperature od 0°C do 40°C. Uređaj je moguće ugraditi u 19" rek, pri čemu su odgovarajuće W x D x H dimenzije 482 mm x 348 mm x 41 mm.

OPŠTE KARAKTERISTIKE	OPIS/NAPOMENA
Memorijski kapacitet	150 GB kao opcija za potrebe arhiviranja rezultata merenja
Interfejsi	1xUSB2.0, 1xRJ45 10/100/1000 <i>FastEthernet</i> , 1xHDMI
Spoljni ulazi za referentni takt	10 MHz referenca, BNC 75 Ω , 1 PPS referenca, BNC 75 Ω
Uslovi okoline	Radni opseg temperature: 0°C do +40°C Vlažnost: 5% do 95% relativne vlažnosti, bez kondenzacije
Napajanje električnom energijom	AC, 100 – 240 V, 50 – 60 Hz, 1.4 A
Dimenzije i težina	W x D x H: 482mm x 348mm x 41mm (1U), oko 3.25 kg
ULAZNI INTERFEJSI ZA SIGNALNE	OPIS/PODRŽANE VREDNOSTI
Podržani standard	ETSI EN 302 755 v.1.3.1 i v.1.2.1 (DVB-T2)
RF ulaz	1 x RF IN, BNC 50 Ω Ulazni nivo: -100 dBm do 0 dBm Opseg učestanosti: 47 MHz do 862 MHz, rezolucija 500 kHz
TS ulaz	1 x TS IN, BNC 75 Ω , ASI
TS izlaz	1 x TS OUT, BNC 75 Ω , ASI
RF MERENJE I MONITORING	PODRŽANE VREDNOSTI
Nivo RF signala	-100 dBm do 20 dBm
CNR	Do 50 dB
MER	Do 40 dB
BER	CBER: 9.9×10^{-2} do 1.0×10^{-6} , VBER: 9.9×10^{-2} to 1.0×10^{-8}
Ostalo	Automatska detekcija parametara signala i modulacije

Tabela 8.3 – Osnovne fizičke i tehničke karakteristike mernog uređaja mernog uređaja **RCS100** kompanije *Gsertel*, [39].



Slika 8.3 – Spoljašnji izgled **RCS100** mernog (monitoring) uređaja, [39].

Merni uređaj podržava DVB-T, DVB-T2 i DVB-C standarde, odnosno ETSI EN 300 744, ETSI EN 302 755, i ETSI EN 300 492 specifikacije, respektivno. Pri tome, postupak TS monitoringa je usaglašen sa ETSI specifikacijom kojom su definisani parametri i procedure merenja parametara različitih DVB sistema, tj. ETSI 101 290 (“*Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems*”), [36]. Neki osnovni tehnički parametri **RCS100** dati su u tabeli 8.3.

Merni prijemnik **RCS100** omogućava obavljanje skupa analiza i merenja parametara primljenog RF signala, kao demodulisanog i dekodovanog prenošenog TS, koji su dati u tabeli 8.4. Korišćenjem uređaja moguće je kontinualno merenje signala u jednom RF kanalu ili sekvencijalno merenje za skup definisanih RF kanala koji se analiziraju jedan za drugim (na osnovu zadate periodične sekvence). Omogućena je udaljena kontrola rada, kao i udaljeni pristup i prikaz rezultata analize korišćenjem HTML (*HyperText Markup Language*) aplikacije (WEB GUI), kao i potpuna kontrola i umrežavanje uređaja putem primene NMS korišćenjem SNMP protokola. Podržan je veliki broj različitih prikaza rezultata merenja i analize, kao i analiza pojave alarma na osnovu graničnih vrednosti definisanih od strane korisnika ili onih predefinisanih u okviru procedura u skladu sa ETSI TR 101 290 specifikacijom. Između ostalog aplikacija omogućava tzv. “*All in One*” prikaz koji obezbeđuje jednostavan pristup prikazima i analizi statusa kanala sa stanovišta RF analize, TS analize i analize pojave alarma.

TIP	PODRŽANE FUNKCIONALNOSTI
Osnovna merenja	Spektralni domen: Estimacija spektra. Širina spektra. Frekvencijski pomeraj (<i>shift</i>).
DVB-T/T2 RF merenja	Osnovna: Spektralna maska (u skladu sa ETSI TR 101 290 standardom). <i>Spectrum shoulder attenuation</i> . Nivo RF signala, CNR, MER, CBER, VBER. Lokalni prikaz rezultata merenja i alarma. Opciona: Konstalacija. SFN <i>drift</i> predajnika. SFN <i>echoes</i> analiza sa postavljanjem maske po kašnjenju i amplitudi i sa automatskim generisanjem alarma. Analiza punog spektra signala od 5 Hz do 1 GHz sa postavljanjem spektralnih maski i automatskim generisanjem alarma.
DVB-T/T2 MPEG-2 TS analize	Osnovne: MPEG-2 monitoring prvog i drugog prioriteta (ETSI TR 101 290). Analiza binarnog protoka za sve servise. Analiza ponavljanja tabela. Dekodovanje tabela. Snimanje TS (manuelno ili na osnovu pojave alarma). <i>Video streaming</i> . <i>Tree-View</i> prikaz informacija o servisima Opcione: MPEG-2 monitoring trećeg prioriteta (ETSI TR 101 290). Analiza PCR džitera. T2-MI analiza. Maksimalno kašnjenje MIP u mreži. Kašnjenje u mreži. Analiza <i>log</i> fajlova sa sačuvanim zapisima o alarmima.
Podrška analize pojave alarma i prikaz rezultata merenja i analiza	Podržano definisanje alarma pri RF i TS merenjima i analizama. RF: Čuvanje rezultata (kreiranje <i>log</i> fajlova) o pojavi alarma i prikaz rezultata merenja i alarma u realnom vremenu. Opciono je podržano kontinualno čuvanje rezultata merenja i informacija o alarmima na HDD. TS: <i>Tree-View</i> prikaz informacija o servisima Opciono: Analiza i prikaz rezultata merenja i pojave alarma u vremenu.
Daljinska kontrola	WEB GUI kontrola i okruženje za prikaz rezultata. Podržani SNMP i HTML protokoli. Opciono: <i>DataMiner</i> NMS softver (namenjen prvenstveno za monitoring mreže predajnika od strane operatera mreže)

Tabela 8.4 – Podržan skup merenja, proračuna i analize DVB-T2 signala (RF i TS analiza) korišćenjem mernog uređaja **RCS100**, [39].

Kao što je na početku poglavlja 8.2 navedeno, merni prijemnik **RCS100** je prvenstveno predviđen za primenu u okviru mreže za kontrolu kvaliteta rada mreže predajnika DTTB kojom upravlja operator mreže. U skladu sa tim, osnovne predviđene primene **RCS100** su monitoring rada distributivne i predajne mreže sistema DTTB za potrebe prokativne detekcije problema, i skraćivanja vremena potrebnog za proveru rada i dijagnostiku u okviru distribucione i predajne mreže.

Opcije koje merni uređaj **RCS100** podržava omogućavaju njegovu primenu i u okviru stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta DTTB koja se razmatra u ovoj Studiji, pri čemu usled nedostatka detaljnih opisa pojedinih funkcionalnosti nije moguće sa sigurnošću zaključiti da li ispunjava sve tehničke zahteve definisane u glavi 9.

8.3 OPREMA KOMANIJE *WORLDCAST SYSTEMS INC.*

Kompanija *WorldCast Systems Inc.* sa sedištem u SAD, [40], proizvodi širok spektar profesionalne opreme predviđene za upravljenje mrežom, daljinsku kontrolu, monitoring FM/DAB (*Frequency Modulation/Digital Audio Broadcasting*) i DTTB sistema, testiranje i analizu predajnika FM radija, kao i niza drugih sistema i softverskih proizvoda u oblasti radio-difuzije radija i televizije. Poseban deo portfolija ove kompanije predstavljaju platforme za merenje i monitoring sistema za analognu i digitalnu radio-difuziju televizijskog signala (DVB-T/T2, analogni TV standardi). Treba naglasiti da je primarna oblast primene merne opreme za DVB-T/T2 sisteme kompanije *WorldCast Systems Inc.* monitoring i kontrola rada mreže predajnika za potrebe operatera DTTB mreže.

U grupu uređaja ove kompanije koji podržavaju analizu, merenje i monitoring DVB-T2 sistema spadaju merni uređaji **Audemat DVB-T/T2 Monitor** i **Audemat DVB-T2 Monitor**, koji su dizajnirani kao daljinski upravljani (*remote*) sistemi za monitoring mreža zasnovanih na DVB-T/T2 standardima. Pri tome, ovde je detaljno opisan uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor**, zato što je on namenjen isključivo za sisteme DTTB zasnovane na DVB-T2 standardu, a koji su od interesa za ovaj projekat, dok je uređaj **Audemat DVB-T/T2 Monitor** namenjen za sisteme zasnovane na DVB-T i DVB-T2 standardima. Uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor** podržava sekvencijalnu analizu većeg broja RF kanala (do 20 RF kanala i to posebno za svaki od PLP-ova koji se prenose u okviru odgovarajućih DVB-T2 signala). Samim tim primenjiv je u mernim stanicama koje trebaju da podrže praćenje signala većeg broja predajnika DVB-T2 signala, što je slučaj koji se razmatra u ovoj Studiji.

Uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor** predstavlja hardversko-softversku platformu za profesionalni monitoring mreže predajnika DTTB, a koji treba da omogući daljinski upravljani monitoring i kontrolu predajnika DVB-T2 signala u realnom vremenu, kao i monitoring kvaliteta DVB-T2 signala u zoni servisa. Pri tome, monitoring signala obavlja se prijemom i obradom RF sign

Na slici 8.4 se može videti, da se u slučaju nadgledanja rada predajnika (označeno na slici 8.4 sa *on-site*) obavlja RF monitoring signala na izlazu predajnika i to pre njegovog emitovanja, odnosno MPEG-2 TS (oznaka ASI) monitoring (u daljem tekstu TS monitoring) odgovarajućih TS/T2-MI tokova podataka pre njihovog uvođenja u modulator, tj. DVB-T2 predajnik. U slučaju da se uređaj koristi za monitoring kvaliteta prijema signala na lokaciji udaljenoj u odnosu na lokaciju posmatranog predajnika (označeno na slici 8.4 sa *off-site*), tada se obavlja prijem RF signala, monitoring RF signala na prijemu, analiza rada SFN mreže kojoj predajnik pripada, kao i TS monitoring za TS (ASI) koji se dobija demodulacijom i dekodiranjem primljenog RF signala. Pri tome, uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor** dodatno podržava skeniranje RF opsega u cilju detekcije varijacija, tj. postojanja signala interferencije, kao i analizu, snimanje i *streaming* videa i MPEG-2 TS dobijenih prijemom signala.

Osnovna namena ovog uređaja je da analizira i podrži kontrolu kvaliteta rada DVB-T2 mreža, i to neprekidno (24 sata, 7 dana u nedelji – 24x7). Pri tome, uređaj omogućava analizu kvaliteta slike (*image Quality of Experience, QoE*), potpunu MPEG-2 TS analizu i monitoring u skladu sa ETSI TR 101 290 specifikacijom, kao i merenja osnovnih parametara RF signala. Uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor** je kompaktno rešenje (dimenzija 2U) u kome se obavlja kompletan proces obrade i analize, tj. monitoring, analiza i telemetrija, uz neophodan *Ethernet* pristup ka sistemu za upravljanje. Uz mnoge prednosti koje ovaj uređaj poseduje u slučaju primene za monitoring i kontrolu rada predajnika DVB-T2 signala na lokaciji predajnika (*on-site*), a koje za ovu Studiju nisu od primarnog značaja, **Audemat DVB-T2 Monitor** se može koristiti i za potrebe RF monitoringa i TS monitoringa na lokacijama udaljenim od lokacija posmatranih DVB-T2 predajnika (*off-site*), putem prijema i analize RF signala (a što je upravo predmet ove Studije).



Slika 8.4 – Primena uređaja **Audemat DVB-T2 Monitor** u sistemu DTTB, [40].

Udaljena kontrola uređaja obavlja se preko *Ethernet* pristupa, pri čemu je bazični način rada mreže **Audemat DVB-T2 Monitor** uređaja predviđen kroz primenu *ScriptEasy* softverskog paketa (NMS aplikacije) za telemetriju i kontrolu predajnika. Ovaj softverski paket omogućava nadgledanje sajtova predajnika DTTB mreže sa automatskom detekcijom kritičnih grešaka ili otkaza koji utiču na rad mreže, alarmiranje u cilju ukazivanja na pojave grešaka i započinjanje procedura za otklanjanje posledica. Pri tome, u okviru softverskog paketa se koristi WEB GUI za pristup i kontrolu **Audemat DVB-T2 Monitor** uređaja, ali i drugih kontrolisanih uređaja, GPIO (*General Purpose Input-Output*) funkcije, serijska komunikacija i druge opcije, kako bi se obezbedila analiza velikog broja parametara, automatizacija procesa konfigurisanja elemenata sistema, angažovanja rezervnih kapaciteta uz istovremeno obaveštavanje osoblja o detektovanim događajima i alarmima. Ovde treba naglasiti, da iako je, u skladu sa opisom proizvođača, reč o veoma sofisticiranom i kvalitetnom rešenju, pitanje je da li je moguća njegova pracijska primena (samo deo podržanih opcija) u okviru sistema koji je predmet Studije, a koji obuhvata samo mrežu senzora za kontrolu kvaliteta DTTB na lokacijama udaljenim od posmatranih predajnika

DVB-T2 signala (samo na *off-site* lokacijama). Ukoliko to nije moguće, postavlja se pitanje ekonomske opravdanosti ovog rešenja.

Audemat DVB-T2 Monitor je dostupan kao samostalna jedinica koja se može ugrađivati u 19" rek (dimenzije 2U). Izgled **Audemat DVB-T2 Monitor** mernog uređaja je dat na slici 8.5. Uređaj je opremljen jednim RF ulazom (50 Ω , *N-type*), kao i jednim TS ulazom (1 x ASI IN, BNC 75 Ω). Dozvoljeni dinamički opseg ulaznog RF signala od -75 dBm do -30 dBm može predstavljati problem. Izlazni TS je dostupan preko jednog TS izlaza (1 x ASI OUT, BNC 75 Ω). Za potrebe sinhronizacije, uređaj je opremljen 1 x PPS (BNC 50 Ω) i 10 MHz (BNC 50 Ω) ulazima za dovodenje referentnih signala. Merni uređaj podržava rad u opsegu učestanosti od 50 MHz do 862 MHz (uz mogućnost podešavanja u okviru VHF III i UHF IV-V-VI opsega). Uređaj poseduje *Ethernet* interfejs (1 x 10/100/1000 *Fast Ethernet*, RJ45), preko kojeg je omogućena udaljena (*remote*) kontrola, setovanje i monitoring rada uređaja. Osim toga dostupan je i jedan USB interfejs i RS 232 serijski port, a na uređaju postoji prednji panel sa displejom i svetlosnom signalizacijom alarma. Uređaj koristi standardno AC napajanje preko električne mreže (100-250V, 50-60 Hz AC, 1.4 A) uz tipičnu potrošnju od 60W (za 230VAC). Uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor** je predviđen za rad u opsegu temperature od 0°C do +50°C, uz relativnu vlažnost vazduha između 10% i 95% bez postojanja kondenzacije, pri čemu se optimalne performanse garantuju u opsegu temperature od +5°C do +45°C. Uređaj je moguće ugraditi u 19" rek, pri čemu su odgovarajuće W x D x H dimenzije 480 mm x 325 mm x 88 mm (2U), dok je težina uređaja oko 6.7 kg.



Slika 8.5 – Spoljašnji izgled **Audemat DVB-T2 Monitor** mernog (monitoring) uređaja, [40].

Merni uređaj podržava DVB-T2 standard, odnosno ETSI EN 302 755 version 1.3.1 specifikaciju, pri čemu je postupak merenja i monitoringa usaglašen sa ETSI TR 101 290 specifikacijom, [6-2]. U skladu sa zvaničnom dokumentacijom proizvođača merni uređaj podržava parametre DVB-T2 standarda i druge osnovne tehničke parametre, date u tabeli 8.5.

Merni uređaj **Audemat DVB-T2 Monitor** omogućava obavljanje skupa analiza i monitoring osnovnih sistemskih parametara primljenog RF signala (po DVB-T2 standardu), kao i analizu osnovnih karakteristika i sadržaja demodulisanog i dekodovanog MPEG-2 TS koji se prenosi, datih u tabeli 8.6. Analiza na nivou TS, između ostalog omogućava merenje i praćenje vrednosti skupa parametara, kao i obavljanje određenog skupa predefinisanih testova. Osim toga, kako pri analizi na RF sloju, tako i pri analizi na nivou TS, podržana je mogućnost generisanja alarma u slučaju odstupanja vrednosti izmerenih parametara i rezultata testova od prethodno definisanog skupa dozvoljenih vrednosti.

Uređaj omogućava kontinualno merenje signala u jednom RF kanalu ili merenje za skup definisanih RF kanala koji se analiziraju jedan za drugim (na osnovu predefinisane periodične sekvence), i to za skup do 20 RF kanala (za svaki PLP koji se emituje u okviru multipleksnog signala u svakom od ovih kanala). Omogućena je udaljena kontrola rada, kao i udaljeni pristup i prikaz rezultata analize korišćenjem posebne softverske aplikacije, kao i potpuna kontrola i umrežavanje uređaja putem primene NMS korišćenjem SNMP. Opciono je podržan pristup preko RS232 i RS 485 portova.

OPŠTA KARAKTERISTIKA	OPIS/NAPOMENA
Interfejsi	1xRJ45 10/100/1000BaseT <i>Ethernet</i> , 1xUSB2.0, 1xRS232
Uslovi okoline	Radni opseg temperature: 0°C do +50°C, Optimalno +5°C do +45°C Vlažnost: 10% do 95% relativne vlažnosti, bez kondenzacije
Napajanje električnom energijom	AC, 100 – 250 V, 50 – 60 Hz, 1.4 A (max), 60 W (230VAC)
Dimenzije i težina	W x D x H: 480mm x 325mm x 88mm (2U), oko 6.7 kg
TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	PODRŽANE VREDNOSTI
Tip mreže	MFN/SFN
RF ulaz	1 x RF IN, BNC 50 Ω Nivo ulaznog signala: -75 dBm do -30 dBm (za opseg RF kanala) Opseg: 50 MHz do 862 MHz, unutar VHF III, UHF IV-V-VI opsega
TS ulaz	1 x TS IN, BNC 75 Ω, ASI
TS izlaz	1 x TS IN, BNC 75 Ω, ASI
Nivo MER	Do 42 dB na izlazu predajnika (mod sonde)
MISO/SISO	Podržano
TEHNIČKE KARAKTERISTIKE	PODRŽANE VREDNOSTI
M-PLP	Podržano
Propusni opseg / Širina spektra signala	5, 6, 7, 8, i 10 MHz
Broj FFT tačaka	1k, 2k, 4k, 8k, 16k i 32k; extension 8k, 16k i 32k
Zaštitni (<i>guard</i>) interval	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128, i 1/4
Modulacija u podkanalu	QPSK, 16-QAM, 64-QAM i 256-QAM, uključujući rotirane konstelacije
Potiskivanje u susednom kanalu (<i>Adjacent Rejection</i>)	Digital > 30 dB / NorDig figures za QEF / MHz

Tabela 8.5 – Podržane vrednosti parametara DVB-T2 standarda i drugi tehnički parametri za merni prijemnik **Audemat DVB-T2 Monitor**, [40].

Podržan je veliki broj različitih prikaza rezultata merenja i analize, kao i analiza pojave alarma na osnovu graničnih vrednosti definisanih od strane korisnika ili predefinisanih u okviru procedura u skladu sa ETSI TR 101 290 specifikacijom.

Kao što je već navedeno, merni prijemnik **Audemat DVB-T2 Monitor** je prvenstveno predviđen za primenu u okviru mreže za kontrolu kvaliteta rada mreže predajnika DTTB kojom upravlja operator mreže. U skladu sa tim, osnovna predviđena primena mernog uređaja **Audemat DVB-T2 Monitor** jeste monitoring rada distributivne i predajne mreže sistema DTTB, za potrebe prokativne detekcija problema, a u cilju skraćivanja vremena potrebnog za proveru rada i dijagnostiku u okviru distribucione i predajne mreže.

Ipak, opcije koje ovaj uređaj podržava omogućavaju njegovu primenu i u okviru stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta DTTB koja se razmatra u ovoj Studiji, pri čemu usled nedostatka detaljnih opisa pojedinih funkcionalnosti nije moguće sa sigurnošću zaključiti da li ispunjava sve tehničke zahteve definisane u glavi 9.

Tip	PODRŽANE FUNKCIONALNOSTI
DVB-T/T2 RF merenja	Osnovna: Nivo RF signala, SNR, MER, BCH pre LDPC dekodera, BER pre BCH dekodera, i BER posle BCH dekodera (BBFER). Frekvencijski <i>offset</i> . Konstelacija. Detekcija i poređenje sa predefinisanim vrednostima T2 i T2-Lite signala (Sinhronizacija, L1 signalizacija, PLP parametri). Opciona: SFN <i>echoes</i> analiza (kašnjenje u mreži i impulsni odziv). Analiza spektra signala sa postavljenjem spektralnih maski i automatskim generisanjem alarma.
DVB-T/T2 MPEG-2 TS analize	Osnovne: MPEG-2 monitoring prvog, drugog i trećeg prioriteta (ETSI TR 101 290). Informacije i razdvajanja MPEG podataka. MPEG greške (brojač). Analiza PCR džitera. Opcione: T2-MI dekodovanje i analiza. Video <i>streaming</i> . Merenje i analiza SID i PID binarnih protoka. Analize strukture sadržaja multipleksa. Analiza i detekcija zamrznute i monohoromatske slike.
Podrška analize pojave alarma i beleženje rezultata i događaja (tzv. logovanje)	Podržano definisanje alarma pri RF i TS merenjima i analizama. Snimanje TS i videa. Filtriranje i <i>export</i> (formiranje izlaznih fajlova sa struktuiranim podacima) događaja. Formiranje istorije rezultata merenja i pojave alarma. Snimanje izmerenih rezultata i log fajlova za potreba analize trendova i <i>export</i> .
Prikaz rezultata	Podesiv udaljeni prikaz svih rezultata, postavki i generisanih alarma. Moguć prikaz i generisanje izlaznog fajla za podatke tokom mesec dana. Prikaz i analiza tabela. Prikaz statusne stranice sa tekućim alarmima. Prikaz RF merenja u realnom vremenu. Prikaz MPEG sadržaja u realnom vremenu
Daljinska kontrola	Kontrola od strane više korisnika. Integrisan WEB Server i WEB GUI kontrola sa okruženjem za prikaz rezultata. Podržan SNMP monitoring u okviru NMS. Alarmiranje preko SNM, <i>e-mail</i> -a ili SMS.

Tabela 8.6 – Podržan skup merenja, proračuna i analize DVB-T2 signala (RF i TS analiza) korišćenjem mernog uređaja **Audemat DVB-T2 Monitor**, [40].

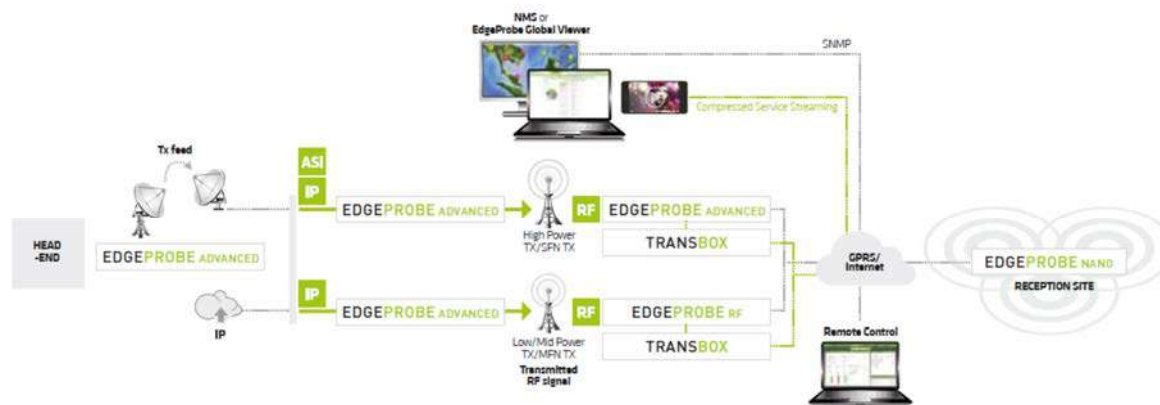
8.4 OPREMA KOMANIJE *TEST-TREE* – *ENESYS TECHNOLOGIES GROUP*

Kompanija *Test-Tree*, kao deo *Enesys Technologies Group*, sa sedištem u Francuskoj, [41], proizvodi širok spektar profesionalne opreme predviđene za merenje i monitoring sistema za analognu i digitalnu difuziju televizijskog signala (DVB-T/T2, DVB-C/C2, DVB-S/S2, DVB-H/H2, ISDB-T/Tb, analogni TV standardi), i sistema za monitoring FM/DAB/DAB⁺ mreža, kao i drugih sistema i softverskih proizvoda u oblasti radio-difuzije radija i televizije. Poseban deo portfolija ove kompanije predstavljaju platforme za merenje i monitoring DVB-T/T2 sistema. Ipak, primarna oblast primene merne opreme za DVB-T/T2 sisteme kompanije *Test-Tree* je monitoring i kontrola rada mreže predajnika za potrebe operatera DTTB mreže.

U grupu uređaja ove kompanije koji podržavaju analizu, merenje i monitoring DVB-T/T2 sistema spadaju DVB-T/T2 monitoring sonde **EdgeProbe Advanced DVB-T/T2**, **EdgeProbe RF DVB-T/T2** i **EdgeProbe Nano DVB-T/T2**. Ovi uređaji pripadaju istoj familiji i koncipirani su na osnovu istih principa, ali su namenjeni radu u različitim delovima distributivne i predajne DVB-T/T2 mreže, kao što je to prikazano na slici 8.6.

Uređaj **EdgeProbe Advanced DVB-T/T2** namenjen je za monitoring kvaliteta servisa u okviru distributivne i predajne DVB-T/T2 mreže u svim tačkama mreže, i to od glavnog čvorišta (*headend*), preko satelitskih linkova, IP konekcija preko kojih se dostavlja sadržaj koji se ubacuje u emitovane multiplekse, pa do sekundarne distributivne mreže kojom se MPEG-2 TS dostavljaju do DVB-T/T2 predajnika, i konačno za nadgledanje rada DVB-T/T2

predajnika na samim lokacijama predajnika. Ovaj uređaj može da obavlja monitoring DVB-T/T2 signala na izlazu predajnika korišćenjem do 4 RF ulaza, kao i signala na ulazu u modulator predajnika korišćenjem do 4 TS (ASI) ulaza/izlaza ili do 4 IP ulaza/izlaza za analizu *TS-over-IP*. Uređaj može da nadgleda signal na RF sloju, na nivou MPEG-2 TS, kao i na nivou T2-MI. U svakom slučaju, sama namena, kao i kapaciteti ovog uređaja čine ga ekonomski neisplativim rešenjem za primenu koju bi imao u okviru mreže stacionarnih senzora za praćenja kvaliteta signala digitalne televizije koja je predmet ove Studije.



Slika 8.6 – Šema primene različitih mernih sondi (**EdgeProbe** mernih uređaja) u okviru predajne DVB-T2 mreže, [41].

Sa druge strane, uređaji **EdgeProbe RF DVB-T/T2** i **EdgeProbe Nano DVB-T/T2** odlikuju gotovo iste tehničke karakteristike, izuzimajući fizičku realizaciju baznog modula u kojem su smešteni hardverski moduli za obradu signala. Zapravo radi se o mernim uređajima identičnih karakteristika u pogledu podržanih funkcionalnosti u smislu merenja i monitoringa rada DVB-T/T2 predajnika, a osnovna razlika je posledica načina primene ovih modula, kao što je dato na slici 8.6. Naime, uređaj **EdgeProbe RF DVB-T/T2** je namenjen monitoringu predajnika DVB-T/T2 signala male i srednje snage koji rade kao predajnici MFN mreže ili predajnici SFN mreže veoma male snage (*gap-filler*), i to generalno na samoj lokaciji predajnika. **EdgeProbe RF DVB-T/T2** je raspoloživ kao samostalna jedinica koja se može ugrađivati u 19" rek, tj. uređaj ima W x D x H dimenzije 440 mm x 130 mm x 44 mm (1U), pri čemu se za napajanje električnom energijom koristi standardno AC napajanje (100 – 240 VAC \pm 10 %, 50-60 Hz AC) sa tipičnom potrošnjom uređaja od 8 W. Nasuprot tome, **EdgeProbe Nano DVB-T/T2** je kompaktan samostalan uređaj namenjen monitoringu DVB-T/T2 signala posmatranog predajnika u servisnoj zoni, u cilju provere kvaliteta prijema koji se ostvaruje od strane korisnika sistema. **EdgeProbe Nano DVB-T/T2** odlikuju male W x D x H dimenzije vrednosti 144 mm x 137 mm x 30 mm, pri čemu se za napajanje električnom energijom koristi DC (*Direct Current*) napajanje (12 VDC), sa odgovarajućim adapterom za priključenje na standardnu AC električnu mrežu (100 – 240 VAC, 50-60 Hz AC), pri čemu i ovaj uređaj odlikuje niska potrošnja energije reda 8 W.

Sa stanovišta predviđene primene i osnovnih dobrih odlika **EdgeProbe RF DVB-T/T2** i **EdgeProbe Nano DVB-T/T2** uređaja može se navesti sledeće:

- **Primena EdgeProbe RF DVB-T/T2 uređaja:** Namenjen je za 24 x 7 monitoring i održavanje DVB-T/T2 mreža predajnika, i obezbeđuje finansijski isplativo rešenje za monitoring lokacija predajnika i repetitora. Uređaj omogućava merenje osnovnih parametara emitovanog DVB-T/T2 signala kako na RF sloju tako i na nivou TS, i može se koristiti za generisanje izveštaja o raspoloživosti (dostupnosti) servisa u obliku SAR (*Service Availability Report*) za potrebe SLA (*Service Level Agreement*)

između operatora mreže i provajdera sadržaja. Osim toga, uređaj se može koristiti kao *rebroadcasting* prijemnik pošto se RF signal sa prijema demoduliše i dekoduje, na osnovu čega se generiše izlazni TS (ASI ili TS-over-IP), a može se koristiti i za snimanje emitovanog sadržaja u realnom vremenu. Pri tome, uređaj predstavlja samostalno rešenje jednostavno za korišćenje, kojim se može upravljati korišćenjem NMS preko SNMP. Primena ovog uređaja treba da omogući pravovremenu detekciju i prevenciju degradacije kvaliteta servisa DVB-T/T2 mreže, uz smanjivanje troškova održavanja predajničkih lokacija. Udaljeni pristup i kontrola uređaja može se ostvariti korišćenjem širokopojsnog IP interfejsa (1 x *GigabitEthernet*), kao i korišćenjem GPRS (*General Purpose Packet Service*) servisa u okviru 2G mreža ili korišćenjem servisa prenosa podataka 3G mreža.

- **Primena EdgeProbe Nano DVB-T/T2 uređaja:** Namenjen je automatizovanom ispitivanju novopostavljenih predajnika, može se koristiti kao prelazno rešenje za monitoring i ispitivanje kvaliteta pokrivanja mreže, ili kao *rebroadcasting* prijemnik. Uređaj se može koristiti kao sonda putem koje se može obaviti potvrda usklađenosti emitovanog sadržaja sa zadatim referentnim sadržajem. Ovaj uređaj predstavlja kompaktno rešenje, koje usled namagnetisanog kućišta olakšava instalaciju pošto može da se postavlja direktno na metalne podloge, a zbog svojih malih dimenzija se veoma lako smešta u svaki dostupan prostor na željenoj prijemnoj lokaciji. Omogućena je automatizacija korišćenjem SNMP mehanizma, a udaljen pristup i kontrola je omogućena korišćenjem širokopojsnog IP interfejsa (1 x *GigabitEthernet*), kao i putem GPRS servisa u okviru 2G mreža ili korišćenjem servisa 3G mreža.

Kako su tehničke karakteristike ova dva uređaja u pogledu podržanih funkcionalnosti za potrebe merenja i monitoringa praktično iste, oba uređaja imaju jednaku mogućnost primene u okviru mreže stacionarnih senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije koja je predmet Studije. Kako se očekuje da su planirane lokacije mernih stanica ovog sistema potpuno uređene po pitanju infrastrukture (obebeđeno neprekidno napajanje, dovoljan prostor za smeštaj opreme u reku, klimatizacija, i sl.), moguće je koristiti oba tipa **EdgeProbe** uređaja (**Nano** ili **RF**). Ukoliko ne postoji značajna razlika u ceni ovih uređaja, zbog jednostavnije realizacije napajanja električnom energijom **EdgeProbe RF DVB-T/T2** možda predstavlja pogodnije rešenje. Izgled ova dva uređaja je dat na slici 8.7. U nastavku ovog poglavlja biće dat pregled tehničkih karakteristika koje su istovetne za oba ova uređaja.

Uređaji **EdgeProbe RF/Nano DVB-T/T2** su opremljeni jednim RF ulazom (50 Ω , *N-type*), kao i jednim TS izlazom (1 x ASI IN, BNC 75 Ω), pri čemu je dozvoljeni dinamički opseg ulaznog RF signala od -90 dBm do -5 dBm sa korakom ± 1 dB i rezolucijom od 0.2 dB, dok je dinamički opseg ulaznog signala za dati prijemnik -80 dBm do -5dBm. Prikazan opseg vrednosti ulaznog signala može da predstavlja problem pri primeni ovog mernog uređaja pošto se u Studiji definiše tehničko rešenje koje zahteva visoku osetljivost prijemnika. Merni uređaji podržavaju rad u opsegu učestanosti od 40 MHz do 1 GHz. Uređaji su opremljeni *GigabitEthernet* interfejsom (1 x GE, RJ45), preko kojeg je omogućena udaljena (*remote*) kontrola, setovanje i monitoring rada uređaja. Oba uređaja su predviđena za rad u opsegu temperature od -20°C do +55°C, uz relativnu vlažnost vazduha između 0% i 95% bez postojanja kondenzacije, što omogućava primenu uređaja u prostorima bez klimatizacije.



Slika 8.7 – Spoljašnji izgled **EdgeProbe RF DVB-T/T2** (gore) i **EdgeProbe Nano DVB-T/T2** (dole) mernih uređaja, [41].

Merni uređaji podržavaju sekvencijalnu analizu većeg broja RF kanala, odnosno oba uređaja su primenjiva u mernim stanicama koje trebaju da podrže praćenje signala većeg broja DVB-T2 predajnika, što je upravo slučaj koji se razmatra u ovoj Studiji. Pri tome, **EdgeProbe RF/Nano DVB-T/T2** predstavljaju hardversko-softversku platformu za profesionalni monitoring mreže DVB-T2 predajnika, a koji treba da omogući daljinski upravljani monitoring i kontrolu DVB-T2 predajnika u realnom vremenu, kao i monitoring kvaliteta DVB-T2 signala u zoni servisa. Pri tome, monitoring signala se obavlja na nivou RF signala, ali i na nivou MPEG-2 TS (ASI) nakon demodulacije i dekodovanja ulaznog RF signala.

Udaljena kontrola uređaja obavlja se preko *Ethernet* pristupa, pri čemu je bazični način rada predviđen kroz primenu NMS, ali primena ovakvog rešenja nije obavezna. Za potrebe udaljenog pristupa uređaju koristi se WEB GUI, SNMP-V2C ili IP ulaz/izlaz podataka sa podrškom za VLAN (*Virtual Local Area Networks*).

Merni uređaji podržavaju DVB-T2 standard, odnosno ETSI EN 302 755 *version 1.3.1* specifikaciju, kao i DVB-T2 *Lite*, pri čemu je postupak merenja i analize na nivou TS usaglašen sa ETSI TR 101 290 specifikacijom, [36]. Po zvanično dostupnoj dokumentaciji proizvođača, merni uređaj omogućava obavljanje skupa analiza i monitoring osnovnih sistemskih parametara primljenog RF signala (po DVB-T2 standardu), kao i analizu osnovnih karakteristika i sadržaja demodulisanog i dekodovanog prenošenog MPEG-2 TS, datih u tabeli 8.7 Analiza na nivou TS, između ostalog omogućava merenje i praćenje vrednosti skupa parametara, kao i obavljanje određenog skupa predefinisanih testova. Osim toga, kako pri analizi na RF sloju, tako i pri analizi na nivou TS, podržana je mogućnost generisanja alarma u slučaju odstupanja vrednosti izmerenih parametara i rezultata testova od prethodno definisanog skupa dozvoljenih vrednosti.

Uređaj omogućava kontinualno merenje signala u jednom RF kanalu ili je opciono podržano merenje za skup definisanih RF kanala koji se analiziraju jedan za drugim (na osnovu predefinisane periodične sekvence). Podržan je veći broj različitih prikaza rezultata merenja i analize, kao i analiza pojave alarma na osnovu graničnih vrednosti definisanih od strane korisnika ili u predefinisanih u okviru procedura po ETSI TR 101 290 specifikaciji.

TIP	PODRŽANE FUNKCIONALNOSTI
DVB-T/T2 RF merenja i monitoring	Osnovna: Status demodulacije (<i>Lock/Unlock</i>), nivo RF signala, SNR, MER, BCH pre LDPC dekodera, BER pre BCH dekodera, BER posle BCH dekodera (BBFER), Frekvencijski <i>offset</i> , Detekcija i poređenje sa predefinisanim vrednostima za T2 signale (Sinhronizacija, L1 signalizacija, Impulsni odziv kanala (<i>Channel Impulse Response</i> , CIR))
DVB-T/T2 MPEG-2 TS analize	Osnovne: MPEG-2 monitoring prvog i drugog prioriteta (u skladu sa ETSI TR 101 290). Snimanje TS na opcionom dodatnom storidž prostoru od 32 GB. Opcione: MPEG-2 monitoring trećeg prioriteta (u skladu sa ETSI TR 101 290). Verifikacija lokalnog servisnog plana, binarnih protoka servisa i PID, skremblovanja, prisustva servisa i PID. QoS monitoring sa proračunom SAE i SDE.
Podrška analize pojave alarma i beleženje rezultata i događaja (tzv. logovanje)	Podržano definisanje alarma pri RF i TS merenjima i analizama. Snimanje TS. Čuvanje zapisa (<i>log</i> fajlova) o događajima (alarmima) u periodu trajanja do 6 meseci. Snimanje izmerenih rezultata i <i>log</i> fajlova za potreba analize trendova u periodu do 6 meseci unazad.
Prikaz rezultata	Moguć je kontinuirani zapis svih pojava alarma i rezultata merenja u okviru fajlova za arhiviranje. Korišćenjem WEB GUI moguće je pristup i podatake tokom poslednjih nekoliko meseci.
Daljinska kontrola	Pristup putem WEB GUI kontrola sa okruženjem za prikaz rezultata. Podržan SNMP monitoring u okviru NMS.

Tabela 8.7 – Podržan skup merenja, proračuna i analize DVB-T2 signala (RF i TS analiza) korišćenjem mernog uređaja **EdgeProbe RF/Nano DVB-T/T2**, [41].

Kao što je navedeno merni uređaji **EdgeProbe RF/Nano DVB-T/T2** prvenstveno su namenjeni za primenu u okviru mreže za kontrolu kvaliteta rada mreže predajnika DVB-T/T2 kojom upravlja operator mreže.

Ipak, opcije koje ovi uređaji podržavaju omogućavaju njihovu primenu i u okviru stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta DTTB koja se razmatra u ovoj Studiji, pri čemu usled nedostatka detaljnih opisa pojedinih funkcionalnosti nije moguće sa sigurnošću zaključiti da li ispunjava sve tehničke zahteve definisane u Glavi 9.

8.5 MERNI OPREMA KOMANIJE *ROHDE & SCHWARZ*

Kompanija *Rohde & Schwarz* sa sedištem u Nemačkoj, [42], je jedan od najpoznatijih proizvođača profesionalne merne opreme, koja trenutno nudi familiju DVMS (*Digital Video Monitoring System*) merne opreme predviđene za merenje i monitoring sistema za digitalnu difuziju televizijskog signala u skladu sa DVB-T/T2, DVB-S/S2, DVB-H/H2, ISDB-T/Tb (*Integrated Services Digital Broadcasting – Terrestrial/Terrestrial Brasil*), ATSC (*Advanced Television System Committee*) i STCE (*Society of Telecommunications Cable Engineers*) standardima. Po dokumentaciji proizvođača tipične oblast primene ove familije uređaja su monitoring signala na lokacijama predajnika, satelitskom *uplink*-u ili u glavnom čvorištu (*headend*) DVB mreže.

Pri tome, ova familija uređaja se zasniva na modularnoj strukturi, pri čemu se koriste dva osnovna (bazična) modula, **DVMS1** i **DVMS4**, u koje se po potrebama korisnika može ugraditi 1 hardverski modul, odnosno 1 do 4 hardverska modula, respektivno. Hardverski moduli koji se mogu ugraditi u bazni modul, u skladu sa potrebama korisnika i tipa primene, mogu biti:

- moduli RF prijemnika za odgovarajući standard (DVB-T/T2 ili DVB-S/S2 moduli) koji su opremljeni sa jednim RF ulazom (1 x RF IN, BNC 50 Ω), jednim TS izlazom (1 x ASI OUT, BNC 75 Ω) i jednim TS ulazom (1 x ASI/SMPTE IN, BNC 75 Ω);
- TS modul sa jednim TS ulazom (1 x ASI/SMPTE IN, BNC 75 Ω) i jednim TS izlazom (1 x ASI OUT, BNC 75 Ω); ili
- IP modul sa 2 IP ulaza/izlaza (1 x 1000BaseT IN/OUT, RJ45 i 1 x 1000BaseX IN/OUT, SFP) i 2 TS ulaza/izlaza (2 x ASI/SMPTE IN/OUT, BNC 75 Ω).

Na ovaj način, sa samo dva osnovna modula koji obezbeđuju hardversku platformu (CPU kontroler, radna memorija, memorijski kapacitet, pristupni interfejsi za udaljenu kontrolu i prenos podataka, napajanje električnom energijom, i slično), kao i softversku platformu (operativni sistem, aplikacija za udaljenu kontrolu, komunikacioni protokoli, *web* server, FTP server, i slično) omogućen je širok skup primena za različite delove distributivne i predajne mreže sistema za difuziju digitalne televizije. Dva raspoloživa osnovna modula razlikuju se samo po kapacitetu (a samim tim i ceni), odnosno **DVMS4** modul omogućava istovremenu analizu do 4 ulazna signala (RF, TS ili TS IP u bilo kojoj kombinaciji), dok **DVMS1** omogućava analizu 1 do 4 ulazna signala (1 xRF i/ili 1 x TS, ili 4 x TS-over-IP). Pri tome, korišćenjem tzv. *Scheduler Software*-a podržana je sekvencijalnu analizu većeg broja RF signala korišćenjem jednog RF ulaza, što čini da je i **DVMS1** modul u potpunosti je primenjiv u stanicama za monitoring koje trebaju da podrže praćenje signala većeg broja predajnika DVB-T2 signala, a što je slučaj koji je od interesa za predmetni projekat (Studiju). U skladu sa prethodno navedenim, u nastavku ovog poglavlja 8.5, biće opisana samo primena DVMS familije na osnovu korišćenja **DVMS1** osnovnog modula, kao ekonomski povoljnijeg rešenja za predmetni projekat.

Modul **DVMS1** je raspoloživ kao samostalna jedinica. Spoljni izgled **DVMS1** modula je dat na slici 8.8 (dat je prikaz sa instaliranim modulom RF prijemnika), a u tabeli 8.8 su prikazane osnovne tehničke karakteristike ovog bazičnog modula. Uređaj poseduje *Ethernet* interfejs (1 x 10/100/1000 *FastEthernet* IN, RJ45), za potrebe udaljene (*remote*) kontrole, podešavanja i razmenu podataka preko mreže. Za potrebe precizne vremenske sinhronizacije i sinhronizacije u spektru, uređaj je opremljen 1xPPS (BNC 75 Ω) i 10 MHz (BNC 75 Ω) ulazima za dovođenje referentnih signala, respektivno. Osim toga dostupna su i dva USB3.0 interfejsa. Uređaj koristi standardno AC napajanje preko električne mreže (100-240VAC, 50/60 Hz AC, 1.6 A), i predviđen je za rad u opsegu temperature od +5°C do 40°C. Ovaj bazni modul je moguće ugraditi u 19" rek, pri čemu su odgovarajuće W x D x H dimenzije 210 mm x 227 mm x 44 mm.

Front view of the R&S®DVMS1.



Rear view of the R&S®DVMS1.



Slika 8.8 – Spoljašnji izgled **DVMS1** modula, prednji panel (gore) i zadnji panel (dole), [42].

TEHNIČKA KARAKTERISTIKA	OPIS/NAPOMENA
Broj slotova za hardverske module	1
Integrirani kontroler	CPU: AMD Kabini APU, 1.5 GHz, 4 jezgra RAM memorija: 4 GB HDD: minimalno 500 GB (250 GB za korisničke podatke) Operativni sistem: Windows 7
Udaljena kontrola	Konektor: RJ45 Interfejs: 10/100/1000BaseT <i>Ethernet</i> Protokoli: SNMP, FTP (integrirani FTP server) Pristup: <i>Windows Remote Desktop</i> , web pretraživač
Ostali interfejsi	2 x USB3.0, audio izlaz, DVI-D video izlaz
Spoljni ulazi za referentni takt	10 MHz referenca za TS analize i RF ulaze: 0.1-0.2 V RMS, BNC 75 Ω 1 PPS referenca za merenje kašnjenja u SFN: 1 Hz, TTL, 1 k Ω , BNC 75 Ω
Interni izvor takta	10 MHz, ± 1 ppm po temperaturi, ± 1 ppm po godini
Uslovi okoline	Radni opseg temperature: +5°C do 40°C Dozvoljeni opseg temperature: +5°C do 40°C Klimatski uslovi (robustnost): +25°C/+45°C na 85% relativne vlažnosti Elektromagnetna kompatibilnost: EN 55011 class B
Napajanje električnom energijom	AC, 100 – 240 V $\pm 10\%$, 50 – 60 Hz $\pm 5\%$, 1.6 A (max), 50VA (tipično)
Dimenzije i težina	W x D x H: 210mm x 227mm x 44mm (1/2U), oko 1.9 kg

Tabela 8.8 – Osnovne tehničke karakteristike **DVMS1** osnovnog modula, [42].

U osnovni modul se mogu integrisati različiti hardverski moduli (RF, TS ili IP modul), a u skladu sa izborom hardverskog modula moguće je koristiti različite softverske module koji omogućavaju demodulaciju, dekodovanje, različite tipove merenja, monitoringa i analize RF signala u vremenskom i spektralnom domenu, kao i različite analize TS (MPEG-2 TS). Na slici 8.9, prikazane su moguće konfiguracije **DVMS1** modula u zavisnosti od ugrađenog hardverskog modula i izabranih softverskih modula, kao i njihova međusobnu zavisnost (za pojedine softverske module neophodna je primena drugih softverskih ili hardverskih modula).

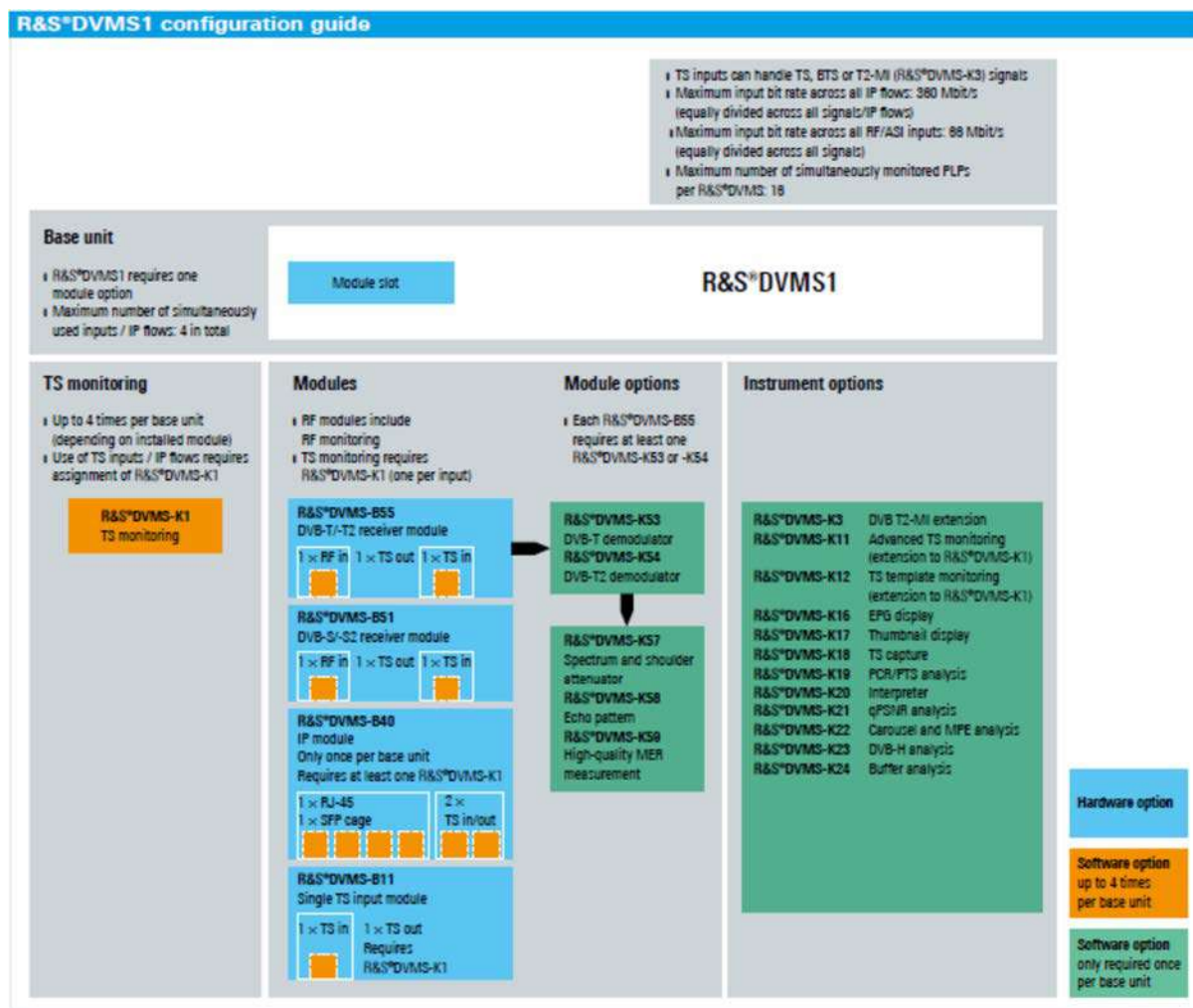
Za predmetni projekat od interesa je samo korišćenje **DVMS1** modula sa ugrađenim modulom prijemnika za DVB-T/T2 signale, tj. **DVMS-B55** modulom, i DVB-T2 demodulatorom, tj. **DVMS-K54** modulom. Kao što je prethodno napomenuto, korišćenjem *Scheduler Software*-a **DVMS1** modul opremljen sa RF prijemnikom (**DVMS-B55** modul) i demodulatorom DVB-T2 signala (**DVMS-K54** modul) omogućava analizu signala više DVB-T2 predajnika (sekvencijalnim prolazom kroz posmatrani skup DVB-T2 kanala uz mogućnost posebne analize višestrukih PLP koji se prenose u svakom od signala).

U tabeli 8.9 prikazane su osnovne tehničke karakteristike RF prijemnika namenjenog za prijem DVB-T/T2 signala. Primena demodulatora DVB-T2 signala omogućava merenje i monitoring osnovnih parametara RF signala koji se prima korišćenjem prijemnika. U tabeli 8.10 dat je pregled podržanih vrednosti parametra za DVB-T2 standard (kao standarda od interesa), dok je u tabeli 8.11 dat pregled skupa podržanih merenja, monitoringa i analize parametara primljenog RF signala, kako onih standardno podržanih sa **DVMS1+DVMS-B55+DVMS-K54**, tako i dodatnih analiza i monitoring opcija za koje su neophodni dodatni softverski moduli.

Sistem omogućava merenje standardnih parametara RF signala (nivo RF signala, MER, BER (pre LDPC, pre BCH, broj LDPC iteracija, posle BCH), kao i frekvencijski i

vremenski *offset*, a svi ovi parametri su podržani i u okviru automatskog RF monitoringa kada se mogu zadati gornja i/ili donja granica, tj. referentna vrednost za potrebe detekcije alarma.

Osim osnovnih parametara, sistem omogućava merenje parametara sinhronizacije, L1 pre-signalizacije i parametara PLP-a, pri čemu je u okviru automatskog RF monitoringa podržana provera dobijenih vrednosti sa zadatim (referentnim vrednostima) uz generisanje alarma na zahtev korisnika. Pri tome, sistem automatski detektuje i beleži promenu vrednosti ovih parametara i bez definisanih alarma. Ova analiza omogućava detekciju poremećaja u radu sistema na RF sloju.



Slika 8.9 – Moguće konfiguracije baznog DVMS1 modula sa ugradnjom hardverskih modula, i uključivanjem softverskih opcija (modula), [42].

PARAMETAR	PODRŽANE VREDNOSTI
Podržani standardi	ETSI EN 300 744 (DVB-T) ETSI EN 302 755 v.1.3.1 i v.1.2.1 (DVB-T2)
RF ulaz	1 x RF IN, BNC 50 Ω , DC napon: 80V, Maksimalna CW RF snaga 20 dBm, Ulazni nivo DVB-T2 signala: -95 dBm do 0 dBm za QPSK sa CR = 1/2 i uključenim preselektorom Opseg učestanosti: 30 MHz do 1000 MHz, rezolucija 1 Hz
TS ulaz	1 x TS IN, BNC 75 Ω , ASI, Dužina paketa za ASI 188/204/208 bajta (EN 50083-9)
TS izlaz	1 x TS OUT, BNC 75 Ω , ASI (EN 50083-9), Izlaz signala sa RF ulaza ili TS ulaza
Preselektor	Podržani opsezi: 150 MHz-300 MHz i 450 MHz-900 MHz Širina 3dB opsega: VHF – 40 MHz, UHF – 100 MHz
Potiskivanje na međufrekvenciji (IF)	IF1 = 1219.5 MHz, 100 dB tipično, sa preselektorom, slabljenje na RF 0 dB IF2 = 36.125 MHz, 100 dB tipično, sa preselektorom, slabljenje na RF 0 dB
Potiskivanje simetrične komponente	RF + 2xIF1, 90 dB tipično, sa preselektorom, slabljenje na RF 0 dB RF + 2xIF2, 100 dB tipično, sa preselektorom, slabljenje na RF 0 dB
Faktor šuma	IF1 - 8 dB, tipično, sa preselektorom, slabljenje na RF 0 dB IF2 - 15 dB, tipično, sa preselektorom, slabljenje na RF 0 dB

Tabela 8.9 – Tehnički parametri **DVMS-B55** - RF prijemnika DVB-T/T2 signala, [42].

PARAMETAR	PODRŽANE VREDNOSTI
Podržani standardi	ETSI EN 302 755 v.1.3.1 (DVB-T2)
Modulacija	COFDM
Propusni opseg / Širina spektra signala	5, 6, 7, 8, 10 MHz
Broj FFT tačaka	1k, 2k, 4k, 8k, 16k i 32k, extension 8k, 16k, 32k
PLP	Single-PLP (automatski), Multiple-PLP (manuelno)
Šema rasporeda pilota	PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, PP6, PP7, PP8
Zaštitni (<i>guard</i>) interval	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
Kodni količnik (CR)	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
FEC	Kratki – 16k LDPC, Normalni – 64k LDPC
Modulacija u podkanalu	QPSK, 16-QAM, 64-QAM i 256-QAM, uključujući rotirane konstelacije

Tabela 8.10 – Podržane vrednosti parametara DVB-T2 standarda za merni sistema zasnovan na primeni **DVMS1** modula sa prijemnikom i demodulatorom, [42].

PARAMETAR	PODRŽANE VREDNOSTI
Nivo RF signala - Merenje i RF monitoring (podržan alarm)	-97 dBm do 0 dBm, uključen preselektor -90 dBm do 0 dBm, isključen preselektor Rezolucija 0.1 dB, Neodređenost za CNR \leq 20dB manja od 1.5 dB
MER - Merenje i RF monitoring (podržan alarm)	10 dB do 31 dB, rezolucija 0.1 dB,
BER - Merenje i RF monitoring (podržan alarm)	BER pre LDPC: 4.0×10^{-4} do 1.0×10^{-1} za 256QAM LDPC iteracija: 1 do 255 BER pre BCH: 0.0; 1.0×10^{-6} to 1.0×10^{-3} za 256QAM BB frejmovi posle BCH: OK, ERROR
Frekvencijski offset - Merenje i RF monitoring (podržan alarm)	± 200 kHz, rezolucija 1 Hz
Vremenski (bit rate) offset - Merenje i RF monitoring (podržan alarm)	± 50 ppm, rezolucija 0.01 ppm
Konstelacija signala	Analiza je podržana samo kao pojedinačno merenje, ne može biti uključena pri automatskom RF monitoringu
Sinhronizacija – Merenje i monitoring (poređenje sa zadatom vrednošću)	RF <i>attenuation</i> , <i>Automatic gain control (AGC)</i> , <i>Sideband position</i> , <i>Carrier</i> , <i>MPEG</i> , <i>Reference frequency</i>
L1 pre-signaling – Merenje i monitoring (poređenje sa zadatom vrednošću)	T2 <i>version</i> , <i>Transmission system</i> , <i>FFT</i> , <i>Bandwidth extension</i> , <i>Guard interval</i> , <i>Pilot pattern</i> , <i>Data symbols/frame</i> , <i>Frames/superframe</i> , <i>PAPR</i> , <i>System ID</i> , <i>Cell ID</i> , <i>Network ID</i> , <i>S1</i> , <i>S2</i> , <i>L1 post constellation</i> , <i>L1 post code rate</i> , <i>L1 post FEC type</i> , <i>L1 post extension</i> , <i>L1 post size</i> , <i>L1 post info size</i> , <i>L1 repetition</i> , <i>Stream type</i> , <i>TX ID availability</i> , <i>Regeneration flag</i> , <i>Frequencies</i> , <i>RF index</i> , <i>CRC32</i>
PLP parametri – Merenje i monitoring (poređenje sa zadatom vrednošću)	Broj PLP, <i>PLP ID</i> , <i>Group ID</i> , <i>PLP type</i> , <i>PLP constellation</i> , <i>PLP rotation</i> , <i>PLP FEC type</i> , <i>PLP code rate</i> , <i>PLP payload type</i> , <i>Time interleaver type</i> , <i>Time interleaver length</i> , <i>Max. number of blocks</i> , <i>PLP mode</i> , <i>Static flag</i> , <i>Static padding</i> , <i>Fixed frequency flag</i> , <i>First RF index</i> , <i>In-band signaling A</i> , <i>In-band signaling B</i> , <i>Reserved_1</i> , <i>First frame index</i> , <i>Frame interval</i>
Dodatne analize/monitoring opcije – Zahtevaju se dodatni softverski moduli	Spektar signala (analiza) <i>Spectrum shoulder attenuation</i> (analiza i monitoring sa alarmom) <i>SFN echo pattern</i> (analiza i monitoring sa alarmom) MER visokog kvaliteta (poboljšan opseg merenja)

Tabela 8.11 – Podržana merenja, monitoring i analize na RF sloju za merni sistem zasnovan na primeni **DVMS1** modula sa prijemnikom i demodulatorom, [42].

Za potrebe monitoringa na nivou TS (TS monitoring), neophodno je dodati softverski modul **DVMS-K1**, pri čemu se obavlja standardno definisan proces monitoringa sa prvim, drugim i trećim prioritetom u skladu sa ETSI 101 290 specifikacijom. Merni sistem kao opciju, uz nabavku softverskog modula **DVMS-K12** omogućava izvođenje i tzv. TS templejt monitoringa u kome se proverava usklađenost osnovnih parametara TS sa unapred zadatim referentnim vrednostima od strane korisnika (kao jedan vid provere integriteta prenesenog sadržaja). Moguće je ostvariti i snimanje TS na lokalni hard disk (*Hard Disk Drive*, HDD), korišćenjem opcionog softverskog modula **DVMS-K18**, pri čemu se snimanje može unapred zakazati, manuelno zadati ili je moguće pokretanje snimanja pri detekciji alarma (ako se to definiše) tokom automatskih TS monitoring procedura. Osim toga, omogućen je i niz dodatnih analiza i monitoring procesura na nivou TS za koje je neophodno dodati posebne module. Primera radi, moguće je proširenje TS monitoring procedure sa dodatnim modulom **DVMS-K11**, čime se između ostalog omogućava monitoring binarnog protoka za različite servise i monitoring SFN sinhronizacije. U tabeli 8.12 prikazane su sve moguće opcije za analize i monitoring na nivou TS.

PARAMETAR	PODRŽANE VREDNOSTI
TS monitoring – monitoring po ETSI TR 101 290 sa podrškom alarma	Monitoring TS parametara (testova) prvog, drugog i trećeg prioriteta
TS templejt monitoring – monitoring sa podrškom alarma	Praćenje i poređenje sa referentnim vrednostima parametara TS: MPEG-2 TS, EMM, <i>User private data</i> , <i>Unreferenced PIDs</i> , <i>Null packets</i> , <i>Table</i> , <i>Services</i> , <i>Elementary Stream</i> , ECM, EIT, H-EIT, M-EIT, L-EIT, <i>Bit stream measurement</i>
Snimanje TS (TS capture)	Snimanje TS zadato manuelno, u zakazano vreme ili na osnovu alarma
Dodatne analize/monitoring opcije – Zahtevaju se dodatni softverski moduli	Napredni TS monitoring (monitoring sa podrškom alarma) – Merenje binarnih protoka za različite servise, SFN sinhronizacija T2-MI ekstenzija (omogućava se analiza i monitoring TS sa T2-MI)
Dodatne analize – Zahtevaju se dodatni softverski moduli	PCR/PTS (analiza vrednosti PCR i PTS u vremenu) qPSNR (analiza – meri se kvazi-SNR za video signal) <i>Carousel & MPE</i> (detaljna analiza DVB protokola)

Tabela 8.12 – Podržane analize i monitoring nivou TS za merni sistem zasnovan na primeni **DVMS1** modula, uz osnovni **DVMS-K1** i druge dodatne opcione softverske module, [42].

Udaljeni pristup za potrebe podešavanja uređaja i prikaza informacija i rezultata analize ostvaruje se korišćenjem *Ethernet* interfejsa. Korišćenjem *Windows Remote Desktop* opcije se pristupa DVMS-GUI aplikaciji na uređaju, a dostupna je i tzv. *Viewer* aplikacija, aplikacija zasnovana na *Java* programskom jeziku za potrebe udaljenog pristupa i prikaza rezultata monitoringa. Osim toga, integrisan je FTP server za potrebe prenosa podataka ka centru za upravljanje, a postoji i podrška za SNMP ukoliko se želi razvoj NMS.

Softverska aplikacija podržava jednostavan rad i konfiguraciju svih podržanih opcija (uređaja, ulaznih signala, parametara monitoringa), uz detaljnu konfiguraciju svih funkcija za monitoring uključujući postavljanje graničnih vrednosti za alarme. Podržan je i manuelni (interaktivni) način rada za potrebe izvođenja i prikaza rezultata merenja i analiza. Udaljeni pristup se omogućava sa više nivoa privilegija (prava) uz podršku za sprečavanje neautorizovanog pristupa. Podržane su različite forme prikaza rezultata analiza, merenja i monitoringa, kao što su *View Selector* kojim se iz jednog prozora bira željeni prikaz, kao i razne specifične forme prikaza za različite posmatrane parametre RF signala i TS.

Podržane su različite forme zadavanja graničnih vrednosti i prikaza pojave alarma, kao i mogućnost kontinualnog upisa (u formi *log* fajlova) izmerenih vrednosti, detektovanih događaja, ili pojave alarma na lokalni hard disk..

Kao što je na početku ovog poglavlja (8.5) navedeno, merni sistem zasnovan na **DVMS1** modulu prvenstveno je predviđen za kontrolu kvaliteta rada mreže predajnika DTTB kojom upravlja operator mreže. Ipak, opcije koje ovaj uređaj podržava omogućavaju njegovu primenu i u okviru stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta DTTB koja se razmatra u ovoj Studiji.

8.6 MERNI OPREMA - *UBIWHERE I WAVECOM WIRELESS EXPERTS*

Kompanije *Ubiwhere* i *WAVECOM wireless experts* obe sa sedištem u Portugaliji, [43], su na osnovu zahteva i specifikacija nacionalne regulatorne agencije (NRA) Portugalije (ANACOM) dizajnirali specifičan sistem za monitoring kvaliteta pokrivanja DTTB sistema sa stanovišta korisnika sistema. Mreža senzora, označenih kao **rNode**, razmeštena je širom kontinentalnog dela Portugalije za potrebe kontinualnog praćenja (monitoringa) kvaliteta prijema signala DTTB u Portugaliji. Više o samom sistemu za monitoring u Portugaliji koji se zasniva na korišćenju mernih senzora (**rNode**), dato je u poglavlju 4.2. Ovde će biti dat

osnovni opis tehničkih karakteristika **rProbe** sistema, zasnovanog na korišćenju mernih senzora (**rNode**) i centra za upravljanje i kontrolu (**rCenter**).

Grafički prikaz organizacije **rProbe** sistema dat je na slici 8.10. Osnovna namena ovog sistema je da obezbedi sredstvo čijim korišćenjem NRA može da sprovodi kontinualnu kontrolu kvaliteta pokrivanja signalom DTTB na celokupnoj teritoriji. Dodatno, operateri mreže mogu da ostvare kontrolu kvaliteta signala, dok emiteri (provajderi TV programa) korišćenjem rezultata rada ovog sistema mogu da ostvare potvrdu investicije u smislu da je sadržaj uspešno dostavljen do krajnjih korisnika.

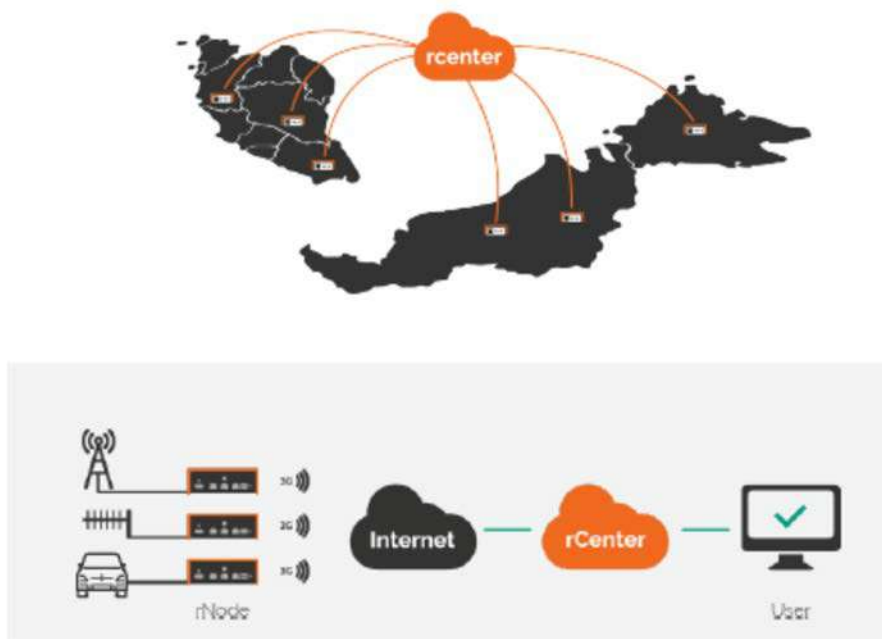
Merni senzori (sonde) **rNode** se mogu postavljati na objekte koji odgovaraju tipičnim objektima u kojima žive i borave krajni korisnici DTTB mreža, pod uslovima koji odgovaraju prijemu signala od strane krajnjih korskornika, a podržan je i rad ovih senzora u vozilima, za potrebe *drive* testova. Konektivnost **rProbe** sa centralnim elementom sistema **rCenter** u kome se obavlja kontrola rada senzora na prijemnim lokacijama, ostvaruje se korišćenjem pristupa servisima za prenos podataka 2G/3G/4G javnih mobilnih mreža.

Uređaj **rProbe** obavlja merenje parametara kvaliteta DVB-T/T2 signala, i prenosi ih (periodično na svakih 10 ili 20 minuta, ili trenutno u slučaju pojave alarma) ka **rCenter**-u korišćenjem 3G interfejsa. Podržano je povezivanje na spoljnu telekomunikacionu mrežu i korišćenjem *Ethernet* interfejsa (RJ45 konektor), ukoliko za to postoje uslovi na lokaciji. Pri tome, **rNode** podržava merenje sledećih parametara signala,

- Srednju snagu RF signala (*Received Signal Strength Indicator*, RSSI);
- MER, SNR i CNR;
- BER pre LDPC dekodera, BER pre BCH dekodera, BB frejmovi posle BCH (FER), PER, PEN (*Packet Error Number*);
- Indikator kvaliteta signala (*Signal Quality Indicator*, SQI), i SSI (*Strength Signal Indicator*).

Uređaj omogućava merenje većeg broja RF kanala korišćenjem istog mernog senzora sa sekvencijalnim, periodičnim prolaskom kroz definisan skup kanala. Osim toga, moguće je manuelno pokrenuti analizu TS, obaviti merenje impulsnog odziva kanala (*Channel Impulse Response*, CIR), izvršiti estimaciju spektra signala, kao i analizu sa određivanjem konstelacije signala u 2D fazorskoj ravni.

Merenje parametara RF signala ostvarenog prijemom iz jednog ili više RF kanala, obavlja se u formi automatskog RF monitoringa i detekcije alarma koji se mogu definisati korišćenjem graničnih vrednosti za sve merene parametre, pri čemu se može zadati da se pri pojavi alarma započne snimanje TS za određeni period vremena (tipično 30 sekundi do 1 minut). Merni uređaj, sonda, podržava DVB-T/T2, DVB-T2 Lite i DVB-C standarde. Rezultati merenja i snimci TS se lokalno skladište za šta je na raspolaganju kapacitet od 14 GB, pri čemu se u slučaju da je memorijski kapacitet potpuno iskorišćen najpre brišu najstariji fajlovi. Za svoj rad, uređaj troši oko 10 W. Spoljnji izgled mernog senzora **rNode** je prikazan na slici 8.11. Radom merne sonde se upravlja korišćenjem udaljenog pristupa sa više nivoa ovlašćenja. Omogućen je prikaz vremenske promene rezultata merenja za svaki parametar sa zadatom dužinom prozora u vremenu. Uređaj je opremljen i GPS (za potrebe sprovođenja *drive* testova).



Slika 8.10 – Grafički prikaz organizacije **rProbe** sistema za monitoring DTTB, [43].



Slika 8.11 – Spoljni izgled **rNode** mernog uređaja, [43].

Centar za kontrolu i upravljanje radom mreže senzora, **rCenter**, predstavlja jedan centralizovani sistem zasnovan na korišćenju *Cloud*-a. U njemu se obavlja prikupljanje podataka pristiglih od svih **rNode** uređaja, koji se nakon toga smeštaju u odgovarajuću bazu podataka. Softverska aplikacija **rCenter** obezbeđuje širok skup statističkih obrada (varijacija - 1 ili 2 promenjive, histogram, procena funkcije gustine verovatnoće, komplementarna kumulativna funkcija raspodele, standardna devijacija, srednja, minimalna, maksimalna i medijanska vrednost), grafičkih prikaza i automatskih izveštaja.

Sistemska aplikacija omogućava korelacije podataka o trenutnim vremenskim prilikama sa trenutno prikupljenim podacima sa senzora, a u skladu sa geografskim rasporedom merenja vremenskih prilika i pozicija mernih senzora. Pristupom preko aplikacije **rCenter**, moguća je udaljena kontrola rada i podešavanja mernih senzora, kao i zadavanja interaktivnih analiza za bilo koji senzor, kao što su: merenje, prikaz i čuvanje konstelacije za dati signal i PLP, merenje, prikaz i čuvanje CIR, snimanje, pregled i prenos TS. Osim toga, podržano je zadavanje složenih upita za bazu podataka sa svim prethodnim merenjima, kao i grafička analiza svih merenih parametara signala i to u vremenu, ili nakon statističke obrade. Složen mehanizam za obradu događaja omogućavaju pretragu šema (*pattern*) i događaja na osnovu vrednosti jednog ili više parametara istovremeno.

Razvijena softverska aplikacija omogućava korelaciju pogoršanja performansi (događaja, alarma koji ukazuju na pogoršanje performansi), sa klimatskim i propagacionim faktorima, ili događajima vezanim za održavanje opreme predajne mreže ili problema koji se javljaju u

realnom radu predajnika. Moguće je grupisanje senzora u grupe i obrada podataka na tako definisanim grupama senzora. Omogućena je integracija sa drugim sistemima. Korišćenjem **rCenter** aplikacije ostvaruje se direktan kontakt sa svakim **rNode** uređajem, obavljaju lokalne TS analize, a omogućen je i prenos snimaka TS sa senzora u bazu podataka u okviru **rCenter**.

Poslednji bitan element celokupnog **rProbe** sistema je **rInstaller**, aplikacija kojom se obezbeđuje pravilna instalacija velikog broja senzora za posmatranu distribuiranu platformu za merenje kvaliteta pokrivanja DTTB mreže. **rInstaller** je Android aplikacija koja pomaže pri instalaciji **rNode** na datoj lokaciji, a u skladu sa ITU-R SM-1875-2 preporuci, posebno pri sprovođenju procedure određivanja najboljeg servera za datu lokaciju (predajnika čiji je signal dominantan na lokaciji). Android aplikacija istovremeno omogućava čuvanje svih podataka koji su prikupljeni pri instalaciji senzora na svakoj lokaciji, uz generisanje automatskog izveštaja.

Razvijeni **rProbe** sistem predstavlja interesantno i savremeno rešenje, koje se zasniva na korišćenju mreže senzora. Ipak, ovaj sistem ne podržava nijednu funkciju TS monitoringa, i zasniva se na veoma jednostavnim hardverskim platformama za koje nisu poznate tačne specifikacije.

Ovaj sistem omogućava kontinualno praćenje kvaliteta prijema na celokupnoj teritoriji, korišćenjem velikog broja senzora. Ipak, ovakvo rešenje, omogućava samo osnovna RF merenja i monitoring, dok analiza i monitoring na nivou TS nije podržana (osim snimanja TS). Rešenje je primenjeno u Portugaliji, ali po konceptu monitoringa kvaliteta DTTB mreže koji zahteva postavljanje i održavanje mreže sa veoma velikim brojem senzora, a što je koncept sistema u kome se mogu zaista iskoristiti brojne prednosti obrade koje pruža **rProbe**.

9. TEHNIČKO REŠENJE SISTEMA ZA KONTINUALNO PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

U ovoj glavi dat je opis predloženog tehničkog rešenja sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta sistema DTTB na nivou funkcionalnog modela. Definisane su minimalne tehničke karakteristike merne opreme i uređaja mernih stanica, dat je osnovni opis centra za upravljanje i sistema veza. Osim toga, definisan je predlog skupa parametara signala koje treba meriti, kao i opis predviđenog načina funkcionisanja. U narednim glavama 10 i 11, definisani su svi ostali bitni detalji predloženog tehničkog rešenja.

9.1 GENERALNI OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

U skladu sa zaključcima analize izložene u glavi 7, definisano je tehničko rešenje sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB mreže zasnovano na korišćenju mreže senzora, mernih stanica, čiji će osnovni elementi biti izloženi u nastavku poglavlja. Kako bi posmatrano tehničko rešenje bilo ekonomski opravdano, usvojen je koncept u kome se kao potencijalne lokacije za realizaciju mernih stanica sistema za kontinualno praćenje kvaliteta sistema DTTB posmatraju lokacije postojećih kontrolno mernih-centara (KMC Dobanovci - Beograd i KMC Niš), kao i planirane lokacije budućih 12 regionalnih i 5 lokalnih daljinski upravljanih kontrolno-mernih stanica (kontrolno-merne stanice oba tipa biće u daljem tekstu označavane kao RFMS) i jednog kontrolno mernog centra (KMC Gakovo - Sombor) sistema za nadgledanje i kontrolu korišćenja (monitoring) RF spektra. Izgradnja planiranih kontrolno-mernih stanica (RFMS) i kontrolno-mernog centra očekuje se u narednom periodu, odnosno okvirno tokom naredne tri godine. Kao što je obrazloženo u glavi 7, ovakav koncept je usvojen kako bi se smanjili investicioni troškovi izgradnje sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB, koji su, uzimajući u obzir realne potrebe za nadgledanjem kvaliteta rada DTTB, ugrožavali ekonomsku isplativost i opravdanost izgradnje ovog sistema.

Sistem za monitoring RF spektra posmatra se kao primarni sistem, tj. kao sistem koji ima znatno veći značaj za Investitora u odnosu na ovde projektovani sistem za kontinualnu kontrolu kvaliteta sistema DTTB. Iz tog razloga, predložena kolokacija mernih stanica ova dva sistema mora se izvesti na takav način da se ni na koji način ne naruše performanse, odnosno ugrozi ili poveća složenost funkcionisanja primarnog sistema. Iz tog razloga, nije

planirano funkcionalno spajanje ova dva sistema, već se samo planira korišćenje određenih elemenata prateće infrastrukture primarnog sistema, i to: antenski stub, napajanje električnom energijom, resursi lokalne računarske mreže i sistema veza, akvizicija i uređenje lokacije u smislu smeštanja opreme (koje je planirano u klimatizovanim objektima ili kontejnerima) i pratećih građevinskih radova, kao i eventualna izgradnja/rekonstrukcija pristupnih puteva.

Pri tome, za potrebe sistema za kontrolu kvaliteta DTTB ne planira se korišćenje antenskog sistema koji se koristi u okviru sistema za monitoring RF spektra, već je predložen poseban antenski sistem na istom antenskom stubu. Ovaj dodatni antenski sistem treba instalirati na način kojim se ne ometa funkcionisanje primarnog sistema. Osim toga, sistem za kontrolu kvaliteta DTTB koristiće zajedničke kapacitete napajanja električnom energijom koji će biti obezbeđeni na lokacijama RFMS i KMC. Definisane tehničke rešenja za napajanje lokacije električnom energijom nije predmet ovog projekta. Ipak, u okviru ove Studije postavlja se zahtev da pri projektovanju rešenja za napajanje električnom energijom na lokacijama mernih stanica, u okviru proračuna kapaciteta neprekidnog napajanja (UPS), treba uračunati i potrošnju energije za mernu opremu sistema za kontrolu kvaliteta DTTB.

Kada su u pitanju kapaciteti lokalne računarske mreže (*Local Area Network*, LAN), kao i sistema veza (komunikacioni linkovi za pristup komunikacione opreme smeštene na lokaciji ka spoljnoj telekomunikacionoj infrastrukturi i dalje povezivanje ka administrativnom centru RATEL-a i KMC-ovima) korišćenje ovih kapaciteta se mora izvesti na takav način da se što manje ometa rad primarnog sistema. Naime, komunikacioni kapaciteti za podršku rada sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB koji su potrebni za daljinsko upravljanje radom mernih stanica i prenos izmerenih podataka relativno su mali, pošto se za rad ovog sistema ne predviđa intenzivna komunikacija između mernih stanica i centra za upravljanje. Odnosno, planirano je da se iz centra upravljanja obavlja postavljanje konfiguracije i drugih parametara potrebnih za rad mernih stanica, koji se može realizovati kao automatski rad u procesu monitoringa, uz povremeni interaktivan pristup i rad operatera kada se za tim ukaže potreba. Navedeni zadaci imaju veoma niske zahteve po pitanju kapaciteta i zauzetosti komunikacionih linkova. Osim toga, planira se periodičan (jednom dnevno ili ređe) prenos podataka o izvršenim merenjima koji su pohranjeni lokalno u okviru samih mernih uređaja. Ovaj prenos zahteva znatno veće korišćenje kapaciteta, ali će se obavljati u kratkim intervalima vremena. Kako bi se minimalno uticalo na rad primarnog sistema, prenos podataka treba planirati (usklađivati) za one periode vremena kada primarni sistem nema velikih zahteva po pitanju komunikacionih kapaciteta linkova. Iz tog razloga, projektovanje komunikacionih sistema (LAN na lokaciji merne stanice i sistema veza) i dimenzionisanje komunikacionih kapaciteta, treba da bude izvršeno u skladu sa potrebama primarnog sistema, tj. ne zahteva se povećanje već planiranih kapaciteta i troškova investicije za ove potrebe. Ako iz nekog razloga ne bude moguće korišćenje lokalne LAN infrastrukture za ostvarivanje konektivnosti mernih stanica (npr, na lokacijama RFMS lokalnog tipa) sa spoljom telekomunikacionom infrastrukturom, s obzirom na male zahteve po pitanju kapaciteta linkova može se koristiti bežični pristup preko javnih mobilnih mreža (2G/ 3G).

Konačno, smeštanje mernog prijemnika (dimenzija 1U ili 1HU) na mernoj lokaciji planira se korišćenje kapaciteta ranije planiranog reka (19") i to za nepromenjene uslove klimatizacije i drugih neophodnih uslova radnog okruženja koje se planira za smeštanje opreme u okviru planiranih lokacija. Pri tome, merni uređaj koji će se koristiti u okviru mernih stanica se bira na takav način da može da se koristi i samostalno, bez ugradnje u rek, ako za to ne budu postojali uslovi na lokacijama RFMS i KMC.

U usvojenom konceptu sistema za kontinualno praćenje kvaliteta rada DTTB, kao što je to dato u glavi 7, ne obavlja se kontrola kvaliteta prijema na mestu krajnjeg korisnika sistema, pošto to zahteva izuzetno veliki broj mernih stanica i ekonomski je neopravdano. U ovom slučaju, obavlja se prijem i merenje parametara signala predajnika DTTB mreže u

mernim stanicama postavljenim na istaknutim planiranim lokacijama za RFMS i KMC, odnosno dominantnih lokacija u pogledu mogućnosti prijema signala emitovanih od strane predajnika postavljenih u bližoj ili daljoj okolini ovih lokacija. Iz tog razloga, očekuje se da se prijem signala DTTB predajnika obavlja za relativno visok nivo signala, čija je vrednost daleko iznad minimalnih granica potrebnih za ostvarivanje prijema sa zahtevanim kvalitetom servisa koje su definisane u odgovarajućim ITU i ETSI dokumentima.

Iz navedenih razloga, proces merenja parametara signala ne izvodi se da bi se procenio kvalitet prijema signala datog predajnika na posmatranoj lokaciji, već se suštinski prate promene kvaliteta prijema signala koje ukazuju na pogoršanje, nestabilnost i/ili prekid emitovanja (otkaz) rada predajnika. Odnosno, analiza i merenje su usmereni na praćenje pojave neregularnosti u radu posmatranog predajnika DTTB mreže. Detektovanje ovakvih pojava, direktno ukazuje na pogoršanje kvaliteta prijema u zoni opsluživanja (servisnoj zoni) datog predajnika DTTB mreže. Naime, pri pojavi nepravilnosti u radu predajnika čiji se rad prati na lokaciji merne stanice, može se zaključiti da je na delu teritorije na kome se prijem DVB-T2 signala ostvaruje prijemom signala datog predajnika kao dominantnog predajnika SFN mreže u zoni raspodele nastupilo pogoršanje kvaliteta prijema. U slučaju opadanja nivoa signala posmatranog predajnika, u njegovoj servisnoj zoni (a posledično i u pripadajućoj zoni raspodele) dolazi do pogoršanja kvaliteta prijema, odnosno u nekim slučajevima i do prekida servisa. Ovo je posebno izraženo na delovima teritorije na kojima je nivo kvaliteta prijema blizak minimalno dozvoljenim vrednostima (u graničnim delovima zone pokrivanja ili oblastima servisne zone sa lošijim uslovima prijema). Detekcijom pomenutih nepravilnosti u radu, a pogotovo u slučaju učestalosti i/ili periodičnosti pojave ovakvih događaja, može se oceniti da se ona javlja kao povremeno, učestalo, periodično ili čak i dugotrajno pogoršanje kvaliteta prijema u celokupnoj servisnoj zoni posmatranog predajnika DTTB mreže. Stoga, treba naglasiti da se za usvojeni koncept pri analizi podataka dobijenih merenjem signala, prvenstveno posmatraju značajne promene izmerenih parametara signala koji karakterišu kvalitet prijema, a ne same apsolutne vrednosti ovih parametara.

Sa svake od mogućih lokacija RFMS i KMC, kao dominantnih lokacija, može se ostvariti prijem signala velikog broja predajnika DTTB mreže. Ipak, usled principa rada SFN mreža, a koje se dominantno koriste za emitovanje sva tri multipleksa u Srbiji, na velikom procentu teritorije svake zone raspodele predajnici velike snage u značajnoj meri maskiraju signal koji potiče od predajnika male snage. Kako se u predloženom konceptu prijem signala za potrebe kontrole RF spektra odvija na dominantnim lokacijama, uz veoma dobar prijem signala predajnika velike snage iz jedne ili više zona raspodele, ovaj efekat će biti veoma izražen. Pri tome, za određen broj predajnika velike snage, kvalitetan prijem signala može se ostvariti sa većeg broja lokacija RFMS i KMC.

U glavama 10 i 11, dat je opis metodologije, kao i opis postupka i rezultata analize na osnovu koje je dato detaljno tehničko rešenje za mrežu senzora (mernih stanica). Ovom analizom definisan je skup lokacija RFMS i KMC koje se predlažu za lokacije mernih stanica sa kojih će se ostvarivati prijem signala predajnika DTTB mreže. Dodatno, određeno je za koje predajnike usled opisanog efekta maskiranja nije moguće ostvariti kvalitetan prijem. Za svaku mernu stanicu sistema, na osnovu izvršenog postupka optimizacije u cilju korišćenja minimalnog broja mernih stanica, definisan je skup predajnika DTTB mreže čiji signal se nadgleda na datoj lokaciji. Osim toga, definisan je i antenski sistem formiran od 1, 2 ili 3 panel antene, uz prikaz podataka o usmerenosti i načinu postavljanja ovih panela. Ovom analizom je ustanovljeno da je odgovarajući prijem, a samim tim i merenje parametara signala, moguć samo za predajnike DTTB mreže velike snage (snaga iznad 3 kW). Pri tome, utvrđeno je da je prijem signala za dobijeni skup predajnika, za sva tri multipleksa, moguće ostvariti korišćenjem 8 lokacija RFMS i 2 lokacije KMC, odnosno sa ukupno 10 lokacija. Treba naglasiti, da se korišćenjem skupa predajnika velike snage, za sva tri multipleksa

ostvaruje pokrivanje na najvećem delu teritorije Srbije, tj. za 90% ili više procenata stanovništva. To znači da se opisanom mrežom mernih stanica posrednim putem ostvaruje kontrola kvaliteta rada DTTB mreže za najveći deo teritorije Republike Srbije.

Kako se opisanim sistemom stacionarnih mernih stanica na 10 lokacija može ostvariti prijem i merenje kvaliteta signala samo za određeni uži skup predajnika DTTB mreže, tehničko rešenje se upotpunjuje sa dve prenosive merne stanice. Primena ovih prenosivih mernih stanica planirana je za analizu rada predajnika manje snage, odnosno u okviru oblasti koja predstavlja servisnu zonu ovih predajnika. Osnovna namena ovih prenosivih mernih stanica je da se u slučaju postojanja žalbi korisnika na kvalitet servisa u određenom regionu koji se pokriva određenim predajnikom, izvrši postavljanje ovih stanica, i u periodu trajanja od jednog do nekoliko dana obavi merenje kvaliteta prijema signala koji potiče sa razmatarnog predajnika. Pri tome, treba odabrati neku pogodnu lokaciju unutar servisne zone predajnika, odnosno u zoni u kojoj signal ovog predajnika nije maskiran signalima predajnika velike snage. Prenosive merne stanice sadrže istu mernu opremu kao i stacionarne merne stanice, uz dodatne mogućnosti u pogledu merenja i monitoringa na nivou TS.

U slučaju kada se merenje korišćenjem prenosivih mernih stanica odvija u kratkom periodu vremena, one se mogu smeštati i koristiti iz MMS. U tom slučaju prenosive merne stanice mogu da koriste napajanje električnom energijom koje je na raspolaganju u okviru MMS, kao i komunikacione resurse MMS za potrebe umrežavanja i povezivanja sa centrom za upravljanje. Ukoliko se merenje obavlja u dužem vremenskom periodu, kada se prenosive merne stanice smeštaju na pogodnim objektima u zoni od interesa, tada ukoliko je to moguće, povezuju se na lokalnu telekomunikacionu infrastrukturu, a ako nije moguće povezivanje se ostvaruje preko resursa neke javne mobilne mreže (2G/3G). Prenosive merne stanice se koriste na isti način kao i stacionarne merne stanice, uz eventualno prisustvo operatera. Primena prenosivih mernih stanica se po pravilu planira u slučaju postojanja žalbi na ostvareno pokrivanje i kvalitet servisa u određenom regionu. Ipak, ove merne stanice, ukoliko se za tim ukaže potreba, mogu koristiti i za periodičnu ili *ad hoc* kontrolu kvaliteta DTTB mreže u delovima teritorije koji nije pokriven mrežom stacionarnih mernih stanica.

9.1.1 Potencijalni razlozi za pojavu značajnih promena kvaliteta prijema

U zoni raspodele, odnosno delu teritorije u okviru te zone raspodele koja se pokriva korišćenjem jednog RF kanala u okviru SFN mreže, značajan poremećaj kvaliteta prijema DVB-T2 signala, ili odsustvo servisa (prekid pružanja servisa) za sve ili pojedine TV programe može nastupiti iz različitih razloga. Posmatrano sa stanovišta mernog prijemnika uz analizu uticaja na servisnu zonu nadgledanog predajnika, uočavaju se neki značajni slučajevi:

- Poremećaj rada, narušavanje regularnih uslova rada ili otkaz predajnika koji izaziva smanjivanje nivoa snage signala na ulazu mernog prijemnika. Naime, smanjenje snage signala na ulazu mernog prijemnika direktno utiče na kvalitet prijema korisnika koji se nalaze na ivici zone pokrivanja (pad nivoa signala ispod praga osetljivosti prijemnika). Takođe, dolazi i do direktnog smanjenja odnosa signal-šum na ulazu u korisnički prijemnik, što za posledicu može imati da ova vrednost padne ispod minimalne potrebne i na taj način naruši potreban kvalitet veze. **Napomena:** Korišćenjem mernog prijemnika ovakav tip poremećaja se može detektovati merenjem nivoa snage signala, SNR, CNR ili MER, kao i merenjem BER (pre i posle primene spoljašnjeg/unutrašnjeg dekodera).
- Poremećaj rada predajnika koji kao posledicu izaziva distorziju modulisanog signala na nivou konstelacionog dijagrama, tj. dešava se izobličenje konstelacionog dijagrama za datu modulaciju. Ukoliko se to dešava dominantnom (*best server*)

predajniku za posmatrani deo teritorije, dolazi do pogoršanja kvaliteta prijema za sve korisnike u sevisnoj zoni nadgledanog predajnika. **Napomena:** Korišćenjem mernog prijemnika ovakav tip poremećaja se može detektovati merenjem MER kao mere za izobličenje konstelacionog dijagrama, ali i merenjem BER (pre i posle spoljašnjeg/unutrašnjeg dekodera). Merenjem nivoa signala, SNR i CNR poremećaj se ne može detektovati.

- Poremećaj vremenske sinhronizacije u radu SFN mreže, usled čega dolazi do pojave interferencije i značajnog opadanja kvaliteta prijema, a povremeno čak i do prekida servisa. Pojava se dešava unutar zone raspodele za dati multipleks, i zavisi od geografskog rasporeda predajnika i položaja lokacije prijemnika. **Napomena:** Primenom mernog prijemnika ovakav tip poremećaja se može detektovati merenjem BER (pre i posle spoljašnjeg/unutrašnjeg dekodera), a može se očekivati i pad vrednosti MER. Postoje posebne merne procedure za detekciju uzroka ove pojave definisane u glavi 6.
- Teoretski, usled narušavanja dijagrama zračenja antenskog sistema predajnika, u određenom delu teritorije za koji je posmatrani predajnik dominantan (*best server*) dolazi do značajnog pogoršanja kvaliteta prijema ili otkaza servisa usled prijema signala nezadovoljavajućeg kvaliteta. Ukoliko je data teritorija pokrivena na zadovoljavajući način samo signalom posmatranog predajnika dolazi do prekida pružanja servisa. Ipak, treba naglasiti, da savremeni DVB-T/T2 predajnici poseduju mehanizam kojim se u najvećoj meri sprečava pojava ovakvog poremećaja;
- Usled grešaka, poremećaja sinhronizacije ili otkaza u distributivnom delu mreže može doći do gubitka TS na ulazu u predajnik, ili negde duž putanje distribucije, pa se ovakav poremećaj detektuje na celokupnoj teritoriji gde se pokrivanje ostvaruje posmatranim predajnikom. Ovakav problem ne izaziva smanjivanje nivoa signala niti poremećaj na L1 (fizičkom sloju DVB-T2). **Napomena:** Pojava ovog tipa najlakše se može detektovati monitoringom na nivou TS (testovi prvog i drugog prioriteta za monitoring TS po ETSI TR 101 290 v.1.3.1);
- Usled grešaka i otkaza u distributivnom delu mreže, sadržaj određenog ili više TV programa može biti neodgovorajući ili se ne dostavlja do tačke u kojoj se formira multipleks. Posledice su otkaz servisa za dati kanal, loš kvalitet ili zamrznuta slika (*still picture*). **Napomena:** Ovakve pojave se ne mogu detektovati RF monitoringom, niti je pouzdana detekcija moguća monitoringom na nivou TS. Pojava se lako uočava pregledom snimka TS.

Treba napomenuti da se u mernim stanicama posmatranog sistema, usled očekivanog visokog nivoa signala na ulazu prijemnika, u retkim slučajevima, osim u slučaju potpunog otkaza predajnika, može očekivati pogoršanje kvaliteta prijema koje izaziva otkaz servisa. Ipak, nagle promene parametara signala, tj. izmerenih vrednosti parametara, mogu ukazivati na određenu pojavu. Ukoliko se ne izvodi monitoring na nivou TS, greške koje su vezane za probleme sinhronizacije, otkaza ili poremećaja i distributivnoj mreži, kao i onih na nivou SFN mreže ne mogu biti pouzdano detektovane.

9.1.2 Povezivanje rezultata merenja sa podacima o vremenskim uslovima

U konceptu koji se predlaže kao tehničko rešenje ne postoji dovoljan razlog za razvoj složenog softverskog rešenja koje bi omogućilo spregu (korelaciju) informacija o prostornom rasporedu vremenskih prilika sa rezultatima merenja u mernim stanicama u realnom vremenu.

Ovakvo rešenje bi značajno povećalo složenost organizacije rada sistema, zahtevalo pribavljanje kontinualnih informacija o prostornom rasporedu vremenskih prilika, kao i izradu posebnog softverskog alata za potrebe analize. Pri tome, očekivani doprinos performansama sistema bi bio relativno mali, ako ga uopšte i ima. Ipak, ima smisla da se u slučaju detekcije pogoršanja kvaliteta prijema ili učestalog pogoršanja kvaliteta prijema u dužem periodu vremena, proveriti da li su uzrok za tu pojavu ekstremne vremenske prilike na lokaciji merne stanice (pošto je planiran lokalni monitor vremenskih prilika).

9.1.3 Statističko objedinjavanje rezultata dobijenih sa više mernih stanica

Usled primenjenog koncepta rada sistema za praćenje kvaliteta DTTB mreže, određen broj predajnika velike snage može se nadgledati sa više mernih stanica. Pri praktičnoj realizaciji sistema, biće potrebno doneti odluku da li će se zaista isti predajnik nadgledati sa više mernih stanica ili ne. Nema opravdanog razloga za nadgledanje jednog predajnika sa više od 2 ili maksimalno 3 merne stanice. Ukoliko se jedan predajnik nadgleda sa više mernih stanica, to može da posluži za unakrsnu potvrdu rezultata analize izmerenih vrednosti parametara signala u slučaju detekcije pogoršanja kvaliteta prijema, i to izvedenih pojedinačno za svaku mernu stanicu i za isti period vremena.

Kada je u pitanju statističko objedinjavanje rezultata sa određenih delova teritorije ili na nivou cele mreže, takva obrada bi imala smisla kada bi se mreža senzora sastojala od izuzetno velikog broja mernih stanica raspodeljenih po celokupnoj teritoriji, što u predloženom tehničkom rešenju nije slučaj.

9.2 FUNKCIONALNI MODEL SISTEMA

Funkcionalni model sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB u Srbiji, prikazan je na slici 9.1. Centralni element sistema je centar za upravljanje, i planira se da bude na lokaciji KMC Dobanovci – Beograd. Ipak, ukoliko se pri realizaciji sistema iz organizacionih razloga, npr. opterećenja zaposlenih, prostornih ili komunikacionih kapaciteta za smeštanje opreme, ili nekih drugih razloga, ukaže potreba, centar za upravljanje može se smestiti i na nekoj drugoj lokaciji na kojoj je omogućeno povezivanje sa mrežom mernih stanica (odnosno obezbeđen je pristup ka mernoj opremi u mernim stanicama korišćenjem IP mreže).

Korišćenjem odgovarajućeg sistema veza, centar za upravljanje mora biti povezan sa svim mernim stanicama u okviru sistema, odnosno mernom opremom (prijemnicima) koja je smeštena na lokacijama mernih stanica. Pri tome, planirano je da merne stanice funkcionišu kao daljinski upravljani senzori, odnosno da se formira mreža stacionarnih senzora na lokacijama mernih stanica, čiji se rad u potpunosti kontroliše iz centra za upravljanje. Projektovanje sistema veza, koje omogućavaju povezivanje i komunikaciju, pa, samim tim, i upravljanje mernim stanicama iz centra upravljanja, biće obavljeno u okviru izgradnje RFMS/KMC za monitoring RF spektra. Pri tome, na lokacijama RFMS/KMC na kojima su kolocirane i merne stanice, odnosno u KMC Dobanovci – Beograd gde se smešta centar upravljanja, treba da budu realizovane LAN mreže koje se preko rutera povezuju na spoljašnju telekomunikacionu infrastrukturu, tj. obezbeđuje se pristup na nivou IP mreže. Merni prijemnici u mernim stanicama, kao i radna stanica (server) u centru za upravljanje, treba da budu povezani na lokalni LAN, čime se obezbeđuje konektivnost ovih uređaja. Projektovanje lokalnih LAN mreža, i načina povezivanja uređaja u okviru njih nisu predmet ovog projekta, a odgovarajuće tehničko rešenje biće projektovano u okviru izgradnje i uređenja lokacija RFMS/KMC.

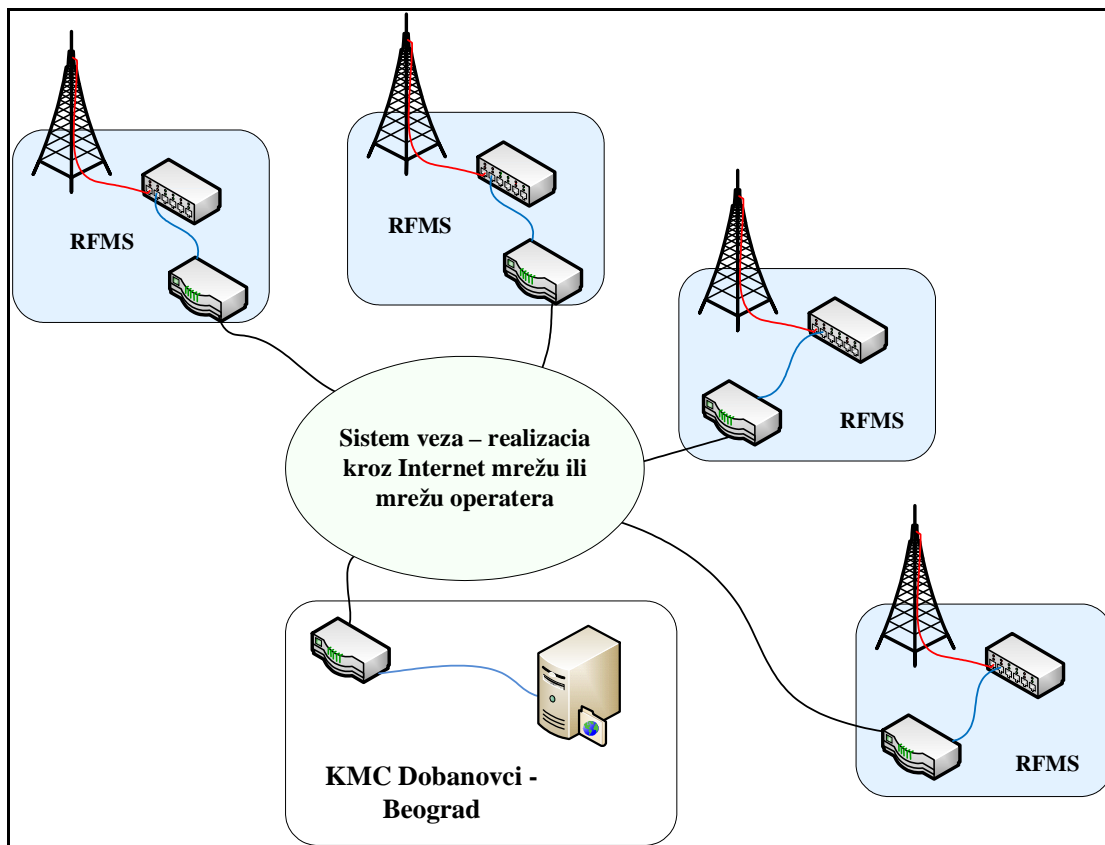


Tabela 9.1 – Prikaz funkcionalnog modela sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta nacionalne DTTB mreže.

Iz centra za upravljanje kontroliše se rad svih mernih stanica. Odgovarajućom softverskom aplikacijom, koja mora da bude predmet nabavke u procesu nabavke mernih prijemnika, putem udaljenog pristupa, mora da se obezbedi:

- podešavanje kompletne konfiguracije merne opreme (prijemnika), uključujući opcija mrežnog pristupa i autentifikacije;
- definisanje parametara prijema, merenja, monitoringa, analize i lokalnog čuvanja (u okviru *log* ili drugih tipova fajlova) izmerenih vrednosti parametara signala i drugih rezultata merenja, monitoringa i analize u automatskom (monitoring) modu rada – tj. kada se proces nadgledanja obavlja automatski na osnovu definisane postavke u dužem periodu vremena ili kontinualno u vremenu;
- zadavanje uslova pod kojima se detektuje pojava alarma (preko graničnih vrednosti, detekcijom stanja, rezultatom nekog testa, ili neki drugi način, uz opciono podržanu mogućnost definisanja trajanja vremenskog perioda postojanja pojave posle koga se generiše alarm), konfiguracija podržanih modaliteta detekcije i čuvanja alarma, registrovanje i grafičko prezentovanje pojave alarma u vremenu, uz lokalno čuvanje informacija o pojavi alarma u okviru raspoloživih lokalnih memorijskih kapaciteta mernih uređaja;
- obezbeđuje se uvid u lokalno pohranjene rezultate merenja, monitoringa i analize, omogućava grafička prezentacija ovih rezultata, kao i uvid u detektovane pojave alarma i grafička prezentacija pojave alarma u vremenu;
- definišu se parametri prijema, merenja, monitoringa, načina izvođenja analiza, grafičke prezentacije i lokalnog čuvanja rezultata analiza koje se obavljaju u

interaktivnom modu rada – tj. kada se radom upravlja od strane operatora u realnom vremenu korišćenjem udaljenog pristupa;

- obezbeđuje se udaljeni pristup i kontrola rada mernog prijemnika za potrebe korišćenja svih podržanih postupaka merenja, monitoringa, analize, obrade i prezentacije rezultata.

U osnovnom monitoring modu rada, merne stanice u skladu sa trenutnom postavkom parametara, obavljaju automatski kontinualni autonomni proces prijema i merenja signala predajnika DTTB mreže, detektuju pojavu stanja alarma u skladu sa trenutnim postavkama (preko graničnih vrednosti, detekciji stanja ili na neki drugi način zavisno od tipa alarma), prikupljaju snimke TS u skladu sa postavkom mernog procesa i obavljaju lokalno čuvanje izmerenih rezultata i detektovanih alarma. Pod čuvanjem izmerenih rezultata tokom procesa merenja, monitoringa i analiza podrazumeva se kreiranje i čuvanje fajlova, tzv. *log* fajlova ili fajlova nekog drugog tipa (u standardnom zapisu čijem se sadržaju može pristupiti i bez specijalne softverske aplikacije), sa izmerenim podacima, detektovanim stanjima, rezultatima testova i proverama, kao i podacima o detektovanim stanjima alarma, odnosno snimaka TS. Pri tome, sa definisanom učestalošću (jednom dnevno, jednom u dva dana ili ređe), a u skladu sa ustanovljenom procedurom rada, kao i raspoloživim kapacitetom i mogućim postavkama za lokalno čuvanje podataka u okviru mernog uređaja, obavlja se prikupljanje svih lokalno uskladištenih podataka u okviru mernih stanica sistema. Pod prikupljanjem lokalno uskladištenih podataka podrazumeva se prenos fajlova u kojima su zabeleženi ti podaci, odnosno snimaka TS, a koji se čuvaju lokalno u mernim stanicama u unapred definisanim folderima, u centar za upravljanje. Nakon prenosa, obavlja se trajnije čuvanje (*storage*) svih ovih podataka za potrebe analize i obrade, odnosno prikaz ili druge namene, pri čemu je potrebno ustanoviti proceduru za čuvanje kojom se obezbeđuje pouzdano razvrstavanje podataka za različite merne stanice i po periodima vremena u kojima su oni prikupljeni.

Minimalni period čuvanja svih podataka u centru upravljanja je mesec dana. Ipak, ukoliko se pokaže da predviđeni memorijski kapaciteti centra za upravljanje to dozvoljavaju, predlog je da se svi podaci, osim eventualno snimaka TS (ne računajući one koji su i dalje značajni u smislu dokumentovanja problema u radu predajnika DTTB mreže), čuvaju u periodu trajanja od 3 meseca. Pri tome, može se predvideti i znatno duži period vremena za čuvanje fajlova koji sadrže izmerene parametre signala, detektovane alarme i druge rezultate, ukoliko se oceni da bi se ovi podaci mogli svrsishodno iskoristiti, npr. za potrebe analize rada skupa nadgledanih predajnika DTTB mreže (ili pojedinih predajnika ove mreže) i generisanje statističkih pokazatelja o radu nadgledanog skupa predajnika tokom dužeg vremenskog perioda.

U mernim stanicama, glavni uređaj predstavlja merni prijemnik koji omogućava automatsko kontinualno merenje i monitoring signala definisanog skupa DVB-T2 predajnika. Merni prijemnik, po potrebi mora da omogući i izvođenje manuelnog interaktivnog postupka merenja i analiza za podržani skup parametara signala, tj. obavljanje podržanog skupa merenja i analiza signala. Ovakav tip merenja zadaje se od strane rukovaoca (operatora) putem udaljenog (*remote*) pristupa korišćenjem radne stanice u centru za upravljanje ili direktnim pristupom uređaju na sajtu merne stanice (direktan pristup mernom prijemniku ili pristupom preko LAN mreže na lokaciji korišćenjem *laptop* računara). Pri tome, operater udaljeni pristup može da ostvari i na druge načine, a u skladu sa mogućnostima softverske aplikacije (koja se nabavlja uz merni prijemnik) u pogledu podržanih varijanti i modela autentifikovanog pristupa za potrebe udaljene kontrole.

Udaljeni pristup uređaju, odnosno procesi: konfiguracije uređaja, kreiranja postupaka merenja, monitoringa i analiza, definisanja postavki vezanih za detekciju alarma, definisanja modaliteta snimanja i sam proces čuvanja rezultata rada mernog prijemnika, modaliteti

pristupa i rukovanja sa lokalno sačuvanim fajlovima koji sadrže rezultate rada merne stanice, kao i sam proces prenosa fajlova i kontrolnih poruka od i ka centru upravljanja, mora da bude moguć samo kroz autentifikovan pristup. Pri tome, po potrebi treba da postoji mogućnost da se može definisati više nivoa ovlašćenja u pogledu prethodno opisanih zadataka.

U narednim poglavljima, 9.2.1, 9.2.2 i 9.2.3, biće bliže definisani ostali uslovi koje mora da zadovolji merni uređaj i prateći softver koji će se koristiti u okviru mernih stanica, centra upravljanja, kao i uslovi vezani za sistem veza.

9.2.1 Procena periodičnosti merenja za uspešnu detekciju značajnih promena u kvaliteta prijema DVB-T2 signala

Svi događaji, analizirani u poglavlju 9.1.1, se u slučaju kvalitetne realizacije DTTB sistema, odnosno redovnog i kvalitetnog održavanja distributivne i predajne mreže DTTB sistema javljaju relativno retko, odnosno sa malom verovatnoćom. Pri tome, zavisno od uzroka, trajanje poremećaja u radu može biti u nekom dužem periodu (npr. usled hardverskog otkaza), poremećaj može da se javi u relativno kratkom periodu vremena (npr. usled brze reakcije i otklanjanja uzroka poremećaja), dok se samo usled nekih sistemskih poremećaja i neusaglašenosti konfiguracije mreže može javiti periodična ili učestala pojava ovakvih događaja.

U svakom slučaju, za detekciju pomenutih događaja u scenariju u kome se sa lokacija mernih stanica analizira DVB-T2 signal relativno visokog nivoa, što je kod slučaj koji se razmatra u ovoj Studiji, nije neophodno meriti parametre signala sa velikom učestanošću, već se sa periodičnošću merenja reda 5-15 minuta praktično mogu detektovati svi bitniji poremećaji u radu nadgledanih predajnika. U slučaju da se zapazi da se za neki od nadgledanih predajnika znatno češće ili učestalo javljaju određeni poremećaji u radu i da se stoga putem datog predajnika ostvaruje promenljiv kvalitet pokrivanja, periodičnost merenja se za taj predajnik može povećati tako da se osvežavanje obavlja na svakih 1-2 minuta.

Treba imati u vidu da se sa svake merne stanice nadgleda skup predajnika (sa jednim do tri predajna multipleksa po lokaciji), i to tako što se obavlja periodičan prolazak kroz pridruženi skup RF kanala. Na svakom od kanala se zadržava određeni, kraći period vremena, reda 10-15 sekundi, u kome se obavi veći broj merenja (tipično jedno merenje u sekundi), a zatim se prelazi na sledeći kanal. Za prelazak između kanala se tipično troši 10-15 sekundi. To praktično znači da se tokom jednog minuta može izvršiti merenje signala za 2-3 RF kanala. Praktično, generisanjem sekvence periodičnog prolaza kroz skup RF kanala, u kome se RF kanali za željeni predajnik (koji treba češće nadgledati zbog učestalih pojava poremećaja kvaliteta) mogu javiti više puta u odnosu na RF kanale drugih nadgledanih predajnika (kod kojih se ređe javlja poremećaj kvaliteta), može se podešavati učestalost nadgledanja svakog od predajnika DTTB mreže.

Ukoliko se za to ukaže potreba, npr. za slučaj periodične ili dugotrajne pojave problema u radu nekog predajnika, plan nadgledanja za skup predajnika koji se nadgledaju sa određene merne stanice se može se tako napraviti da se kritičan predajnik nadgleda duži period vremena i sa većom učestanošću u odnosu na druge predajnike. Takođe, zavisno od toga sa koliko mernih stanica se određeni predajnik može nadgledati, što je definisano u glavi 11, u slučaju da se dati predajnik može nadgledati sa više lokacija mernih stanica, povećanjem broja mernih stanica sa kojih se obavlja merenje signala tog predajnika može se povećati i učestanost nadgledanja i povećanje verovatnoće detekcije svih bitnih događaja.

9.2.2 Merna stanica

Merna stanica se u minimalnoj konfiguraciji sastoji od sledeće opreme:

- **Merni prijemnik** – merni uređaj sa odgovarajućim tehničkim karakteristikama i pratećom softverskom aplikacijom koja omogućava udaljeni pristup i potpunu kontrolu rada uređaja, a koji treba da zadovolji minimalne postavljene uslove definisane u nastavku teksta. Merni prijemnik je namenjen merenju, automatskom monitoringu i obavljanju podržanih analiza za DVB-T2 signale koji se primaju od određenog skupa predajnika DTTB mreže (za datu mernu stanicu). Mogući skup predajnika DTTB mreže koji se može nadgledati iz svake od mernih stanica i to za svaki od tri multipleksa definisan je u glavi 11;
- **Antenski sistem** – sistem koji se sastoji od jedne, dve ili tri panel antene, koje se standardno koriste za realizaciju DVB-T2 predajnika u UHF opsegu. Panel antene su usmerene i kombinuju se na odgovarajući način formirajući jedinstven antenski sistem. Ovako formiran antenski sistem se postavlja na antenskim stubovima u okviru lokacije RFMS/KMC izgrađene za sistem za monitoring RF spektra. Projektovanje ovih antenskih stubova nije predmet ovog projekta. Detalji realizacije antenskih sistema za svaku mernu stanicu definisani su i obrazloženi u glavi 11, gde je dato i detaljno tehničko rešenje za svaku planiranu mernu stanicu;
- **Antenski kabl** – koristi se za povezivanje mernog prijemnika sa pripadajućim antenskim sistemom, pri čemu je predloženo korišćenje koaksijalnog kabla 1/2" sa penastim dielektrikom. Tipična vrednost slabljenja na konektorima u frekventijskom opsegu od 470 MHz do 750 MHz, koji je od interesa, iznosi 0.05dB po jednom konektorskom spoju; i
- **Instalacija za priključenje na LAN mrežu na lokaciji merne stanice** – lokalna LAN će biti realizovana za potrebe rada RFMS/KMC u okviru procesa izgradnje sistema za monitoring RF spektra. Potrebno je obezbediti samo priključenje mernog prijemnika na postojeću mrežu, odnosno pri projektovanju RFMS/ KMC i prateće LAN treba obezbediti uslove za priključenje opreme za realizaciju merne stanice sistema za kontrolu kvaliteta DTTB mreže. Kako će na lokaciju povremeno dolaziti i merni tim, potrebno je da se u okviru LAN obezbede i dodatni priključci za povezivanje računarske ili druge opreme. **Napomena:** Projekat LAN mreže treba da predvidi dovoljan broj slobodnih priključaka na LAN i način povezivanja mernog uređaja u okviru LAN.

Na lokacijama RFMS/KMC koje će biti prethodno izgrađene za potrebe sistema za monitoring RF spektra, postojaće objekat ili kontejner predviđen za smeštanje opreme. Kako najveći broj proizvođača raspoložive opreme za merenje i monitoring DVB-T2 signala (videti glavu 8) planira smeštanje ove opreme u 19" rek, i ovde se planira da se merni prijemnici smeštaju u raspoloživi rek na predmetnim lokacijama. Pri tome, odgovarajući rek bi trebao da bude prethodno postavljen za potrebe rada RFMS/KMC u okviru procesa izgradnje i uređenja lokacija sistema za monitoring RF spektra, pri čemu u procesu projektovanja RFMS/KMC, treba predvideti prostor (dimenzije do 2U) za smeštanje opreme za realizaciju merne stanice sistema za kontrolu kvaliteta DTTB. U objektu ili kontejneru na datoj lokaciji, a koji su predviđeni za smeštanje opreme, po informacijama dobijenim od Investitora predviđena je instalacija sistema za klimatizaciju. Radni opseg temperature većine mernih prijemnika za merenje i monitoring DVB-T2 signala koji su raspoloživi na tržištu ne zahteva neke specijalne uslove po pitanju uslova radnog okruženja, a u tabeli 9.3 su date karakteristike radnih uslova okruženja, napajanja električnom energijom, i u pogledu elektromagnetne kompatibilnosti koje merni uređaj mora da zadovolji.

KARAKTERISTIKA	NAPOMENA	VREDNOST/OPSEG VREDNOSTI
Uslovi okoline (radno okruženje)	Opseg radne temperature -	+5°C do +40°C
	Dozvoljeni opseg temperature -	+5°C do +40°C
	Vlažnost	10 % do 95%, bez pojave kondenzacije
	Robustnost (tipična)	+25°C/+40°C za vlažnost vazduha od 85% u skladu sa IEC EN 600682-30 (ekvivalentna)
Elektromagnetna kompatibilnost	-	U skladu sa EN 55011 klasa B
Napajanje električnom energijom	AC napajanje	Nominalan AC napon 100 V-240 V \pm 10%, 50 Hz do 60 Hz \pm 5%, 1-1.6 A
	Potrošnja	Tipična 50-60 VA, maksimalno do 60W
Dimenzije	-	1HU do 2U (max) (različite WxDxH dimenzije)

Tabela 9.3 – Minimalni uslovi za radno okruženje, napajanje električnom energijom, i elektromagnetnu kompatibilnost.

U okviru procesa projektovanja tehničkog rešenja za napajanje električnom energijom na lokacijama RFMS/KMC na kojima se planira instalacija mernih stanica u proračunu neophodnog kapaciteta neprekidnog napajanja (*Uninterruptible Power Supply*, UPS) treba uračunati i potrošnju energije za mernu opremu sistema za kontrolu kvaliteta DTTB iskazanu u tabeli 9.3.

Na osnovu pregleda raspoloživih rešenja koja se mogu naći na tržištu, datog u glavi 8, može se zaključiti da su različiti proizvođači opreme za merenje i monitoring kvaliteta DVB-T2 signala definisali nekoliko izdvojenih celina:

- **Bazični modul (šasija)** – obezbeđuje napajanje, daljinski pristup, mrežne funkcije i interfejse za umrežavanje, dodatne interfejse za razmenu (prenos) fajlova/podataka, interfejse za priključenje perifernih uređaja, video izlaz, integrisani kontroler (CPU), memorijski kapacitet za čuvanje rezultata merenja i analiza (najčešće HDD), sistemsku memoriju i slično;
- **RF modul (prijemnik)** – obezbeđuje prijem RF signala, preselekciju RF kanala, potiskivanje neželjenih komponenti na RF/IF, A/D konverziju signala, podršku za sprovođenje merenja na RF, ulazne konektore za RF, ulazne/izlazne konektore za TS, i slično;
- **DVB-T2 demodulator** – obezbeđuje demodulaciju u skladu sa datim standardima, detekciju osnovnih parametara signala na fizičkom sloju, dekodiranje, merenja nivoa RF signala na ulazu, merenje SNR, CNR, MER, BER (pre i posle unutrašnjeg i spoljašnjeg dekodera), frekvencijskog i bitskog *offset*-a, prikaz i analize vezane za konstelacioni dijagram, omogućava automatski monitoring za izabrani skup parametara, detekciju alarma i druge funkcionalnosti;
- **Modul za analizu i monitoring na nivou TS** – obezbeđuje ulaze za TS, omogućava merenja i monitoring TS pri čemu se razlikuje broj podržanih opcija kod uređaja različitih proizvođača (obavezan skup testova po specifikaciji ETSI TS 101 290 podržava većina proizvođača), poređenje primljenih i setovanih parametara TS, snimanje TS (*TS capturing*, *TS recording*) i slično;
- **Dodatne (specifične) analize** – najčešće predstavljaju dodatne opcije pri nabavci, i zavisno od proizvođača dostupne su standardno u okviru prethodno navedenih

modula, ili predstavljaju dodatne softverske opcije. U slučaju DVB-T2 standarda, ovaj skup najčešće čine: monitoring T2-MI, analize PCR (*Program Clock Reference*) i PTS (*Presentation Time Stamp*), EPG (*Electronic Program Guide*) prikaz, monitoring bitskog protoka, monitoring SFN i SFN *drift* analiza, *echo pattern* analiza, analiza spektra i *spectrum shoulder attenuation* analiza.

Pri tome, neki proizvođači za DVB-T2 signal nude integrisano (kompaktno) rešenje sa svim ili delom prethodno pomenutih mogućnosti, što se realizuje u okviru jedinstvene hardverske platforme (modula) uz definisan skup softverskih opcija (modula). Nasuprot tome, pojedini proizvođači ovaj skup opcija nude u sklopu dva hardverska modula (npr. za TS analize i RF analize posebni moduli). Neki proizvođači nude rešenje u kome se u okviru jedinstvenog hardverskog modula (za koji se mogu opcionalno proširiti konfiguracije) putem softverskih licenci (softverskih modula) na različite načine pokriva navedeni skup opcija za merenje, monitoring i analizu na nivou RF signala i na nivou TS. Iz tog razloga, a kako se ne bi ograničavao i propisivao način realizacije uređaja, ovde će biti definisan osnovni skup tehničkih karakteristika, raščlanjen na zahteve vezane za RF merenja i monitoring, kao i za analizu i monitoring na nivou TS.

Kao poseban zahtev pri nabavci opreme i softvera za realizaciju mernih stanica i prenosivih stanica mora biti postavljen uslov da kompletno rešenje (koje uključuje RF i TS analize, merenja i monitoring) predstavlja proizvod jednog proizvođača opreme (tj. ne može se formirati sistem sa opremom za RF analize, merenja i monitoring jednog proizvođača i za analize i monitoring na nivou TS od drugog proizvođača).

U tabelama 9.4 i 9.5 dati su minimalni tehnički zahtevi za bazični modul i RF modul (prijemnik), respektivno. U tabeli 9.6, dati su minimalni tehnički uslovi, vezani za podršku standardai parametrima fizičkog sloja DVB-T2 koje DVB-T2 demodulator mora da podržava. Minimalni zahtevi vezani za način rada koji merni uređaj mora da podrži, softversku aplikaciju/paket koji se nabavlja uz merni uređaj, kao i uslovi vezani za parametre koji se mere u procesu merenja ili tokom automatskog **RF monitoringa** i druge analize definisani su u nastavku ovog poglavlja.

TEHNIČKA KARAKTERISTIKA	VREDNOST/OPSEG VREDNOSTI	NAPOMENA
Lokalni memorijski kapacitet za čuvanje rezultata merenja, monitoringa, analize i snimaka TS	≥ 100 GByte	Poželjno i više zbog duže lokalne autonomije rada
Udaljeni pristup	Interfejs: <i>Ethernet</i> 10/100/1000BaseT Konektor: RJ-45 Protokoli: SNMP, FTP server Opcije udaljene (<i>remote</i>) kontrole: Web GUI, <i>Windows Remote Desktop</i> , NMS	FTP server se može definisati i kao opcija, ali je pogodno rešenje Mora da postoji softverski alat za udaljeni pristup (mora da bude podržana bar jedna od definisanih opcija ili neko ekvivalentno rešenje)
Interfejsi za razmenu podataka/fajlova	1xUSB2.0, poželjno 1xUSB3.0	Minimalno 1xUSB2.0
Interfejsi za referentne signale	10 MHz referenca, BNC 75 Ω 1 PPS referenca, BNC 75 Ω	-
Video izlaz	Opciono: DVI-D, HDMI Rezolucija: 1024x768	Opciono (pogodno pri izlasku na lokaciju, ali ne i obavezno)

Tabela 9.4 – Minimalni tehnički uslovi za bazični modul ili ekvivalentno kompaktno rešenje (integrisano rešenje šasije sa RF modulom i DVB-T2 demodulatorom).

TEHNIČKA KARAKTERISTIKA	VREDNOST/OPSEG VREDNOSTI	NAPOMENA
Podržani standard	ETSI EN 302 755 v.1.3.1 ETSI EN 302 755 v.1.2.1 (opcija)	Treba zahtevati v.1.3.1, ali ne i odbaciti rešenja sa v.1.2.1
RF ulaz	Broj ulaza: 1 (minimum), konektor: 50 Ω	-
	Opseg učestanosti: 50 MHz do 862MHz	Dozvoljen je širi opseg učestanosti.
	Opseg nivoa ulaznog signala: -94 dBm do 0 dBm (generalno zavisi od modulacije i drugih parametara signala)	Minimalni nivo je definisan za slučaj QPSK modulacije sa kodnim količnikom CR = 1/2 (mora biti ispunjen ekvivalentan uslov)
TS ulaz	Broj ulaza: 1 (minimum), konektor: 75 Ω Mod: ASI	-
TS izlaz	Broj ulaza: 1 (minimum), konektor: 75 Ω Mod: ASI	Ovo je obavezno ako se signal za potrebe analize na nivou TS dovodi preko ovog izlaza na TS ulaz
Ostalo	Preselektor za UHF opseg – opsegzi širine do 100 MHz (3 dB opseg) Potiskivanje simetričnih komponenti i susednih RF kanala na RF/IF iznad 80 dB	Opcione karakteristike

Tabela 9.5 – Minimalni tehnički uslovi za RF modul (prijemnik).
(napomena: neki zahtevi su poželjni, ali ne i eliminacioni što je naglašeno).

TEHNIČKA KARAKTERISTIKA	VREDNOST/OPSEG VREDNOSTI
Podržani standard	ETSI EN 302 755 v.1.3.1, ETSI EN 302 755 v.1.2.1 (opcija)
Modulacija	COFDM
FFT mod	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k, ekstenzija 8k, 16k, 32k
Pilot <i>pattern</i>	PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, PP6, PP7, PP8
QAM modulacije	QPSK, 16-QAM, 64-QAM i 256QAM podržane rotirane konstelacije
PLP	SPLP ili MPLP (može i manuelno zadavanje za MPLP)
Zaštitni interval (GI)	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
Kodni količnik (CR)	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
FEC kodiranje	16k LDPC (krakti), 64k LDPC (normalni)
Širina spektra/opseg	5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz

Tabela 9.6 – Standard i skup parametara koje DVB-T2 demodulator mora da podrži.
(napomena: demodulator mora automatski da detektuje parametre - osim opsega i tipa PLP).

U pogledu izvođenja procesa merenja, monitoringa i obavljanja analiza signala za nadgledani skup predajnika za svaku mernu stanicu sistema, merni uređaj mora da omogući dva osnovna moda rada (kao i skup zahteva koji će biti definisan za svaki od njih), i to:

- Automatski **RF monitoring** (primarni mod rada); i
- **Manuelno/Interaktivno merenje** (dodatni mod rada).

Napomena: Podrška za navedena dva moda rada, kao i ispunjenje pratećih uslova definisanih u nastavku teksta predstavljaju minimalne karakteristike koje merna oprema mora da podrži.

U slučaju automatskog **RF monitoringa**, merni uređaj mora da omogućiti sledeći način rada, odnosno zadovolji sledeće tehničke i druge uslove vezane za merenje, rukovanje sa alarmima i druge elementa:

- U slučaju automatskog **RF monitoringa** merni uređaj mora biti u stanju da kontinualno u vremenu obavlja postupak automatskog skeniranja zadatog skupa RF kanala (frekvencija) i PLP-ova za te RF kanale (trenutno JP ETV koristi jedan PLP po kanalu, ali se to može menjati u budućnosti). U svakom trenutku merni uređaj obavlja prijem jednog od unapred definisanog skupa parova (RF kanal - i , PLP- i,j), gde i predstavlja trenutni redni broj RF kanala koji nadgleda dati merni prijemnik, a j redni broj PLP-a u okviru tog i -tog RF kanala (predajnika), pri čemu se periodično prolazi kroz ceo definisan skup. Mora biti omogućeno da se podesi nadgledanje skupa od minimalno 15 ovakvih parova. Opciono, treba da bude podržano da se definiše vreme zadržavanja na jednom RF kanalu (tj. paru RF kanala, PLP).
- **Merenja** - Za svaki trenutni RF kanal minimalni skup parametara signala čije merenje mora biti podržano je dat u tabeli 9.7 (tj. uređaj mora da podrži navedena merenja, pri čemu treba da bude moguće podesiti koji od ovih parametara se mere u konkretnom slučaju), i to bar u datim opsezima vrednosti i sa zadatom rezolucijom. Tokom sprovođenja postupka automatskog **RF monitoringa** rezultati merenja parametara iz tabele 9.7 se beleže (čuvaju u tzv. *log* fajlovima ili na neki drugi način) i to lokalno u mernom uređaju (na hard disku uređaja ili na neki drugi način) na način koji omogućava njihovo kasnije očitavanje, prezentaciju i prenos u centar za upravljanje.
- **Testovi** - Za svaki trenutni RF kanal uređaj treba da podrži automatsku detekciju ili određivanje preporučenog skupa parametara DVB-T2 signala (sinhronizacija, L1-presignaling, PLP) datih u tabeli 9.8, pri čemu se generiše stanje (za sinhronizaciju) ili testira poklapanje dobijenih vrednosti parametara (svih osim onih za sinhronizaciju) sa unapred zadatim vrednostima (dobijenim od JP ETV ili na osnovu merenja za isti RF kanal, tj. predajnik, u prethodnom periodu). Rezultati ovog tipa merenja su stanje (sinhronizacija) ili uspešan/neuspešan test poklapanja dobijenih i unapred definisanih vrednosti parametara (sve sem sinhronizacije).
- **Alarmi** - Neophodno je da postoji mogućnost da se za ovaj automatski **RF monitoring** mod rada, omogućiti definisanje graničnih vrednosti, dozvoljenog opsega ili nedozvoljenih stanja za izmerene parametre odnosno rezultate testova, a koji se mere ili proveravaju kroz testove, odnosno da se definišu uslovi za generisanje alarma. Način zadavanja alarma treba da podrži zadavanje graničnih vrednosti ili nedozvoljenih stanja, a opciono i vremenski period za koji posmatrani parametar treba da bude van dozvoljenog opsega vrednosti pre nego što se generiše alarm. Neophodno je da postoji mogućnost pouzdanog beleženja (upisa u tzv. *log* fajlove ili na neki drugi način) informacija o pojavi alarma (vreme, uzrok alarma) i to lokalno u mernom uređaju (na hard disku uređaja ili na drugi način) i to na način koji omogućava kasnije očitavanje, prezentaciju i prenos u centar za upravljanje. Mogućnost definisanja alarma mora da bude omogućena za svaki parametar signala koji se meri, odnosno za skup testova koji se obavlja.
- **Snimanje TS** – Tokom obavljanja procesa **RF monitoringa**, treba da bude omogućeno da se zada snimanje TS koji se dobija na izlazu demodulatora (najčešće označena kao *TS capture* ili *TS recording* opcija). Kako se ova opcija realizuje različito od strane različitih proizvođača, snimanje TS treba da bude moguće sa zadatim trajanjem snimanja, a poželjno je da se početak snimanja može zadati automatski kada se generiše neki definisan tip alarma tokom **RF monitoringa**, ili

da se proces obavlja nezavisno na osnovu predefinisano vremenskog trenutka. Konačno, ako nijedna od ovih opcija nije moguća, morsa da bude podržana makar mogućnost da se pokretanje snimanja TS obavlja direktnom komandom od strane operatera preko udaljenog pristupa. Snimanje TS se koristi kako bi se stekao uvid u kvalitet primljenog (prenošenog) TS, pošto dobar kvalitet RF signala ne garantuje da su pravilno primljeni svi TV programi. Snimci TS moraju biti u formatu (npr. *raw* formatu) koji omogućava njihov pregled korišćenjem javno dostupnih rešenja, npr. VLC (*VideoLAN Client*) plejera.

- **Prenos u centar upravljanja** – Mora biti podržana mogućnost prenosa sačuvanih rezultata merenja, kao i podataka o pojavi alarma, tj. fajlova u kojima su oni sačuvani (npr. *log* fajlovi), bilo putem FTP, korišćenjem softverske aplikacija koja se nabavlja uz merni uređaj, ili na neki drugi način koji mora biti ponuđen. Predviđeno je da se prenos obavlja jednom dnevno, jednom u dva dana ili sa učestanošću koja se usvoji u okviru procedure koju definiše Investitor, pri čemu lokalni kapacitet memorije (u uređaju) za čuvanje rezultata merenja i podataka o pojavi alarma mora da omogući njihovo čuvanja za minimalni period od 2 dana.
- **Softverska aplikacija** – Softverska aplikacija koja se nabavlja uz merni uređaj mora da omogući ili podrži sledeće:
 - operater mora biti u stanju da korišćenjem udaljenog pristupa započne i završi, odnosno konfiguriše celokupan proces **RF monitoringa**, za sve prethodno definisane funkcionalnosti, i to u pogledu zadavanja skupa RF kanala i PLP-ova po kojima se obavlja skeniranje, odvijanje samog procesa skeniranja, skupa merenja i testova, svih elemenata vezanih za generisanje alarma, uslove i modalitete kreiranja *log* fajlova sa rezultatima merenja i generisanim alarmima;
 - operateru treba da bude omogućeno da putem mehanizma udaljenog pristupa i kontrole ostvari pristup uređaju tokom obavljanja procesa automatskog **RF monitoringa**, i da može da ostvari uvid (preko grafičkog prikaza) u trenutne vrednosti izmerenih parametara i testova, odnosno da može da ostvari uvid (preko grafičkog prikaza) u spisak prethodno generisanih alarma, kao i onih koji još uvek traju, i to za neki duži period vremena.

U slučaju **Manuelnog/Interaktivnog merenja**, merni uređaj mora da omogući sledeći način rada, odnosno zadovolji sledeće tehničke i druge uslove vezane za merenje i analizu:

- Operater korišćenjem mehanizma udaljenog pristupa i kontrole obavlja merenje i analize pri čemu softverska aplikacija treba da omogući komforan rad, postavljenje svih parametara za potrebe izvođenja podržanih analiza, grafički prikaz rezultata analize, i slično.
- U ovom modu rada, mora biti omogućeno da operater može da obavi sva merenja koja su prethodno definisana u okviru automatskog **RF monitoringa**, odnosno primenjiv je isti minimalan skup parametara čije se merenje mora omogućiti u ovom modu rada, koji su dati u tabeli 9.7. Parametri iz tabele 9.8 treba da se automatski prepoznaju. Osim prethodno navedenih, u manuelnom modu rada mora biti podržana analiza konstelacionog dijagrama. Opciono mogu biti podržane dodatne analize kao što su: analiza spektra, *shoulder attenuation* analiza, i *echo pattern* analiza. Podrška za ove dodatne analize ne spada u skup minimalnih karakteristika.
- Neophodno je da postoji mogućnost za čuvanje rezultata u ovom modu rada, kao i prenos sačuvanih rezultata merenja i analiza, tj. fajlova u kojima su oni sačuvani,

bilo putem FTP ili na neki drugi način koji podržava softverska aplikacija koja se nabavlja uz merni uređaj;

- Softverska aplikacija mora da omogući operateru da putem udaljenog pristupa započne i završi, odnosno konfigurise celokupan proces mernih procedura, za sve prethodno definisane funkcionalnosti;
- Softverska aplikacija mora da omogući operateru da putem udaljenog pristupa obavi snimanje TS. Snimci TS moraju biti u formatu (npr. *raw* formatu) koji omogućava njihov pregled korišćenjem javno dostupnih rešenja, npr. VLC plejera
- Softverska aplikacija mora da omogući operateru da putem mehanizma udaljenog pristupa i kontrole ostvari pristup uređaju i obavi sve operacije koje su trenutno podržane, i da može da ostvari uvid (preko grafičkog prikaza) u trenutne vrednosti izmerenih parametara.

PARAMETAR SIGNALA KOJI SE MERI	VREDNOST/OPSEG VREDNOSTI
Nivo signala na ulazu	-94 dBm do 0 dBm, rezolucija 0.1 dB, merna nesigurnost ≤ 1.5 dB-2 dB za CNR iznad 20 dB
MER	10 dB do 30 dB, rezolucija 0.1 dB, merna nesigurnost ≤ 2 dB
BER pre LDPC dekodera	2.0×10^{-4} do 1.0×10^{-1} (za 256QAM)
Broj LDPC iteracija	1 do 255
BER pre BCH dekodera	0.0; 10^{-6} do 1.0×10^{-3} (za 256QAM)
BB frejmovi posle BCH dekodera	Postoje ili ne postoje greške
Frekvencijski <i>offset</i>	-
<i>Bit rate offset</i>	-
Obavezna dodatna opcija za Manuelni/Interaktivni mod rada	Analiza 2D konstelacionog dijagrama

Tabela 9.7 – Zahtevani skup merenja koji se obavljaju tokom automatskog **RF monitoringa**, i zahtevani opsezi vrednosti i rezolucija koje uređaj mora da podrži.

GRUPA PARAMETARA	PARAMETAR ZA KOJI SE OBAVLJA POREĐENJE SA PREDEFINISANOM VREDNOŠĆU
Sinhronizacija	<i>RF attenuation, Automatic gain control (AGC), Sideband position, Carrier, MPEG, Reference frequency</i>
L1 pre-signaling	<i>T2 version, Transmission system, FFT, Bandwidth extension, Guard interval, Pilot pattern, Data symbols/frame, Frames/superframe, PAPR, System ID, Cell ID, Network ID, S1, S2, L1 post constellation, L1 post code rate, L1 post FEC type, L1 post extension, L1 post size, L1 post info size, L1 repetition, Stream type, TX ID availability, Regeneration flag, Frequencies, RF index, CRC32</i>
Templejt signala	<i>Number of PLPs</i>
PLP parametri	<i>PLP ID, Group ID, PLP type, PLP constellation, PLP rotation, PLP FEC type, PLP code rate, PLP payload type, Time interleaver type, Time interleaver length, Max. number of blocks, PLP mode, Static flag, Static padding, Fixed frequency flag, First RF index, In-band signaling A, In-band signaling B, Reserved_1, First frame index, Frame interval</i>

Tabela 9.8 – Preporučeni skup parametara prenosa za koje se obavlja provera sa unapred definisanim vrednostima (dobijenim od JP ETV ili automatski detektovanih u prethodnom radu) koji se obavljaju tokom automatskog **RF monitoringa**.

9.2.2.1 Usvajanje graničnih vrednosti za automatski RF monitoring mod rada

U usvojenom konceptu ostvaruje se nadgledanje rada predajnika DTTB mreže sa lokacija mernih stanica sa kojih se u regularnim uslovima rada ostvaruje dobar kvalitet prijema signala. Stoga, nema smisla da se za potrebe definisanja uslova za pojavu (generisanje) alarma usvajaju granične vrednosti za merene parametre signala (iz tabele 9.7) koje bi bile određene na osnovu propisanih normativnih vrednosti koje karakterišu granični slučaj za prijem signala sa minimalnim dozvoljenim kvalitetom prijema. Zapravo, do pogoršanja kvaliteta prijema u servisnoj zoni nadgledanog predajnika dolazi kada se uoče nagle promene (padovi ili porast) vrednosti parametara signala koji ukazuju na pogoršanje kvaliteta prijema (npr. pad nivoa signala, pad vrednosti MER, porast svih BER vrednosti i broja iteracija LDPC, porast frekvencijskog *offset*-a i slično).

Iz tog razloga, u ovom slučaju u probnom periodu rada merne stanice, tj. nakon instalacije određene merne stanice na datoj lokaciji, za svaki pridruženi RF kanal (nadgledani predajnik), treba pojedinačno u nekom dužem periodu vremena (npr. 2-3 dana) prikupljati rezultate merenja parametara korišćenjem **RF monitoring** moda rada (postavljenog za nadgledanje samo jednog RF kanala) bez postavljenih uslova za alarme. Nakon toga, na osnovu statističke analize prikupljenih podataka, treba odrediti granične vrednosti parametara signala kojima bi se detektovalo pogoršanje kvaliteta prijema u odnosu na referentnu vrednost (npr. srednju ili medijansku vrednost) postavljenu na osnovu statističke analize. Pri tome, treba voditi računa da se pri izvođenju ove analize uoče i odstrane intervali vremena u kojima je tokom prikupljanja rezultata došlo do naglih promena vrednosti parametara (što bi moglo da ukazuje na poremećaj rada posmatranog predajnika ili pogoršanja kvaliteta prijema iz nekog drugog razloga). Zapravo, ovi intervali, ukoliko se jave tokom probnog rada, mogu čak i pomoći u određivanju graničnih vrednosti za alarme. Nakon toga, treba testirati ovako određene parametre, kako se ne bi definisale ni suviše visoke (kada se javljaju učestali alarmi) niti suviše niske granice (kada se neće detektovati alarmi). Jedan od mogućih načina provere

je da se uoči da li dolazi do pojave istovremenih alarma po više parametara, a koji su u direktnoj vezi.

Za slučaj skupa parametara/vrednosti iz tabele 9.8, radi se provera usklađenosti zadatih parametara DVB-T2 signala na nivou fizičkog sloja, koji se koriste pri emitovanju, sa automatski detektovanim vrednostima ovih parametara u prijemniku (demodulatoru). Iz tog razloga za ovaj tip provere (testa), u kojoj se vrši poređenje parametara prenosa detektovanih na prijemu sa njihovim unapred definisanim vrednostima na predaji, ne treba generisati posebne granične vrednosti. Zapravo predefinisane vrednosti se mogu dobiti od JP ETV, ili se mogu posmatrati vrednosti koje detektuje DVB-T2 demodulator u prethodnom periodu, i taj skup vrednosti koristiti kao referentne vrednosti. Neki od posmatranih parametara, npr. *Carrier* i *MPEG, Reference frequency*, zapravo nemaju predefinisane vrednosti već ukazuju na gubitak sinhronizacije nosioca, odnosno nemogućnost detektovanja MPEG-2 TS na izlazu demodulatora.

9.2.2.2 Dodatni minimalni uslovi koje merni uređaj mora da ispuni

Pri definisanju tehničkog rešenja, a uz konsultaciju i saglasnost Investitora, usvojeno je rešenje kojim se u okviru mernih stanica za potrebe praćenja kvaliteta DVB-T2 signala koristi samo **RF monitoring** opcija. Jedan od razloga je taj što bi dodavanje **TS monitoring** opcije povećalo cenu sistema (veći broj proizvođača opreme takvu vrstu analize nude preko dodatnih hardverskih i/ili softverskih modula), a ne postoji garancija da bi se primenom ove dodatne analize značajno popravile performanse sistema za kontinualno praćenje kvaliteta sistema DTTB. Naime, signali sa odgovarajućih DVB-T2 predajnika se na lokacijama mernih stanica primaju sa relativno visokim nivoom, pa bi moralo doći do značajnog pogoršanja nivoa i/ili kvaliteta primljenog radio signala da bi se na TS mogao uočiti bilo kakav efekat. Ipak, na ovom mestu treba primetiti da problemi na nivou TS mogu nastati i usled poremećaja sinhronizacije ili drugih problema u okviru distributivne mreže (u okviru mreže ili pri dostavljanju programa ka distributivnoj mreži od strane provajdera programa), i tada se ne mogu uočiti putem **RF monitoring-a**.

Kako je **TS monitoring** analiza uključena u okviru skupa analiza koje se obavljaju u prenosnim mernim stanicama, u prvoj fazi primene sistema za kontinualno praćenje kvaliteta sistema DTTB, prikupiće se osnovna saznanja o značaju i mogućnostima uključivanja ove dodatne analize. Zapravo, kada ne postoji potreba za primenom mernog uređaja iz prenosnih stanica na terenu, može se koristiti umesto mernog uređaja u KMC Dobanovci, čime bi se u realnim uslovima rada sistema mogla oceniti svrsishodnost nadogradnje sistema dodavanjem opcije za analizu na nivou TS u sve merne stanice sistema.

Kako bi se obezbedilo da se u kasnijim fazama razvoja sistema za praćenje kvaliteta sistema DTTB može izvršiti unapređenje performansi uključivanjem dodatne opcije za monitoring signala na nivou TS, pri nabavci mernih uređaja za merne stanice mora se postaviti uslov da merni uređaji podržavaju opciju za obavljanje TS monitoringa, odnosno monitoringa prioriteta 1, prioriteta 2 i prioriteta 3, definisanih u okviru specifikacije ETSI TR 101 290 v.1.3.1 ("*Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems*"), [36]. Ova opcija analize je detaljnije opisana u poglavlju 9.3.

Dodatno, može se zahtevati da oprema podržava i opciju za analizu na nivou TS u kojoj se pored karakteristike primljenog TS sa unapred definisanim ili lokalno sačuvanim referentnim vrednostima. Ova opcija je, takođe, predviđena za prenosne merne stanice i detaljnije je opisana u poglavlju 9.3.

9.2.3 Centar upravljanja

Za potrebe realizacije centra za upravljanje zahtevaju se minimalni resursi po pitanju prostornih kapaciteta za smeštanje opreme, kao i komunikacionih kapaciteta u okviru lokalne LAN mreže KMC Dobanovci. Naime, potrebno je obezbediti prostor za smeštanje jednog računara serverskog tipa koji će se koristiti i kao radna stanica. Ovaj računar treba da bude povezan na lokalnu LAN mrežu korišćenjem *Ethernet* 10/100/1000BaseT interfejsa, pri čemu je neohodno obezbediti IP konektivnost između LAN mreže na lokaciji centra upravljanja sa LAN mrežama na lokacijama svih mernih stanica. Način obezbeđivanja potrebnih IP adresa, realizacija sigurnosnih mehanizama, formiranje VPN (*Virtual Private Networks*) struktura i ostali aspekti pri projektovanju i konfiguraciji lokalnih LAN, kao i njihovog međusobnog povezivanja, biće detaljno definisani i predviđeni pri projektovanju pojedinačnih lokacija RFMS/KMC, odnosno sistemskog rešenja sistema veza za povezivanje RFMS i KMC u okviru sistema za monitoring RF spektra, kao primarnog sistema. Merne stanice sistema za kontrolu kvaliteta rada DTTB, su kolocirane sa skupom RFMS/KMC, i koristiće raspoloživu telekomunikacionu infrastrukturu. Iz navedenih razloga, projektovanje, dizajn i konfiguracija lokalnih LAN mreža nije predmet ovog projekta.

Radna stanica će se koristiti za udaljeni pristup i kontrolu mernih prijemnika na lokacijama mernih stanica, a istovremeno će se na njoj obavljati skladištenje svih podataka i snimljenih TS dobijenih radom sistema za kontrolu kvaliteta rada DTTB. Operateri sistema će korišćenjem odgovarajuće softverske aplikacije instalirane na radnoj stanici, koja će biti predmet nabavke u sklopu nabavke mernih prijemnika za opremanje mernih stanica, obavljati kontrolu rada i upravljanje mernim prijemnicima, kao i procesom monitoringa kvaliteta rada DTTB. Udaljena kontrola rada mernih prijemnika smeštenih na lokacijama mernih stanica, od strane najvećeg broja proizvođača raspoložive opreme na tržištu se predviđa u formi *Windows remote desktop* i/ili *Web browser* varijanti, pri čemu se povezivanje mernih prijemnika za potrebe udaljene kontrole ostvaruje preko *Ethernet* 10/100/1000BaseT interfejsa sa RJ-45 konektorom za potrebe povezivanja na lokalnu LAN. Pri tome, za potrebe udaljene kontrole uglavnom su podržani SNMP (*Simple Network Management Protocol*) protokol, FTP (*File Transfer Protocol*) protokol za prenos fajlova putem integrisanog FTP servera, i HTML (*Hyper Text Markup Language*) za potrebe rada pridružene softverske aplikacije za pristup i kontrolu rada mernih prijemnika.

Određen broj proizvođača merne opreme koja se može koristi za opremanje mernih stanica za merenje i monitoring signala predajnika DVB-T2 sistema nudi neku formu NMS (*Network Management System*), kojim se obezbeđuju dodatne opcije za upravljanje mernom opremom, automatizacija prikupljanja i prikaza rezultata merenja i druge funkcionalnosti. Ipak, softver ovog tipa je uglavnom primarno koncipiran i razvijen za potrebe kontrole rada mreže predajnika od strane operatera DTTB mreža, i stoga često sadrži napredne opcije za te potrebe, a koje nisu potrebne za rad ovde posmatranog sistema. Iz tog razloga ovakav softver karakteriše relativno visoka cena, pa se iz tog razloga, ovde ne predviđa obavezna softverska podrška ovog tipa. U procesu nabavke mogu se javiti i ponude ovakvih rešenja, koje se mogu razmotriti ukoliko predstavljaju ekonomski povoljno rešenje.

Radna stanica će se koristiti za skladištenje i čuvanje svih mernih podataka i podataka o alarmima (uglavnom u formi *log* fajlova), kao i snimaka TS prikupljenih sa svih mernih stanica (mernih prijemnika). Za te potrebe treba predvideti i odgovarajući, relativno veliki memorijski kapacitet u okviru ove radne stanice (planira kao desktop računar serverskog tipa). Pri tome, neophodno je obezbediti pouzdano čuvanje prikupljenih podataka uz generisanje rezervnih kopija, što se može realizovati primenom neke uobičajene procedure koju Investitor već standardno koristi u svojoj praksi ili u formi automatskog generisanja rezervnih kopija (npr. primena RAID1). Pri tome, minimalni period čuvanja podataka u centru upravljanja je

mesec dana, a preporučena do tri meseca. Ukoliko se ukaže realna potreba, određeni podaci se mogu čuvati i na duži period, npr. *log* fajlovi i snimci TS sa zabeleženim mernim podacima koji ukazuju na nepravilan rad, otkaz ili drugu nepravilnost u radu predajnika DTTB mreže, usled čega su predviđeni nešto veći raspoloživi memorijski kapaciteti u centru za upravljanje u odnosu na minimalno potrebne. Dodatno, može se predvideti i znatno duži period vremena za čuvanje fajlova sa izmerenim parametrima DVB-T2 signala, ukoliko se oceni da bi se ovi podaci mogli svrsishodno koristiti, recimo za potrebe analize rada sistema (pojedinih predajnika) i generisanje statističkih pokazatelja o radu nadgledanog skupa predajnika tokom dužeg vremenskog perioda.

Potrebno je odrediti minimalni memorijski kapacitet za čuvanje rezultata merenja i analiza, kao i snimaka TS koji se prikupljaju sa svih 10 mernih stanica, kao i njihovo čuvanje u predloženom periodu do 3 meseca. Pri tome treba uzeti u obzir i potrebu za čuvanjem duplih kopija (*back-up* procedura ili neki drugi mehanizam). Osim toga, treba imati u vidu da će postojati i potreba da se u određenom periodu vremena pohranjuju i podaci prikupljeni radom prenosivih stanica, kao i eventualnu odluku da se određeni podaci čuvaju na duži period vremena za sprovođenje detaljnije analize ponašanja jednog ili grupe predajnika.

Kako bi se odredio memorijski kapacitet koji sigurno zadovoljava potrebe čuvanja podataka u periodu trajanja 3 meseca, pretpostaviće se sledeći scenariji, kojima se procenjuje višestruko veća potrošnja kapaciteta od realne, i to:

- Za binarni protok TS od 36.82 Mbit/s u nacionalnoj DTTB mreži (za parametre DVB-T2 signala koji se koriste), snimak TS u trajanju od 1 min približno iznosi 280 MB (21 sekund približno zauzima oko 96 MB po specifikacijama proizvođača opreme). Za slučaj da se tokom mesec dana prikupi $10 \times 30 = 300$ min snimaka (jedan snimak u proseku po stanici dnevno), tokom mesec dana se zauzima kapacitet od oko 84 GB, odnosno oko 250 GB tokom tri meseca;
- Kontinualnim procesom monitoringa na lokacijama mernih stanica, zapis izmerenih rezultata merenja tokom RF monitoringa u obliku *.txt* log fajlova, izvodi se sa stalnom periodičnom promenom RF kanala u okviru skupa RF kanala predajnika koji se nadgledaju sa date lokacije. Kako se za proces promene RF kanala, a na osnovu podataka koji se mogu naći u specifikacijama više proizvođača, troši od 10 do 14 sekundi, a jedno merenje se obavlja u trajanju od oko 1 s, može se očekivati da se merenje u toku trajanja od jednog minuta obavi za 3 do 4 RF kanala. Zavisno od podešenog trajanja jednog ciklusa merenja, i izbora merenih parametara signala, može se očekivati maksimalno do 15 zapisa u minutu, čime se dobija procena od $60 \times 24 \times 30 \times 15 \times 10 = 6.480.000$ zapisa za 10 lokacija tokom jednog meseca, odnosno oko 20.000.000 zapisa tokom 3 meseca. Za zapis veličine 1 KB, što je značajno veća vrednost od realne, dobije se kapacitet memorije reda 20 GB;
- U slučaju samo jednog izlaska prenosive stanice na teren u periodu od 3 meseca, i u slučaju intenzivnog merenja signala jednog predajnika, sa 60 snimaka u minutu, u trajanju merenja od dva dana, generisaće se oko $60 \times 60 \times 24 \times 2 = 172.800$ snimaka, odnosno oko 172.8 MB podataka. Ukoliko se intenzivnim snimanjem TS tokom ta dva dana, generiše oko 60 minuta snimaka, dobija se kapacitet od $60 \times 280 \text{ MB} = 16.8 \text{ GB}$, odnosno ukupno oko 17 GB.

Prema tome, u slučaju generisanja značajno veće količine podataka od one koja se realno može očekivati, uz čuvanje svih snimaka TS u trajanju od 3 meseca, kapacitet od oko 500 GB (ako se čuvaju duple kopije) je sasvim dovoljan. U početnom periodu rada sistema, a kako bi se sagledale mogućnosti poboljšanja analize na osnovu podataka prikupljenih o jednom predajniku u dužem vremenskom periodu, ima smisla produžiti period čuvanja

podataka. Osim toga, ima smisla ostaviti izvesnu rezervu zbog nepoznavanja realnih potreba i ponašanja sistema u praksi.

Kako bi se obezbedilo sigurno čuvanje svih podataka, pogotovo u početnom periodu kada tek treba razraditi procedure rukovanja sa podacima, definisati potrebe dugotrajnijeg čuvanja određenih tipova podataka, i obezbediti dovoljno veliku bazu informacija za neke kasnije analize, usvajanje ukupnog kapaciteta memorije u centru upravljanja od 1 TB predstavlja sigurno rešenje. U skladu sa prethodnom analizom, usvojeni kapacitet će najverovatnije omogućiti trajno čuvanje velike količine podataka. Treba naglasiti da je, ekonomski gledano, trošak nabavke navedenog kapaciteta za čuvanje podataka rada sistema, realno zanemariv trošak u odnosu na ostatak kapitalnih troškova.

Radna stanica će se koristiti za pregled, analizu i prikaz prikupljenih podataka, kao i statističku obradu podataka za pojedinačne, grupe ili sve nadgledane predajnike. Pri tome, a nakon nabavke merne opreme i prateće softverske podrške, treba sagledati realne potrebe za primenom jednostavnog alata kojim bi se omogućila automatizacija prikupljanja *log* fajlova i snimaka TS sa lokalnog skladištenja u okviru mernih stanica.

Podaci koji se prikupljaju koristiće se interno, u okviru Službe za kontrolu, i to za potrebe analize i praćenja kvaliteta rada DTTB mreže. Naravno, u slučaju detekcije određenih problema u radu predajnika, a koji može ili je verovatno rezultovao pogoršanjem pokrivanja i kvaliteta servisa, ovi podaci bi bili korišćeni za potrebe dokumentovanja ovih pojava u komunikaciji sa JP ETV. U ovom trenutku se ne sagledava potreba, kao ni realna društvena opravdanost, javne prezentacije prikupljenih podataka. Naime, podaci usled usvojenog koncepta rada sistema ne predstavljaju direktno kvalitet pokrivanja na tačno određenim lokacijama u prostoru, a što bi bilo od interesa i razumljivo javnosti. Stoga se statistička obrada i prezentacija prikupljenih podataka prvenstveno posmatra sa stanovišta analize dugotrajnih trendova ponašanja određenih parametara, kao i identifikacije korelacije između izmerenih vrednosti parametara signala i detektovanih pojava vezanih za promenu kvaliteta servisa koji pruža DTTB mreža. U tom smislu, a nakon što se sagledaju realne mogućnosti i opcije obrade i prikaza podataka sa pratećom softverskom podrškom, koja se nabavlja uz mernu opremu, ima smisla definisati potrebu za samostalnim (ili na neki drugi način) razvojem jednostavnog softverskog alata koji bi olakšao rukovanje sa podacima, a koji bi bio u skladu sa u međuvremenu usvojenim procedurama i uočenim potrebama.

Osim radne stanice (servera), treba predvideti i nabavku jednog *laptop* računara za potrebe rada merne ekipe pri izlasku na lokacije mernih stanica. Kako se u ovom trenutku ne zna koje rešenje za merni uređaj će biti nabavljeno, kao ni zahtevi odgovarajuće softverske aplikacije, u ovom trenutku se ne može dati specifikacija tehničkih karakteristika za ovaj *laptop* računar. Isto to se u ovom trenutku može navesti i za radnu stanicu, za koju je samo definisan memorijski kapacitet za skladištenje podataka. Definisana specifikacija za ovu računarsku opremu treba da bude urađena u trenutku nabavke merne opreme, koja može biti i za više od godinu dana, a u skladu sa tada postojećim izborom rešenja, kao i realnim potrebama.

Konačno, pri nabavci merne opreme za opremanje mernih stanica, i pratećeg softvera za obavljanje procesa merenja na lokacijama i udaljeni (*remote*) pristup i kontrolu ove merne opreme, treba predvideti odgovarajuću obuku zaposlenih koji će raditi kao rukovaoci (operateri) sistema. Obuku treba da obezbedi proizvođač merne opreme, a sredstva za ovu obuku su okvirno predviđena u okviru predmera i predračuna, pri čemu je predviđena obuka za 3 lica u trajanju od 2 dana.

9.2.3.1 Potreba za statističkom obradom mernih rezultata

Statistička obrada rezultata dobijenih merenjem i monitoringom korišćenjem mreže mernih stanica može se obavljati u predifinisanim periodima vremena. Predložen period vremena za koji se može obavljati statistička obrada podataka je minimalno trajanja mesec dana. Naravno, ukoliko se kroz primenu sistema pokaže da je usled relativno male učestanosti pojave poremećaja u radu predajnika ovaj period suviše kratak, može se predvideti i duži period nakon koga se obavlja analiza.

Statistička obrada se može obavljati za izmerene vrednosti RF parametara signala (nivo signala, MER, BER, ...) koje se čuvaju u *log* fajlovima tokom automatskog **RF monitoringa**. Pri tome, ima smisla vršiti statističke obrade tipa histograma, određivanja osnovnih statističkih parametara za zadati period vremena kao što su srednja i medijanska vrednost, standardna devijacija, procene funkcije raspodele verovatnoće i CCDF, kao i određivanje minimalne i maksimalne vrednosti parametra. Obradu treba organizovati za svaku mernu stanicu i svaki RF kanala koji se nadgleda sa date merne stanice pojedinačno. Na osnovu ovakve obrade, i poređenja rezultata za isti predajnik (RF kanal dodeljen nekom od multipleksa datog predajnika) za više uzastopnih perioda u kojima se obavlja statistička analiza, mogu se odrediti trendovi ili ustanoviti promene u radu predajnika u dužim periodima vremena.

Osim toga, statistička obrada podataka se može obaviti i za *log* fajlove u kojima se čuvaju podaci o pojavi (detekciji) alarma, tokom **RF monitoringa** i/ili **TS monitoringa**, čime se dobijaju statistički pokazatelji o učestalosti pojedinih tipova alarma za svaki od nadgledanih predajnika.

Ovakav tip analize neophodan je u početnom periodu rada svake merne stanice, kada se za svaki od nadgledanih predajnika (tj. svih RF kanala za dati skup predajnika koji se nedgledaju sa date merne stanice) na osnovu rezultata merenja određuju granične vrednosti za potrebe definisanja detekcije alarma.

Pri tome, za potrebe statističke obrade se mogu koristiti funkcionalnosti softverske aplikacije koja se nabavlja uz merne uređaje, ukoliko su takve funkcionalnosti moguće, ili je moguće koristiti standardne alate, kao što su MS *Excell*, *Matlab* ili neki drugi sličan softverski paket. Potrebni podaci se pri tome očitavaju iz *log* fajlova, koji se generišu kao strukturirani linijski zapisi sa rezultatima merenja RF parametara ili pojava alarma.

Ukoliko se neki predajnik nadgleda od strane više mernih stanica, moguće je nakon statističke analize izvršiti unakrsno poređenje dobijenih rezultata, koji bi trebali da daju slične statističke rezultate analize za svaku od mernih stanica. Na osnovu ovog poređenja se mogu doneti zaključci o potrebi da se jedan predajnik nadgleda sa više lokacija ili da to ne doprinosi poboljšanju performansi praćenja kvaliteta sistema DTTB. U ovom drugom slučaju, svaki predajnik (tj. RF kanal predajnika) treba pridružiti samo jednoj mernoj stanici kako bi se povećala učestanost nadgledanja svih predajnika.

9.2.3.2 Čuvanje uzoraka kompletnog emitovanog digitalnog sadržaja – snimaka TS

U prethodnom delu ovog poglavlja 9.2.3, prikazano je da je za čuvanje jednog minuta uzorka kompletnog emitovanog digitalnog sadržaja (snimka TS) potrebno približno 280 MB memorijskog kapaciteta za datu postavku DVB-T2 sistema u Srbiji. Iz tog razloga, čuvanje velike biblioteke snimaka TS u dužem periodu vremena zahtevalo bi izuzetno veliki memorijski kapacitet u centru za upravljanje, a osim toga značajno bi povećalo kompleksnost vođenja evidencije o tim snimcima. Snimci TS se mogu generisati u *ad hoc* maniru, ili se mogu prikupljati ciljano za predajnike kod kojih se ustanove određeni poremećaji u radu analizom merenja na nivou RF parametara. Vizuelnom i audio analizom prikupljenih snimaka

TS može se steći konkretan uvid u kvalitet prenesenog multimedijalnog sadržaja do krajnjeg korisnika, pojave nepokretne slike ili prekid prenosa određenog TV programa, a koji se ne može proceniti samo na osnovu RF parametara signala. Isto tako, korišćenjem prenosivih stanica u kojima se proces generisanja snimaka TS može povezati sa pojavom alarma pri obavljanju **TS monitoringa**, ili se može obaviti kontinualno snimanje TS u dužem periodu vremena, mogu se jasno potvrditi razlozi za postojanje žalbi korisnika u smislu pogoršanja kvaliteta servisa u oblasti u kojoj se obavlja kontrolno merenje.

U svakom slučaju, ima smisla čuvati u dužem vremenskom periodu samo one snimke TS koji se mogu koristiti za potrebe dokumentovanja uočenog pogoršanja kvaliteta servisa DTTB sistema, dok se svi ostali snimci mogu regularno brisati nakon reprodukcije i analize. Čak i snimke TS koji se čuvaju za potrebe dokumentaovanja pogoršanja kvaliteta servisa ima smisla čuvati relativno kratak period vremena, pri čemu se eventualno može trajno čuvati određen broj snimaka kao tipičnih primera za koje se javila korelacija promene RF parametara signala i/ili pojave alarma pri **RF monitoringu** i/ili **TS monitoringu**, a za potrebe obuke ili generisanja baze podataka za dalju analizu kojom se mogu unaprediti i potvrditi performanse sistema za monitoring.

9.2.4 Sistem veza

Povezivanje centra za upravljanje sa mernom opremom na lokacijama mernih stanica, biće ostvareno putem sistema veza koji će biti izveden i projektovan za potrebe sistema za monitoring RF spektra. Sistem veza biće realizovan u formi IP bazirane telekomunikacione mreže sa odgovarajućim kapacitetima komunikacionih linkova, na bazi optičkih ili drugih sistema prenosa, a za potrebe povezivanja komunikacione opreme na lokacijama RFMS i KMC sa spoljnom telekomunikacionom infrastrukturom. Ovi kapaciteti biće predviđeni u skladu sa potrebama sistema za monitoring RF spektra, pri čemu se za potrebe rada sistema za kontinualnu kontrolu kvaliteta DTTB, ne zahteva nikakvo dodatno povećanje kapaciteta, iz ranije objašnjenih razloga. U okviru RFMS i KMC postoji ili će biti realizovana lokalna LAN, sa ruterima preko kojih će ove mreže biti povezane sa spoljnom telekomunikacionom infrastrukturom, a sva potrebna komunikaciona i merna oprema mernih stanica, odnosno centra upravljanja, biće povezana na ove rutere u okviru odgovarajućih LAN.

Projektovanje sistema veza, uključujući komunikacione linkove kojima se obezbeđuje LAN IP konektivnost na lokacijama mernih stanica, i predlog konkretnog načina realizacije i podržanih kapaciteta nisu predmet ovog projekta. Pri tome, za svaku mernu stanicu, prenosivu mernu stanicu (ukoliko se postavlja i radi u dužem periodu vremena sa udaljenom kontrolom iz centra upravljanja), zavisno od načina realizacije mernog uređaja jednu ili dve IP adrese, dok za radnu stanicu u centru upravljanja treba obezbediti jednu IP adresu.

Za potrebe daljinskog upravljanja mernim stanicama iz centra za upravljanje potrebni kapaciteti linkova su relativno mali reda nekoliko desetina do nekoliko stotina kbit/s. U kraćim periodima vremena kada se sačuvani rezultati merenja i snimci TS prenose sa mernih uređaja do centra za upravljanje, a što se obavlja relativno retko, maksimalno jedanput dnevno u regularnom radu, ili nekoliko puta dnevno ukoliko se obavlja interaktivni/manuelni rad sa određenom mernom stanicom, približni potreban kapacitet linka je reda 1-2 Mbit/s (za prenos snimaka TS), odnosno čak i znatno manje za potrebe prenosa *log* fajlova sa rezultatima merenja.

Intenzivan prenos podataka između se planira samo u kraćim periodima vremena, i to u onim periodima kada primarni sistema za monitoring RF spektra ne zahteva značajnije komunikacione kapacitete, kako se ne bi narušile performanse ovog primarnog sistema.

9.3 PRENOSIVE MERNE STANICE

Poseban element posmatranog sistema za kontinualno praćenje kvaliteta rada sistema DTTB predstavljaju prenosive merne stanice. U skladu sa usvojenim tehničkim rešenjem sistema, korišćenjem mernih stanica se nadgledaju predajnici velike snage (vrednosti efektivno zračene snage iznad 3 kW). Predajnici male snage u okviru SFN mreže su u najvećem delu teritorije zone raspodele pokriveni signalom dominantnih predajnika, pa se njihov signal može detektovati i pouzdano meriti samo u relativno bliskoj zoni u okolini ovih predajnika, u kojima usled uslova propagacije radio signala oni predstavljaju dominantne predajnike u SFN.

Kako bi se omogućila kontinualna provera i praćenje kvaliteta pokrivanja servisom za sve predajnike DTTB mreže, uključujući i predajnike male snage, bio bi neophodan izuzetno veliki broj mernih stanica, za šta je već zaključeno da ne predstavlja ekonomski opravdano rešenje. Iz tog razloga, predloženo je da se sistem za praćenje kvaliteta DTTB upotpuni sa dve prenosive merne stanice koje bi se koristile ili za preventivno merenje i proveru kvaliteta pokrivanja predajnika male i srednje snage (ali po potrebi i u graničnim oblastima u smislu kvaliteta pokrivanja predajnika velike snage), u *ad hoc* maniru. Osim toga, ove prenosive merne stanice bi se koristile i u slučaju žalbi na kvalitet servisa u određenim oblastima. Na taj način omogućava se da se kombinacijom prenosivih stanica, koje bi pokrivala problem provere kvaliteta u zonama manjih predajnika (koje obuhvataju relativno mali procenat teritorije), i sistema stacionarnih mernih stanica koje pokrivaju segment u kome se pokrivanje ostvaruje preko dominantnih predajnika SFN mreža, praktično omogućiti uvid u kvalitet ostvarenog pokrivanja na celokupnoj teritoriji Republike Srbije.

Pri tome treba imati u vidu, da se prenosive merne stanice koriste za merenje kvaliteta pokrivanja servisom u zonama u kojima će nivo signala biti praktično na granici ili nešto iznad/ispod graničnih vrednosti za zadovoljavajući kvalitet prijema. Iz tog razloga, ove merne stanice trebaju da vrše ispitivanje i analizu kvaliteta prijema obavljaju sa stanovišta korisnika sistema. Rešenje za prenosive merne stanice se sastoji iz tri elementa:

- **Merni prijemnik** – merni uređaj sa odgovarajućim tehničkim karakteristikama i pratećom softverskom aplikacijom koja omogućava udaljeni pristup i potpunu kontrolu rada uređaja, a koji treba da zadovolji minimalne postavljene uslove koji će biti definisani u nastavku ovog poglavlja. Merni prijemnik je namenjen merenju, monitoringu i obavljanju podržanih analiza za DVB-T2 signale koji se primaju od strane jednog predajnika DTTB mreže;
- **Antenski sistem** – kako bi se obezbedili uslovi prijema bliski onim koje imaju korisnici sistema DTTB, predviđeno je korišćenje klasične log-periodične antene u UHF opsegu (radni opseg 470-862 MHz), uz usvojeno rešenje sa odgovarajućom impedansom od 50 Ω zbog korišćenja profesionalnog mernog uređaja. Antena je dodatno oklopljena radomom od fiberglasa kako bi se zaštitila od mehaničkih oštećenja pri čestom transportu (tipična antena tog tipa je *Kathrein 75010393* čije su tehničke karakteristike date u tabeli 9.9).
- **Antenski kabl** – koristi se za povezivanje mernog prijemnika sa pripadajućom antenom, pri čemu je predloženo korišćenje fleksibilnog koaksijalnog kabla 0.425" sa PE dielektrikom (primer kabla ovih karakteristika je *Pasternak 0.425" Flexible RG214 Coax Cable Double Shielded with Black PVC Jacket* čije su tehničke karakteristike date u tabeli 9.10). Tipična vrednost slabljenja na konektorima u frekencijskom opsegu od 470 MHz do 750 MHz, koji je od interesa, iznosi 0.05dB po jednom konektorskom spoju.

Tip antene	Frekventijski Opseg [MHz]	Dobitak [dBd]	Širina glavnog snopa (V) [°]	Širina glavnog snopa (H) [°]	Tip antene
<i>Kathrein</i> 75010393	470-860	9 (na sredini opsega)	53	67	sistem dipola

Tabela 9.9 – Tehničke karakteristike antene.

Tip kabla	Slabljenje [dB/100m]
<i>Pasternak 0.425" Flexible RG214 Coax Cable Double Shielded</i>	3.24 (43. kanal), 3.53 (49. kanal), 3.72 (55. kanal)

Tabela 9.10 – Tehničke karakteristike antenskog kabla.

Kako bi se reprodukovala referentna instalacija prijemne antene za tipičnog korisnika sistema DTTB, prijemna antena su postavlja na približnoj visini od 10 m. Usvojeno je rešenje u kome će se prenosiva merna stanica koristiti iz mernog vozila (MMS) koje je već opremljeno stubom visine 10 m, na koji će pri izlasku na teren biti montirana prijemna antena. Na taj način obezbeđuje se i napajanje električnom energijom, kao i zaštita mernog uređaja od atmosferskih prilika. Ovakvo rešenje je planirano u slučaju da se merenje izvodi u periodu trajanja nekoliko sati ili tokom jednog do dva dana. Opisano rešenje je usvojeno pošto značajno pojednostavljuje postupak određivanja lokacije na kojoj se meri, jednostavno rešava problem antenskog sistema, napajanja opreme, ali i sigurnosti opreme. Upravljanje radom mernog uređaja obavljalo bi se u ovom slučaju lokalnim pristupom operatora uređaju korišćenjem iste softverske aplikacije koja se koristi i u slučaju udaljene kontrole rada. Za potrebe pristupa mernom uređaju, predviđena je nabavka po jednog prenosivog (*laptop*) računara prosečnih performansi. Prilikom rada prenosive merne stanice znatno češće će se, ili čak i u dužem periodu vremena, obnavljati snimanje TS i to: direktnim zadavanjem početka i kraja snimanja, ili na osnovu generisanja alarma tokom **TS monitoringa**. Značaj generisanja snimka TS za primljeni DVB-T2 signal ogleda se u tome, da se pregledom (reprodukcijom) ovih snimaka može sa sigurnošću utvrditi postojanje značajne degradacije ili potpuni otkaz servisa za jedan ili više emitovanih televizijskih programa u multipleksu (koji se prenosi datim RF kanalom predajnika), kao što su: zamrznuta slika, prekid emitovanja, i značajno pogoršanje kvaliteta servisa sa stanovišta krajnjeg. Kako je za potrebe snimanja i čuvanja TS neophodan značajan memorijski prostor, predviđeno je da se za svaki merni uređaj predvidi po jedan prenosivi (eksterni) hard disk kapaciteta 1 TB (USB3.0).

U slučaju da je merenje neophodno vršiti u dužem vremenskom periodu, potrebno je odrediti odgovarajući objekat unutar zone od interesa. Najpogodniji objekti su javne zgrade, npr. objekti mesnih zajednica, opština, javnih službi i slično, pri čemu su od interesa objekti visine manje od 10 m na čijem krovu bi se montirala antena. Merni uređaj bi bio postavljen unutar zgrade, čime bi se obezbedila zaštita od vremenskih prilika, vandalizma i krađe. U periodu vremena u kome bi se koristila, radom merne stanice bi se upravljalo putem udaljenog pristupapri čemu bi se konektivnost obezbedila korišćenjem pristupa preko javne mobilne mreže, ili korišćenjem LAN priključka, ako takav postoji, u prostoriji u kojoj bi merni uređaj bio privremeno smešten.

Osnovne zahtevane tehničke karakteristike mernog uređaja, tj. mernog prijemnika, potpuno su iste kao i za merni uređaj u stacionarnim mernim stanicama, definisanim u poglavlju 9.2.1, samo uz dodatne zahteve vezane za podršku merenja, monitoringa i analize na nivou MPEG-2 TS. Naime, pošto će se merenja obavljati u zonama sa relativno niskim kvalitetom prijema, merenja koja bi se obavljala samo za RF signal ne mogu u potpunosti da obuhvate sve probleme i efekte pri prijemu DVB-T2 signala u slučaju kada se on verovatno obavlja na granici zone pokrivanja. Odnosno, čak i u slučaju da izmerena vrednost nivoa

ulaznog signala zadovoljava graničnu vrednost, koja je u skladu sa propisanom vrednošću CNR za fiksni prijem, to ne garantuje da se ostvaruje uspešan prijem televizijskih programa. Stoga je pri formiranju prenosive merne stanice odlučeno da se u skup merenja osim automatskog **RF monitoringa** uključi i **TS monitoring**, kao i ispitivanje u kome se obavlja poređenje karakteristike primljenog i dekodovanog TS sa predefinisanim ili lokalno sačuvanim referentnim vrednostima.

U pogledu izvođenja procesa merenja, monitoringa i obavljanja analiza signala za nadgledani skup predajnika za svaku mernu stanicu sistema, merni uređaj mora da omogući dva osnovna moda rada (kao i skup zahteva koji će biti definisan za svaki od njih), i to:

- Automatski **RF monitoring + TS monitoring** (primarni mod rada); i
- **Manuelno/Interaktivno merenje** (dodatni mod rada).

Napomena: Podrška za navedena dva moda rada, kao i ispunjenje pratećih uslova definisanih u nastavku teksta predstavljaju minimalne karakteristike koje merna oprema mora da podrži.

U slučaju automatskog **RF monitoringa + TS monitoring**, merni uređaj mora da omogući sledeći način rada, odnosno zadovolji sledeće tehničke i druge uslove vezane za merenje, rukovanje sa alarmima i druge elementa:

- U slučaju automatskog **RF monitoringa+ TS monitoringa** merni uređaj mora biti u stanju da kontinualno u vremenu obavlja postupak automatskog skeniranja zadatog skupa RF kanala (frekvencija) i PLP-ova za te RF kanale (trenutno JP ETV koristi jedan PLP po kanalu, ali se to može menjati u budućnosti). U svakom trenutku merni uređaj obavlja prijem jednog od unapred definisanog skupa parova (RF kanal - *i*, PLP-*i,j*), gde *i* predstavlja trenutni redni broj RF kanala koji nadgleda dati merni prijemnik, a *j* redni broj PLP-a u okviru tog *i*-tog RF kanala (predajnika), pri čemu se periodično prolazi kroz ceo definisan skup. Mora biti omogućeno da se podesi nadgledanje skupa od minimalno 20 ovakvih parova. Opciono, treba da bude podržano da se definiše vreme zadržavanja na jednom RF kanalu.
- **RF merenja** - Za svaki trenutni RF kanal minimalni skup parametara signala čije merenje mora biti podržano je dat u tabeli 9.7 (tj. uređaj mora da podrži navedena merenja, pri čemu treba da bude moguće podesiti koji od ovih parametara se mere u konkretnom slučaju), i to bar u datim opsezima vrednosti i sa zadatom rezolucijom. Tokom sprovođenja postupka automatskog **RF monitoringa** rezultati merenja parametara iz tabele 9.7 se beleže (čuvaju u tzv. *log* fajlovima ili na neki drugi način) i to lokalno u mernom uređaju (na hard disku uređaja ili na neki drugi način) na način koji omogućava njihovo kasnije očitavanje, prezentaciju i prenos u centar za upravljanje.
- **RF testovi** - Za svaki trenutni RF kanal uređaj mora da podrži automatsku detekciju ili određivanje preporučenog skupa parametara DVB-T2 signala (sinhronizacija, L1-presignaling, PLP) datih u tabeli 9.8, pri čemu se generiše stanje (za sinhronizaciju) ili testira poklapanje dobijenih vrednosti parametara (svih osim onih za sinhronizaciju) sa unapred zadatim vrednostima (dobijenim od JP ETV ili na osnovu merenja za isti RF kanal, tj. predajnik, u prethodnom periodu). Rezultati ovog tipa merenja su stanje (sinhronizacija) ili uspešan/neuspešan test poklapanja dobijenih i unapred definisanih vrednosti parametara (sve sem sinhronizacije).
- **TS monitoring** - Tokom procesa skeniranja merni uređaj, kada se podesi na zadati RF kanal, obavlja demodulaciju i dekodovanje, a na rezultujućem TS se izvodi predefinisani skup provera (testova). Minimalan skup parametara TS čije se

merenje (tj. detekcija grešaka prioriteta 1, 2 i 3 u skladu sa ETSI TR 101 290 v.1.3.1) mora omogućiti u ovom modu rada za potrebe **TS monitoringa**, kao i preporučeni skup parametara sistema prenosa za koje se obavlja provera (testiranje) sa unapred definisanim vrednostima dati su u tabelama 9.11 i 9.12.

- **Alarmi** - Neophodno je da postoji mogućnost da se za automatski **RF monitoring + TS monitoring** mod rada, omogući definisanje graničnih vrednosti, dozvoljenog opsega ili nedozvoljenih stanja za izmerene parametre odnosno rezultate testova, a koji se mere ili proveravaju kroz testove, odnosno da se definišu uslovi za generisanje alarma. Način zadavanja alarma treba da podrži zadavanje graničnih vrednosti ili nedozvoljenih stanja, a opciono i vremenski period za koji posmatrani parametar treba da bude van dozvoljenog opsega vrednosti pre nego što se generiše alarm. Neophodno je da postoji mogućnost pouzdanog beleženja (upisa u tzv. *log* fajlove ili na neki drugi način) informacija o pojavi alarma (vreme, uzrok alarma) i to lokalno u mernom uređaju (na hard disku uređaja ili na drugi način) i to na način koji omogućava kasnije očitavanje, prezentaciju i prenos u centar za upravljanje. Mogućnost definisanja alarma mora da bude omogućena za svaki parametar signala koji se meri, odnosno za skup testova koji se obavlja.
- **Prenos u centar upravljanja** - Ako se prenosiva merna stanica koristi van MMS, odnosno u automatskom modu rada bez prisustva operatera, neophodno je da postoji mogućnost za prenos sačuvanih rezultata merenja i testova, kao i podataka o pojavi alarma, tj. fajlova u kojima su oni sačuvani, bilo putem FTP ili na neki drugi način koji podržava softverska aplikacija koja se nabavlja uz merni uređaj.
- **Snimanje TS** – Softverska aplikacija treba da omogući da se tokom procesa merenja zada početak i kraj snimanja TS. Dodatno, potrebno je da se pri definisanju alarma u okviru **TS monitoringa** omogući da se u slučaju generisanja izabranih tipova alarma obavi automatsko snimanje TS. Kako se očekuje da će se snimanje TS koristiti i za potvrdu i dokumentovanje uspešnog ili neuspešnog prijema TV programa, može se očekivati snimanje većeg broja TS. Kako snimci TS zauzimaju veliki memorijski kapacitet, predviđena je nabavka po jednog eksternog HD (priključuje se na USB interfejs) kapaciteta 1 TB za potrebe skladištenja snimaka TS. Snimci TS moraju biti u formatu (npr. *raw* formatu) koji omogućava njihov pregled korišćenjem javno dostupnih rešenja, npr. VLC (*VideoLAN Client*) plejera.
- **Softverska aplikacija** – Softverska aplikacija koja se nabavlja uz merni uređaj mora da omogući ili podrži sledeće:
 - operater mora biti u stanju da korišćenjem udaljenog pristupa započne i završi, odnosno konfiguriše celokupan proces **RF monitoringa** i **TS monitoringa**, za sve prethodno definisane funkcionalnosti, i to u pogledu zadavanja skupa RF kanala i PLP-ova po kojima se obavlja skeniranje, odvijanje samog procesa skeniranja, skupa merenja i testova, svih elemenata vezanih za generisanje alarma, uslove i modalitete kreiranja *log* fajlova sa rezultatima merenja i generisanim alarmima;
 - operateru treba da bude omogućeno da putem mehanizma udaljenog pristupa i kontrole ostvari pristup uređaju tokom obavljanja procesa automatskog **RF monitoringa** i **TS monitoringa**, i da može da ostvari uvid (preko grafičkog prikaza) u trenutne vrednosti izmerenih parametara i testova, odnosno da može da ostvari uvid (preko grafičkog prikaza) u spisak prethodno generisanih alarma, kao i onih koji još uvek traju, i to za neki duži period vremena.

U slučaju **Manuelnog/Interaktivnog merenja**, merni uređaj mora da omogućiti sledeći način rada, odnosno zadovolji sledeće tehničke i druge uslove vezane za merenje i analizu:

- Operater korišćenjem mehanizma udaljenog pristupa i kontrole obavlja merenja i analize pri čemu softverska aplikacija treba da omogućiti komforan rad, postavljenje svih parametara za potrebe izvođenja podržanih analiza, grafički prikaz rezultata analize, i slično.
- U ovom modu rada, mora biti omogućeno da operater može da obavi sva merenja koja su prethodno definisana u okviru automatskog **RF monitoringa** i **TS monitoringa**, odnosno primenjiv je isti minimalan skup parametara čije se merenje mora omogućiti u ovom modu rada, koji su dati i tabelama 9.7 i 9.11. Za parametre iz tabela 9.8 i 9.12 se uglavnom obavlja automatsko pređenje referentnih i dobijenih vrednosti. Osim prethodno navedenih, u manuelnom modu rada mora biti podržana analiza konstelacionog dijagrama. Opciono mogu biti podržane dodatne analize kao što su: analiza spektra, *shoulder attenuation* analiza, *echo pattern* analiza, SFN sinhronizacija, *bit stream measurement* i druge analize. Podrška za ove dodatne analize ne spada u skup minimalnih karakteristika.
- Neophodno je da postoji mogućnost za čuvanje rezultata u ovom modu rada, kao i prenos sačuvanih rezultata merenja i analiza, tj. fajlova u kojima su oni sačuvani,;
- Softverska aplikacija mora da omogućiti operateru da putem udaljenog pristupa započne i završi, odnosno konfiguriše celokupan proces mernih procedura, za sve prethodno definisane funkcionalnosti;
- Softverska aplikacija mora da omogućiti operateru da putem udaljenog pristupa obavi snimanje TS. Snimci TS moraju biti u formatu (npr. *raw* formatu) koji omogućava njihov pregled korišćenjem javno dostupnih rešenja, npr. VLC plejera
- Softverska aplikacija mora da omogućiti operateru da putem mehanizma udaljenog pristupa i kontrole ostvari pristup uređaju i obavi sve operacije koje su trenutno podržane, i da može da ostvari uvid (preko grafičkog prikaza) u trenutne vrednosti izmerenih parametara.

Kao poseban zahtev pri nabavci opreme i softvera za realizaciju mernih stanica i prenosivih stanica mora biti postavljen uslov da kompletno rešenje (koje uključuje RF i TS analize, merenja i monitoring) predstavlja porizvod jednog proizvođača opreme (tj. ne može se praviti sistem sa opremom za RF analize, merenja i monitoring i za analize i monitoring na nivou TS od različitih proizvođača).

BROJ	TIP GREŠKE	UTICAJ NA REPRODUKCIJU (<i>RECOVERY</i>) I/ILI DEKODOVANJE
PRIORITET 1		
1.1	TS_sync_loss	U skladu sa ETSI TR 101 290 ver.1.3.1, detaljno objašnjeno u poglavlju 6.2.3
1.2	Sync_byte_error	
1.3	PAT_error	
1.3a	PAT_error_2	
1.4	Continuity_count_error	
1.5	PMT_error	
1.5a	PMT_error_2	
1.6	PID_error	

BROJ	TIP GREŠKE	UTICAJ NA REPRODUKCIJU (<i>RECOVERY</i>) I/ILI DEKODOVANJE
PRIORITET 2		
2.1	Transport_error	U skladu sa ETSI TR 101 290 ver.1.3.1, detaljno objašnjeno u poglavlju 6.2.3
2.2	CRC_error	
2.3	PCR_error	
2.3a	PCR_repetition_error	
2.3b	PCR_discontinuity_indicator_error	
2.4	PCR_accuracy_error	
2.5	PTS_error	
2.6	CAT_error	
PRIORITET 3		
3.1	NIT_error	U skladu sa ETSI TR 101 290 ver.1.3.1, detaljno objašnjeno u poglavlju 6.2.3
3.1a	NIT_actual_error	
3.1b	NIT_other_error	
3.2	SI_repetition_error	
3.3	Buffer_error	
3.4	Unreferenced_PID	
3.4a	Unreferenced_PID	
3.5	SDT_error	
3.5a	SDT_actual_error	
3.5b	SDT_other_error	
3.6	EIT_error	
3.6a	EIT_actual_error	
3.6b	EIT_other_error	
3.6c	EIT_PF_error	
3.7	RST_error	
3.8	TDT_error	
3.9	Empty_buffer_error	
3.10	Data_delay_error	

Tabela 9.11 – Parametri **TS monitoringa** MPEG-2 TS prvog, drugog i trećeg prioriteta, [36].

GRUPA PARAMETARA	PARAMETAR ZA KOJI SE OBAVLJA POREĐENJE SA PREDEFINISANOM VREDNOŠĆU
MPEG-2 TS	<i>TS ID, Network ID, Original Network ID, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
EMM	<i>PID, constraint, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
User private data	<i>PID, constraint, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
Unreferenced PIDs	<i>PID, constraint, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
Null packets	<i>Lower bit rate, Upper bit rate</i>

Tabele	<i>PID, Table ID, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
Services	<i>Service ID, constraint, service name, PCR ID, PMT ID, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
Elementary stream	<i>PID, constraint, type, conditional access, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
ECMs	<i>PID, constraint, Lower bit rate, Upper bit rate</i>
EIT present/following	<i>Upper repetition period</i>
EIT scheduled	<i>Upper repetition period</i>
H-EIT present/following	<i>Upper repetition period</i>
H-EIT scheduled basic	<i>Upper repetition period</i>
H-EIT scheduled extended	<i>Upper repetition period</i>
M-EIT present/following	<i>Upper repetition period</i>
L-EIT present/following	<i>Upper repetition period</i>
Bit rate monitoring	<i>Odgovarajući profil za svaki element</i>

Tabela 9.12 – Preporučeni skup TS parametara za koje se obavlja provera tokom **TS monitoringa**, [36].

9.3.1 Usvajanje graničnih vrednosti

U tabeli 9.13, date su granične vrednosti parametara koji se mere u okviru **RF monitoring** moda rada. Za razliku od prethodno analiziranog rada u stacionarnim mernim stanicama, ovde se posmatra pokrivanje sa stanovišta korisnika u graničnim zonama pokrivanja.

PARAMETAR SIGNALA KOJI SE MERI	VREDNOST/OPSEG VREDNOSTI
Nivo signala na ulazu	-69 dBm
MER	20.5 dB
BER pre LDPC dekodera	1.0×10^{-2} do 1.0×10^{-3}
BER pre BCH dekodera	$\leq 1.0 \times 10^{-7}$
BB frejmovi posle BCH dekodera	$\leq (1.0 \times 10^{-11}$ do $1.0 \times 10^{-12})$

Tabela 9.13 – Granične vrednosti za skup parametara koji se mere za automatski **RF monitoring** u slučaju rada sa prenosivom mernom stanicom, [35], [46], [47].

U okviru **TS monitoring** moda rada, obavlja se automatska provera niza testova (parametara) datih u tabeli 9.11. Za ovaj tip analize nije potrebno pribaviti nikakve referentne vrednosti, samo se definiše koji od ovih parametara će se koristiti pri generisanju alarma.

Za slučaj skupa parametara/vrednosti iz tabela 9.8 i 9.12, radi se o proveri usklađenosti zadatih parametara DVB-T2 signala na nivou fizičkog sloja i na nivou TS, koji se koriste pri emitovanju. Za parametre iz tabele 9.8 poređenje se vrši sa automatski detektovanim vrednostima ovih parametara u prijemniku (demodulatoru). Iz tog razloga, za ovaj tip provere (testa) u kojoj se vrši poređenje parametara prenosa detektovanih na prijemu sa njihovim predefinisanim vrednostima na predaji, ne treba generisati posebne granične vrednosti. Zapravo, predefinisane vrednosti se mogu dobiti od JP ETV, ili se mogu posmatrati vrednosti koje detektuje DVB-T2 demodulator i taj skup vrednosti koristiti kao referentne vrednosti. Za parametre iz tabele 9.12 potrebno je imati definisane referentne vrednosti koje se mogu dobiti od JP ETV za dati predajnik ili se mogu psomatrati vrednosti dobijene u prethodnom periodu za dati predajnik, isti RF kanal (mutlipleks) i PLP.

9.3.2 Osnovna procedura primene prenosive merne stanice

U ovom slučaju neće biti data detaljna procedura, već će biti definisani osnovni koraci o kojima treba voditi računa pri primeni prenosive merne stanice:

- Pre dolaska na lokaciju potrebno je od JP ETV dobiti podatke o pokrivanju za datu oblast, kao i informacije o strukturi TS i eventualno o skupu parametara prenosa na fizičkom sloju, kako bi se definisale referentne vrednosti za koje se u okviru merne procedure obavlja poređenje sa detektovanim/izmernim vrednostima (parametri iz tabela 9.8 i 9.12).
- Ukoliko je moguće (poseduju se svi podaci) priprema se *setup* merenja i približno određuje šira oblast u kojoj se nalaze pogodne lokacije.
- Ukoliko je odluka da se meri iz mernog vozila, obavlja se izbor pogodne lokacije i dolazi na tu lokaciju. U suprotnom, ako je moguće treba obezbediti unapred informacije o lokaciji (javnoj zgradi) za smeštanje opreme prenosive merne stanice i montiranje antene.
- Po dolasku na lokaciju treba voditi računa da se antena postavlja na visinu od 10 m, dok se usmerenje prijemne antene na mernoj lokaciji obavlja na osnovu procedure za određivanje „najboljeg servera” (*best server*) definisanoj u preporuci ITU-R SM.1875-2. Ova preporuka se može koristiti kao delimična osnova za formiranje detaljne merne procedure.
- Sprovodi se proces merenja sa istovremeno uključenom **RF monitoring** i **TS monitoring** analizom, uz definisane alarme za koje se uključuje automatsko snimanje TS u kraćim periodima vremena nakon alarma, kako bi se vizuelnim uvidom u snimke TS mogli potvrditi ili odbaciti zaključci o otkazu servisa.

9.4 NAPOMENA U VEZI NABAVKE MERNIH UREĐAJA ZA MERNE STANICE I PRENOSIVE MERNE STANICE

Na osnovu prikazanih tehničkih zahteva i karakteristika za merne uređaje namenjenih primeni u mernim stanicama sistema za kontinualno praćenje kvaliteta DTTB, i mernih uređaja koji će se koristiti u prenosivim mernim stanicama, može se zaključiti da ovi uređaji treba da podrže iste tehničke karakteristike (jedni se za merne stanice neće odmah nabavljati opcije koje uključuju TS monitoring)..

Iz toga razloga, nabavku ove dve grupe mernih uređaja treba organizovati na takav način da se nabave zapravo isti uređaji samo sa različitim setom softverskih opcija. Osnovni

razlog za ovakav zahtev je taj što bi se u tom slučaju pri otkazu mernih uređaja lociranih u mernim stanicama, uređaji iz prenosivih stanica mogli koristiti kao rezerva. Osim toga, ukoliko se tokom operativne primene sistema pokaže da ima smisla da se i u okviru mreže senzora (mernih prijemnika) za praćenje kvaliteta DTTB, uključi opcija monitoringa na nivou TS, tada bi se mogla direktno koristiti iskustva rada sa uređajima u prenosivim mernim stanicama. Konačno, i operativno bi bilo lakše organizovati rad zaposlenih ukoliko se za ovaj, realno sekundaran sistem u okviru znatno šireg sistema za monitoring RF spektra, osoblje ne bi moralo obučavati za korišćenje dva različita tipa uređaja i različitih softverskih aplikacija.

Zapravo ovakav vid nabavke, predstavlja i logično i ekonomski opravdano rešenje, pa bi ga trebalo primeniti.

9.5 POTREBNI LJUDSKI RESURSI

Za nesmetan rad sistema koji je predmet ovog projekta, potrebno je obezbediti kvalitetno i profesionalno osoblje koje može da obavi sve neophodne poslove i izvrši sve radne zadatke. Izgradnja sistema, s obzirom na mali broj lokacija i to da će se merne stanice instalirati na lokacije RFMS i KMC sistema za monitoring RF spektra koje će već biti uređene, neće se zahtevati veliko i dugotrajno angažovanje osoblja. Pritome, za radove vezane za postavljanje antenskog sistema, izradu prateće dokumentacije i ostale radove predviđena su odgovarajuća sredstva u okviru predmera i predračuna (glava 12). Tokom probnog rada i početnog perioda korišćenja sistema, biće potrebno nešto veće angažovanje osoblja koje je već zaposleno u RATEL-u. Ipak, nakon ovog početnog perioda, tokom operativne primene sistema kada se uspostave jasne procedure i definišu postupci konfiguirisanja mernih stanica, prikupljanja i analize dobijenih rezultata i podataka, ne očekuje se značajno angažovanje ljudskih resursa. Dodatno, predmetni sistem predstavlja praktično dodatni element sistema za monitoring RF spektra, i funkcionisaće u okviru ovog sistema i sa istih lokacija. Samim tim, poslove vezane za operativni rad ovde projektovanog sistema obavljace osoblje koje je već angažovano na poslovima održavanja i operativne primene sistema za monitoring RF spektra. Iz svih navedenih razloga, ne predviđa se angažovanje novih stalno ili privremeno zaposlenih, već se samo predviđa preraspodela zadataka i poslova za osoblje angažovano na poslovima vezanim za monitoring RF spektra.

Kako će se u okviru projektovanog sistema koristiti merna oprema i softver koji se trenutno ne koristi u okviru RATEL-a, u sklopu nabavke merne opreme za realizaciju sistema potrebno je predvideti odgovarajuću obuku za osoblje koje će se baviti tehničkim poslovima vezanim za implementaciju, razvoj i operativni rad sistema. Pri tome, u sklopu nabavke merne opreme treba predvideti obuku za 3 lica u trajanju 2-3 dana, a koju treba da sprovede isporučilac ili proizvođač merne opreme, i koja će biti organizovana u zemlji ili inostranstvu. Za sprovođenje drugih netehničkih poslova i radnih zadataka, vezanih za izgradnju i operativan rad sistema, biće potrebno obezbediti određene ljudske resurse iz postojećeg sastava RATEL-a (prvenstveno iz pravne i finansijske oblasti). Sa obzirom na relativno skroman obim ovih poslova, kao i činjenicu da će se izgradnja sistema odvijati u sklopu značajno većeg projekta izgradnje sistema za monitoring RF spektra za koji će osoblje odgovarajuće struke već biti angažovano nije neophodno da ovo netehničko osoblje bude značajnije posvećeno poslovima vezanim za izgradnju i rad mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije, a angažovanje će se rešavati preraspodelom poslova i zadataka po kratkoročnom planu.

10. METODOLOGIJA PROJEKTOVANJA RADIO VEZA TAČKA-TAČKA

U ovoj glavi izložena je metoda predikcije kvaliteta radio veza tačka-tačka neophodna za proračun osnovnih parametara kvaliteta DVB-T2 signala na ulazu u merne prijemnike (proračuni su dati u glavi 11). Proračuni su zasnovani na preporuci ITU-R P. 530 i odgovarajućim izveštajima.

10.1 OPŠTI IZRAZ

Kvalitet radio veze tačka-tačka određuje se snagom koja se dobija na ulazu u prijemnik. Snaga na ulazu u prijemnik bez fedinga na trasi, a_R [dBm], definisana je izrazom:

$$a_R = n_E - a_L \quad (10.1)$$

gde je:

- n_E - snaga na izlazu iz predajnika izražena u [dBm];
- a_L - slabljenje na trasi izraženo u [dB] u uslovima stabilne propagacije (nema fedinga).

10.2 ODREĐIVANJE SLABLJENJA NA TRASI

Slabljenje na trasi u uslovima stabilne propagacije (nema fedinga) računa se na osnovu sledećeg izraza:

$$a_L = a_{LO} - g_{R1} - g_{R2} + a_c + a_{dif} \quad (10.2)$$

gde je:

- a_{LO} - slabljenje u slobodnom prostoru između antena koje se nalaze u dalekom polju izraženo u [dB]; ovo slabljenje može se izraziti u funkciji frekvencije nosioca i rastojanja kao:

$$a_{LO} [dB] = 92.45 + 20 \log f + 20 \log d, \quad (10.3)$$

gde je:

- f - frekvencija u [GHz];
- d - rastojanje između radio stanica u [km];
- g_1, g_2 - dobiti antena na radio stanicama u odnosu na izotropni radijator [dBi], (dobitak antene računat je pravcu druge lokacije);
- a_c - dodatno fiksno slabljenje u [dB], koje predstavlja zbir svih slabljenja koja unose ostali elementi radio veze: antenski vodovi, konektori, razdelnici snage, itd.);
- a_{dif} - slabljenje usled difrakcije u [dB] (definisano u okviru poglavlja 10.5).

10.3 REZERVA ZA FEDING

S obzirom na izabranu varijantu DVB-T2 sistema u Republici Srbiji (UHF, 256QAM, FEC 2/3, 32k ext, PP4, GI=1/16 ...), za potrebe ovog projekta, a na osnovu izveštaja ITU-R BT.2254-2, u pogledu minimalnog potrebnog odnosa $(C/N)_{min}$ (odnosno odnosa signal/šum+interferencija) biće usvojena vrednost od 20.5 dB. Rezerva za feding biće računata kao razlika ostvarenog nivoa C/N na ulazu merni prijemnik (dobijen proračunom) i zahtevanog minimalnog potrebnog odnosa $(C/N)_{min}$.

$$a_F = C/N - (C/N)_{min} \quad (10.4)$$

To znači da će procenat vremena lošeg prijema biti manji od $p\%$ sve dotle dok povećanje slabljenja deonice u odnosu na slabljenje u stabilnim uslovima prostiranja ne prevaziđe rezervu a_F , pri čemu je to povećanje, s obzirom na definisani frekvencijski opseg, prouzrokovano prostiranjem talasa po više putanja (tzv. interferencijski ili *multipath* feding).

10.4 FEDING

Na prijemu polje varira, a može se desiti i da potpuno iščezne. Ova pojava naziva se feding. Intenzivna istraživanja dovela su do zaključka da feding zavisi od niza faktora, npr. učestanosti, doba godine i dana, vremenskih uslova, itd. Sistematizacija fedinga je izvršena prema načinu ispoljavanja i uzroku nastajanja.

Prema načinu ispoljavanja u radio vezama tačka-tačka feding se može podeliti na: brzi (duboki) feding koji traje kratko (reda sekunde, do reda minuta) i može dovesti do potpunog nestanka veze (napada samo jednu deonicu veze), i spori (plitki) feding koji traje dugo (reda sata ili dana) i slabi signal do 10 dB (zahvata oblasti reda 100 km, tj. celu vezu).

Prema uzroku nastajanja, feding se može podeliti na: propagacijski (varijacija polja usled poremećaja uslova prostiranja direktnog talasa), interferencijski (poremećaj izazvan postojanjem i drugih talasa, na mestu prijema, sem direktnog) i apsorpcijski (za frekvencije veće od 10 GHz u atmosferi se javlja i apsorpcija energije usled postojanja gasova, kiše, itd).

Uticaj propagacijskog fedinga na prostiranje talasa najviše zavisi od uslova u prvoj Frenelovoj zoni. Kada je refrakcija izražena, može doći do velikog savijanja talasa, pa se može desiti da signal potpuno „promaši” prijemnu antenu.

Interferencijski feding (*multipath* - feding usled propagacije talasa po više putanja) je posledica pojave jednog ili više indirektnih talasa na prijemu, pored postojanja željenog direktnog talasa. Faze svih ovih talasa se mogu dosta razlikovati, a kao posledica može se desiti i potpuni prekid veze. Indirektni talas, koji je posledica refleksije od tla, je relativno konstantan i stalno prisutan, dok se u gornjim slojevima indirektni talasi javljaju kao

posledica složenih pojava refleksije i refrakcije. Indirektan talas, velike amplitude i suprotne faze, smanjuje intenzitet signala na prijemu.

Interferencijski feding može biti vrlo dubok i deli se u dve klase: ravni (ne zavisi od učestanosti) i selektivni feding (zavisi od učestanosti). Strogo gledano, frekvencijska zavisnost fedinga uvek postoji. Međutim, kada je širina kanala (ili grupe kanala) mala u odnosu na centralnu učestanost opsega (uskopojasni sistemi), govori se o ravnom fedingu. Razlike uslova prenosa za sisteme širine opsega reda nekoliko MHz su male, pa je reč o ravnom fedingu. **Za slučaj radio veza koje su predmet ovog projekta (širina opsega 8 MHz), u razmatranje će biti uzet samo ravni feding.** Za opis ovih pojava, u praksi se koristi procenat vremena lošeg prijema, koji se vezuje za period od jednog meseca ili godine dana.

S obzirom da se u okviru ovog projekta razmatraju radio veze do 750 MHz, apsoptionski feding ne treba uzimati u razmatranje.

Proračun procenta vremena lošeg prijema

Ako je dubina interferencijskog fedinga takva da je njegova vrednost a_F prevaziđena u p_F [%] vremena u najgorem mesecu (mesec u kome se atmosferi postižu najbolji uslovi sa stanovišta višestruke propagacije), onda se a_F i % vremena lošeg prijema - p_F mogu povezati relacijom (10.5).

$$p_F [\%] = P_0 \cdot 10^{-a_F/10} \quad (10.5)$$

gde je:

P_0 - faktor pojave fedinga u [%] koji se računa na sledeći način:

$$P_0 = K \cdot d^{3.0} \cdot \left(1 + |\varepsilon_p|\right)^{-1.2} \cdot 10^{0.033 \cdot f - 0.001 \cdot h_L} \quad (10.6)$$

d - dužina deonice u [km];

f - frekvencija u [GHz];

$|\varepsilon_p|$ - inklinacija putanje talasa u miliradijanima data kao:

$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_1 - h_2|}{d} \quad (10.7)$$

pri čemu su h_1 i h_2 nadmorske visine antena (visina antene iznad nivoa mora) na terminalnim stanicama u [m];

h_L - nadmorska visina niže antene (uzima se manja vrednost od h_1 i h_2);

K - geoklimatski faktor se procenjuje na osnovu podataka o fedingu u najgorem mesecu:

$$K = 10^{-4.2 - 0.0029 \cdot dN_1} \quad (10.8)$$

dN_1 - gradijent refraktivnosti u najnižih 65m atmosfere neprevaziđen u 1% srednje godine (ovaj parametar se na području naše zemlje menja u rasponu od -380 do

-250 N-unit/km, vrednosti za kompletnu Zemljinu kuglu definisane su preporukom ITU-R P.453).

Formula za faktor pojave fedinga P_0 je vezana za najnepovoljniji mesec. Na području Srbije najnepovoljniji meseci sa stanovišta pojave *multipath* fedinga su letnji (jul i avgust) i eventualno jesenji – novembar, uglavnom od ponoći do jutro. Formiranje gornjih slojeva atmosfere koji su pogodni za formiranje višestruke propagacije vezano je za relativno mirne intervale bez velikih kretanja vazдушnih masa. Ako se analiza vrši za celu godinu, procenat vremena lošeg prijema na godišnjem nivou - p_g dobija se na osnovu formule (10.9):

$$p_g [\%] = n \cdot p_F [\%] \quad (10.9)$$

gde je $n=N(\text{broj nepovoljnih meseci})/12$.

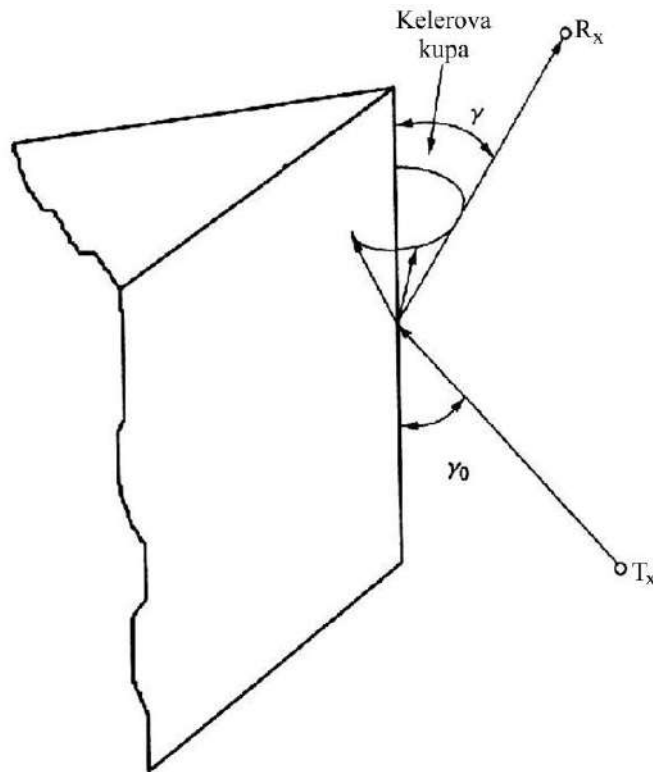
10.5 SLABLJENJE USLED DIFRAKCIJE

U slučajevima kada na direktnoj putanji između predajnog i prijemnog antenskog sistema postoji prepreka ili više njih (npr. brda, drveće, zgrade, itd.), koje su po svojim dimenzijama znatno veće od talasne dužine elektromagnetnog talasa dolazi do dopunskog slabljenja radio signala koje se naziva slabljenje usled difrakcije. Slobodna putanja direktne vidljivosti između primopredajnih antena sama po sebi nije dovoljna da bi se ocenilo da li treba razmatrati efekte difrakcije. Generalno, slabljenje usled difrakcije treba računati u svim slučajevima kada prepreke prodiru unutar I Frenelove zone, odnosno uz nešto strožiju analizu kada nije slobodna neka od Frenelovih zona zahtevanog višeg reda.

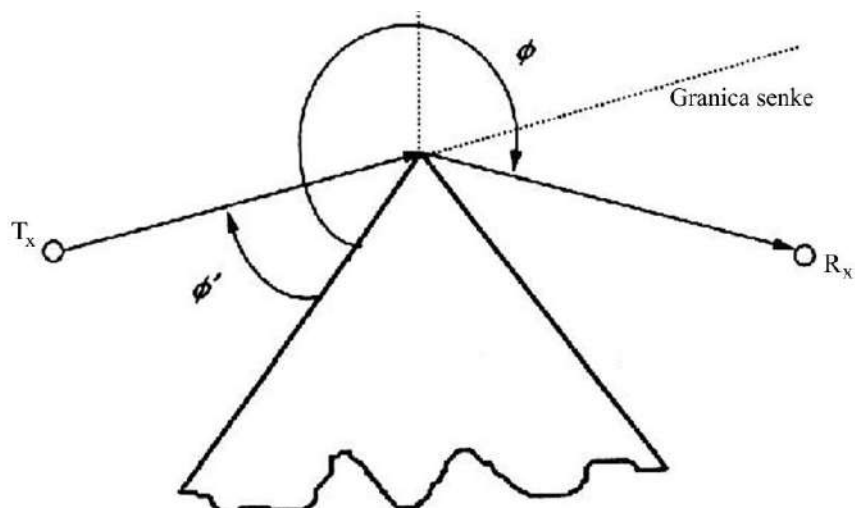
Određivanje dopunskog slabljenja uzrokovano difrakcijom predstavlja težak problem. Na vrednost slabljenja usled difrakcije, pored osnovne geometrije: pozicija predajnika, prijemnika i prepreke, utiče i fizički izgled prepreke, električne karakteristike prepreke, ugao nailaska radio talasa na prepreku, itd. U opštem slučaju prilikom analize problema difrakcije treba razmatrati trodimenzioni problem (ilustrovano na slici 10.1). Međutim, s obzirom na činjenicu da u praktičnim situacijama, vrednosti za veliki broj parametara ne mogu biti precizno određene (npr. da li je na vrhu nekog brda šuma određene gustine, da li je šuma listopadna ili četinarska i sl.), primenjuju se izvesne aproksimacije. Prvo, trodimenzioni problem se po pravilu aproksimira dvodimenzionim, kao što je to ilustrovano na slici 10.2. Drugo, uvodi se idealizovana forma prepreka što će biti razmotreno u nastavku teksta. Navedenim aproksimacijama dobijaju se vrednosti dovoljne tačnosti sa stanovišta praktične primene i pri tome se značajno olakšava proces estimacije slabljenja usled difrakcije.

Kao što je već navedeno, da bi efekti difrakcije mogli kvalitetno da se analiziraju na relativno jednostavan način neophodno je izvršiti idealizaciju forme prepreke. Prepreke se, u velikom broju slučajeva, mogu idealizovati na tri načina. Najčešće se pretpostavlja da je prepreka beskonačno tanka (zanemarljive debljine) i beskonačno široka (u praksi, značajno šira od prve Frenelove zone), odnosno da je u formi tzv. „oštrice noža”. Sa druge strane, prepreka se može modelovati i kao debela glatka prepreka sa precizno definisanim poluprečnikom zakrivljenja na njenom vrhu. U tom slučaju radi se o tzv. „cilindričnoj prepreci”. I za ovaj tip prepreke podrazumeva se da je beskonačno široka u odnosu na pravac prostiranja radio talasa. Konačno, prepreka se može modelovati i u formu sfere velikog prečnika (npr. slučaj kada se razmatra prostiranje radio talasa iza optičkog horizonta). S obzirom na činjenicu da u praksi prepreke imaju znatno kompleksnije forme, prethodno navedena modelovanja prepreka predstavljaju samo manje ili više dobre aproksimacije.

Posebno treba naglasiti da u onim slučajevima kada je putanja direktnog talasa znatno kraća od putanje difrakcionog talasa, neophodno je u razmatranje uzeti i dopunsko slabljenje usled propagacije zbog duže putanje.



Slika 10.1 - Nailazak radio talasa na difrakcionu prepreku pod proizvoljnim uglom



Slika 10.2 - Ilustracija difrakcije na prepreci (dvodimenziona analiza)

Tekst koji sledi odnosi se na one slučajeve u kojima je talasna dužina elektromagnetnog talasa značajno manja od dimenzije prepreke, tj. praktično, u najvećem broju slučajeva, za učestanosti koje su veće od 30 MHz.

10.5.1 Difrakcija na „oštrici noža”

Teorijsko rešenje problema difrakcije na prepreci koje odgovara slučaju „oštrice noža” poznato je i često navođeno. Prema ovom pristupu, realna situacija (prikazana na slici 10.2) modeluje se na takav način da se za razmatranu trasu sve visine svedu na pravac „direktne vidljivosti” predajnika i prijemnika, a sve eventualne prepreke modeluju formom oštrice noža (slike 10.3 i 10.4). U ovom ekstremno idealizovanom slučaju na osnovu geometrijskog rasporeda predajnika, prijemnika i prepreke definiše se jedan zajednički bezdimenzioni parametar ν koji se često naziva Frenelov argument. Parametar ν se može izraziti u više ekvivalentnih formi (izrazi 10.10-10.13) u zavisnosti od korišćenih geometrijskih parametra, pri čemu ima negativnu vrednost u slučaju kada je prepreka ispod linije direktne optičke vidljivosti (pozitivnu vrednost ima u suprotnom slučaju).

$$\nu = h \sqrt{\frac{2}{\lambda} \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)} \quad (10.10)$$

$$\nu = \theta \sqrt{\frac{2}{\lambda \left(\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} \right)}} \quad (10.11)$$

$$\nu = \sqrt{\frac{2h\theta}{\lambda}} \quad (10.12)$$

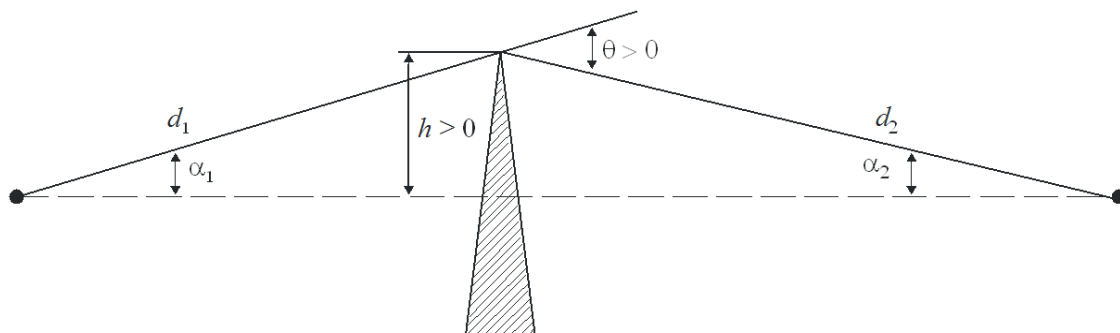
$$\nu = \sqrt{\frac{2d}{\lambda} \cdot \alpha_1 \alpha_2} \quad (10.13)$$

gde je:

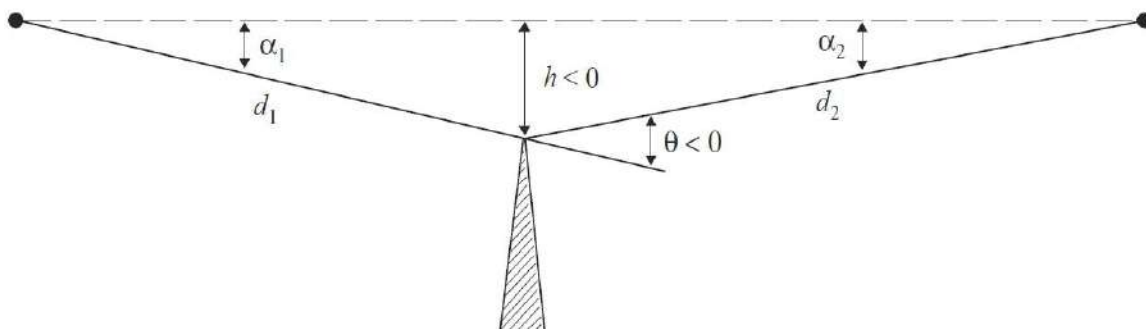
- h - visina vrha prepreke iznad linije koja direktno povezuje centre predajnog i prijemnog antenskog sistema, pri čemu u tom slučaju h ima pozitivnu vrednost (slika 10.3). U suprotnom, ako je vrh prepreke ispod linije koja direktno povezuje centre predajnog i prijemnog antenskog sistema, što je sada zapravo linija direktne optičke vidljivosti (slika 10.4), h ima negativnu vrednost.
- d_1, d_2 - rastojanja predajnog i prijemnog antenskog sistema do prepreke (u teorijskom smislu do vrha prepreke), respektivno.
- d - dužina propagacione putanje, tj. rastojanje između predajnog i prijemnog antenskog sistema.
- θ - ugao difrakcije [rad]. Znak ugla difrakcije je identičan znaku visine vrha prepreke h . Pretpostavlja se da je ugao difrakcije θ manji od približno 0.2 rad, odnosno 12° .

α_1, α_2 - uglovi koje zaklapaju predajni, odnosno prijemni, antenski sistem sa vrhom prepreke u odnosu na pravac koji direktno povezuje centre predajnog i prijemnog antenskog sistema, respektivno. Uglovi α_1 and α_2 imaju isti znak kao i visina vrha prepreke h .

Treba voditi računa da vrednosti parametara h , d , d_1 i d_2 u izrazima (10.10 - 10.13) moraju biti u istim jedinicama.



Slika 10.3 - Geometrijski model difrakcione prepreke
(prepreka probija liniju direktne vidljivosti predajnika i prijemnika)



Slika 10.4 - Geometrijski model difrakcione prepreke
(prepreka je ispod linije direktne vidljivosti predajnika i prijemnika)

Intenzitet električnog polja u regionu koji je „u senci“ (tj. iza prepreke) može se predstaviti u sledećoj formi:

$$\underline{E} = A \cdot e^{j\Delta} \cdot \underline{E}_0 \quad (10.14)$$

gde je \underline{E}_0 kompleksna vrednost električnog polja na mestu prijemnika pod pretpostavkom da prepreka ne postoji, A je amplituda, a Δ je fazni stav difraktovanog talasa u odnosu na direktan talas. Relacije za A (10.15) i Δ (10.16) mogu se izraziti preko tzv. kosinusnog i sinusnog Frenelovog integrala, pri čemu su oni iskazani jednačinama (10.18) i (10.19), respektivno.

$$A = \frac{S(\nu) + 0.5}{\sqrt{2} \sin\left(\Delta(\nu) + \frac{\pi}{4}\right)} \quad (10.15)$$

$$\Delta = \arctg\left(\frac{S(\nu) + 0.5}{C(\nu) + 0.5}\right) - \frac{\pi}{4} \quad (10.16)$$

Kompleksni Frenelov integral dat je jednačinom:

$$F_c(\nu) = \int_0^\nu \exp\left(j \frac{\pi s^2}{2}\right) ds = C(\nu) + jS(\nu) \quad (10.17)$$

gde je ν prethodno definisani Frenelov argument, a $C(\nu)$ i $S(\nu)$ realni i imaginarni delovi Frenelovog integrala dati jednačinama (10.18) i (10.19), respektivno.

$$C(\nu) = \int_0^\nu \cos\left(\frac{\pi}{2} s^2\right) ds \quad (10.18)$$

$$S(\nu) = \int_0^\nu \sin\left(\frac{\pi}{2} s^2\right) ds \quad (10.19)$$

Kompleksni Frenelov integral $F_c(\nu)$ može se izračunati numerički, sa dovoljnom tačnošću za najveći broj slučajeva za pozitivno ν koristeći sledeće izraze:

$$F_c(\nu) = \exp(jx) \sqrt{\frac{x}{4}} \sum_{n=0}^{11} \left[(a_n - jb_n) \left(\frac{x}{4}\right)^n \right] \quad \text{za } 0 \leq x < 4 \quad (10.20)$$

$$F_c(\nu) = \left(\frac{1+j}{2}\right) + \exp(jx) \sqrt{\frac{4}{x}} \sum_{n=0}^{11} \left[(c_n - jd_n) \left(\frac{4}{x}\right)^n \right] \quad \text{za } x \geq 4 \quad (10.21)$$

gde je:

$$x = 0.5\pi\nu^2 \quad (10.22)$$

a a_n , b_n , c_n i d_n predstavljaju *Boersma* koeficijente date u tabeli 10.1.

Tabela 10.1- *Boersma* koeficijenti kompleksnog Frenelovog integrala

n	a_n	b_n	c_n	d_n
0	+1.595769140	-0.000000033	+0.000000000	+0.199471140
1	-0.000001702	+4.255387524	-0.024933975	+0.000000023
2	-6.808568854	-0.000092810	+0.000003936	-0.009351341
3	-0.000576361	-7.780020400	+0.005770956	+0.000023006
4	+6.920691902	-0.009520895	+0.000689892	+0.004851466
5	-0.016898657	+5.075161298	-0.009497136	+0.001903218
6	-3.050485660	-0.138341947	+0.011948809	-0.017122914
7	-0.075752419	-1.363729124	-0.006748873	+0.029064067
8	+0.850663781	-0.403349276	+0.000246420	-0.027928955
9	-0.025639041	+0.702222016	+0.002102967	+0.016497308
10	-0.150230960	-0.216195929	-0.001217930	-0.005598515
11	+0.034404779	+0.019547031	+0.000233939	+0.000838386

Za negativne vrednosti ν , $C(\nu)$ i $S(\nu)$ računaju se na sledeći način:

$$C(-\nu) = -C(\nu) \quad (10.23)$$

$$S(-\nu) = -S(\nu) \quad (10.24)$$

Slabljenje difrakcije $J(\nu)$, izraženo u dB-jedinicama, koje unosi prepreka u formi oštrice noža u zavisnosti od parametra ν dato je relacijom (10.25), odnosno (10.26), i ilustrovano na slici 10.5.

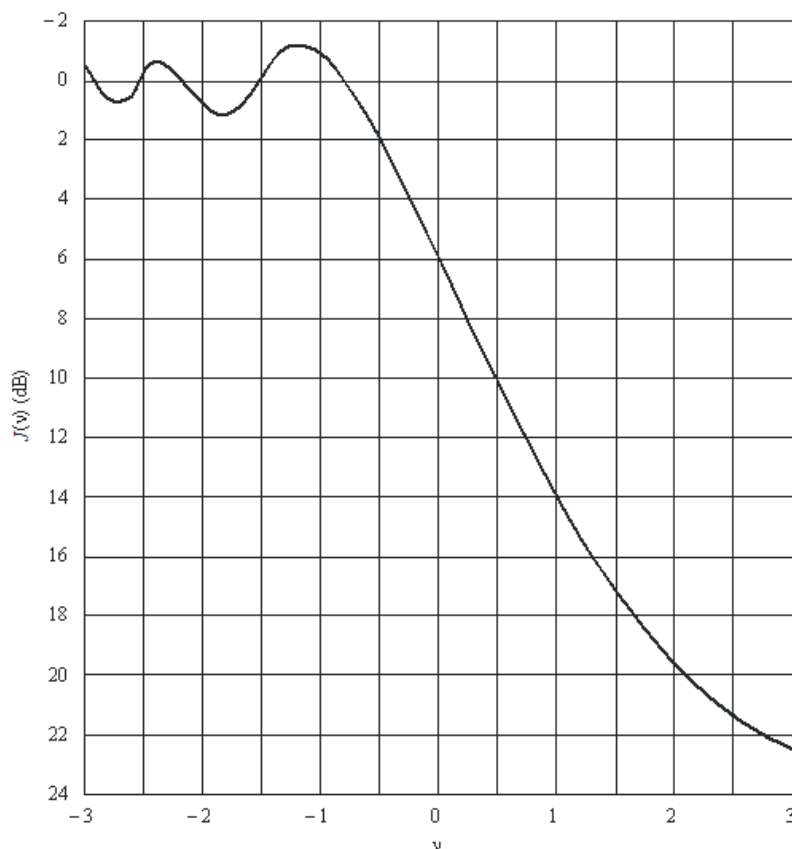
$$J(\nu) = \frac{1}{A(\nu)} \quad (10.25)$$

$$J(\nu) = -20 \log \left(\frac{\sqrt{[1 - C(\nu) - S(\nu)]^2 + [C(\nu) - S(\nu)]^2}}{2} \right) \quad (10.26)$$

Za vrednosti parametra ν koje su veće od -0.78 može se koristiti sledeći aproksimativni izraz:

$$J(\nu)[dB] = 6.9 + 20 \log \left(\sqrt{(\nu - 0.1)^2 + 1} + \nu - 0.1 \right) \quad (10.27)$$

Kao što se sa dijagrama prikazanog na slici 10.5 vidi, u zoni geometrijske senke ($h > 0$, $\nu > 0$) sa porastom h i ν slabljenje difrakcije značajno raste. U slučaju kada vrh prepreke dodiruje liniju direktne povezanosti primopredajnih antena ($h = 0$, $\nu = 0$) slabljenje usled difrakcije je 6 dB. Nasuprot tome, u slučaju kada je vrh prepreke ispod linije direktne povezanosti primopredajnih antena ($h < 0$, $\nu < 0$) vrednosti slabljenja usled difrakcije osciluju, pri čemu $J(\nu)$ teži nuli sa opadanjem vrednosti Frenelovog argumenta ($\nu \rightarrow \infty$).



Slika 10.5 - Funkcija slabljenja usled difrakcije na oštrici noža

10.5.1.1 Difrakcija na prepreci konačne debljine

Zaklanjanje prijemne lokacije (tj. male zemaljske stanice) od interferirajućih signala može se ostvariti postavljanjem veštačkog zaklona (prepreke) konačne širine upravno na pravac propagacije. U ovom slučaju, nivo električnog polja u senci zaklona može se izračunati podrazumevajući sistem od tri oštrice noža i to jedan na mestu vrha zaklona, a preostala dva na ivicama zaklona. Konstruktivna i destruktivna interferencija od tri nezavisna doprinosa rezultuje u značajnim fluktuacijama intenziteta električnog polja u zavisnosti od promene rastojanja reda veličine talasne dužine. Prosečno (srednje) i minimalno slabljenje usled difrakcije može se odrediti korišćenjem jednog relativno jednostavnog modela. Prema ovom modelu, u cilju estimacije minimalnog slabljenja usled difrakcije, amplitude pojedinačnih doprinosa se sabiraju, dok se za procenu prosečnog slabljenja primenjuje tzv. sabiranje po snazi. Navedeni model je testiran korišćenjem pouzdanog i tačnog modela uniformne teorije difrakcije – UTD (engl. *Uniform Theory of Diffraction*), kao i na osnovu rezultata merenja. Prema navedenom modelu, estimacija minimalnog i srednjeg slabljenja vrši se na sledeći način.

Korak 1: Izračuna se Frenelov argument ν za sve tri oštrice noža (vrh prepreke, leva ivica i desna ivica) koristeći jedan od navedenih izraza (10.10) do (10.13).

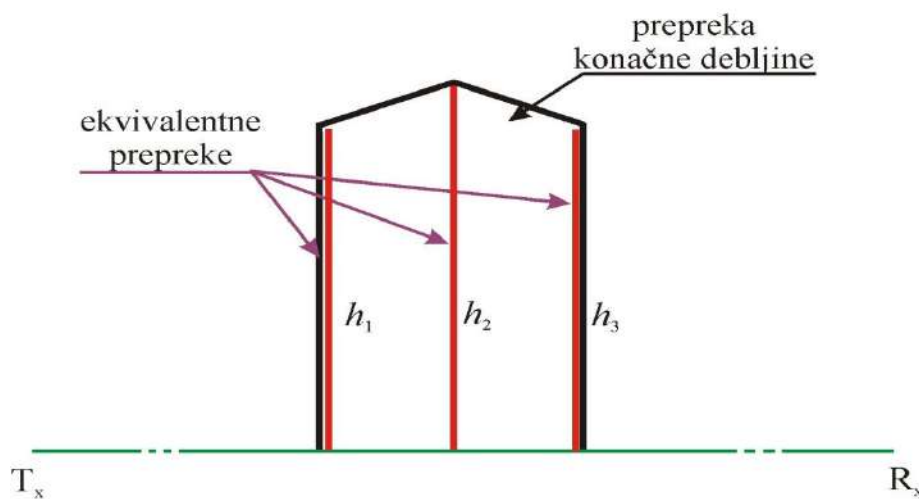
Korak 2: Izračunaju se pojedinačna slabljenja $j(\nu) = 10^{J(\nu)/20}$ za svaku prepreku (oštricu noža), ponaosob, na osnovu jednačine (10.27);

Korak 3: Izračuna se minimalno slabljenje difrakcije J_{\min} koristeći izraz:

$$J_{\min}(\nu)[dB] = -20 \log \left[\frac{1}{j_1(\nu)} + \frac{1}{j_2(\nu)} + \frac{1}{j_3(\nu)} \right] \quad (10.28)$$

Korak 4: Izračuna se srednje slabljenje usled difrakcije J_{av} koristeći izraz:

$$J_{av}(\nu)[dB] = -10 \log \left[\frac{1}{j_1^2(\nu)} + \frac{1}{j_2^2(\nu)} + \frac{1}{j_3^2(\nu)} \right] \quad (10.29)$$



Slika 10.6 - Ilustracija prepreke konačne debljine

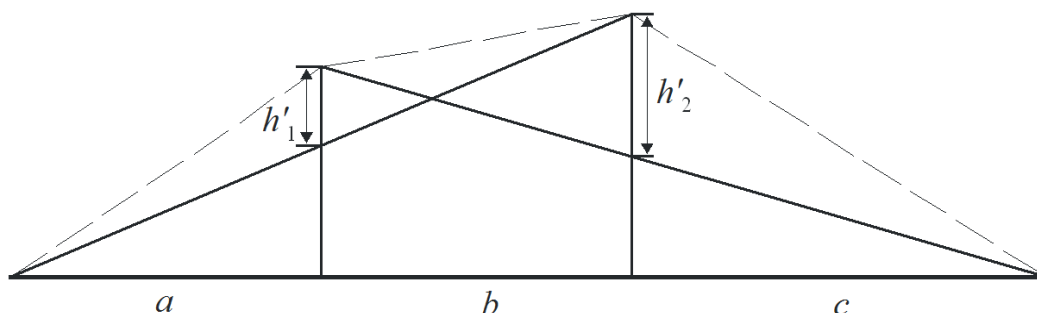
10.5.1.2 Difrakcija na dve usamljene prepreke

U okviru ovog modela podrazumeva se primena teorije difrakcije usamljene oštrice noža sukcesivno na dve prepreke, pri čemu vrh prve prepreke ima ulogu predajnika za potrebe proračuna difrakcionog slabljenja druge prepreke. Prvoj difrakcionoj putanji, definisanoj rastojanjima a i b i visinom prepreke h'_1 (ilustrovano na slici 10.7), odgovara slabljenje L_1 [dB]. Drugoj difrakcionoj putanji, definisanoj rastojanjima c i d i visinom prepreke h'_2 (ilustrovano na slici 10.7), odgovara slabljenje L_2 [dB]. L_1 i L_2 se određuju na osnovu izraza za slabljenje difrakcije na oštici noža (relacija 10.27). Pored toga, definiše se tzv. korekcionni član L_c [dB] na osnovu koga se u razmatranje uključuje međusobni razmak između prepreka b . Korekcionni član L_c [dB] određuje se na osnovu sledeće formule:

$$L_c = 10 \log \left[\frac{(a + b)(b + c)}{b(a + b + c)} \right] \quad (10.30)$$

Formula (10.30) važi u slučajevima kada su i L_1 i L_2 veći od 15 dB. Konačno, ukupno slabljenje usled difrakcije L određuje se na sledeći način:

$$L = L_1 + L_2 + L_c \quad (10.31)$$

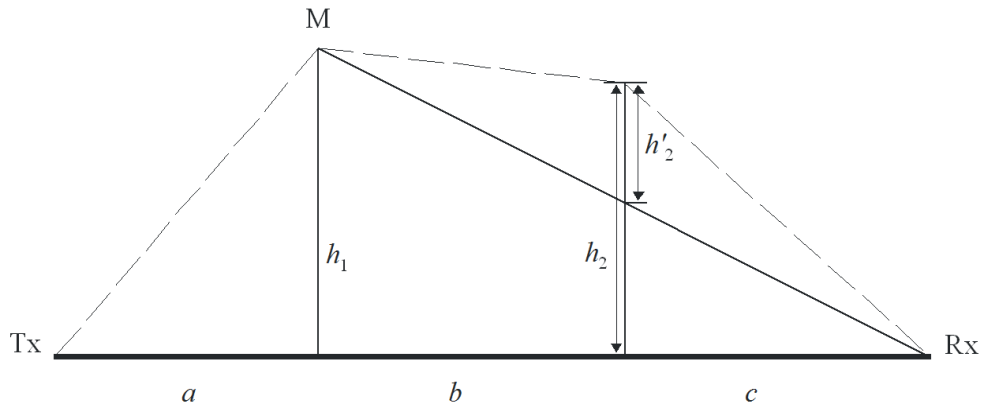


Slika 10.7 - Difrakcija na dve usamljene prepreke od kojih ni jedna nije dominantna

Prethodno opisani metod je naročito pogodan u slučajevima kada dve oštrice uzrokuju približno podjednako slabljenje.

U slučajevima kada je jedna oštrica dominantna (slika 10.8), prva difrakciona putanja se definiše rastojanjima a i $b+c$ i visinom prepreke h_1 . Druga difrakciona putanja se definiše rastojanjima b i c i visinom prepreke h'_2 .

Metod proračuna ukupnog slabljenja usled difrakcije u ovom slučaju podrazumeva primenu metode difrakcije na oštici noža sukcesivno na dve prepreke. Pre svega, veći odnos h/r određuje dominantnu prepreku M , gde je h visina prepreke iznad linije koja direktno povezuje predajnik T_X i prijemnik R_X , a r je poluprečnik prve Frenelove zone na mestu prepreke dat jednačinom. Potom se h'_2 , visina druge prepreke iznad linije koja direktno povezuje vrh dominantne prepreke M i prijemnik R_X , koristi za proračun gubitaka na trasi zbog prisustva druge prepreke.



Slika 10.8 - Difrakcija na dve sukcesivne prepreke od kojih je jedna dominantna

Korekcionni član T_c koji uzima u obzir razmak između dve prepreke, kao i njihove visine estimira se na sledeći način:

$$T_c = \left[12 - 20 \log_{10} \left(\frac{2}{1 - \frac{\alpha}{\pi}} \right) \right] \left(\frac{q}{p} \right)^{2p} \quad (10.32)$$

gde je:

$$p = h_1 \cdot \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(b+c)a} \right]^{1/2} \quad (10.33)$$

$$q = h_2 \cdot \left[\frac{2}{\lambda} \frac{(a+b+c)}{(a+b)c} \right]^{1/2} \quad (10.34)$$

$$\tan \alpha = \left[\frac{b(a+b+c)}{ac} \right]^{1/2} \quad (10.35)$$

h_1 i h_2 su visine iznad linije koja direktno povezuje predajni i prijemni antenski sistem.

Konačno, ukupno slabljenje usled difrakcije na dve sukcesivne prepreke, od kojih je jedna dominantna, dato je sledećom relacijom:

$$L = L_1 + L_2 - T_c \quad (10.36)$$

U slučaju cilindričnih prepreka, koje će kasnije biti razmotrene, može se primeniti identičan postupak s tom razlikom što se za proračun pojedinačnih slabljenja koriste izrazi definisani za slabljenje difrakcije na usamljenoj cilindričnoj prepreci.

Kada je difrakciona prepreka zgrada sa ravnim krovom, pokazano je da model jednostruke oštrice noža ne daje zadovoljavajuće rezultate. U tom slučaju neophodno je formirati fazorsku sumu dve komponente: difrakcije na dvostrukoj oštrici noža i dodatne komponente koja potiče od refleksije od krovne površine. Pokazano je da u slučajevima kada se refleksija od krova ne može precizno odrediti, model prepreke u formi dvostruke oštrice

noža uz zanemarivanje reflektovane komponente, daje dobre rezultate u smislu predikcije nivoa električnog polja.

10.5.1.3. Difrakcija na višestrukim preprekama

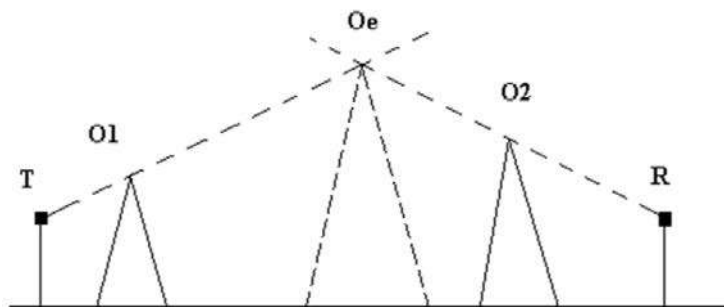
U slučaju da duž trase postoji više prepreka koje mogu da se modeluju „oštricom noža”, ukupno slabljenje usled difrakcije može se izračunati korišćenjem jednog od sledećih metoda:

1. *Bullington*,
2. *Epstein-Peterson*,
3. Stari ITU-R 526-8 (*Deygout*), i
4. Novi ITU-R 526-10.

Svaki od pomenutih algoritama ima određene prednosti i mane.

Bullington-ov metod

Osnovna prednost *Bullington* metoda je njegova jednostavnost. Ukupno slabljenje usled postojanja većeg broja prepreka na trasi aproksimira se slabljenjem usled difrakcije na jednoj - ekvivalentnoj prepreci. Ekvivalentna prepreka se određuje na taj način što se prvo sa strane predajnika odredi „najgora prepreka” u pravcu prijemnika. Pod „najgorom preprekom” podrazumeva se ona prepreka koja najviše zaklanja optičku vidljivost prema prijemniku (na slici 10.9 prepreka O1). U drugom koraku se sa strane prijemnika sprovede identičan postupak (na slici 10.9 prepreka O2). Konačno, ekvivalentna prepreka određena je presekom dve poluprave od kojih je jedna definisana tačkom predajnog antenskog sistema i njegove najgore prepreke, a druga prijemnim antenskim sistemom i njegovom najgorom preprekom. Nakon definisanja ekvivalentne prepreke, sve ostale prepreke na trasi se zanemaruju, a smatra se da je ekvivalentna prepreka sama na trasi. Na slici 10.9 prikazan je način određivanja pozicije i visine ekvivalentne prepreke (Oe). Mana *Bullington*-ovog algoritma je u tome što na taj način značajne prepreke na trasi mogu biti zanemarene, što kao posledicu ima da metod daje suviše optimistične vrednosti po pitanju nivoa električnog polja na prijemu.

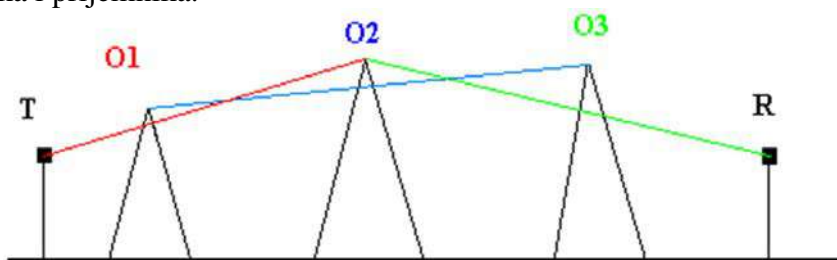


Slika 10.9 - *Bullington* metod

Epstein-Peterson-ov metod

Epstein-Peterson metod baziran je na pretpostavci da se ukupno slabljenje može dobiti kao suma parcijalnih slabljenja na pojedinačnim deonicama, pri čemu su deonice definisane

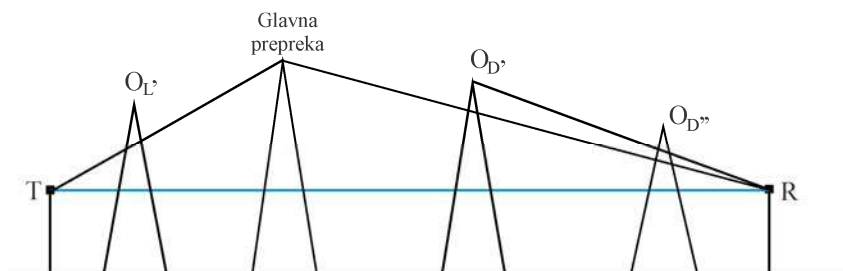
po principu prostiranja signala „od prepreke do prepreke”. Osnovna logika ovog algoritma najlakše se može objasniti na konkretnom primeru. Neka između predajnika i prijemnika postoje 3 prepreke kao što je ilustrovano na slici 10.10. U prvom koraku računa se slabljenje koje odgovara prepreci O1, pri čemu se podrazumeva da je prijemnik na prepreci O2. U drugom koraku se određuje vrednost parcijalnog slabljenja za prepreku O2 pri čemu se pretpostavlja da je predajnik na poziciji O1, a prijemnik na poziciji O3. Na identičan način se određuju parcijalna slabljenja za sve preostale prepreke. Sabiranjem tako izračunatih parcijalnih slabljenja dobija se traženo ukupno slabljenje usled difrakcije. *Epstein – Peterson* metod otklanja mogućnost da značajne prepreke budu zanemarene, ali u izvesnim situacijama može dovesti do nerealno velikih vrednosti ukupnog slabljenja usled difrakcije. Pri tome, posebno treba voditi računa da se pre primene *Epstein – Peterson* metoda izdvoje i iz daljeg proračuna isključe sve one prepreke koje ne ulaze u I Frenelovu zonu definisanu za celu trasu između predajnika i prijemnika.



Slika 10.10 - *Epstein-Peterson* metod

Stari ITU-R P.526-8 (*Deygout*) metod

U prvom koraku *Deygout* metoda, za sve definisane prepreke određuje se Frenelov argument v (izračunat nekom od formula 10.10 – 10.13). Prepreka kojoj odgovara maksimalna vrednost Frenelovog argumenta proglašava se „glavnom” i za nju se određuje parcijalno slabljenje kao da je sama na trasi između predajnog i pijemnog antenskog sistema. U drugom koraku trasa se deli na dve poddeonice - levo i desno od glavne prepreke. U okviru leve deonice glavna prepreka preuzima ulogu virtuelnog prijemnika, a u desnoj ulogu virtuelnog predajnika (slika 10.11). Za novoformirane poddeonice, prethodno navedeni postupak se rekurzivno ponavlja sve dok se za sve prepreke ne odrede odgovarajuća parcijalna slabljenja. Sabiranjem izračunatih parcijalnih slabljenja dobija se ukupno slabljenje za celokupnu trasu između predajnika i prijemnika. Ovaj algoritam se pokazao kao veoma dobar za slučaj tri ili četiri prepreke. Ipak, ukoliko ne postoji dominantna prepreka, predviđeno slabljenje će biti preveliko, tj. predikcija nivoa električnog polja će biti pesimistična.



Slika 10.11. - *Deygout* metod

Novi ITU–R P.526-13 metod – „oštrice noža” u kaskadi

U prvom koraku novog ITU–R P.526-13 metoda, za sve definisane prepreke određuje se Frenelov argument v . Prepreka kojoj odgovara maksimalna vrednost Frenelovog argumenta v_p proglašava se „glavnom” i za nju se određuje parcijalno slabljenje $J(v_p)$ kao da je sama na trasi između predajnog i pijemnog antenskog sistema. U drugom koraku, ako je $v_p > -0.78$, prethodno navedena procedura se na identičan način ponavlja još dva puta (slika 10.12):

- od predajnika do glavne prepreke, pri čemu se određuju v_t i parcijalno slabljenje $J(v_t)$;
- od glavne prepreke do prijemnika, pri čemu se određuju v_r i parcijalno slabljenje $J(v_r)$.

Ukupno slabljenje usled difrakcije, L , određuje se na sledeći način:

$$L = J(v_p) + T [J(v_t) + J(v_r) + C] \quad \text{za } v_p > -0.78 \quad (10.37)$$

$$L = 0 \quad \text{za } v_p \leq -0.78 \quad (10.38)$$

gde je:

C - empirijski određen korekcionni faktor:

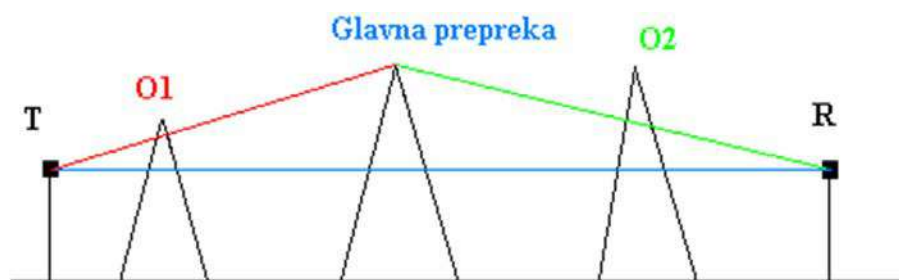
$$C = 10.0 + 0.04D \quad (10.39)$$

gde je D rastojanje između predajnika i prijemnika [km],

T - Funkcija definisana formulom:

$$T = 1.0 - \exp[-J(v_p) / 6.0] \quad (10.40)$$

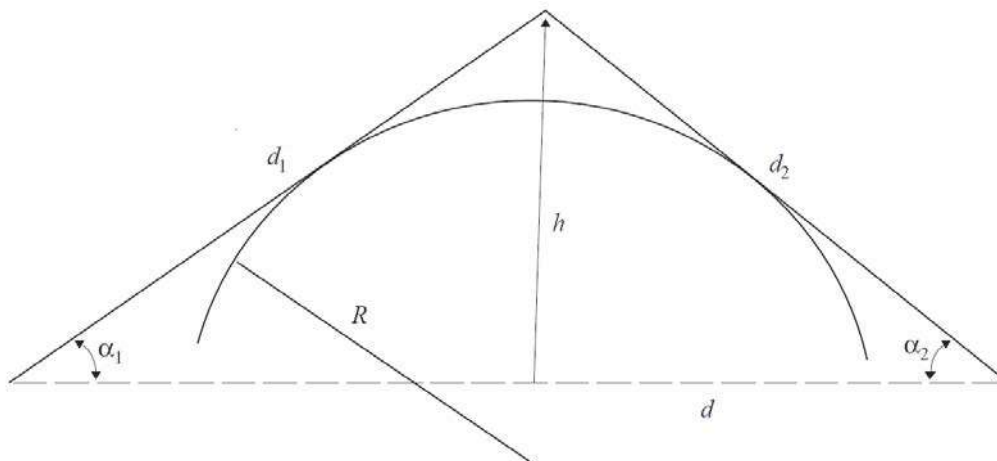
Treba primetiti da je novi ITU–R P.526-13 metod, baziran na prethodno opisanom *Deygout* metodu, ali je ograničen na maksimalno tri prepreke.



Slika 10.12 - ITU-R P.526-13 metod – „oštrice noža” u kaskadi

10.5.2 Difrakcija na usamljenoj cilindričnoj prepreci

Geometrija cilindrične prepreke poluprečnika R ilustrovana je na slici 10.13. Rastojanja d_1 i d_2 , kao i visina prepreke iznad pravca koji direktno povezuje primopredajne antene h , definisana su u odnosu na tačku preseka tangenti prepreke (tzv. „vršna tačka”).



Slika 10.13 - Geometrija cilindrične prepreke poluprečnika R

Polazeći od definisane geometrije predajnika, prijemnika i prepreke, slabljenje usled difrakcije može se izračunati na sledeći način:

$$A [dB] = J(\nu) + T(m,n) \quad (10.41)$$

gde je:

$J(\nu)$ - slabljenje difrakcije ekvivalentne prepreke u formi oštrice noža postavljene u vršnoj tački.

$T(m,n)$ - dopunsko slabljenje zbog zakrivljenja prepreke:

$$T(m,n)[dB] = 7.2m^{1/2} - (2 - 12.5n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2, \text{ za } mn \leq 4 \quad (10.42)$$

$$T(m,n)[dB] = -6 - 20\log(mn) + 7.2m^{1/2} - (2 - 17n)m + 3.6m^{3/2} - 0.8m^2, \text{ za } mn > 4 \quad (10.43)$$

i

$$m = R \left[\frac{d_1 + d_2}{d_1 d_2} \right] \left/ \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{1/3} \right. \quad (10.44)$$

$$n = h \left[\frac{\pi R}{\lambda} \right]^{2/3} \left/ R \right. \quad (10.45)$$

gde su R , d_1 , d_2 , h i λ izraženi u osnovnim jedinicama. Treba primetiti da kada R teži nuli, m , a posledično i $T(m,n)$, takođe, teže nuli. U tom slučaju izraz (10.41) svodi se na izraz za difrakciju na oštrici noža za cilindar nultog poluprečnika.

Model difrakcije na usamljenoj cilindričnoj prepreci se može koristiti za tipične geomorfološke prepreke. Međutim, ovaj model nije odgovarajući za trans-horizontske putanje preko vode, odnosno putanje preko veoma ravnog terena, gde je metod opisan u 10.5.3 (difrakcija preko sferične zemlje) znatno primenljiviji.

10.5.2.1 Višestruki izolovani cilindri

Ovaj metod preporučuje se za proračun slabljenja usled difrakcije preko neregularnog terena koji ima jednu ili više prepreka koje narušavaju direktnu optičku vidljivost između predajnika i prijemnika, pri čemu se svaka prepreka može modelovati u formi cilindra istog poluprečnika kao što je poluprečnik krivine na vrhu prepreke. Korišćenje ovog metoda preporučuje se u slučajevima kada je poznat detaljan vertikalni profil terena.

Vertikalni profil terena treba da bude dat u formi skupa odbiraka visina terena iznad nivoa mora, pri čemu prvi i poslednji odbirak odgovaraju nadmorskim visinama predajne i prijemne antene. Vrednosti rastojanja i nadmorskih visina smeštaju se u nizove indeksirane od 1 do N , gde je N broj odbiraka. Odgovarajuće oznake definisane su na sledeći način:

h_i : nadmorska visina i -te tačke;

d_i : rastojanje i -te tačke od predajnika;

d_{ij} : rastojanje između tačaka i i j .

Prvi korak u primeni ovog metoda jeste analiza profila terena korišćenjem tzv. „metoda zategnutog kanapa“. Na profilu terena pronalaze se tačke koje bi bile dotaknute kada bi se kanap zategao preko profila terena od predajnika do prijemnika (ilustrovano na slici 10.14). Navedena procedura će biti detaljno opisana u nastavku teksta, pri čemu su vrednosti visina i rastojanja dati u osnovnim jedinicama, a svi uglovi u radijanima. Metod uključuje aproksimacije koje su validne za radio putanje koje zaklapaju mali ugao (manji od oko 5°) u odnosu na pravac horizonta. U suprotnom, moraju se koristiti kompleksniji geometrijski proračuni.

Tačke oslonca kanapa određuju se po principu najvećeg elevacionog ugla posmatrano u odnosu na pravac lokalnog horizonta prethodne tačke u nizu, odnosno sledeća tačka oslonca jeste ona tačka kojoj odgovara najveći elevacioni ugao. Pri tome, polazi se sa jednog kraja profila i završava na drugom. Gledano iz neke tačke oslonca s , elevacija i -tog odbirka na profilu data je sledećom relacijom ($i > s$):

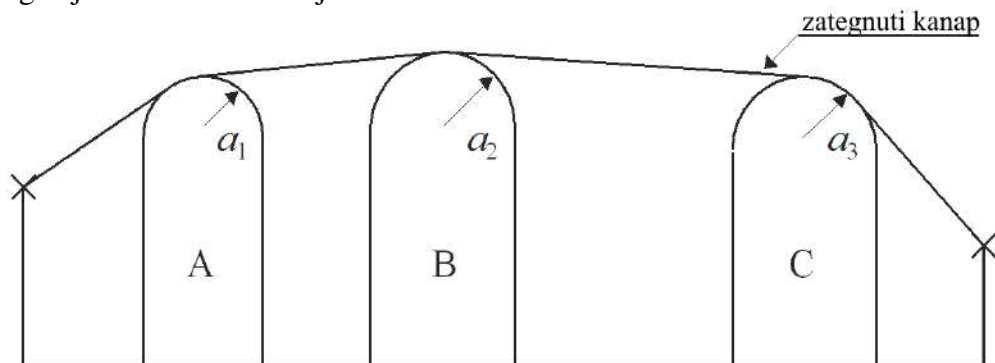
$$e = [(h_i - h_s) / d_{si}] - [d_{si} / 2 R_{eff}] \quad (10.46)$$

gde je:

R_{eff} - efektivni poluprečnik Zemlje dat relacijom (10.47):

$$R_{eff} = K \times 6371 \text{ (km)} \quad (10.47)$$

gde je K faktor refrakcije.

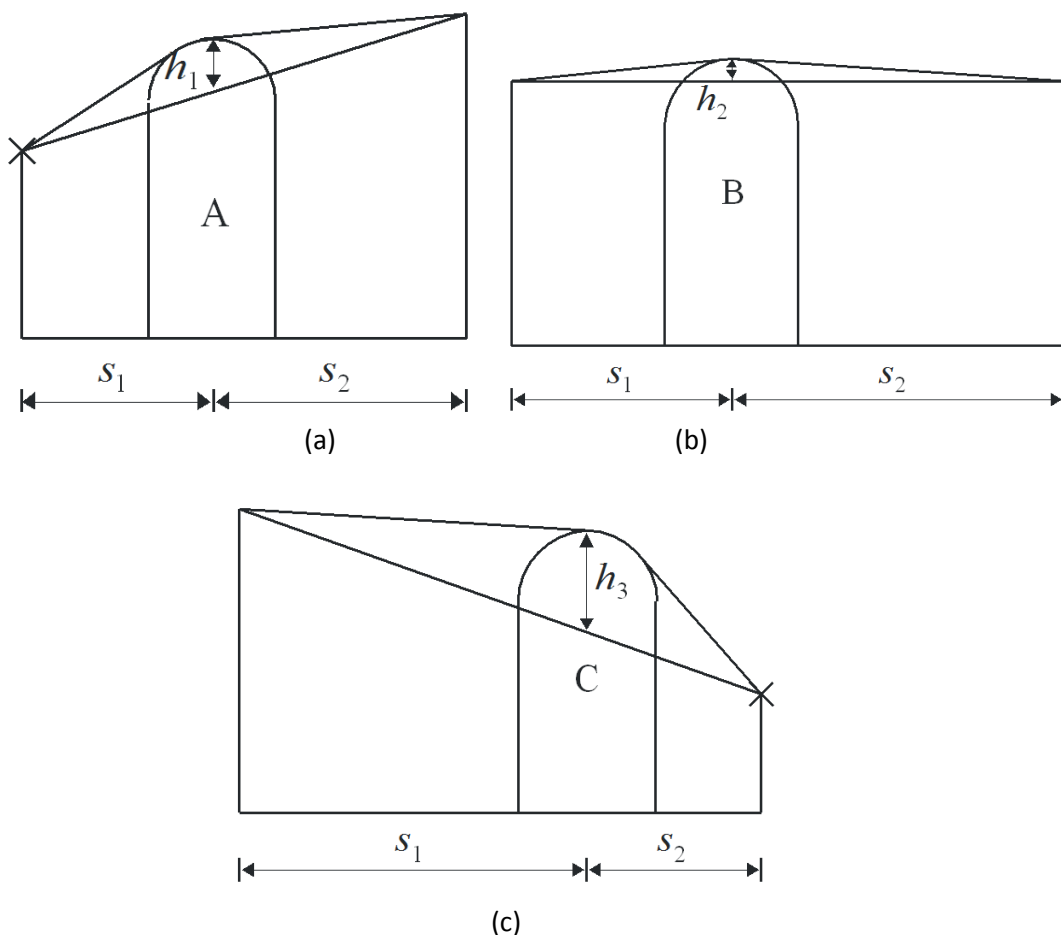


Slika 10.14 - Ilustracija metode „zategnutog kanapa“

U sledećem koraku, nakon utvrđivanja tačaka oslonca kanapa, potrebno je izvršiti identifikaciju pojedinačnih prepreka. Naime, grupe tačaka u nizu koje predstavljaju uzastopne odbirke profila terena, različite od predajnika ili prijemnika, a koje su na rastojanjima manjim od 250 m, treba tretirati kao jedinstvene prepreke.

Svaka utvrđena pojedinačna prepreka modeluje se u formi cilindra, na način kako je ilustrovano na slici 10.14. Geometrija svakog pojedinačnog cilindra razmatra se na isti način kao što je to ilustrovano na slici 10.13. Treba primetiti da na slici 10.15 rastojanja s_1 i s_2 za svaki cilindar predstavljaju horizontalna rastojanja od krajnjih (terminalna tačka ili najviša tačka sledeće prepreke) do najviše tačke konkretne prepreke koja se razmatra i da su ova rastojanja za male uglove koji zaklapa radio putanja u odnosu na pravac horizonta približno jednaka kosim rastojanjima d_1 i d_2 prikazanim na slici 10.13. Za slučaj da radio putanja zaklapa ugao veći od 5° u odnosu na pravac horizonta, neophodno je umesto rastojanja s_1 i s_2 koristiti kosa rastojanja d_1 i d_2 (slika 10.13).

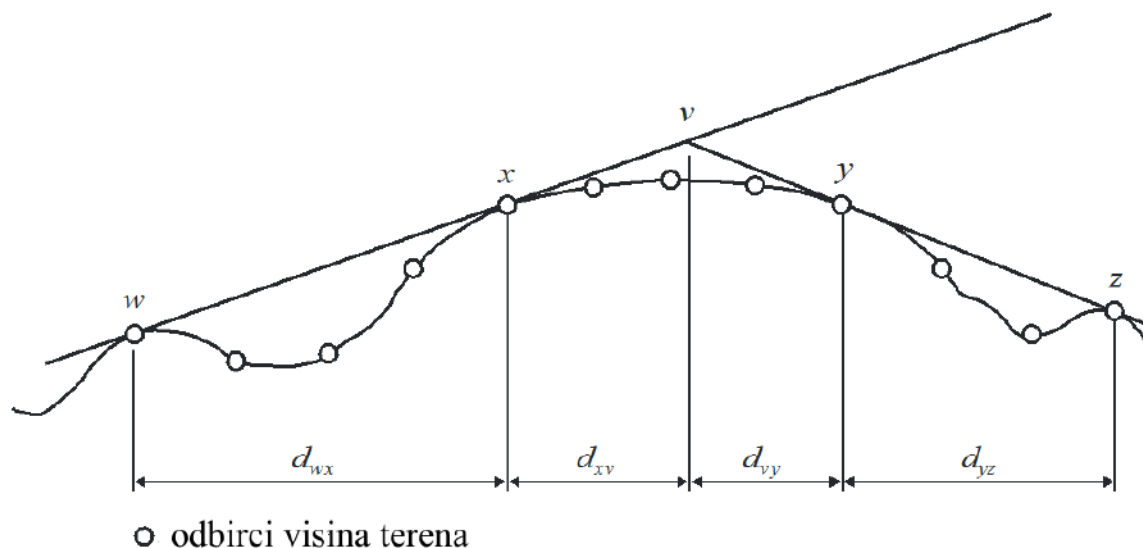
Visina h svakog cilindra definisana je vertikalnim rastojanjem od najviše tačke cilindra do linije koja direktno povezuje najviše tačke susednih prepreka ili najvišu tačku susedne prepreke i krajnju, odnosno terminalnu tačku.



Slika 10.15 - Modelovanje pojedinačnih prepreka sa slike 10.14

Na slici 10.16 ilustrovana je geometrija jedne prepreke koja se sastoji od više tačaka oslonca kanapa u nizu. Prvo, treba definisati sledeće karakteristične tačke na profilu:

- w: prethodna tačka oslonca kanapa koja nije deo razmatrane prepreke ili tačka koja odgovara poziciji predajnika;
- x: prva tačka u nizu koja formira posmatranu prepreku;
- y: poslednja tačka u nizu koja formira posmatranu prepreku;
- z: sledeća tačka oslonca kanapa koja nije deo razmatrane prepreke ili tačka koja odgovara poziciji prijemnika;
- v: vršna tačka iznad prepreke dobijena na način kako je ilustrovano na slici 10.16.



Slika 10.16 - Geometrija kompleksne prepreke

U slučaju kada prepreku formira samo jedna tačka oslonca, tačke x i y imaju istu vrednost. Takođe, treba primetiti da za kaskadne cilindre tačke y i z za jedan cilindar predstavljaju tačke w i x za sledeći, itd.

Na osnovu utvrđenih tačaka oslonca kanapa, za svaku pojedinačnu prepreku vrši se aproksimacija tačaka profila terena formom cilindra. Postoji više načina za ovu aproksimaciju, ali zbog obimnosti ove aproksimacije neće biti posebno razmotrene u okviru ovog dokumenta (više detalja može se naći u preporuci ITU.R P.526-13). Konačno, nakon određivanja osnovnih parametara cilindra (pozicija i poluprečnik R) za sve prepreke određuju se parametri s_1 , s_2 i h u skladu sa prethodno navedenom procedurom.

Polazeći od prethodno definisanog modela, slabljenje usled difrakcije određuje se kao suma četiri komponente:

$$L_d[dB] = \sum_{i=1}^N L'_i + L''(wx)_1 + \sum_{i=1}^N L''(yz)_i - 20 \log C_N \quad (10.48)$$

gde je:

- $\sum L'_i$ - zbir pojedinačnih slabljenja usled difrakcije na cilindričnim preprekama;
- $L''(wx)_1$ - slabljenje poddeonice od predajnika do prvog cilindra;
- $\sum L''(yz)_i$ - zbir slabljenja difrakcije poddeonica između cilindara, odnosno poslednjeg cilindra i prijemnika (između tačaka y i z);
- $20 \log C_N$ - korekcionni član za difrakciju na višestrukim cilindrima.

Korekcionni faktor C_N određuje se na sledeći način:

$$C_N = (P_a / P_b)^{0.5} \quad (10.49)$$

gde je :

$$P_a = s_1 \prod_{i=1}^N [(s_2)_i] \left(s_1 + \sum_{j=1}^N [(s_2)_j] \right) \quad (10.50)$$

$$P_b = (s_1)_1 (s_2)_N \prod_{i=1}^N [(s_1)_i + (s_2)_i] \quad (10.51)$$

pri čemu se članovi dati u malim zagradama odnose na pojedinačne cilindre.

10.5.3 Difrakcija na sferičnoj Zemlji

10.5.3.1 Uticaj električnih karakteristika površine Zemlje

Uticaj električnih karakteristika površine Zemlje na slabljenje usled difrakcije može se proceniti na osnovu normalizovanog faktora površinske admitanse Q , koji je definisan formulama (10.52) i (10.53), za horizontalnu i vertikalnu polarizaciju, respektivno.

$$Q_H = 0.36 (R_{eff} \cdot f)^{-1/3} [(\epsilon - 1)^2 + (18000 \sigma / f)^2]^{-1/4}, \text{ za hor. polarizaciju} \quad (10.52)$$

$$Q_V = K_H [\epsilon^2 + (18000 \sigma / f)^2]^{1/2}, \text{ za vertikalnu polarizaciju} \quad (10.53)$$

gde je:

- R_{eff} - efektivni poluprečnik Zemlje [km],
- ϵ - efektivna relativna permitivnost,
- σ - efektivna provodnost [S/m], i
- f - frekvencija [MHz].

Tipične vrednosti parametra Q prikazane su na slici 10.17. U slučajevima kada je vrednost parametra Q manja od 0.001, električne karakteristike Zemlje nisu od interesa. Sa druge strane, kada je vrednost parametra Q veća od 0.001, ali manja od 1 može se koristiti postupak za proračun slabljenja usled difrakcije naveden u narednom poglavlju. Međutim, u situacijama kada je vrednost parametra Q veća od 1, što se dešava samo u slučaju vertikalne polarizacije, pri čemu je radna frekvencija za prostiranje iznad kopna manja od 200 kHz, odnosno za prostiranje iznad morskih površina manja od 10 MHz, za proračun slabljenja usled difrakcije treba koristiti poseban numerički postupak.

10.5.3.2 Proračun slabljenja usled difrakcije

Vrednost slabljenja usled difrakcije na sferičnoj Zemlji (slabljenje nivoa električnog polja E u odnosu na nivo koji bi postojao u uslovima prostiranja u slobodnom prostoru E_0) može se odrediti na sledeći način:

$$20 \log \frac{E_0}{E} [dB] = F(X) + G(Y_1) + G(Y_2) \quad (10.54)$$

gde je X normalizovana dužina putanje između antenskih sistema postavljenih na normalizovanim visinama Y_1 and Y_2 .

X i Y se mogu odrediti na sledeći način:

$$X = 2.188 \cdot \beta \cdot f^{1/3} \cdot R_{eff}^{-2/3} \cdot d \quad (10.55)$$

$$Y = 9.575 \times 10^{-3} \cdot \beta \cdot f^{2/3} \cdot R_{eff}^{-1/3} \cdot h \quad (10.56)$$

gde je:

d - dužina putanje [km],

R_{eff} - efektivni poluprečnik Zemlje [km],

h - visina antene [m], i

f - frekvencija [MHz].

Uvođenjem parametra β u obzir se uzimaju tip zemljišta i polarizacija. Veza između parametra β i prethodno definisanog normalizovanog faktora površinske admitanse Q određena je poluempirijski i data formulom:

$$\beta = \frac{1 + 1.6 Q^2 + 0.67 Q^4}{1 + 4.5 Q^2 + 1.53 Q^4} \quad (10.57)$$

U slučajevima kada se razmatra horizontalna polarizacija bez obzira na radnu frekvenciju, kao i u slučajevima kada se razmatra vertikalna polarizacija, pri čemu je radna frekvencija za prostiranje iznad kopna veća od 20 MHz, odnosno za prostiranje iznad morskih površina veća od 300 MHz, vrednost parametra β približno je jednaka 1.

U slučajevima kada se razmatra vertikalna polarizacija pri čemu je radna frekvencija za prostiranje iznad kopna manja od 20 MHz, odnosno za prostiranje iznad morskih površina manja od 300 MHz, vrednost parametra β treba računati kao funkciju parametra Q . Međutim, u tom slučaju, u okviru izraza za Q moguće je zanemariti parametar ε pri čemu se dobija:

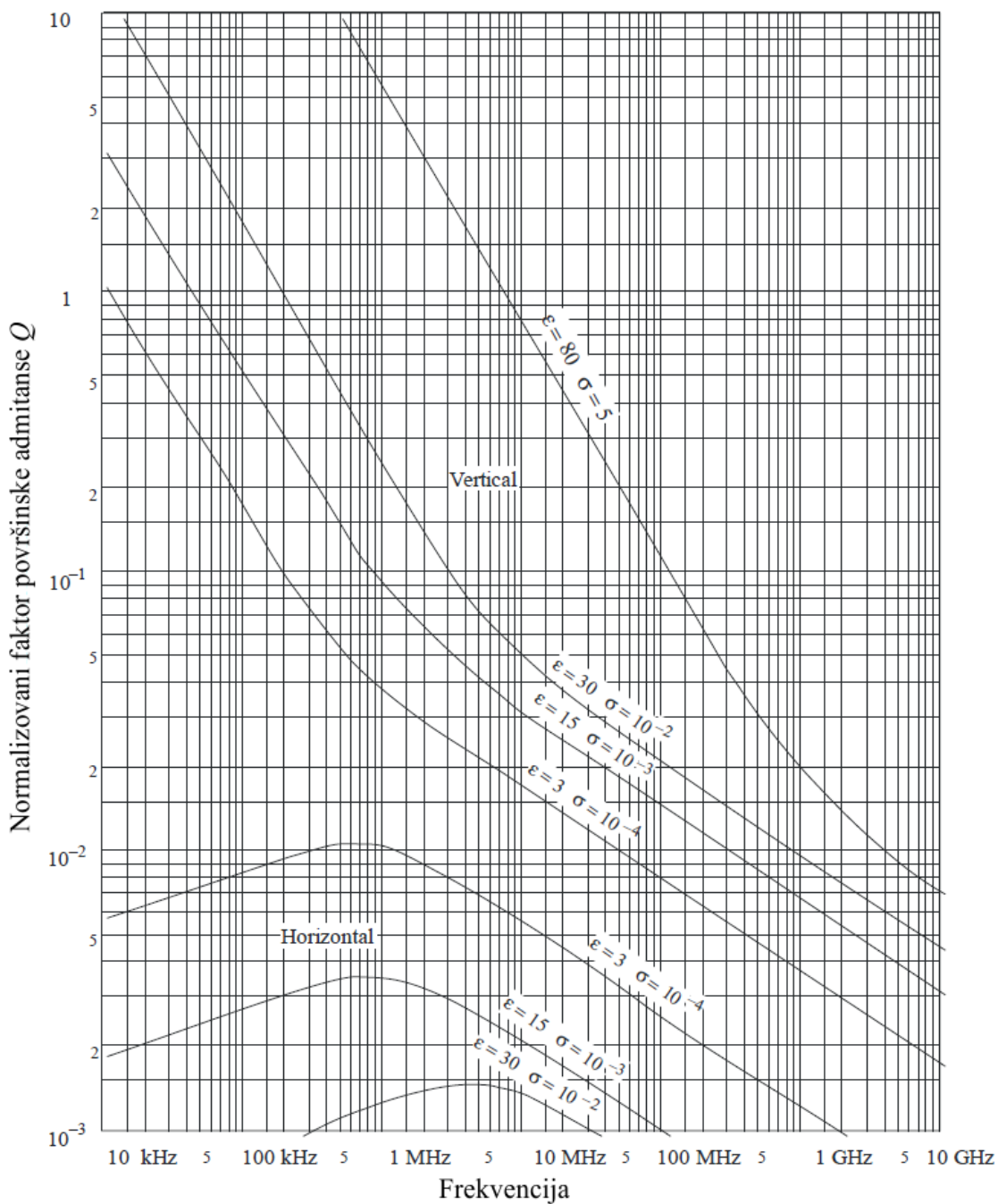
$$Q^2 \approx 6.89 \frac{\sigma}{k^{2\beta} f^{5\beta}} \quad (10.58)$$

gde je:

σ - efektivna provodnost [S/m],

k - faktor refrakcije, i

f - frekvencija [MHz].



Slika 10.17 - Normalizovani faktor površinske admitanse Q

Član u izrazu za vrednost slabljenja usled difrakcije na sferičnoj Zemlji (10.54) koji zavisi od dužine propagacione putanje definisan je formulama:

$$F(X) = 11 + 10 \log(X) - 17.6 X, \quad \text{za } X \geq 1.6 \tag{10.59}$$

$$F(X) = -20 \log(X) - 5.6488X^{1.425}, \quad \text{za } X < 1.6 \tag{10.60}$$

Član za korekciju visine antene u izrazu (10.54) definisan je formulama:

$$G(Y) \cong 17.6(B-1.1)^{1/2} - 5\log(B-1.1) - 8, \quad \text{za } B > 2 \quad (10.61)$$

$$G(Y) \cong 20\log(B+0.1B^3), \quad \text{za } B \leq 2 \quad (10.62)$$

Ako je $G(Y) < 2 + 20\log Q$, $G(Y)$ uzima vrednost $2 + 20\log Q$.

U formulama (10.61) i (10.62) B je definisano na sledeći način:

$$B = \beta Y \quad (10.63)$$

U najvećem broju slučajeva tačnost prethodno definisanog postupka bolja je od 2 dB.

11. TEHNIČKO REŠENJE STACIONARNE MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

11.1 UVOD

Mreža senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije treba da omogući kontinualnu proveru kvaliteta prijemnog signala nacionalne DVB-T2 mreže. U osnovi, pod pojmom „senzora” u smislu ovog projekta podrazumevaju se daljinski kontrolisani prijemnici koji treba da obezbede nadgledanje nacionalne DVB-T2 mreže 24 časa dnevno 365 dana u godini. S obzirom na način realizacije nacionalne DVB-T2 mreže, u okviru koje se intenzivno koristi SFN način rada, odlučeno je, uz saglasnost Investitora, da se u okviru mreže senzora za praćenje kvaliteta rada digitalne televizije kontinualno nadgleda samo signal koji potiče od DVB-T2 predajnika čija je efektivno zračena snaga (ERP_{max}) veća od 3000 W. Naime, u SFN mrežama, u velikom procentu teritorije, predajnici velike snage maskiraju signal koji potiče od predajnika male snage. To praktično znači da bi za potrebe nadgledanje signala svih predajnika nacionalne DVB-T2 mreže trebalo instalirati najmanje onoliko senzora koliko ima DVB-T2 predajnika (preko 200). Međutim, cena jednog ovakvog sistema bi bila ekstremno velika. Uzimajući u obzir realne potrebe za nadgledanjem kvaliteta rada digitalne televizije, takva investicija bi bila ekonomski neopravdana i suštinski neracionalna. U okviru tabele 11.1 dat je spisak DVB-T2 predajnika velike snage.

Dodatno, sa stanovišta ekonomske opravdanosti izgradnje jedne ovakve mreže, usvojen je princip da se za lokacije na koje treba postavljati senzore koriste isključivo kontrolno merne stanice za nadgledanje radio-frekvencijskog spektra koje Investitor planira da realizuje u budućnosti i koje će u potpunosti biti u vlasništvu Investitora. To praktično znači da za realizaciju stacionarne mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije neće biti potrebno rešavati imovinsko-pravne poslove, postavljati nove antenske stubove, kao ni realizovati poseban sistem prenosa neophodnog za povezivanje mreže senzora sa centrom sistema za nadgledanje. Ovakav pristup u značajnoj meri smanjuje vrednost ukupne investicije.

R. br.	DVB-T2 predajnik	MUX1		MUX2		MUX3	
		TV kanal	ERP _{max} [W]	TV kanal	ERP _{max} [W]	TV kanal	ERP _{max} [W]
1.	AVALA	22	81280	28	87300	45	87700
2.	BESNA KOBILA	35	41000	39	40000	43	43853
3.	CER	32	3802	34	3750	37	3622
4.	CRNI VRH PIROT	22	3620	25	3715	28	3820
5.	CRVENI ČOT	24	162180	30	162180	41	158490
6.	DELI JOVAN	23	20000	43	20000	41	20000
7.	JAGODINA CRNI VRH	26	81280	29	84830	35	93970
8.	JASTREBAC	27	73400	38	83000	42	88920
9.	KIKINDA	32	73621	55	85114	29	74820
10.	KOPAONIK	24	20000	32	20000	34	20000
11.	MALJEN	32	3162	34	3548	37	3499
12.	OVČAR	23	60800	36	63100	39	95500
13.	RUDNIK 1	26	8100	29	7480	35	7550
14.	SOMBOR	40	43950	43	43550	34	43950
15.	ŠTUBEJ	23	8700	43	8300	41	8260
16.	SUBOTICA	40	125600	43	61660	29	68860
17.	TORNIK	23	10000	36	8710	39	8933
18.	TUPIŽNICA	22	36200	25	38000	28	39810
19.	VRŠAC	25	24000	31	24000	37	22800

Tabela 11.1 - Pregled predajnika velike snage nacionalne DVB-T2 mreže (efektivno zračena snaga ERP_{max} veća od 3000 W).

Kao što će biti detaljno razmotreno u okviru ove glave, nagledanje svih 19 DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{max} > 3 \text{ kW}$) može se ostvariti sa 10 kontrolno mernih stanica. Međutim, na ovom mestu treba primetiti da Investitor u sadašnjem trenutku ima izgrađene samo dve kontrolno merne stanice - Dobanovci i Niš. Preostalih 18 planiranih kontrolno mernih stanica za nadgledanje radio-frekvencijskog spektra treba da se realizuje u narednim godinama sa dinamikom od nekoliko lokacija godišnje (od ovog broja za potrebe ovog projekta od interesa je samo 9 stanica). Pošto u ovom trenutku nije poznat redosled izgradnje kontrolno mernih stanica za nadgledanje radio-frekvencijskog spektra, u okviru rešenja mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije, koje je predmet ovog projekta, predlaže se da se u prvoj fazi izgradnje pored lokacije Dobanovci opremi i lokacija Niš, koja neće biti neophodna kada kompletan sistem senzora bude izgrađen. Naime, planirano je da se oprema sa lokacije Niš premesti na drugu kontrolno mernu stanicu u trenutku kada DVB-T2 predajnici koji se nadgledaju sa lokacije Niš budu operativno nadgledani i sa drugih lokacija senzora. Na ovaj način, od samog početka rada mreže

senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije biće ostvareno nagledanje rada preko 40% DVB-T2 predajnika velike snage.

U zaključku, mreža senzora za praćenje kvaliteta rada digitalne televizije treba da omogućiti kontinualno nadgledanje DVB-T2 predajnika velike snage bez čijeg ispravnog rada (zbog primene SFN načina rada) ni DVB-T2 predajnici manje snage (ERT_{max} manje od 3000 W) ne mogu da obezbeđuju kvalitetan servis korisicima.

11.2 FREKVENCIJSKI OPSEG

Mreža DVB-T2 predajnika, kao što je već navedeno, realizovana je kroz tri multipleksa i radi u UHF opsegu. Pregled TV kanala prema multipleksima koji se koriste u okviru nacionalne DVB-T2 mreže dat je u tabeli 11.2. Dodatno, u okviru tabele 11.3 dat je pregled TV kanala prema multipleksima koje koriste DVB-T2 predajnici kod kojih je efektivno zračena snaga veća od 3000 W. Detaljna preraspodela TV kanala prema pojedinim DVB-T2 predajnicima data je u glavi 3.

	Korišćeni TV kanali	Frekvencijski opseg [MHz]
MUX 1	21,22,23,24,25,26,27,32,35,40	470 - 630
MUX 2	25,28,29,30,31,32,34,36,37,38,39,43,55	502 - 750
MUX 3	28,29,34,35,36,37,39,41,42,43,45,47	526 - 686

Tabela 11.2 – Korišćeni TV kanali u multipleksima nacionalne DVB-T2 mreže predajnika.

	Korišćeni TV kanali	Frekvencijski opseg [MHz]
MUX 1	22,23,24,25,26,27,32,35,40	478 - 630
MUX 2	25,28,29,30,31,32,34,36,38,39,43,55	502 - 750
MUX 3	28,29,34,35,37,39,41,42,43,45	526 - 670

Tabela 11.3 – TV kanali DVB-T2 predajnika kod kojih je ERPmax veći od 3 kW.

11.3 TEHNIČKE KARAKTERISTIKE OPREME NEOPHODNE ZA PRORAČUN

Prilikom planiranja nekog sistema javlja se sledeći problem: da li treba karakteristike uređaja uzimati po principu najgoreg slučaja, po principu medijanske vrednosti ili po nekom trećem principu. S obzirom na namenu projektovanog sistema, koji treba da obezbedi visoku raspoloživost, kao i pouzdanost, prilikom njegovog planiranja, koristiće se princip najgoreg slučaja.

Osnovni parametri mernog prijemnika na osnovu kojih se vrši planiranje mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije su svakako:

- osetljivost DVB-T2 prijemnika, i
- minimalni zahtevani odnos C/N na ulazu u prijemnik.

Za potrebe ovog projekta, prethodno navedeni parametri biće određeni na osnovu ITU-R preporuke BT.2033-1 (*Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands*), kao i na osnovu izveštaja BT.2254-2 (*Frequency and network planning aspects of DVB-T2*).

11.3.1 Minimalni zahtevani odnos signal-šum (*Carrier-to-Noise ratio - C/N*)

Minimalno zahtevana vrednost odnosa C/N karakteriše robusnost sistema na šum i interferenciju. Na osnovu ovog parametra određuje se osetljivost prijemnika, a posredno i nivo električnog polja koji treba štititi u slučaju planiranja mreže DVB-T2 predajnika.

Za izabranu varijantu DVB-T2 sistema u Republici Srbiji (UHF, 256QAM, FEC 2/3, 32k ext, PP4, GI=1/16 ...), na osnovu izveštaja ITU-R BT.2254-2, minimalni zahtevani odnos C/N iznosi 20.5 dB. Pri tome, prilikom određivanja ove vrednosti pretpostavljen je Rice-ov radio-kanal s obzirom na činjenicu da će antenski sistemi DVB-T2 mernih prijemnika mreže senzora za praćenje digitalne televizije biti instalirani na relativno visokim antenskim stubovima postavljenim na lokacijama po pravilu velike nadmorske visine (relativno u odnosu na okruženje). Na ovom mestu posebno treba naglasiti da se prethodno navedeni odnos C/N (određen metodologijom definisanom u izveštaju ITU-R BT.2254-2) u praksi pokazao kao blago pesimističan. Naime, rezultati merenja su pokazali da je u slučaju realnih DVB-T2 prijemnika odnos C/N nešto manji od izračunatog (do 1 dB). Pri tome, prilikom merenja korišćeni su standardni komercijalni merni prijemnici. U okviru ovog projekta planira se korišćenje profesionalne merne DVB-T2 opreme, tako da se mogu očekivati i nešto bolje karakteristike sistema u pogledu ovog parametra.

Konačno, za potrebe ovog projekta, u pogledu minimalnog potrebnog odnosa C/N biće usvojena vrednost od 20.5 dB. Na ovaj način ostavljena je i izvesna rezerva u pogledu ovog parametra.

11.3.2 Osetljivost prijemnika

Osetljivost DVB-T2 prijemnika može se odrediti na osnovu proračuna prikazanog u tabeli 11.4. Kao što se iz tabele 11.4 može videti osetljivost DVB-T2 prijemnika za varijantu sistema primenjenu u Republici Srbiji iznosi -78.5 dBm. Osnovne tehničke karakteristike mernog DVB-T2 prijemnika navedene su u tabeli 11.5.

Parametar	Oznaka	Jedinica	Vrednost
Minimalni zahtevani odnos C/N	C/N	dB	20.5
Faktor šuma prijemnika	F	dB	6
Ekvivalentna širina propusnog opsega kanala	B	MHz	7.77
Snaga šuma na ulazu u prijemnik	P_n	dBW	-129.0
OSETLJIVOST PRIJEMNIKA:	$P_{s\ min}$	dBm	-78.5

Tabela 11.4 – Proračun osetljivosti DVB-T2 prijemnika.

Tip emisije	Osetljivost [dBm]	Minimalni zahtevni odnos C/N [dB]
UHF, 32k <i>Extended</i> , 256QAM <i>rotated</i> , code rate 2/3, PP4, GI - 1/16	-78.5	20.5

Tabela 11.5 – Osnovne tehničke karakteristike mernog DVB-T2 prijemnika.

11.3.3 Antenski sistem mernog DVB-T2 prijemnika (senzora)

Za realizaciju antenskih sistema mernih DVB-T2 prijemnika (senzora) izabrana je standardna panel antena koja se koristi za realizaciju mreža DVB-T2 predajnika u UHF opsegu (tipična antena ovog tipa je antena *Kathrein 75010210*). Predloženi tip antene ima veoma dobre karakteristike kako sa električnog stanovišta (dobitak, usmerenost, odnos napred-nazad itd.), tako i sa mehaničkog stanovišta (relativno male dimenzije, mala otpornost prema vetru, kompaktne dimenzije, otpornost na oštećenja od leda i sl.). Osnovne tehničke karakteristike planirane antene date su u tabeli 11.6. U konkretnim realizacijama DVB-T2 mernih prijemnika (senzora), antenski sistem se sastoji od jednog do tri panela povezanih na odgovarajući način i usmerenih u različitim pravcima. Pri tome, svi paneli na jednom antenskom stubu raspoređeni su isključivo na istoj visini (u okviru „jednog sprata”).

Red. Br.	Tip antene	Frekvencijski opseg [MHz]	Dobitak [dBd]	Širina glavnog snopa (V) [°]	Širina glavnog snopa (H) [°]	Tip antene
1.	<i>Kathrein 75010210</i>	470-860	11 (na sredini opsega)	56	26	sistem dipola

Tabela 11.6 – Tehničke karakteristike antene.

U tabeli 11.7 navedeni su gubici za predviđene antenske kablove. Kao što se iz tabele 11.7 može videti, za povezivanje DVB-T2 mernih prijemnika sa pripadajućim antenskim sistemima, predlaže se korišćenje koaksijalnog kabla debljine 1/2" sa penastim dielektrikom (primer kabla sa ovim karakteristikama je *Andrew LDF4-50A 1/2" Foam Dielectric*). Tipična vrednost slabljenja na konektorima u frekvencijskom opsegu 470-750 MHz, koji je od interesa za ovaj projekat, iznosi 0.05 dB po jednom konektorskom spoju.

Red. br.	Tip kabla	Slabljenje [dB/100m]
1.	<i>Andrew LDF4-50A (1/2" Foam Dielectric)</i>	4.8 (43. kanal) 5.8 (49. kanal) 6.2 (55. kanal)

Tabela 11.7 – Tehničke karakteristike antenskog kabla.

Detaljne tehničke karakteristike predložene opreme date su u Prilogu projekta.

11.4 TEHNIČKI OPIS SISTEMA

Projektant je na osnovu Projektnog zadatka, važećih tehničkih propisa i podataka o mreži DVB-T2 predajnika dostupnih u bazi RATEL-a, uradio tehničko rešenje mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije koja sadrži podatke o tehničkoj koncepciji sistema, podatke o dispoziciji uređaja i opreme DVB-T2 mernih stanica, neophodne karakteristike pojedinih elemenata mernih stanica, kao i rezultate proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N na ulazu u DVB-T2 prijemnike.

Tehničko rešenje mreže senzora za praćenje kvaliteta rada digitalne televizije formirano je na sledeći način:

- Definisana je ista visina montaže antenskog sistema senzora, kao i dužina pripadajućeg antenskog kabla za sve lokacije senzora.
- Za svaku kontrolno mernu stanicu mreže za nadgledanje frekvencijskog radio-spektra (20 lokacija) određena su propagaciona slabljenja prema lokacijama svih DVB-T2 predajnika za sva tri multipleksa (382 predajnika).
- Za svaku potencijalnu lokaciju DVB-T2 senzora, vršena je varijacija broja antenskih panela i njihovog usmerenja. Pri tome, za svaku promenu konfiguracije određivan je nivo snage signala i odnos C/N za predajnike velike snage ($ERP_{max} > 3000 \text{ W}$) na osnovu rezultata za sve DVB-T2 predajnike iz sva tri multipleksa (382 predajnika). Na kraju navedenog iterativnog postupka, određena je optimalna konfiguracija mreže DVB-T2 mernih stanica.

Na kraju prethodno definisanog procesa određen je potreban minimalni broj lokacija (kao i same lokacije) na koje treba postaviti DVB-T2 merne prijemnike, precizne konfiguracije antenskih sistema, kao i očekivani osnovni parametri kvaliteta DVB-T2 signala na ulazu u merne prijemnike (nivoi snage signala i odnosi C/N) za sve „radio vidljive” DVB-T2 predajnike na lokaciji senzora.

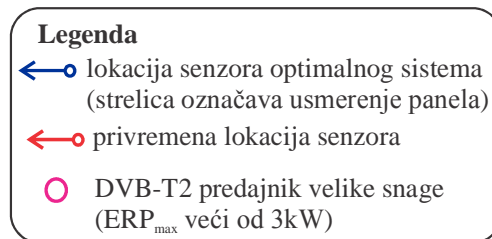
U tabeli 11.8 dati su osnovni geografski podaci za sve lokacije mernih DVB-T2 prijemnika (senzora) koje pripadaju optimalnom rešenju. Prostorni razmeštaj mernih DVB-T2 prijemnika ilustrovan je na slici 11.1. Na svim lokacijama, planirana oprema se montira na objektima koji su, ili koji će biti kada se izgrade, u vlasništvu Investitora.

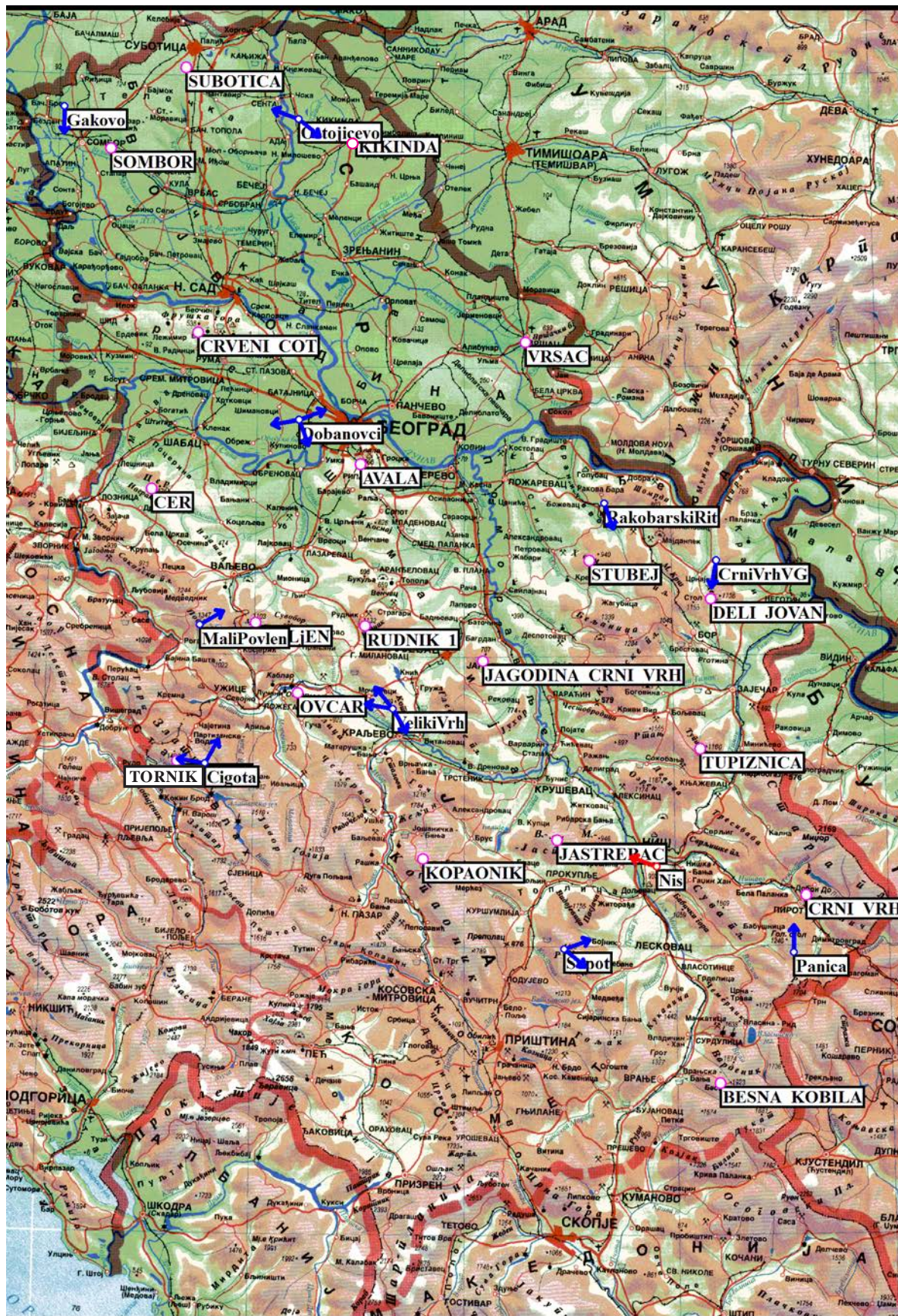
Na ovom mestu posebno treba naglasiti da je na lokaciji Niš planirano privremeno postavljanje DVB-T2 mernog prijemnika. Naime, u sadašnjem trenutku jedine kontrolno merne stanice koje su izgrađene jesu Dobanovci i Niš. U cilju što celovitijeg nadgledanja mreže DVB-T2 predajnika od samog početka rada, u inicijalnoj fazi izgradnje mreže senzora neophodno je postaviti obe ove lokacije. Na taj način bi se ostvario stepen nadgledanja od preko 40% svih DVB-T2 predajnika velike snage. Konkretno, sa lokacije Niš, nadgledali bi se DVB-T2 predajnici na lokacijama Jagodina Crni Vrh, Jastrebac i Kopaonik i to za sva tri multipleksa. U kasnijim fazama izgradnje, sve DVB-T2 predajnike sa navedene tri lokacije biće moguće nadgledati i drugim DVB-T2 sensorima koji pripadaju konačnoj mreži DVB-T2 senzora. Kada se to ostvari, iz razloga ekonomske opravdanosti, opremu (senzor) sa lokacije Niš treba preseliti na drugu lokaciju kontrolno merne stanice.

R. br.	Lokacija	Geografska dužina	Geografska širina	Nadmorska visina [m]
1.	Čigota	19°46'44"	43°38'51"	1422
2.	CrniVrh - Veliki Greben	22°15'5"	44°21'18"	656
3.	Dobanovci	20°13'1"	44°51'0"	77
4.	Gakovo	19°1'47"	45°55'52"	90
5.	Mali Povlen	19°44'44"	44°7'49"	1347
6.	Niš*	21°56'45"	43°17'21"	400
7.	Ostojićevo	20°12'5"	45°54'7"	75
8.	Panica	22°35'39"	42°58'59"	1442
9.	Rakobarski Rit	21°42'33"	44°33'30"	691
10.	Sopot	21°30'8"	43°0'11"	1400
11.	Veliki Vrh	20°41'0"	43°50'35"	749

* privremena instalacija

Tabela 11.8 - Lokacije mernih DVB-T2 prijemnika (senzora).

Slika 11.1**Prostorni razmeštaj DVB-T2 mernih prijemnika (senzora)
na teritoriji Republike Srbije**



Osnovu antenskog sistema, na svakoj od lokacija DVB-T2 mernih prijemnika (senzora), čini jedan do tri antenska panela. Antenski sistem se sa DVB-T2 prijemnikom povezuje direktno korišćenjem antenskog kabla 1/2". Antenski sistemi DVB-T2 mernih prijemnika definisani su u okviru tabele 11.9. Za svaki DVB-T2 merni prijemnik (koji je predmet ovog projekta) naveden je: tip antene (panela), visina montaže centra antenskog sistema iznad terena, broj antenskih panela, azimuti usmerenja antenskih panela (ugao pravca usmerenja antenskog panela u odnosu na pravac severa), procenjena dužina i slabljenje antenskog kabla.

R. br.	Lokacija	Tip antene	Visina antene iznad terena [m]	Broj panela	Azimuti usmerenja antenskih panela [°]	Dužina antenskog kabla 1/2" [m]	Slabljenje antenskog kabla [dB]
1.	Cigota	<i>Kathrein</i> 75010210	20	2	30/280	27	1.56
2.	CrniVrh Veliki Greben	<i>Kathrein</i> 75010210	20	1	190	27	1.56
3.	Dobanovci	<i>Kathrein</i> 75010210	20	3	70/160/260	27	1.56
4.	Gakovo	<i>Kathrein</i> 75010210	20	1	180	27	1.56
5.	MaliPovlen	<i>Kathrein</i> 75010210	20	1	60	27	1.56
6.	Nis	<i>Kathrein</i> 75010210	20	1	290	27	1.56
7.	Ostojicevo	<i>Kathrein</i> 75010210	20	2	130/290	27	1.56
8.	Panica	<i>Kathrein</i> 75010210	20	1	0	27	1.56
9.	Rakobarski Rit	<i>Kathrein</i> 75010210	20	1	160	27	1.56
10.	Sopot	<i>Kathrein</i> 75010210	20	2	70/130	27	1.56
11.	Veliki Vrh	<i>Kathrein</i> 75010210	20	3	150/280/320	27	1.56

Tabela 11.9 - Osnovne karakteristike antenskih sistema DVB-T2 mernih prijemnika.

11.5 PREDLOG DINAMIKE REALIZACIJE

Dinamika realizacije sistema za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije, uslovljena je dinamikom izgradnje sistema za monitoring RF spektra. Odnosno, dinamika realizacije direktno zavisi od izgradnje i uređenja 9 lokacija RFMS ovog sistema na kojima je predviđena instalacija mernih stanica za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne televizije. Na osnovu planova Investitora vezanih za izgradnju sistema za monitoring RF spektra, i očekivane dinamike izgradnje i uređanja pomenutih 9 lokacija RFMS, predlaže se

da se projekat mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije realizuje u 2 faze trajanja od po 12 meseci (ukupno 2 godine), sa očekivanim početkom prve faze početkom 2018. godine.

U prvoj fazi bi bile izgrađene merne lokacije u KMC Dobanovci (Beograd) i KMC Niš, kao i na još 3 lokacije RFMS. U okviru ove faze planira se opremanje centra za upravljanje (nabavkom i instalacijom odgovarajuće opreme), kao i nabavka 2 prenosive merne stanice. Pri tome, na lokaciji KMC Niš se u ovoj fazi planira privremeno postavljanje merne stanice. Razlog za postavljanje ove privremene merne stanice je taj što su trenutno izgrađene i funkcionalne samo KMC Dobanovci (Beograd) i KMC Niš. Stoga se predlaže postavljanje mernih stanica na obe ove dostupne lokacije, a u cilju što celovitijeg nadgledanja mreže predajnika digitalne televizije od samog početka rada projektovanog sistema. Time bi se i bez preostale 3 merne stanice planirane za prvu fazi izgradnje, ostvario stepen nadgledanja od preko 40% svih DVB-T2 predajnika velike snage. Na ovaj način, između ostalog obezbeđuje se i to da se što je to pre moguće pokriju zone sa najvećom gustinom populacije. Kako bi se ispoštovala ova dinamika, neophodno je pravovremeno započeti poslove vezane za nabavku merne i druge opreme.

U drugoj fazi izgradnje, predviđena je izgradnja mernih stanica na preostalim 6 predviđenih lokacija RFMS sistema za monitoring RF spektra, od kojih bi se oprema za 5 od ovih 6 stanica nabavljala u drugoj fazi, dok bi šesta merna lokacija bila realizovana relokacijom merne stanice iz KMC Niš. Relokacija KMC Niš planira se onda kada se izgradnjom drugih mernih stanica postigne to da se svi DVB-T2 predajnici (3 predajnika) koji se u inicijalnoj fazi nadgledaju iz KMC Niš mogu nadgledati iz novoizgrađenih mernih stanica. Zbog navedenog, dinamiku izgradnje unutar definisane dve faze izgradnje treba predvideti na takav način da se omogući pravovremena relokacija merne stanice iz KMC Niš (tj. merne stanice koje preuzimaju nadgledanje predajnika koje na početku pokriva ona u KMC Niš treba da budu na vreme izgrađene).

11.6 REZULTATI PRORAČUNA OČEKIVANIH OSNOVNIH PARAMETARA KVALITETA DVB-T2 SIGNALA NA ULAZU U MERNE PRIJEMNIKE (NIVO A SNAGE SIGNALA I ODNOSA C/N) ZA SVE „RADIO VIDLJIVE” PREDAJNIKE SA LOKACIJA SENZORA

DVB-T2 predajnici velike snage čiji kvalitet signala se nagleda mrežom senzora koja je predmet ovog projekta, po pravilu su postavljeni na istaknutim lokacijama (u odnosu na okruženje) sa antenskim sistemima postavljenim na relativno veliku visinu u odnosu na teren. Sa druge strane, planirano je da se i antenski sistemi DVB-T2 mernih prijemnika postavljaju na relativno veliku visinu u odnosu na tlo i lokalno okruženje. Iz tog razloga, proračun osnovnih parametara kvaliteta DVB-T2 signala na ulazu u merne prijemnike (nivo snage signala i odnosa C/N) izvršen je korišćenjem metodologije projektovanja radio veza „tačka-tačka” koja je opisana u glavi 10. Za potrebe proračuna korišćen je programski paket *WTb - White tigress (baby)* koji je razvijen na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu i dugi niz godina korišćen je za planiranje velikog broja različitih tipova radio-sistema. Kao podloga za proračun, korišćen je digitalni model terena horizontalne rezolucije 50 x 50 m.

U okviru tabela od 11.10 do 11.20, za sve planirane lokacije mernih prijemnika (senzora) pojedinačno, dati su rezultati proračuna nivoa snage DVB-T2 signala koji potiču od predajnika velike snage (ERP_{max} preko 3 kW) na ulazima u merne prijemnike, kao i odgovarajuća vrednost odnosa C/N.

Kao što se iz priloženih rezultata može videti, u najvećem broju slučajeva između antenskih sistema mernog prijemnika i DVB-T2 predajnika postoji direktna optička vidljivost, što ukazuje na priličnu stabilnost signala na mestu prijema.

Crteži profila terena između DVB-T2 mernih prijemnika (senzora) i svih DVB-T2 predajnika velike snage „radio vidljivih” sa lokacije senzora dati su u Prilogu ovog projekta.

U okviru tabela od 11.21 do 11.31, za sve planirane lokacije mernih prijemnika (senzora) pojedinačno, dati su rezultati proračuna osnovnih parametara kvaliteta DVB-T2 signala (procenat vremena lošeg prijema na godišnjem nivou, kao i procenjeno vreme lošeg prijema izraženo u sekundama i minutama) koji potiču od predajnika velike snage (ERP_{max} preko 3 kW) na ulazima u merne prijemnike. Na ovom mestu treba primetiti, da je izračunati procenat vremena lošeg kvaliteta prijemnog signala u određenom broju slučajeva relativno veliki. To je posledica činjenice da nacionalna DVB-T2 mreža intenzivno koristi SFN način rada, kao i činjenice da se kontrolno merne stanice sistema za nadzor radio-frekencijskog spektra, predviđene za postavljanje senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije, nalaze po pravilu na istaknutim (visokim) lokacijama.

Dodatno, za sva tri multipleksa pojedinačno, u okviru tabela 11.32-11.34 dat je uporedni pregled načina nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{max} > 3$ kW) od strane predloženog sistema kontrolno mernih stanica. Na ovom mestu posebno treba naglasiti značaj pojedinih DVB-T2 prijemnika (senzora) sa stanovišta ekskluzivnog nadgledanja određenih DVB-T2 predajnika:

- Kontrolno merna stanica Čigota jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika iz sva tri multipleksa na lokaciji Čigota.
- Kontrolno merna stanica Sopot jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika prvog i drugog multipleksa na lokacijama Besna Kobila i Tupižnica.
- Kontrolno merna stanica Ostojicevo jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika prvog i drugog multipleksa na lokaciji Subotica, kao i predajnika sva tri multipleksa realizovanih na lokaciji Kikinda.
- Kontrolno merna stanica Mali Povlen jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika prvog i drugog multipleksa na lokaciji Maljen.
- Kontrolno merna stanica Panica jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika iz sva tri multipleksa na lokaciji Crni Vrh Piro.
- Kontrolno merna stanica Veliki Vrh jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika prvog multipleksa na lokaciji Ovčar.
- Kontrolno merna stanica Rakobarski Rit jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika prvog i trećeg multipleksa na lokaciji Štubelj.
- Kontrolno merna stanica Gakovo jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika trećeg multipleksa na lokaciji Subotica, kao i predajnika prvog i drugog multipleksa realizovanih na lokaciji Sombor.
- Kontrolno merna stanica Crni Vrh - Veliki Greben jedina omogućava kvalitetno nadgledanje DVB-T2 predajnika drugog multipleksa na lokaciji Deli Jovan.

Na kraju ove glave, na slikama 11.2 - 11.4 dat je grafički prikaz plana nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{max} > 3$ kW) koji pripadaju prvom, drugom i trećem multipleksu, respektivno.

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Dobanovci	AVALA	MUX 3	29.46	125.93 (0.95)	305.93 (-1.15)	666	45	87700	3.34	2.15	112.8	0	112.8	-33.3	65.7
Dobanovci	AVALA	MUX 2	29.46	125.93 (0.95)	305.93 (-1.15)	530	28	87300	3.34	2.15	110.8	0	110.8	-31.4	63.1
Dobanovci	AVALA	MUX 1	29.46	125.93 (0.95)	305.93 (-1.15)	482	22	81280	3.34	2.15	110	0	110	-30.9	49
Dobanovci	CER	MUX 1	63.07	245.02 (0.37)	65.02 (-0.79)	562	32	3802	4.94	2.15	116.3	0	116.3	-50.5	25.9
Dobanovci	CER	MUX 2	63.07	245.02 (0.37)	65.02 (-0.79)	578	34	3750	4.94	2.15	116.5	0	116.5	-50.8	25.9
Dobanovci	CRVENI COT	MUX 2	51.72	311.04 (0.44)	131.04 (-0.79)	546	30	162180	-2.46	-0.65	124.5	0	124.5	-42.4	56.6
Dobanovci	CRVENI COT	MUX 1	51.72	311.04 (0.44)	131.04 (-0.79)	498	24	162180	-2.46	-0.65	123.7	0	123.7	-41.6	36.8
Dobanovci	CRVENI COT	MUX 3	51.72	311.04 (0.44)	131.04 (-0.79)	634	41	158490	-2.46	-0.65	125.8	0	125.8	-43.8	34.1
Dobanovci	OVCAR	MUX 3	105.89	180.29 (0.17)	0.29 (-0.89)	618	39	95500	4.44	-0.45	124.7	17.7	142.4	-62.6	36.3
Dobanovci	OVCAR	MUX 2	105.89	180.29 (0.17)	0.29 (-0.89)	594	36	63100	4.44	-0.45	124.4	17.6	142.0	-64.0	35.0
Dobanovci	RUDNIK 1	MUX 1	84.03	162.27 (0.45)	342.27 (-1.02)	514	26	8100	5.84	2.15	117.1	0	117.1	-48	51
Dobanovci	RUDNIK 1	MUX 3	84.03	162.27 (0.45)	342.27 (-1.02)	586	35	7550	5.84	2.15	118.3	0	118.3	-49.5	49.5
Dobanovci	RUDNIK 1	MUX 2	84.03	162.27 (0.45)	342.27 (-1.02)	538	29	7480	5.84	2.15	117.5	0	117.5	-48.8	32.1
Dobanovci	VRSAC	MUX 2	92.9	71.10 (-0.12)	251.10 (-0.50)	554	31	24000	5.84	0.65	120.1	19.2	139.4	-65.6	33.4
Dobanovci	VRSAC	MUX 1	92.9	71.10 (-0.12)	251.10 (-0.50)	506	25	24000	5.84	0.65	119.4	19.2	138.5	-64.7	30.5

Tabela 11.10 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Dobanovci

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Nis	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	104.36	319.74 (-0.15)	139.74 (-0.56)	514	26	81280	6.35	2.15	118.5	7.9	126.4	-47.3	51.7
Nis	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	104.36	319.74 (-0.15)	139.74 (-0.56)	538	29	84830	6.35	2.15	118.9	7.8	126.7	-47.4	51.6
Nis	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	104.36	319.74 (-0.15)	139.74 (-0.56)	586	35	93970	6.35	2.15	119.6	7.6	127.2	-47.5	51.5
Nis	JASTREBAC	MUX 1	39.86	284.59 (1.55)	104.59 (-1.82)	522	27	73400	-7.25	2.15	123.9	0	123.9	-45.2	53.8
Nis	JASTREBAC	MUX 2	39.86	284.59 (1.55)	104.59 (-1.82)	610	38	83000	-7.25	2.15	125.2	0	125.2	-46	53
Nis	JASTREBAC	MUX 3	39.86	284.59 (1.55)	104.59 (-1.82)	642	42	88920	-7.25	2.15	125.7	0	125.7	-46.2	52.8
Nis	TUPIZNICA	MUX 2	48.74	20.32 (0.80)	200.32 (-1.13)	506	25	38000	10.95	-0.55	109.8	22.9	134	-58.2	40.8
Nis	KOPAONIK	MUX 1	90.69	271.74 (0.69)	91.74 (-1.30)	498	24	20000	-10.25	-0.45	136.2	0	136.2	-63.2	35.8
Nis	KOPAONIK	MUX 2	90.69	271.74 (0.69)	91.74 (-1.30)	562	32	20000	-10.25	-0.45	137.2	0	137.2	-64.2	34.8
Nis	KOPAONIK	MUX 3	90.69	271.74 (0.69)	91.74 (-1.30)	578	34	20000	-10.25	-0.45	137.5	0	137.5	-64.5	34.5

Tabela 11.11 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Niš

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Sopot	BESNA KOBILA	MUX 1	79.84	130.62 (0.12)	310.62 (-0.66)	586	35	41000	7.75	2.15	115.9	0	115.9	-39.8	21
Sopot	BESNA KOBILA	MUX 2	79.84	130.62 (0.12)	310.62 (-0.66)	618	39	40000	7.75	2.15	116.4	0	116.4	-40.3	47.8
Sopot	BESNA KOBILA	MUX 3	79.84	130.62 (0.12)	310.62 (-0.66)	650	43	43853	7.75	2.15	116.8	0	116.8	-40.4	31.7
Sopot	JASTREBAC	MUX 1	42.22	356.23 (0.09)	176.23 (-0.37)	522	27	73400	-9.15	2.15	126.3	0	126.3	-47.6	51.4
Sopot	JASTREBAC	MUX 2	42.22	356.23 (0.09)	176.23 (-0.37)	610	38	83000	-9.15	2.15	127.6	0	127.6	-48.4	50.6
Sopot	JASTREBAC	MUX 3	42.22	356.23 (0.09)	176.23 (-0.37)	642	42	88920	-9.15	2.15	128.1	0	128.1	-48.6	50.4
Sopot	KOPAONIK	MUX 1	64.98	302.43 (0.29)	122.43 (-0.73)	498	24	20000	-8.65	-0.45	131.7	0	131.7	-58.7	35.4
Sopot	KOPAONIK	MUX 2	64.98	302.43 (0.29)	122.43 (-0.73)	562	32	20000	-8.65	-0.45	132.7	0	132.7	-59.7	39.2
Sopot	KOPAONIK	MUX 3	64.98	302.43 (0.29)	122.43 (-0.73)	578	34	20000	-8.65	-0.45	133	0	133	-60	39
Sopot	TUPIZNICA	MUX 1	93.98	34.13 (-0.43)	214.13 (-0.21)	482	22	36200	2.85	-0.55	123.2	0	123.2	-47.6	32.8
Sopot	TUPIZNICA	MUX 2	93.98	34.13 (-0.43)	214.13 (-0.21)	506	25	38000	2.85	-0.55	123.6	0	123.6	-47.8	50.2
Sopot	TUPIZNICA	MUX 3	93.98	34.13 (-0.43)	214.13 (-0.21)	530	28	39810	2.85	-0.55	124	0	124	-48	34.6

Tabela 11.12 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Sopot

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Ostojicevo	AVALA	MUX 1	136.3	169.89 (-0.23)	349.89 (-0.69)	482	22	81280	2.3	2.15	124.3	16,9	141.2	-62.1	36.9
Ostojicevo	AVALA	MUX 2	136.3	169.89 (-0.23)	349.89 (-0.69)	530	28	87300	2.3	2.15	125.1	16,9	142.1	-62.6	36.4
Ostojicevo	AVALA	MUX 3	136.3	169.89 (-0.23)	349.89 (-0.69)	666	45	87700	2.3	2.15	127.1	16,7	143.8	-64.3	34.7
Ostojicevo	CRVENI COT	MUX 1	91.63	205.15 (0.04)	25.15 (-0.66)	498	24	162180	-7.4	-0.65	133.6	11.0	144.6	-62.5	36.5
Ostojicevo	CRVENI COT	MUX 2	91.63	205.15 (0.04)	25.15 (-0.66)	546	30	162180	-7.4	-0.65	134.4	10.6	145	-62.9	36.1
Ostojicevo	CRVENI COT	MUX 3	91.63	205.15 (0.04)	25.15 (-0.66)	634	41	158490	-7.4	-0.65	135.7	10.1	145.8	-63.8	35.2
Ostojicevo	KIKINDA	MUX 2	22.85	103.83 (0.18)	283.83 (-0.34)	746	55	85114	5.1	0.05	111.9	3.0	114.9	-35.6	63.4
Ostojicevo	KIKINDA	MUX 1	22.85	103.83 (0.16)	283.83 (-0.31)	562	32	73621	5.1	0.05	109.4	4.1	113.5	-34.9	57.9
Ostojicevo	KIKINDA	MUX 3	22.85	103.83 (0.16)	283.83 (-0.31)	538	29	74820	5.1	0.05	109	4.3	113.3	-34.6	51.3
Ostojicevo	SOMBOR	MUX 3	73.69	261.04 (-0.17)	81.04 (-0.33)	578	34	43950	4.7	0.15	120.1	16.5	136.7	-60.2	38.8
Ostojicevo	SUBOTICA	MUX 1	47.94	294.47 (0.12)	114.47 (-0.44)	626	40	125600	7.5	0.15	114.3	4	118.3	-37.3	61.7
Ostojicevo	SUBOTICA	MUX 2	47.94	294.47 (0.12)	114.47 (-0.44)	650	43	61660	7.5	0.15	114.6	3.9	118.5	-40.6	58.4
Ostojicevo	VRSAC	MUX 1	123.58	134.62 (-0.27)	314.62 (-0.56)	506	25	24000	7.5	0.65	120.2	13.8	134	-60.2	38.8
Ostojicevo	VRSAC	MUX 2	123.58	134.62 (-0.27)	314.62 (-0.56)	554	31	24000	7.5	0.65	121	13.6	134.6	-60.8	38.2
Ostojicevo	VRSAC	MUX 3	123.58	134.62 (-0.27)	314.62 (-0.56)	602	37	22800	7.5	0.65	121.7	13.5	135.2	-61.6	32.3

Tabela 11.13 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Ostojicevo

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
MaliPovlen	AVALA	MUX 3	88.07	45.06 (-0.77)	225.06 (0.18)	666	45	87700	10.55	2.15	115.1	0	115.1	-35.6	63.4
MaliPovlen	AVALA	MUX 1	88.07	45.06 (-0.77)	225.06 (0.18)	482	22	81280	10.55	2.15	112.3	0	112.3	-33.2	26.8
MaliPovlen	AVALA	MUX 2	88.07	45.06 (-0.77)	225.06 (0.18)	530	28	87300	10.55	2.15	113.1	0	113.1	-33.7	26.4
MaliPovlen	CRVENI COT	MUX 2	113.45	359.73 (-0.74)	179.73 (-0.02)	546	30	162180	3.75	-0.65	125.1	0	125.1	-43	56
MaliPovlen	CRVENI COT	MUX 1	113.45	359.73 (-0.74)	179.73 (-0.02)	498	24	162180	3.75	-0.65	124.3	0	124.3	-42.2	25
MaliPovlen	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	110.59	97.34 (-0.67)	277.34 (-0.08)	514	26	81280	2.85	2.15	122.5	0	122.5	-43.4	55.6
MaliPovlen	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	110.59	97.34 (-0.67)	277.34 (-0.08)	586	35	93970	2.85	2.15	123.6	0	123.6	-43.9	54.7
MaliPovlen	JASTREBAC	MUX 2	161.87	121.15 (-0.47)	301.15 (-0.62)	610	38	83000	-6.75	2.15	136.9	0	136.9	-57.7	41.3
MaliPovlen	JASTREBAC	MUX 3	161.87	121.15 (-0.47)	301.15 (-0.62)	642	42	88920	-6.75	2.15	137.3	0	137.3	-57.8	41.2
MaliPovlen	JASTREBAC	MUX 1	161.87	121.15 (-0.47)	301.15 (-0.62)	522	27	73400	-6.75	2.15	135.5	0	135.5	-56.9	33
MaliPovlen	MALjEN	MUX 2	21.61	87.67 (-0.90)	267.67 (0.75)	578	34	3548	5.65	-0.05	108.7	0	108.7	-43.2	25.3
MaliPovlen	MALjEN	MUX 1	21.61	87.67 (-0.90)	267.67 (0.75)	562	32	3162	5.65	-0.05	108.5	0	108.5	-43.5	24.6
MaliPovlen	OVCAR	MUX 2	46.22	124.82 (-0.52)	304.82 (0.21)	594	36	63100	-7.45	-0.45	129.1	0	129.1	-51.1	47.9
MaliPovlen	VRSAC	MUX 2	167.27	49.07 (-0.89)	229.07 (-0.23)	554	31	24000	10.65	0.65	120.4	0	120.4	-46.6	52.4

Tabela 11.14 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Mali Povlen

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Panica	BESNA KOBILA	MUX 2	58.29	209.22 (0.30)	29.22 (-0.69)	618	39	40000	-17.25	2.15	138.6	0	138.6	-62.6	36.1
Panica	CRNI VRH PIROT	MUX 1	22.77	12.16 (-0.81)	192.16 (0.66)	482	22	3620	8.45	0.65	104.1	0	104.1	-38.5	48.4
Panica	CRNI VRH PIROT	MUX 2	22.77	12.16 (-0.81)	192.16 (0.66)	506	25	3715	8.45	0.65	104.5	0	104.5	-38.8	46.1
Panica	CRNI VRH PIROT	MUX 3	22.77	12.16 (-0.79)	192.16 (0.63)	530	28	3820	8.45	0.65	104.9	0	104.9	-39.1	40.7
Panica	DELI JOVAN	MUX 1	140.75	346.73 (-0.58)	166.73 (-0.37)	490	23	20000	7.95	2.15	119.1	4.6	123.7	-50.7	48.3
Panica	DELI JOVAN	MUX 3	140.75	346.73 (-0.58)	166.73 (-0.37)	634	41	20000	7.95	2.15	121.3	4.4	125.7	-52.7	46.3
Panica	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	165.23	313.08 (-0.79)	133.08 (-0.33)	538	29	84830	0.35	2.15	128.9	8.2	137	-57.8	41.2
Panica	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	165.23	313.08 (-0.79)	133.08 (-0.33)	514	26	81280	0.35	2.15	128.5	8.2	136.6	-57.5	38.8
Panica	JASTREBAC	MUX 1	101.5	295.22 (-0.27)	115.22 (-0.41)	522	27	73400	-7.65	2.15	132.4	0	132.4	-53.7	45.3
Panica	JASTREBAC	MUX 2	101.5	295.22 (-0.27)	115.22 (-0.41)	610	38	83000	-7.65	2.15	133.7	0	133.7	-54.5	44.5
Panica	JASTREBAC	MUX 3	101.5	295.22 (-0.27)	115.22 (-0.41)	642	42	88920	-7.65	2.15	134.2	0	134.2	-54.7	44.3
Panica	KOPAONIK	MUX 1	148.32	284.03 (-0.29)	104.03 (-0.71)	498	24	20000	-11.25	-0.45	141.5	0	141.5	-68.5	30.5
Panica	KOPAONIK	MUX 2	148.32	284.03 (-0.29)	104.03 (-0.71)	562	32	20000	-11.25	-0.45	142.5	0	142.5	-69.5	29.5
Panica	KOPAONIK	MUX 3	148.32	284.03 (-0.29)	104.03 (-0.71)	578	34	20000	-11.25	-0.45	142.8	0	142.8	-69.8	29.2

Tabela 11.15 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Panica

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Duzina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
VelikiVrh	AVALA	MUX 3	95.66	352.44 (-0.40)	172.44 (-0.24)	666	45	87700	2.28	2.15	124.1	21.1	145.1	-65.7	33.3
VelikiVrh	JASTREBAC	MUX 1	81.61	128.77 (0.30)	308.77 (-0.85)	522	27	73400	4.08	2.15	118.8	0	118.8	-40.1	58.9
VelikiVrh	JASTREBAC	MUX 2	81.61	128.77 (0.30)	308.77 (-0.85)	610	38	83000	4.08	2.15	120.1	0	120.1	-40.9	58.1
VelikiVrh	JASTREBAC	MUX 3	81.61	128.77 (0.30)	308.77 (-0.85)	642	42	88920	4.08	2.15	120.6	0	120.6	-41.1	57.9
VelikiVrh	KOPAONIK	MUX 1	59.52	168.80 (0.99)	348.80 (-1.39)	498	24	20000	4.68	-0.45	117.6	0	117.6	-44.6	27.5
VelikiVrh	OVCAR	MUX 2	37.49	279.57 (0.34)	99.57 (-0.59)	594	36	63100	6.18	-0.45	113.6	0	113.6	-35.6	63.4
VelikiVrh	OVCAR	MUX 1	37.49	279.57 (0.34)	99.57 (-0.59)	490	23	60800	6.18	-0.45	112	0	112	-34.1	30
VelikiVrh	OVCAR	MUX 3	37.49	279.57 (0.34)	99.57 (-0.59)	618	39	95500	6.18	-0.45	114	0	114	-34.2	29.8
VelikiVrh	RUDNIK 1	MUX 1	33.86	341.34 (0.57)	161.34 (-0.79)	514	26	8100	4.48	2.15	110.6	0	110.6	-41.5	57.5
VelikiVrh	RUDNIK 1	MUX 2	33.86	341.34 (0.57)	161.34 (-0.79)	538	29	7480	4.48	2.15	111	0	111	-42.2	56.8
VelikiVrh	VRSAC	MUX 2	151.24	19.89 (-0.65)	199.89 (-0.37)	554	31	24000	-5.12	0.65	135.3	4.6	139.9	-66.1	32.9

Tabela 11.16 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Veliki Vrh

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
RakobarskiRit	AVALA	MUX 3	95.58	279.14 (-0.37)	99.14 (-0.28)	666	45	87700	-6.65	2.15	133	0	133	-53.5	45.5
RakobarskiRit	CRVENI COT	MUX 2	170.68	292.90 (-0.60)	112.90 (-0.55)	546	30	162180	-8.95	-0.65	141.4	0	141.4	-59.3	39.7
RakobarskiRit	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	77.14	217.56 (-0.20)	37.56 (-0.32)	514	26	81280	-0.55	2.15	122.8	0	122.8	-43.7	55.3
RakobarskiRit	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	77.14	217.56 (-0.20)	37.56 (-0.32)	538	29	84830	-0.55	2.15	123.2	0	123.2	-43.9	43.6
RakobarskiRit	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	77.14	217.56 (-0.20)	37.56 (-0.32)	586	35	93970	-0.55	2.15	123.9	0	123.9	-44.2	38
RakobarskiRit	JASTREBAC	MUX 2	132.01	187.91 (-0.06)	7.91 (-0.83)	610	38	83000	8.05	2.15	120.3	14.8	135.1	-55.9	43.1
RakobarskiRit	JASTREBAC	MUX 3	132.01	187.91 (-0.06)	7.91 (-0.83)	642	42	88920	8.05	2.15	120.8	15	135.7	-56.2	42.8
RakobarskiRit	JASTREBAC	MUX 1	132.01	187.91 (-0.06)	7.91 (-0.83)	522	27	73400	8.05	2.15	119	14.3	133.3	-54.7	26.1
RakobarskiRit	OVCAR	MUX 2	139.63	238.27 (-0.32)	58.27 (-0.62)	594	36	63100	-8.75	-0.45	140	0	140	-62	37
RakobarskiRit	OVCAR	MUX 3	139.63	238.27 (-0.32)	58.27 (-0.62)	618	39	95500	-8.75	-0.45	140.3	0	140.3	-60.5	24.5
RakobarskiRit	STUBEJ	MUX 2	23	194.46 (0.56)	14.46 (-0.72)	650	43	8300	6.45	0.05	109.4	0	109.4	-40.2	48.2
RakobarskiRit	STUBEJ	MUX 1	23	194.46 (0.56)	14.46 (-0.72)	490	23	8700	6.45	0.05	106.9	0	106.9	-37.5	25.2
RakobarskiRit	STUBEJ	MUX 3	23	194.46 (0.56)	14.46 (-0.72)	634	41	8260	6.45	0.05	109.2	0	109.2	-40	25.7
RakobarskiRit	VRŠAC	MUX 2	69.52	334.13 (-0.49)	154.13 (0.02)	554	31	24000	-8.65	0.65	132.1	4.5	136.7	-62.8	36.2

Tabela 11.17 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Rakobarski Rit

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Gakovo	CER	MUX 3	152.14	167.19 (-0.28)	347.19 (-0.75)	602	37	3622	10.05	2.15	119.4	11.6	131	-65.4	33.6
Gakovo	CER	MUX 1	152.14	167.19 (-0.28)	347.19 (-0.75)	562	32	3802	10.05	2.15	118.8	11.5	130.4	-64.6	24.2
Gakovo	CRVENI COT	MUX 1	101.95	149.41 (-0.04)	329.41 (-0.65)	498	24	162180	7.25	-0.65	119.9	11.2	131.2	-49.1	49.9
Gakovo	CRVENI COT	MUX 2	101.95	149.41 (-0.04)	329.41 (-0.65)	546	30	162180	7.25	-0.65	120.7	10.9	131.6	-49.5	49.5
Gakovo	CRVENI COT	MUX 3	101.95	149.41 (-0.04)	329.41 (-0.65)	634	41	158490	7.25	-0.65	122	10.4	132.4	-50.4	48.6
Gakovo	SOMBOR	MUX 1	24.3	132.11 (0.13)	312.11 (-0.29)	626	40	43950	2.25	0.15	113.6	3.1	116.7	-40.3	58.7
Gakovo	SOMBOR	MUX 2	24.3	132.11 (0.13)	312.11 (-0.29)	650	43	43550	2.25	0.15	114	2.9	116.9	-40.5	58.5
Gakovo	SOMBOR	MUX 3	24.3	132.11 (0.13)	312.11 (-0.29)	578	34	43950	2.25	0.15	113	3.4	116.4	-39.9	26
Gakovo	SUBOTICA	MUX 3	49.53	72.32 (0.08)	252.32 (-0.42)	538	29	68860	-7.75	0.15	128.5	7	135.5	-57.1	31.1

Tabela 11.18 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Gakovo

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
CrniVrhVG	DELI JOVAN	MUX 3	15.08	187.84 (1.94)	7.84 (-2.04)	634	41	20000	10.65	2.15	99.2	0	99.2	-26.2	72.8
CrniVrhVG	DELI JOVAN	MUX 1	15.08	187.84 (1.94)	7.84 (-2.04)	490	23	20000	10.65	2.15	97	0	97	-24	63.5
CrniVrhVG	DELI JOVAN	MUX 2	15.08	187.84 (1.94)	7.84 (-2.04)	650	43	20000	10.65	2.15	99.4	0	99.4	-26.4	46.8
CrniVrhVG	JASTREBAC	MUX 1	124.92	209.54 (0.00)	29.54 (-0.84)	522	27	73400	9.35	2.15	117.2	25.5	142.6	-64	35
CrniVrhVG	JASTREBAC	MUX 2	124.92	209.54 (0.00)	29.54 (-0.84)	610	38	83000	9.35	2.15	118.5	26.2	144.8	-65.6	33.4
CrniVrhVG	JASTREBAC	MUX 3	124.92	209.54 (0.00)	29.54 (-0.84)	642	42	88920	9.35	2.15	119	26.4	145.3	-65.8	33.2
CrniVrhVG	TUPIZNICA	MUX 2	73.28	184.76 (0.20)	4.76 (-0.69)	506	25	38000	10.45	-0.55	113.9	25.9	139.8	-64	34.3

Tabela 11.19 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Crni Vrh - Veliki Greben

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Smer prema DVB-T2 predajniku (elevacija)	Smer prema kontrolnoj stanici (elevacija)	Frekvencija [MHz]	TV kanal	ERPmax [W]	Dobitak antena u pravcu DVB-T2 predajnika [dBi]	Dobitak antena u pravcu kontrolne stanice [dBi]	Slabljenje deonice (bez prepreka) [dB]	Slabljenje zbog prepreka [dB]	Ukupno slabljenje deonice [dB]	Nivo snage na ulazu u prijemnik [dBm]	C/N
Cigota	AVALA	MUX 3	130.7	27.55 (-0.79)	207.55 (-0.09)	666	45	87700	7.63	2.15	121.4	7.5	128.9	-49.5	50.5
Cigota	AVALA	MUX 2	130.7	27.55 (-0.79)	207.55 (-0.09)	530	28	87300	7.63	2.15	119.4	8	127.5	-48.1	27.5
Cigota	AVALA	MUX 1	130.7	27.55 (-0.79)	207.55 (-0.09)	482	22	81280	7.63	2.15	118.6	8.2	126.8	-47.7	27.2
Cigota	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	114.83	69.85 (-0.71)	249.85 (-0.06)	514	26	81280	2.13	2.15	123.5	0	123.5	-44.4	55.6
Cigota	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	114.83	69.85 (-0.71)	249.85 (-0.06)	586	35	93970	2.13	2.15	124.7	0	124.7	-44.9	55.1
Cigota	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	114.83	69.85 (-0.71)	249.85 (-0.06)	538	29	84830	2.13	2.15	123.9	0	123.9	-44.7	45.3
Cigota	MALJEN	MUX 3	58.01	19.88 (-0.58)	199.88 (0.19)	602	37	3499	7.13	-0.05	116.2	2.4	118.6	-53.1	21.5
Cigota	STUBEJ	MUX 2	168.46	62.25 (-0.73)	242.25 (-0.41)	650	43	8300	3.93	0.05	129.2	0	129.2	-60	30.8
Cigota	TORNIK	MUX 2	10.78	274.99 (0.38)	94.99 (-0.45)	594	36	8710	7.43	2.15	99	0	99	-29.6	70.4
Cigota	TORNIK	MUX 3	10.78	274.99 (0.38)	94.99 (-0.45)	618	39	8933	7.43	2.15	99.3	0	99.3	-29.8	70.2
Cigota	TORNIK	MUX 1	10.78	274.99 (0.38)	94.99 (-0.45)	490	23	10000	7.43	2.15	97.3	0	97.3	-27.3	30.1

Tabela 11.20 - Rezultati proračuna nivoa snage signala i odnosa C/N DVB-T2 predajnika za koje je nadležna kontrolno-merna stanica Čigota

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF* [dB]	P ₀	P _g ** [%]	P _g ** [sec]	P _g ** [min]
Dobanovci	AVALA	MUX 3	29.46	666	45	45.2	0.4582161	3.45948E-06	1.1	0.0
Dobanovci	AVALA	MUX 2	29.46	530	28	42.6	0.4535053	6.23049E-06	2.0	0.0
Dobanovci	AVALA	MUX 1	29.46	482	22	28.5	0.4518542	0.000159565	50.3	0.8
Dobanovci	CER	MUX 1	63.07	562	32	5.4	4.4607572	0.32162411	101427.4	1690.5
Dobanovci	CER	MUX 2	63.07	578	34	5.4	4.4661838	0.322015367	101550.8	1692.5
Dobanovci	CRVENI COT	MUX 2	51.72	546	30	36.1	2.4569009	0.000150774	47.5	0.8
Dobanovci	CRVENI COT	MUX 1	51.72	498	24	16.3	2.4479562	0.014346424	4524.3	75.4
Dobanovci	CRVENI COT	MUX 3	51.72	634	41	13.6	2.4733846	0.026991788	8512.1	141.9
Dobanovci	OVCAR	MUX 3	105.89	618	39	15.8	21.200834	0.139409686	43964.2	732.7
Dobanovci	OVCAR	MUX 2	105.89	594	36	14.5	21.162206	0.187715852	59198.1	986.6
Dobanovci	RUDNIK 1	MUX 1	84.03	514	26	30.5	10.511367	0.002342066	738.6	12.3
Dobanovci	RUDNIK 1	MUX 3	84.03	586	35	29	10.569031	0.003326406	1049.0	17.5
Dobanovci	RUDNIK 1	MUX 2	84.03	538	29	11.6	10.530553	0.182134071	57437.8	957.3
Dobanovci	VRSAC	MUX 2	92.9	554	31	12.9	14.246994	0.182668325	57606.3	960.1
Dobanovci	VRSAC	MUX 1	92.9	506	25	10	14.195126	0.354878139	111914.4	1865.2

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.21 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Dobanovci

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
Nis	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	104.36	514	26	31.2	11.322917	0.002147328	677.2	11.3
Nis	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	104.36	538	29	31.1	11.343584	0.002201356	694.2	11.6
Nis	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	104.36	586	35	31	11.385033	0.002260863	713.0	11.9
Nis	JASTREBAC	MUX 1	39.86	522	27	33.3	0.6312945	7.38197E-05	23.3	0.4
Nis	JASTREBAC	MUX 2	39.86	610	38	32.5	0.6355299	8.93462E-05	28.2	0.5
Nis	JASTREBAC	MUX 3	39.86	642	42	32.3	0.6370771	9.37847E-05	29.6	0.5
Nis	TUPIZNICA	MUX 2	48.74	506	25	20.3	1.1527859	0.002689606	848.2	14.1
Nis	KOPAONIK	MUX 1	90.69	498	24	15.3	7.4217497	0.05475784	17268.4	287.8
Nis	KOPAONIK	MUX 2	90.69	562	32	14.3	7.45793	0.069272093	21845.6	364.1
Nis	KOPAONIK	MUX 3	90.69	578	34	14	7.4670026	0.074316682	23436.5	390.6

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.22 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Niš

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
Sopot	BESNA KOBILA	MUX 1	79.84	586	35	0.5	0.5097928	0.113588323	35821.2	597.0
Sopot	BESNA KOBILA	MUX 2	79.84	618	39	27.3	0.5110339	0.000237897	75.0	1.3
Sopot	BESNA KOBILA	MUX 3	79.84	650	43	11.2	0.512278	0.009715065	3063.7	51.1
Sopot	JASTREBAC	MUX 1	42.22	522	27	30.9	0.0750196	1.52446E-05	4.8	0.1
Sopot	JASTREBAC	MUX 2	42.22	610	38	30.1	0.0755229	1.8451E-05	5.8	0.1
Sopot	JASTREBAC	MUX 3	42.22	642	42	29.9	0.0757068	1.93676E-05	6.1	0.1
Sopot	KOPAONIK	MUX 1	64.98	498	24	14.9	0.2730029	0.00220855	696.5	11.6
Sopot	KOPAONIK	MUX 2	64.98	562	32	18.7	0.2743337	0.000925165	291.8	4.9
Sopot	KOPAONIK	MUX 3	64.98	578	34	18.5	0.2746675	0.000969945	305.9	5.1
Sopot	TUPIZNICA	MUX 1	93.98	482	22	12.3	0.8249097	0.012143571	3829.6	63.8
Sopot	TUPIZNICA	MUX 2	93.98	506	25	29.7	0.8264154	0.00022138	69.8	1.2
Sopot	TUPIZNICA	MUX 3	93.98	530	28	14.1	0.8279239	0.008052494	2539.4	42.3

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.23 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi "tačka-tačka" - kontrolno-merna stanica Sopot

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
Ostojicevo	AVALA	MUX 1	136.3	482	22	16.4	53.184816	0.304598438	96058.2	1601.0
Ostojicevo	AVALA	MUX 2	136.3	530	28	15.9	53.379151	0.343013863	108172.9	1802.9
Ostojicevo	AVALA	MUX 3	136.3	666	45	14.2	53.933632	0.51262487	161661.4	2694.4
Ostojicevo	CRVENI COT	MUX 1	91.63	498	24	16	16.178608	0.101597066	32039.7	534.0
Ostojicevo	CRVENI COT	MUX 2	91.63	546	30	15.6	16.237724	0.111806014	35259.1	587.7
Ostojicevo	CRVENI COT	MUX 3	91.63	634	41	14.7	16.346665	0.138474296	43669.3	727.8
Ostojicevo	KIKINDA	MUX 2	22.85	746	55	42.9	0.2556647	3.27801E-06	1.0	0.0
Ostojicevo	KIKINDA	MUX 1	22.85	562	32	37.4	0.252115	1.14693E-05	3.6	0.1
Ostojicevo	KIKINDA	MUX 3	22.85	538	29	30.8	0.2516557	5.23295E-05	16.5	0.3
Ostojicevo	SOMBOR	MUX 3	73.69	578	34	18.3	8.4663022	0.031306446	9872.8	164.5
Ostojicevo	SUBOTICA	MUX 1	47.94	626	40	41.2	2.3396246	4.43697E-05	14.0	0.2
Ostojicevo	SUBOTICA	MUX 2	47.94	650	43	37.9	2.3438952	9.50338E-05	30.0	0.5
Ostojicevo	VRSAC	MUX 1	123.58	506	25	18.3	39.713363	0.146850922	46310.9	771.8
Ostojicevo	VRSAC	MUX 2	123.58	554	31	17.7	39.858474	0.169223502	53366.3	889.4
Ostojicevo	VRSAC	MUX 3	123.58	602	37	11.8	40.004115	0.660761419	208377.7	3473.0

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.24 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Ostojicevo

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
MaliPovlen	AVALA	MUX 3	88.07	666	45	42.9	4.3436626	5.56924E-05	17.6	0.3
MaliPovlen	AVALA	MUX 1	88.07	482	22	6.3	4.2833552	0.251029114	79164.5	1319.4
MaliPovlen	AVALA	MUX 2	88.07	530	28	5.9	4.2990063	0.276253694	87119.4	1452.0
MaliPovlen	CRVENI COT	MUX 2	113.45	546	30	35.5	9.2008001	0.000648284	204.4	3.4
MaliPovlen	CRVENI COT	MUX 1	113.45	498	24	4.5	9.1673032	0.813170482	256441.4	4274.0
MaliPovlen	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	110.59	514	26	35.1	1.522312	0.00011761	37.1	0.6
MaliPovlen	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	110.59	586	35	34.2	1.5306633	0.000145485	45.9	0.8
MaliPovlen	JASTREBAC	MUX 2	161.87	610	38	20.8	4.8086503	0.009999153	3153.3	52.6
MaliPovlen	JASTREBAC	MUX 3	161.87	642	42	20.7	4.8203569	0.010256973	3234.6	53.9
MaliPovlen	JASTREBAC	MUX 1	161.87	522	27	12.5	4.7766035	0.067152039	21177.1	353.0
MaliPovlen	MALjEN	MUX 2	21.61	578	34	4.8	0.0114139	0.000944871	298.0	5.0
MaliPovlen	MALjEN	MUX 1	21.61	562	32	4.1	0.0114	0.001108778	349.7	5.8
MaliPovlen	OVCAR	MUX 2	46.22	594	36	27.4	0.1118114	5.08658E-05	16.0	0.3
MaliPovlen	VRSAC	MUX 2	167.27	554	31	31.9	48.970018	0.007904425	2492.7	41.5

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.25 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
Panica	BESNA KOBILA	MUX 2	58.29	618	39	15.6	0.1805387	0.001243112	392.0	6.5
Panica	CRNI VRH PIROT	MUX 1	22.77	482	22	27.9	0.010651	4.31846E-06	1.4	0.0
Panica	CRNI VRH PIROT	MUX 2	22.77	506	25	25.6	0.0106704	7.34719E-06	2.3	0.0
Panica	CRNI VRH PIROT	MUX 3	22.77	530	28	20.2	0.0106899	2.55219E-05	8.0	0.1
Panica	DELI JOVAN	MUX 1	140.75	490	23	27.8	2.5171512	0.001044358	329.3	5.5
Panica	DELI JOVAN	MUX 3	140.75	634	41	25.8	2.5448448	0.001673406	527.7	8.8
Panica	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	165.23	538	29	20.7	4.0870957	0.008696706	2742.6	45.7
Panica	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	165.23	514	26	18.3	4.079649	0.015085608	4757.4	79.3
Panica	JASTREBAC	MUX 1	101.5	522	27	24.8	0.9462769	0.000783354	247.0	4.1
Panica	JASTREBAC	MUX 2	101.5	610	38	24	0.9526255	0.000948118	299.0	5.0
Panica	JASTREBAC	MUX 3	101.5	642	42	23.8	0.9549447	0.000995218	313.9	5.2
Panica	KOPAONIK	MUX 1	148.32	498	24	10	2.9473197	0.073682992	23236.7	387.3
Panica	KOPAONIK	MUX 2	148.32	562	32	9	2.9616876	0.093213594	29395.8	489.9
Panica	KOPAONIK	MUX 3	148.32	578	34	8.7	2.9652905	0.100001671	31536.5	525.6

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.26 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Panica

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
VelikiVrh	AVALA	MUX 3	95.66	666	45	12.8	3.7632513	0.04937456	15570.8	259.5
VelikiVrh	JASTREBAC	MUX 1	81.61	522	27	38.4	2.3112676	8.352E-05	26.3	0.4
VelikiVrh	JASTREBAC	MUX 2	81.61	610	38	37.6	2.3267741	0.000101087	31.9	0.5
VelikiVrh	JASTREBAC	MUX 3	81.61	642	42	37.4	2.3324387	0.000106109	33.5	0.6
VelikiVrh	KOPAONIK	MUX 1	59.52	498	24	7	0.8949873	0.04464336	14078.7	234.6
VelikiVrh	OVCAR	MUX 2	37.49	594	36	42.9	0.2252903	2.88857E-06	0.9	0.0
VelikiVrh	OVCAR	MUX 1	37.49	490	23	9.5	0.2235169	0.006269753	1977.2	33.0
VelikiVrh	OVCAR	MUX 3	37.49	618	39	9.3	0.2257015	0.006629403	2090.6	34.8
VelikiVrh	RUDNIK 1	MUX 1	33.86	514	26	37	0.1649746	8.22919E-06	2.6	0.0
VelikiVrh	RUDNIK 1	MUX 2	33.86	538	29	36.3	0.1652757	9.6861E-06	3.1	0.1
VelikiVrh	VRSAC	MUX 2	151.24	554	31	12.4	14.746064	0.212136848	66899.5	1115.0

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.27 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Veliki Vrh

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
RakobarskiRit	AVALA	MUX 3	95.58	666	45	25	5.1817108	0.004096502	1291.9	21.5
RakobarskiRit	CRVENI COT	MUX 2	170.68	546	30	19.2	29.238831	0.087882015	27714.5	461.9
RakobarskiRit	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	77.14	514	26	34.8	2.2397266	0.000185411	58.5	1.0
RakobarskiRit	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	77.14	538	29	23.1	2.2438148	0.002747432	866.4	14.4
RakobarskiRit	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	77.14	586	35	17.5	2.2520136	0.010011773	3157.3	52.6
RakobarskiRit	JASTREBAC	MUX 2	132.01	610	38	22.6	11.306927	0.015534046	4898.8	81.6
RakobarskiRit	JASTREBAC	MUX 3	132.01	642	42	22.3	11.334454	0.016685553	5262.0	87.7
RakobarskiRit	JASTREBAC	MUX 1	132.01	522	27	5.6	11.231573	0.773358028	243886.2	4064.8
RakobarskiRit	OVCAR	MUX 2	139.63	594	36	16.5	13.363872	0.074794957	23587.3	393.1
RakobarskiRit	OVCAR	MUX 3	139.63	618	39	4	13.388265	1.332491106	420214.4	7003.6
RakobarskiRit	STUBEJ	MUX 2	23	650	43	27.7	0.0599829	2.54664E-05	8.0	0.1
RakobarskiRit	STUBEJ	MUX 1	23	490	23	4.7	0.0592581	0.005019814	1583.0	26.4
RakobarskiRit	STUBEJ	MUX 3	23	634	41	5.2	0.05991	0.004523136	1426.4	23.8
RakobarskiRit	VRSAC	MUX 2	69.52	554	31	15.7	3.3574178	0.022591517	7124.5	118.7

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.28 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Rakobarski Rit

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
Gakovo	CER	MUX 3	152.14	602	37	13.1	68.863697	0.8431995	265911.4	4431.9
Gakovo	CER	MUX 1	152.14	562	32	3.7	68.654709	7.321673202	2308962.9	38482.7
Gakovo	CRVENI COT	MUX 1	101.95	498	24	29.4	20.558422	0.005901057	1861.0	31.0
Gakovo	CRVENI COT	MUX 2	101.95	546	30	29	20.633542	0.006494023	2048.0	34.1
Gakovo	CRVENI COT	MUX 3	101.95	634	41	28.1	20.771975	0.008042995	2536.4	42.3
Gakovo	SOMBOR	MUX 1	24.3	626	40	38.2	0.2811065	1.06368E-05	3.4	0.1
Gakovo	SOMBOR	MUX 2	24.3	650	43	38	0.2816196	1.11584E-05	3.5	0.1
Gakovo	SOMBOR	MUX 3	24.3	578	34	5.5	0.2800831	0.019734536	6223.5	103.7
Gakovo	SUBOTICA	MUX 3	49.53	538	29	10.6	2.3645749	0.051486467	16236.8	270.6

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.29 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Gakovo

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
CrniVrhVG	DELI JOVAN	MUX 3	15.08	634	41	52.3	0.0180934	2.66355E-08	0.0	0.0
CrniVrhVG	DELI JOVAN	MUX 1	15.08	490	23	43	0.0178965	2.24237E-07	0.1	0.0
CrniVrhVG	DELI JOVAN	MUX 2	15.08	650	43	26.3	0.0181154	1.06167E-05	3.3	0.1
CrniVrhVG	JASTREBAC	MUX 1	124.92	522	27	14.5	10.198024	0.090459885	28527.4	475.5
CrniVrhVG	JASTREBAC	MUX 2	124.92	610	38	12.9	10.266444	0.131631561	41511.3	691.9
CrniVrhVG	JASTREBAC	MUX 3	124.92	642	42	12.7	10.291437	0.138170723	43573.5	726.2
CrniVrhVG	TUPIZNICA	MUX 2	73.28	506	25	13.8	2.0561201	0.021428338	6757.6	112.6

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.30 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Crni Vrh - Veliki Greben

Kontrolna stanica	DVB-T2 predajnik	MUX	Dužina deonice [km]	Frekvencija [MHz]	TV kanal	aF [dB]	P ₀	P _g [%]	P _g [sec]	P _g [min]
Cigota	AVALA	MUX 3	130.7	666	45	30	13.249481	0.00331237	1044.6	17.4
Cigota	AVALA	MUX 2	130.7	530	28	7	13.113266	0.654110119	206280.2	3438.0
Cigota	AVALA	MUX 1	130.7	482	22	6.7	13.065525	0.698339918	220228.5	3670.5
Cigota	JAGODINA CRNI VRH	MUX 1	114.83	514	26	35.1	1.3756951	0.000106283	33.5	0.6
Cigota	JAGODINA CRNI VRH	MUX 3	114.83	586	35	34.6	1.3832421	0.000119905	37.8	0.6
Cigota	JAGODINA CRNI VRH	MUX 2	114.83	538	29	24.8	1.3782062	0.001140917	359.8	6.0
Cigota	MALJEN	MUX 3	58.01	602	37	1	0.1785536	0.035457548	11181.9	186.4
Cigota	STUBEJ	MUX 2	168.46	650	43	10.3	4.3886858	0.102393996	32291.0	538.2
Cigota	TORNIK	MUX 2	10.78	594	36	49.9	0.0011451	2.92949E-09	0.0	0.0
Cigota	TORNIK	MUX 3	10.78	618	39	49.7	0.0011472	3.07315E-09	0.0	0.0
Cigota	TORNIK	MUX 1	10.78	490	23	9.6	0.0011361	3.1143E-05	9.8	0.2

* aF - rezerva za feding

** P_g - procenat vremena lošeg kvaliteta prijema na godišnjem nivou

Tabela 11.31 - Rezultati proračuna kvaliteta veza po ITU-R metodi „tačka-tačka“ - kontrolno-merna stanica Čigota

R. br.	MUX 1	Dobanovci	Niš	Čigota	Sopot	Ostojićevo	Mali Povlen	Panica	Veliki Vrh	Rakobarski Rit	Gakovo	CrniVrh - Veliki Greben
1.	CRVENI_COT	1				1	1				1	
2.	SUBOTICA					1						
3.	AVALA	1		1		1	1					
4.	JAGODINA CRNI VRH		1	1			1	1		1		
5.	KIKINDA					1						
6.	JASTREBAC		1		1		1	1	1	1		1
7.	OVCAR								1			
8.	SOMBOR										1	
9.	BESNA KOBILA				1							
10.	TUPIZNICA				1							
11.	VRSAC	1				1						
12.	DELJ JOVAN							1				1
13.	KOPAONIK		1		1			1	1			
14.	TORNIK			1								
15.	STUBEJ									1		
16.	RUDNIK_1	1							1			
17.	CER	1									1	
18.	CRNI VRH PIROT							1				
19.	MALJEN						1					

Tabela 11.32 - Uporedni pregled načina nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{max} > 3 \text{ kW}$) koji pripadaju prvom multipleksu (MUX1) od strane predloženog sistema kontrolno mernih stanica

R. br.	MUX 2	Dobanovci	Niš	Čigota	Sopot	Ostojićevo	Mali Povlen	Panica	Veliki Vrh	Rakobarski Rit	Gakovo	CrniVrh - Veliki Greben
1.	CRVENI_COT	1				1	1			1	1	
2.	SUBOTICA					1						
3.	AVALA	1		1		1	1					
4.	JAGODINA CRNI VRH		1	1				1		1		
5.	KIKINDA					1						
6.	JASTREBAC		1		1		1	1	1	1		1
7.	OVCAR	1					1		1	1		
8.	SOMBOR										1	
9.	BESNA KOBILA				1			1				
10.	TUPIZNICA		1		1							1
11.	VRŠAC	1				1	1		1	1		
12.	DELI JOVAN											1
13.	KOPAONIK		1		1			1				
14.	TORNIK			1								
15.	STUBEJ			1						1		
16.	RUDNIK_1	1							1			
17.	CER	1										
18.	CRNI VRH PIROT							1				
19.	MALJEN						1					

Tabela 11.33 - Usporedni pregled načina nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{max} > 3 \text{ kW}$) koji pripadaju drugom multipleksu (MUX 2) od strane predloženog sistema kontrolno mernih stanica

R. br.	MUX 3	Dobanovci	Niš	Čigota	Sopot	Ostojićevo	Mali Povlen	Panica	Veliki Vrh	Rakobarski Rit	Gakovo	CrniVrh - Veliki Greben
1.	CRVENI_COT	1				1					1	
2.	SUBOTICA										1	
3.	AVALA	1		1		1	1		1	1		
4.	JAGODINA CRNI VRH		1	1			1			1		
5.	KIKINDA					1						
6.	JASTREBAC		1		1		1	1	1	1		1
7.	OVCAR	1							1	1		
8.	SOMBOR					1					1	
9.	BESNA KOBILA				1							
10.	TUPIZNICA				1							
11.	VRŠAC					1						
12.	DELJOVAN							1				1
13.	KOPAONIK		1		1			1				
14.	TORNIK			1								
15.	STUBEJ									1		
16.	RUDNIK_1	1										
17.	CER										1	
18.	CRNI VRH PIROT							1				
19.	MALJEN			1								

Tabela 11.34 - Uporedni pregled načina nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{max} > 3$ kW) koji pripadaju trećem multipleksu (MUX 3) od strane predloženog sistema kontrolno mernih stanica

Slika 11.2

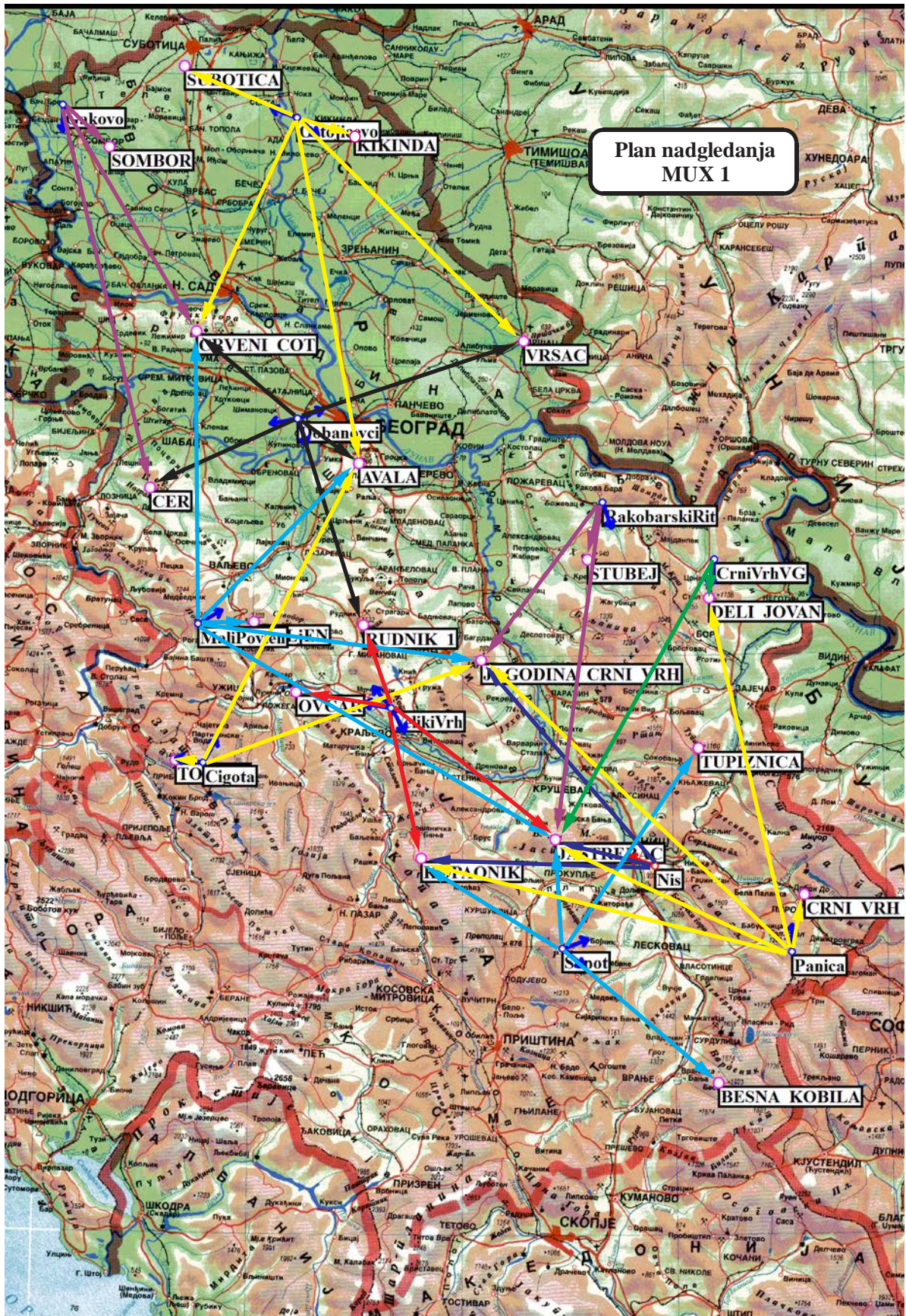
**Prikaz plana nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{\max} > 3 \text{ kW}$)
koji pripadaju prvom multipleksu (MUX 1)**

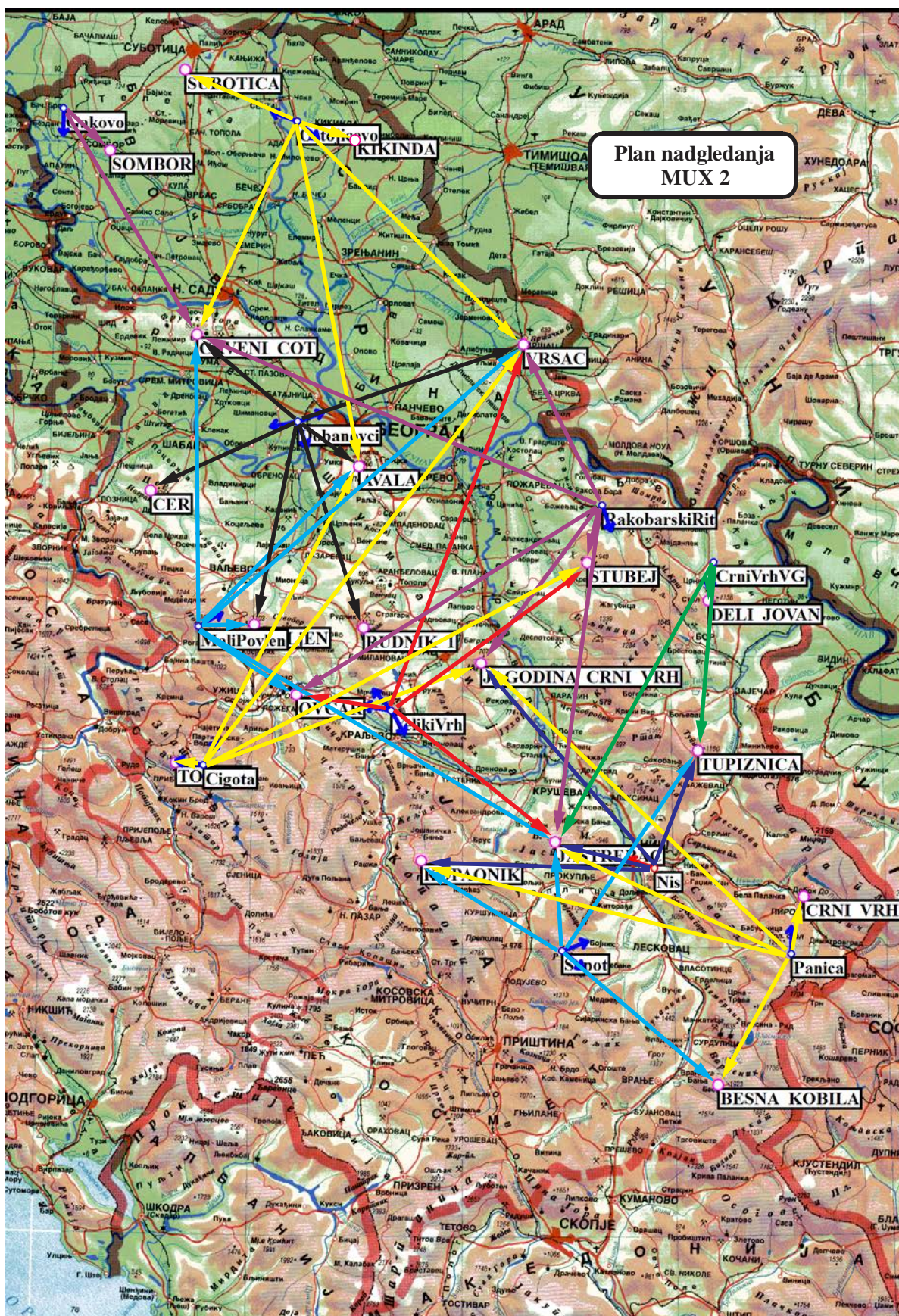
Slika 11.3

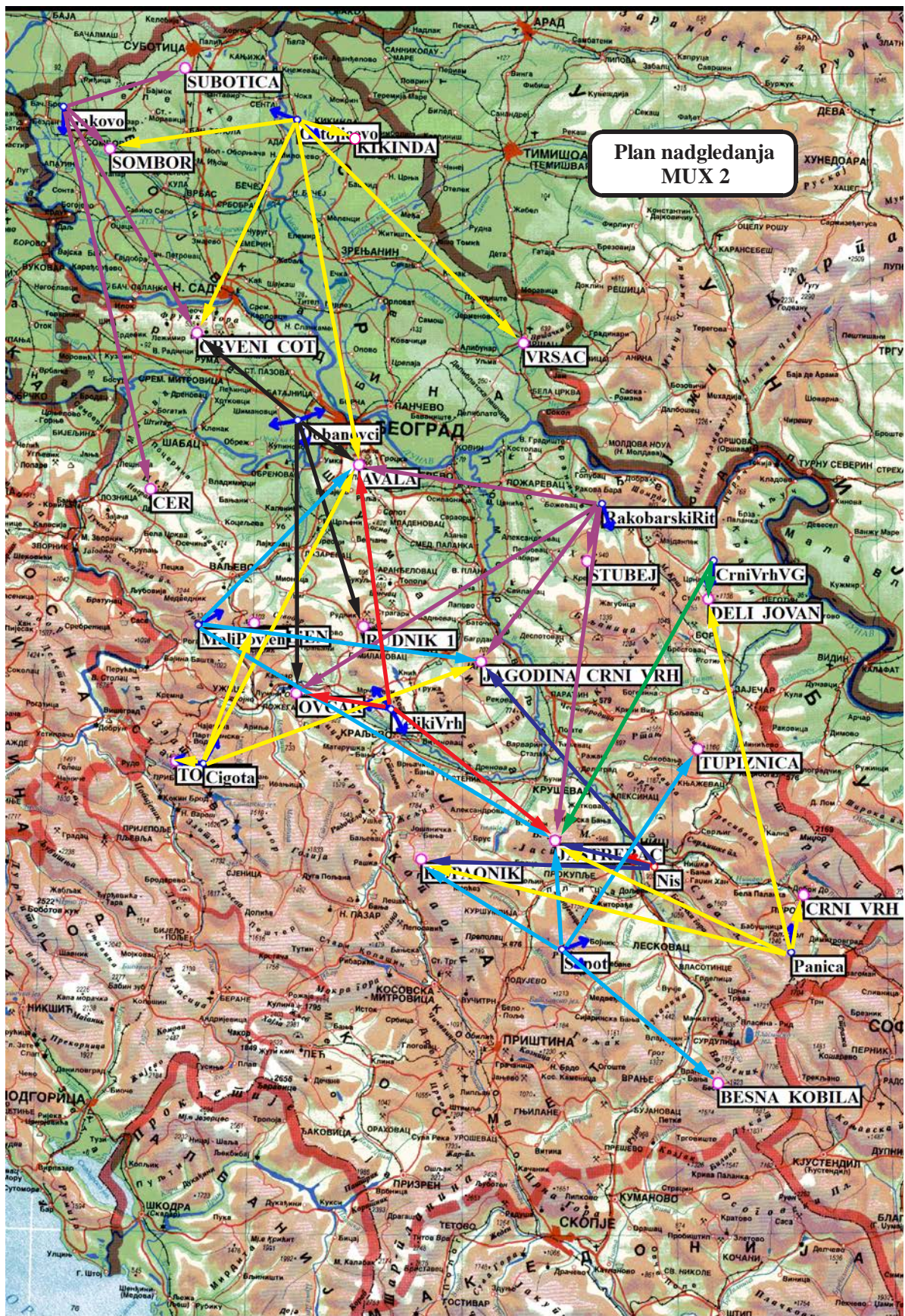
**Prikaz plana nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{\max} > 3 \text{ kW}$)
koji pripadaju drugom multipleksu (MUX 2)**

Slika 11.4

**Prikaz plana nadgledanja DVB-T2 predajnika velike snage ($ERP_{\max} > 3 \text{ kW}$)
koji pripadaju trećem multipleksu (MUX 3)**







12. PROCENA TROŠKOVA REALIZACIJE I ODRŽAVANJA SISTEMA

U ovom poglavlju dat je predmer i predračun troškova za opremu, materijal i radove neophodne za realizaciju mreže senzora za kontinualno praćenje kvaliteta digitalne TV. Nakon toga data je procena troškova realizacije i održavanja sistema, kao i procena vrednosti projekta.

12.1 MERNE STANICE

U tabelama 12.1 do 12.3 dat je prikaz obima investicije i pratećih troškova za opremu, materijal i radove neophodnih za realizaciju daljinski upravljanih (*remote*) mernih stanica za kontinualni monitoring predajnika DTTB mreže JP ETV, sa 1, 2 ili 3 antene u okviru antenskog sistema, označenih kao **Tip 1**, **Tip 2** i **Tip 3**, respektivno.

RED. BROJ	OPIS POZICIJE	JEDINICA MERE	KOLIČINA	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽²⁾	UKUPNA CENA [EUR]	UKUPNA CENA [RSD] ⁽⁴⁾
1.1	Merni prijemnik ⁽¹⁾	kom.	1	7.270,00	7.270,00	897.990,40
1.2	Antena (sa svim neophodnim materijalom za montažu)	kom.	1	1.000,00	1.000,00	123.520,0
1.3	Antenski kabl (sa svim pripadajućim konektorima i materijalom za montažu)	m	30	11,00	330,00	40.761,60
1.4	UKUPNO – MATERIJAL I OPREMA				8600,00	1.062.272,0
1.5	Inicijalna instalacija senzora (akvizicija lokacije, izrada tehničke dokumentacije, tehnička kontrola dokumentacije, instalacija opreme sa optimizacijom usmerenja antene, stručni nadzor, tehnički pregled izvedenih radova)	paušalno	1	3.700,00	3.700,00 ⁽³⁾	457.024,0
1.6	UKUPNO – RADOVI I OSTALI TROŠKOVI				3.700,00⁽³⁾	457.024,0
1.7	UKUPNO				12.300,00⁽³⁾	1.519.296,0

⁽¹⁾ U okviru pozicije 1.1 uključeni su svi troškovi hardvera, softvera, licenci, tehničke dokumentacije, garancija, tehnička podrške i kalibracije u trajanju od 4 godine, kao i isporuka (bez troškova carine)

⁽²⁾ Sve cene su date bez PDVa

⁽³⁾ Troškovi relokacije merne stanice **Tip 1** iz KMC Niš na krajnju lokaciju iznose 4400,00 EUR (dato u rekapitulaciji)

⁽⁴⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.1 – Prikaz obima investicije u mernu stanicu sa 1 antenom – **Tip 1**.

RED. BROJ	OPIS POZICIJE	JEDINICA MERE	KOLIČINA	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽²⁾	UKUPNA CENA [EUR]	UKUPNA CENA [RSD] ⁽³⁾
2.1	Merni prijemnik ⁽¹⁾	kom.	1	7.270,00	7.270,00	897.990,40
2.2	Antena (sa svim neophodnim materijalom za montažu)	kom.	2	1.050,00	2.100,00	259.392,00
2.3	Antenski kabl (sa svim pripadajućim konektorima i materijalom za montažu)	m	30	11,00	330,00	40.761,60
2.4	UKUPNO – MATERIJAL I OPREMA				9700,00	1.198.144,0
2.5	Inicijalna instalacija senzora (akvizicija lokacije, izrada tehničke dokumentacije, tehnička kontrola dokumentacije, instalacija opreme sa optimizacijom usmerenja antene, stručni nadzor, tehnički pregled izvedenih radova)	paušalno	1	3.700,00	3.700,00	457.024,00
2.6	UKUPNO – RADOVI I OSTALI TROŠKOVI				3.700,00	457.024,0
2.7	UKUPNO				13400,00	1.655.168,0

⁽¹⁾ U okviru pozicije 1.1 uključeni su svi troškovi hardvera, softvera, licenci, tehničke dokumentacije, garancija, tehnička podrške i kalibracije u trajanju od 4 godine, kao i isporuka (bez troškova carine)

⁽²⁾ Sve cene su date bez PDVa

⁽³⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.2 – Prikaz obima investicije u mernu stanicu sa 2 antene – **Tip 2.**

RED. BROJ	OPIS POZICIJE	JEDINICA MERE	KOLIČINA	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽²⁾	UKUPNA CENA [EUR]	UKUPNA CENA [RSD] ⁽³⁾
3.1	Merni prijemnik ⁽¹⁾	kom.	1	7.270,00	7.270,00	897.990,40
3.2	Antena (sa svim neophodnim materijalom za montažu)	kom.	3	1066,67	3.200,00	395.264,00
3.3	Antenski kabl (sa svim pripadajućim konektorima i materijalom za montažu)	m	30	11,00	330,00	40.761,60
3.4	UKUPNO – MATERIJAL I OPREMA				10800,00	1.334.016,0
3.5	Inicijalna instalacija senzora (akvizicija lokacije, izrada tehničke dokumentacije, tehnička kontrola dokumentacije, instalacija opreme sa optimizacijom usmerenja antene, stručni nadzor, tehnički pregled izvedenih radova)	paušalno	1	3.700,00	3.700,00	457.024,00
3.6	UKUPNO – RADOVI I OSTALI TROŠKOVI				3.700,00	457.024,0
3.7	UKUPNO				14.500,00	1.791.040,0

⁽¹⁾ U okviru pozicije 1.1 uključeni su svi troškovi hardvera, softvera, licenci, tehničke dokumentacije, garancija, tehnička podrške i kalibracije u trajanju od 4 godine, kao i isporuka (bez troškova carine)

⁽²⁾ Sve cene su date PDVa

⁽³⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.3 – Prikaz obima investicije u mernu stanicu sa 3 antene – **Tip 3.**

RED. BROJ	OPIS POZICIJE	JEDINICA MERE	KOLIČINA	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽¹⁾	UKUPNA CENA [EUR]	UKUPNA CENA [RSD] ⁽²⁾
4.1.1	Merna stanica – Tip 1 – Oprema i materijal	kom.	5	8.600,00	43.000,00	5.311.360,0
4.1.2	Merna stanica – Tip 1 – Radovi i ostali troškovi	kom	5	3.700,00	18.500,00	2.285.120,0
4.1.3	MERNA STANICA – TIP 1 - UKUPNO				61.500,00	7.596.480,0
4.2.1	Merna stanica – Tip 2 – Oprema i materijal ⁰⁰	kom.	3	9.700,00	29.100,00	3.594.432,0
4.2.2	Merna stanica – Tip 2 – Radovi i ostali troškovi	kom.	3	3.700,00	11.100,00	1.371.072,0
4.2.3	MERNA STANICA – TIP 2 - UKUPNO				40.200,00	4.965.504,0
4.3.1	Merna stanica – Tip 3 – Oprema i materijal	kom.	2	10.800,00	21600,00	2.668.032,0
4.3.2	Merna stanica – Tip 3 – Radovi i ostali troškovi	kom.	2	3.700,00	7400,00	914.048,0
4.3.3	MERNA STANICA – TIP 3 - UKUPNO				29.000,00	3.582.080,0
4.4	UKUPNO – MATERIJAL I OPREMA				93.700,00	11.573.824,0
4.5	UKUPNO – RADOVI I OSTALI TROŠKOVI				37.000,00	4.570.240,0
4.6	UKUPNO				130.700,00	16.144.064,0

⁽¹⁾ Sve cene su date bez PDVa i carinskih troškova

⁽²⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.4 – Rekapitulacija obima investicije u merne stanice – Tip 1, Tip 2, i Tip 3.

12.2 PRENOSIVE MERNE STANICE

RED. BROJ	OPIS POZICIJE	JEDINICA MERE	KOLIČINA	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽²⁾	UKUPNA CENA [EUR]	UKUPNA CENA [RSD] ⁽³⁾
5.1	Merni prijemnik	kom.	2	9.850,00	19.700,00	2.433.344,0
5.2	Prijemna antena(sa svim neophodnim materijalom za montažu)	kom.	2	250,00	500,00	61.760,0
5.3	Antenski kabl 50 Ω (sa svim pripadajućim konektorima i materijalom za montažu)	m	2x15	11,00	22,00	2.717,44
5.4	Laptop računar	kom.	2	800,00	1600,00	197.632,0
5.5	Eksterni HD 1TB	kom.	2	100,00	200,00	24.704,0
5.6	UKUPNO – MATERIJAL I OPREMA				22.022,00	2.720.157,4
5.7	UKUPNO – RADOVI I OSTALI TROŠKOVI				0,00	0,00
5.8	UKUPNO				22.022,00	2.720.157,4

⁽¹⁾ U okviru pozicije 5.1 uključeni su svi troškovi hardvera, softvera, licenci, tehničke dokumentacije, garancija, tehnička podrške i kalibracije u trajanju od 4 godine, kao i isporuka (bez troškova carine)

⁽²⁾ Sve cene su date bez PDVa

⁽³⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.5 – Prikaz obima investicije u prenosive merne stanice.

12.3 CENTAR UPRAVLJANJA

RED. BROJ	OPIS POZICIJE	JEDINICA MERE	KOLIČINA	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽²⁾	UKUPNA CENA [EUR]	UKUPNA CENA [RSD] ⁽³⁾
6.1	PC računar – server ⁽¹⁾	kom.	1	2.000,00	2.000,00	247.040,0
6.2	Laptop računar	kom.	1	800,00	800,00	98.816,0
6.2	Dodatna oprema	paušalno	1	100,00	100,00	12.352,0
6.3	UKUPNO				2.900,00	358.208,0

⁽¹⁾ U okviru pozicije 6.1 su uključeni svi troškovi hardvera, licence za operativni sistem, standardna garancija
⁽²⁾ Sve cene su date bez PDVa i carinskih troškova
⁽³⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.6 – Prikaz obima investicije u centar upravljanja.

12.4 REKAPITULACIJA OBIMA KAPITALNIH ULAGANJA I OPERATIVNIH TROŠKOVA

RED. BROJ	OPIS POZICIJE-SREDSTVO	OBIM ULAGANJA FAZA I	OBIM ULAGANJA FAZA II	UKUPNO	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽¹⁾	JEDINIČNA CENA [RSD] ⁽²⁾
7.1	Merna stanica – Tip 1 – Oprema i materijal	1	4	5	8.600,00	1.062.272,00
7.2	Merna stanica – Tip 2 – Oprema i materijal	2	1	3	9.700,00	1.198.144,00
7.3	Merna stanica – Tip 3 – Oprema i materijal	2	0	2	10.800,00	1.334.016,00
7.4	Prenosive stanice – Materijal i oprema	2	0	2	11.011,00	1.360.078,72
7.5	Inicijalna instalacija mernih stanica	5	5	10	3.700,00	457.024,00
7.6	PC računar – server	1	0	1	2.000,00	247.040,0
7.7	Laptop računar	1	0	1	8.00,00	98.816,0
7.8	Dodatna oprema	1	0	1	100,00	12.352,0
7.9	Obuka osoblja	3	0	3	1.500,00	185.280,0

⁽¹⁾ Sve cene su date bez PDV
⁽²⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)

Tabela 12.7 - Pregled obima kapitalnih ulaganja (CAPEX - *Capital Expenditure*) po fazama I-II izgradnje buduće mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije.

RED. BROJ	TROŠAK	KOLIČINA	JEDINICA MERE	JEDINIČNA CENA [EUR] ⁽¹⁾	JEDINIČNA CENA [RSD] ⁽²⁾
8.1	Troškovi relokacije merne stanice Tip 1 iz KMC Niš na krajnju lokaciju	1	Procenjeni trošak /po 1 senzoru	4.400,00	543.488,00
8.2	Troškovi održavanja senzora i popravki izvan domena obuhvaćenog garancijom (3% cene senzora: merne stanice tipa 1-4)	Tip1: 5 Tip2: 3 Tip3: 2 Prenosive: 2	Procenjeni trošak /po 1 senzoru /po 1 kalendarskoj godini	258,00 291,00 394,00 330,32	31.868,16 35.944,32 40.020,48 40.802,36
8.3	Troškovi osiguranja senzora od požara, krađe, izliva i poplava i pritiska snega za period do 12 meseci (1.5% ukupne nabavne cene)	Tip1: 5 Tip2: 3 Tip3: 2 Prenosive: 2	Procenjeni trošak /po 1 senzoru /po 1 kalendarskoj godini	129,00+ 145,50+ 162,00+ 165,16	15.934,08+ 17.972,16+ 20.010,24+ 20.401,18
8.4	Troškovi kalibracije (etaloniranja) senzora (jednom u 3 godina od isteka inicijalne kalibracije u trajanju 4 godine)	Tip1: 5 Tip2: 3 Tip3: 2 Prenosive: 2	Procenjeni trošak /po 1 senzoru /na 3 kalendarske godine	400,00	49.408,00
8.5	Neplanirani troškovi	1	Procenjeni trošak /po 1 kalendarskoj godini	1000,00	123.520,00
⁽¹⁾ Sve cene su date bez PDV					
⁽²⁾ Cene u RSD su izračunate pa zvaničnom srednjem kursu NBS na dan 26.12.2016. godine (1EUR=123.52RSD)					

Tabela 12.8 –Pregled kategorija operativnih troškova (OPEX - *Operating Expenses*) održavanja i iznosi troškova određene kategorije za zadataj jedinicu mere buduće mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije.

REDNI BROJ	O P I S	GODINA br. 1 (FAZA I)	GODINA br. 2 (FAZA II)	UKUPNO ZA FAZE I-II (EVRO) (*)
	TIP OPREME (I)	UKUPNA ULAGANJA U SPECIJALIZOVANU TELEKOMUNIKACIONU OPREMU		
1	Merna stanica (Tip 1)	11.868,00	47.472,00	59.340,00
2	Merna stanica (Tip 2)	26.772,00	13.386,00	40.158,00
3	Merna stanica (Tip 3)	29.808,00	0,00	29.808,00
4	Prenosiva stanica	30.390,36	0,00	30.390,36
5	Inicijalna instalacija mernih stanica (akvizicija lokacija, izrada tehničke dokumentacije, usluga vađenja dozvola, dozvole i saglasnosi, tehnička kontrola, izgradnja i opremanje, stručni nadzor izgradnje, tehnički pregled izgrađene lokacije)	18.500,00	18.500,00	37.000,00
SS (I)	UKUPNA ULAGANJA U TRAJNA SREDSTVA (I)	117.338,36	79.358,00	196.696,36
	TIP OPREME (II)	UKUPNA ULAGANJA U RAČUNARSKU OPREMU CENTRA ZA UPRAVLJANJE		
6	PC računar – server	2.400,00	0,00	2.400,00
7	Laptop računar	960,00	0,00	960,00
8	Dodatna oprema	120,00	0,00	120,00
TS (II)	UKUPNA ULAGANJA U TRAJNA SREDSTVA (II)	3.480,00	0,00	3.480,00
SS (I+II)	UKUPNA ULAGANJA U TRAJNA SREDSTVA (I+II)	120.818,36	79.358,00	200.176,36
	TIP ULAGANJA (III)	UKUPNA ULAGANJA U LJUDSKE RESURSE (IV)		
9	Obuka 3 člana osoblja iz relevantnog domena	5.400,00	0,00	5.400,00
LJR (III)	UKUPNA ULAGANJA U LJUDSKE RESURSE (IV)	5.400,00	0,00	5.400,00
I+II+III	UKUPNA KAPITALNA ULAGANJA (VALUTA EVRO)	126.218,36	79.358,00	205.576,36

NAPOMENE: *Za pregled kapitalnih ulaganja izraženih u novčanoj valuti [RSD] potrebno je gore prikazane novčane vrednosti pomnožiti faktorom konverzije K ($1\text{EUR}=K*\text{RSD}$) u skladu sa zvaničnim srednjim kursom NBS na dan razmatranja.

**Prikazani CAPEX uključuje troškove carine (tarifna stopa 15%), kao i PDV (20%).

Tabela 12.9 - Pregled kapitalnih ulaganja (CAPEX - Capital Expenditure) buduće mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije prikazanih po fazama implementacije i odgovarajućim sredstvima.

Redni broj	O P I S	God br. 1	God br. 2	God br. 3	God br. 4	God br. 5	God br. 6	God br. 7	God br. 8	God br. 9	God br. 10
	TIP TROŠKOVA (I)	DIREKTNI OPERATIVNI VARIJABILNI PROIZVODNI TROŠKOVI (KOJI SE ODOSE NA SENZORE ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE)									
1	Troškovi održavanja senzora i popravki izvan domena obuhvaćenog garancijom (tipovi 1-3 i prenosive; 3% od vrednosti opreme)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.965,15	4.790,89	4.790,89	4.790,9	4.790,9	0,00
2	Reinstalacija merne stanice (demontaža i ponovna akvizicija lokacije)	0,00	4.400,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	UKUPNI DIREKTNI VARIJABILNI OPERATIVNI TROŠKOVI (I)	0,00	4.400,00	0,00	0,00	2.965,15	4.790,89	4.790,89	4.790,89	4.790,89	0,00
	TIP TROŠKOVA (II)	DIREKTNI NEMATERIJALNI VARIJABILNI TROŠKOVI (KOJI SE ODOSE NA SENZORE ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE)									
3	Troškovi kalibracije (etaloniranja) senzora (jednom na svake 3 god. senyori su inicijalno kalibrisani pri nabavci u trajanju od 4 godine)	0,00	0,00	0,00	0,00	2.000,00	2.000,00	0,00	2.000,00	2.000,00	0,00
4	Troškovi osiuranja opreme od požara. krađe. izliva i poplava i pritiska snega (tipovi 1-3 i prenosive; 1,5% od vrednosti opreme)	1.482,58	2.395,45	2.395,45	2.395,45	2.395,45	2.395,45	2.395,45	2.395,45	2.395,45	2.395,45
	UKUPNI INDIREKTNI VARIJABILNI OPERATIVNI TROŠKOVI (II)	1.482,58	2.395,45	2.395,45	2.395,45	4.395,45	4.395,45	2.395,45	4.395,45	4.395,45	2.395,45

Redni broj	O P I S	God br. 1	God br. 2	God br. 3	God br. 4	God br. 5	God br. 6	God br. 7	God br. 8	God br. 9	God br. 10
	TIP TROŠKOVA (III)	INDIREKTNI OPERATIVNI FIKSNI TROŠKOVI									
5	Ostali operativni troškovi (neplanirani izlaz na lokaciju. itd.)	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
	UKUPNI INDIREKTNI OPERATIVNI FIKSNI TROŠKOVI (III)	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
I+II+III	UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI PRE AMORTIZACIJE	2.682,58	7.995,45	3.595,45	3.595,45	8.560,60	10.386,34	8.386,34	10.386,3	10.386,3	8.386,34
	TIP TROŠKOVA (IV)	TROŠKOVI AMORTIZACIJE									
6	Troškovi amortizacije senzora (merne stanice tip1-4) (15%)	14.825,7	23.954,45	23.954,45	23.954,45	23.954,45	23.954,45	19.012,54	6.085,80	0,00	0,00
7	Troškovi amortizacije računarske opreme (30%)	1.044,00	1.044,00	1.008,00	348,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	UKUPNI TROŠKOVI AMORTIZACIJE (IV)	15.869,7	24.998,45	24.962,45	24.302,45	23.954,45	23.954,45	19.012,54	6.085,80	0,00	0,00
I+II+III+IV	UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI NAKON AMORTIZACIJE	18.552,3	32.993,90	28.557,90	27.897,90	32.515,05	34.340,79	27.398,87	16.472,1	10.386,3	8.386,34

NAPOMENE: *Za pregled kapitalnih ulaganja izraženih u novčanoj valuti [RSD] potrebno je gore prikazane novčane vrednosti pomnožiti faktorom konverzije K ($1\text{EUR}=K*\text{RSD}$) u skladu sa zvaničnim srednjim kursom NBS na dan razmatranja.

**Prikazani OPEX obračunava se na osnovu cena koje uključuju troškove carine (tarifna stopa 15%), kao i PDV (20%).

Tabela 12.10 - Pregled svih operativnih troškova (OPEX - Operating Expenses) održavanja buduće mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije.

12.5 PROCENA VREDNOSTI PROJEKTA IZGRADNJE MREŽE SENZORA ZA PRAĆENJE KVALITETA DIGITALNE TELEVIZIJE

Projekat izgradnje mreža senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije predstavlja neprofitni investicioni projekat u mrežu sa tehničkim rešenjem koja ima za cilj da obezbedi transparentni nadzor nad kvalitetom emitovanog digitalnog TV signala, na teritoriji Republike Srbije.

Razmatrani Projekat izgradnje mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije pripada grupi projekata čiji je strateški cilj zaštita kvaliteta implementiranih telekomunikacionih mreža i servisa, odnosno obezbeđivanje adekvatnog kvaliteta i dostupnosti servisa za korisnike na teritoriji Republike Srbije. Osnovna ideja Projekta je u direktnoj saglasnosti sa preporukom Međunarodne telekomunikacione unije ITU-R BT.2389 koja ističe važnost nadgledanja digitalnih televizijskih sistema i praćenja pojava narušavanja kvaliteta servisa televizijskog prenosa, od tačke predaje do tačke prijema, uzimajući u obzir sve slojeve interkonekcije televizijskog sistema, od fizičkog do aplikacionog sloja. Suština projekta podrazumeva aktivno učešće agencije RATEL u ovom procesu i njeno puno angažovanje u ovom strateškom domenu, a sve u skladu sa zakonskim obavezama RATEL-a.

Efikasna realizacija projekta, kroz uspešno sprovođenje mernih aktivnosti, i aktivno informisanje i obaveštavanje operatera mreže digitalnih TV predajnika, doprineće ugledu RATEL Agencije u javnosti kao institucije koja svoje profesionalne aktivnosti obavlja uz brigu o građanima. U inicijalnoj fazi, kada je na teritoriji Republike Srbije zastupljen samo jedan pružalac usluge digitalne televizije, praćenje kvaliteta servisa od važnosti je kako bi se građanima obezbedila kvalitetna usluga konzistentna u dugotrajnom vremenskom periodu i na odgovarajućem procentu teritorije. U narednim fazama razvoja digitalne televizijske mreže uz eventualno povećanja potencijalnog broja pružaoca servisa izgrađena mreža senzora može se aktivno koristiti za komparativnu analizu kvaliteta digitalnih televizijskih signala različitih operatera.

U skladu sa navedenim, sa računovodstvenog aspekta procene vrednosti razmatranog projekta, treba naglasiti da i ako Projekat po svojoj prirodi ne donosi operativan profit, njegova vrednost sa računovodstvenog aspekta ogleda se u bilansu stanja kao uvećani nematerijalni dobitak koji se ne može otuđiti, ali koji povećava tržišnu vrednost agencije, u računovodstvu poznatiji kao *gudvil* (*goodwill*). Povećani ugled agencije RATEL, porast ekspertize zaposlenih u Agenciji, poverenje javnosti, kao i saradnja u oblasti merenja i praćenja kvaliteta radiodifuznih digitalnih televizijskih signala, zajedno doprinose porastu značaja agencije RATEL. Ova nematerijalna sredstva, koja se nikako ne mogu otuđiti, od strateškog su značaja za budući rad agencije i njen uspeh na nacionalnom i međunarodnom nivou.

13. ZAKLJUČAK

Proces prelaska sa analognog na digitalno zemaljsko emitovanje televizijskog signala na teritoriji Republike Srbije obavljen je na osnovu primene DVB-T2 standarda. Formalno, proces prelaska sa analognog na digitalno emitovanje završen je 15. maja 2015. godine, pri čemu je do ovog trenutka izgrađena mreža TV predajnika, koju trenutno čini više od 200 predajničkih i repetitorskih lokacija. Ovom mrežom, prema podacima JP ETV, kao jedinog ovlašćenog operatora sistema za emitovanje digitalne zemaljske televizije (sistema DTTB) u Republici Srbiji, sa zahtevanim nivoom kvaliteta ostvareno je pokrivanje 97.82%, 96.77% i 96.03% stanovnika, za signale prvog multipleksa (MUX1), drugog multipleksa (MUX2) i trećeg multipleksa (MUX3), respektivno. Samim tim, trenutno su ispunjeni osnovni preduslovi za početak obavljanja poslova vezanih za održavanje i unapređenje postignutog kvaliteta prijemnog signala sistema DTTB u zonama opsluživanja, kao i ujednačavanje kvaliteta servisa.

Treba naglasiti da sistem za digitalno emitovanje zemaljske televizije u Srbiji, kojim upravlja JP ETV, predstavlja jedini sistem tog tipa na teritoriji Republike Srbije. Samim tim, relativno veliki procenat stanovništva prijem domaćih televizijskih programa može ostvariti jedino putem ovog sistema ili eventualno korišćenjem prijemnika za satelitsku televiziju. Ovo je pogotovo slučaj u ruralnim sredinama, manjim gradskim naseljima, ali i u delovima većih gradova u kojima ne postoji odgovarajuća telekomunikaciona infrastruktura, tj. kvalitetne KDS, xDSL (*Digital Subscriber Line*) ili optičke mreže za pristup. Samim tim, na osnovu potrebe i prava građana na pravovremeno i pouzdano informisanje, kao i drugih veoma bitnih aspekata raspoloživosti i značaja servisa televizije za građane, sistem za digitalno emitovanje zemaljske televizije u Srbiji ima sam po sebi veoma veliki društveni značaj. Stoga, održavanje i poboljšanje kvaliteta prijema signala ovog sistema, kao i ujednačen kvalitet servisa ovog sistema na celoj teritoriji predstavlja opšti društveni interes.

RATEL, u skladu sa zakonskim obavezama i ovlašćenjima, a na osnovu Zakona o elektronskim komunikacijama („Službeni glasnik Republike Srbije“ broj 44/2010 i 62/2014), obavlja poslove kontrole korišćenja RF spektra, u sklopu kojih između ostalog spadaju i poslovi na proveru i utvrđivanju zone pokrivanja, kao i poslovi provere kvaliteta pružanja elektronske komunikacione usluge koja se pruža bežičnim putem, odnosno svi drugi poslovi u ovoj oblasti definisani Zakonom i podzakonskim aktima. RATEL, u ovom trenutku, poverene poslove provere ostvarenog radio pokrivanja DTTB mreže i kvaliteta pruženog servisa, može

obaviti putem periodičnih merenja na delu teritorije, analizom rezultata dobijenih predikcijom pokrivanja korišćenjem softverskih alata, kao i redovnom tehničkom kontrolom predajnika sistema DTTB.

Sa druge strane, pouzdana i kontinualna kontrola kvaliteta sistema DTTB na teritoriji Republike Srbije može se obaviti izgradnjom stacionarne mreže daljinski kontrolisanih senzora (mernih prijemnika). Primenom ovakvog sistema, stvorili bi se preduslovi da se putem stalne kontrole rada sistema DTTB, a u komunikaciji sa JP ETV, omogući kontinualno prikupljanje i analiza svih potrebnih podataka koji ukazuju na nedostatke u dizajnu sistema DTTB u pojedinim delovima teritorije, i stvore preduslovi za održavanje, ujednačavanje i unapređenje trenutno postignutog nivoa kvaliteta na celokupnoj teritoriji Srbije. Sistem DTTB u Srbiji je relativno nov, i na osnovu dosadašnjeg iskustva obezbeđuje veoma pouzdan kvalitet servisa, što se ogleda i u relativnom malom broju žalbi građana. Ipak, tokom njegove dugotrajne eksploatacije mogu se očekivati problemi u smislu pogoršanja kvaliteta servisa usled starenja i otkaza komponenti predajne mreže, pojave otkaza ili neusaglašenosti rada u okviru distributivne mreže, ili eventualnog smanjenog ulaganja u održavanje sistema. Iz tog razloga, razvojem sistema kojim bi se omogućilo kontinualno praćenje kvaliteta rada sistema DTTB, stvara se osnova da se putem spoljnje kontrole obezbedi stalno, pouzdano i kvalitetno dostavljanje izuzetno značajnog servisa digitalne televizije u narednom periodu u uslovima kada ne postoji tržišna konkurencija u ovoj oblasti. Stoga, postoji određen nivo društvene opravdanosti razvoja sistema na bazi mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije. S druge strane, s obzirom na to da u dosadašnjem periodu nisu zabeleženi veliki problemi u pogledu kvaliteta servisa postojeće DTTB mreže, kao i na relativno malu zastupljenost sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB u okruženju, izgradnja sistema ovog tipa koji sam po sebi ne donosi profit, ne sme zahtevati prevelika ulaganja, odnosno sistem mora biti i ekonomski opravdan.

Iz navedenih razloga, u okviru ove Studije izvršena je analiza i usvojen je predlog tehničkog rešenja mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije, koji se sastoji od 10 stacionarnih daljinski kontrolisanih mernih stanica (senzora) i jednog centra za upravljanje. U predloženom sistemu, a u cilju razvoja ekonomski opravdanog rešenja, stacionarne merne stanice (senzori) se smeštaju na već izgrađenim i uređenim lokacijama kontrolno-mernih stanica sistema za monitoring RF spektra Investitora (koje su planirane i biće izgrađene nezavisno od u ovoj studiji posmatranog sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB). Time se višestruko smanjuju troškovi izgradnje sistema, pošto nije potrebno rešavati imovinsko-pravne poslove, postavljati antenske stubove, obezbediti električno napajanje i klimatizaciju, niti realizovati poseban sistem prenosa neophodan za povezivanje mreže senzora sa centrom za upravljanje. Pored toga, Investitor bi imao i značajno manje operativne troškove pri dugotrajnoj eksploataciji sistema. Stoga se u predloženom tehničkom rešenju celokupni kapitalni troškovi za izgradnju sistema praktično odnose na nabavku mernih uređaja i opreme, uz određene troškove za radove na instalaciji te opreme. Pri tome, sistem je tako koncipiran da se ni na koji način ne naruše performanse primarnog sistema Investitora (sistema za monitoring RF spektra). Usvajanjem relativno malog broja mernih stanica omogućeno je kontinualno nadgledanje svih predajnika DVB-T2 signala velike snage (efektivno zračene snage iznad 3 kW), kojima se ostvaruje pokrivanje najvećeg dela teritorije Republike Srbije, pri čemu predloženo rešenje zahteva relativno malu investiciju. Dalje, proširenje skupa nadgledanih predajnika DVB-T2 signala na predajnike manje snage narušilo bi ekonomsku opravdanost rešenja, pri čemu bi se sa nekoliko puta većim ulaganjima ostvarilo relativno malo povećanje procenta teritorije koju pokriva skup nadgledanih predajnika. Iz tog razloga, sistem za kontrolu kvaliteta digitalne televizije je dopunjen sa dve prenosive merne stanice koje se mogu koristiti za periodičnu ili *ad hoc* proveru kvaliteta servisa u zonama koje pokrivaju predajnici manje snage, ili se ove merne stanice mogu

koristiti za proveru i utvrđivanje ostvarenog nivoa kvaliteta pokrivanja i ostvarenog servisa u slučaju postojanja žalbi. Na ovaj način je generisano rešenje kojim se mogu ostvariti određene zadovoljavajuće performanse uz minimizaciju troškova investicije za potrebe izgradnje i održavanja sistema.

Planirano je da se projekat mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije realizuje u 2 faze trajanja od po 12 meseci (ukupno 2 godine). Predviđena su ukupna kapitalna ulaganja za realizaciju sistema za kontinualni monitoring kvaliteta DTTB u iznosu od oko 206.000 EUR. U Studiji je dat pregled kapitalnih ulaganja po fazama implementacije i po odgovarajućim sredstvima. Takođe, dat je i pregled svih operativnih troškova održavanja mreže, projektovanih na budući desetogodišnji period.

Izgradnja mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije predstavlja neprofitni društveno odgovoran investicioni projekat u mrežu koja ima za cilj da obezbedi transparentni nadzor nad kvalitetom emitovanog digitalnog TV signala na teritoriji Republike Srbije. Razmatrani Projekat izgradnje mreže senzora za praćenje kvaliteta digitalne televizije pripada grupi projekata čiji je strateški cilj zaštita kvaliteta implementiranih telekomunikacionih mreža i servisa, odnosno obezbeđivanje adekvatnog kvaliteta i dostupnosti servisa za korisnike na teritoriji Republike Srbije. Suština projekta podrazumeva aktivno učešće agencije RATEL u ovom procesu i njeno puno angažovanje u ovom strateškom domenu, a sve u skladu sa zakonskim obavezama RATEL-a. Efikasna realizacija projekta, kroz uspešno sprovođenje mernih aktivnosti, i aktivno informisanje i obaveštavanje operatera mreže digitalnih TV predajnika, doprineće ugledu RATEL Agencije u javnosti kao institucije koja svoje profesionalne aktivnosti obavlja uz brigu o građanima. U inicijalnoj fazi, u kojoj postoji samo jedan pružalac usluge digitalne televizije, praćenje kvaliteta servisa od važnosti je kako bi se građanima obezbedila kvalitetna usluga konzistentna u dugotrajnom vremenskom periodu i na odgovarajućem procentu teritorije. U slučaju povećanja potencijalnog broja pružaoca servisa, izgrađena mreža senzora može se koristiti za komparativnu analizu kvaliteta digitalnih televizijskih signala više operatera.

Sa finansijskog aspekta procene vrednosti razmatranog projekta, treba naglasiti da i ako Projekat po svojoj prirodi ne donosi operativan profit, njegova vrednost sa računovodstvenog aspekta ogleda se u bilansu stanja kao uvećani nematerijalni dobitak koji se ne može otuđiti, ali koji povećava tržišnu vrednost agencije. Povećani ugled agencije RATEL, porast ekspertize zaposlenih u Agenciji, poverenje javnosti, kao i saradnja u oblasti merenja i praćenja kvaliteta radiodifuznih digitalnih televizijskih signala, zajedno doprinose porastu značaja agencije RATEL. Ova nematerijalna sredstva, koja se nikako ne mogu otuđiti, od strateškog su značaja za budući rad agencije i njen uspeh na nacionalnom i međunarodnom nivou.

14. LITERATURA

- [1] Strategija za prelazak sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji, ("Službeni Glasnik RS", broj 052/09).
- [2] „Zakon o potvrđivanju Završnih akata Regionalne konferencije o radio-komunikacijama za planiranje digitalne terestijalne radiodifuzne službe u delovima Regiona 1 i 3, u frekvencijskim opsezima 174-230 MHz i 470-862 MHz (RRC-06),” ("Službeni Glasnik Republike Srbije – Međunarodni ugovori", broj 4/10).
- [3] Zvanična *web* prezentacija Javnog preduzeća "Emisiona tehnika i veze" Beograd, URL: <http://www.etv.rs> - Poslednji put pristupljeno 22.11.2016. godine
- [4] „Pravilnik o prelasku sa analognog na digitalno emitovanje televizijskog programa i pristup multipleksu”, („Službeni glasnik Rep. Srbije“ broj 68/14, 18/15, 30/15 i 50/15).
- [5] „Uputstvo o merenju tehničkih i drugih parametara TV radio stanica koje emituju po standardu DVB-T2”, RATEL, URL: http://www.ratel.rs/upload/editor_files/File/dozvole/uputstva/2013/UputstvoDVBT2ver10Final.pdf, Poslednji put pristupljeno 11.10.2016. godine.
- [6] Digital Video Broadcasting (DVB), "History of the DVB Project", *DVB Standards and Specifications*, Ver. 11.0, August 2008.
- [7] W. Fischer, "Digital Video and Audio Broadcasting Technology," Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2008. godina.
- [8] Zvaničan web sajt konzorcijuma DVB Project, URL: <http://www.dvb.org>, Poslednji put pristupljeno 20.10.2016. godine
- [9] Zvaničan web sajt ETSI (*The European Telecommunications Standards Institute*), URL: <http://www.etsi.org/WebSite/Standards/Standard.aspx>, Poslednji put pristupljeno 13.11.2016. godine
- [10] DVB BlueBook A133, "Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", DVB Project, June 2010 (povučeno).
- [11] DVB BlueBook A122, "Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)", DVB Project, November 2014.

- [12] DVB BlueBook A136, “Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, DVB Project, January 2016.
- [13] DVB BlueBook A150, “Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system”, DVB Project, June 2010.
- [14] ETSI EN 302 755 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI, Ver.1.4.1, July 2015.
- [15] ETSI TS 102 606-1 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Generic Stream Encapsulation (GSE); Part 1: Protocol”, ETSI, Ver.1.2.1, July 2014.
- [16] [ETSI3] ETSI TS 102 773 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Modulator interface (T2-MI) for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI, Ver.1.4.1, March 2016.
- [17] ETSI EN 302 307-1 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation system for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications; Part 1 (DVB-S2)”, ETSI, Ver.1.4.1, November 2014.
- [18] ETSI EN 300 468 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Specifications for Service Information (SI) in DVB systems”, ETSI, Ver.1.15.1, March 2016.
- [19] ETSI TS 102 034 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Transport of MPEG-2 TS Based DVB Services over IP Based Networks (and associated XML)”, ETSI, Ver.2.1.1, April 2016.
- [20] ETSI EN 301 192 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); DVB specification for data broadcasting”, ETSI, Ver.1.6.1, August 2015.
- [21] ETSI TS 102 831 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)”, ETSI, Ver.1.2.1, August 2012.
- [22] ETSI TS 102 992 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); Structure and modulation of optional transmitter signatures (T2-TX-SIG) for use with the DVB-T2 second generation digital terrestrial television broadcasting system”, ETSI, Ver.1.1.1, September 2010.
- [23] ETSI TS 102 191 standard, “Digital Video Broadcasting (DVB); DVB mega-frame for Single Frequency Network (SFN) synchronization”, ETSI, Ver.1.1.1, June 2004.
- [24] Harve Benoit, “Digital Television: Satellite, Cable, Terrestrial, IPTV, Mobile TV in the DVB Framework,” Third edition, Elsevier B.V., 2008. godina.
- [25] ISO/IEC standard 138181-1:2015, “Information technology – Generic coding of moving pictures and associated information; Part 1: Systems”, ISO/IEC, 2015.
- [26] Alamouti, S.: "A simple transmit diversity technique for wireless communications", IEEE Journal on Selected areas in Communications, Vol. 16, No. 8, pp. 1451-1458, October 1998.
- [27] ITU - International Telecommunication Union, "Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06)".
- [28] Irini S. Reljin, Aleksandar S. Sugaris, “DVB-T2,” TELEKOMUNIKACIJE, Broj 04, Godina II, Decembar 2009, RATEL, Beograd 2009. godine.

- [29] Roland Bruger, Kerstin Mayer, “RRC-06 - Technical basis and planning configurations for T-DAB and DVB-T,” EBU Technical Review, No. 302, April 2005.
- [30] Tobias Vieracker, “Planning DVB-T2: Advance and Challenge”, White Paper, LS Telecom AG Germany, June 2010.
- [31] TDT (*Televisão Digital Terrestre*), kompanija za digitalno terestičko emitvanje televizije u Portugaliji, URL: <http://tdt.telecom.pt/> , Poslednji put ostvaren pristup 16.12.2016. godine
- [32] ANACOM, „DTT – Monitoring Probe”, White paper (dobijen direktno od ANACOM).
- [33] Idejni projekat - Implementacija sistema za monitoring radio-frekvencijskog spektra na teritoriji Republike Srbije, Investitor: Republička agencija za elektronske komunikacije i poštanske usluge – RATEL, Projektanti: Elektrotehnički fakultet u Beogradu i KONSIG Group d.o.o. Beograd (podizvođač), Decembar 2011. godine, Beograd.
- [34] Zvanična web prezentacija ITU, URL: <http://www.itu.int/rec/R-REC-SM/en>, Poslednji put pristupljeno 20.9.2016. godine
- [35] ITU-R Report BT.2389-0: “Guidelines on measurements for digital terrestrial television broadcasting systems”, ITU, February 2016.
- [36] ETSI 101 290 v.1.3.1: “Digital Video Broadcasting (DVB); Measurement guidelines for DVB systems”, ETSI, July 2014.
- [37] ITU-R SM.1875-2; „DVB-T coverage measurements and verification of planning criteria”, ITU, August 2014.
- [38] Zvanična web prezentacija *Avateq Corp.*, URL: <http://avateq.com/content/20/AVQ1020---ActiveCore%C2%AE-RF-Layer-Monitoring-Receiver-and-Signal-Analyzer> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [39] Zvanična web prezentacija kompanije *Gsertel*, URL: <http://www.gsertel.com/rcs-100-dvb-t-t2> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [40] Zvanična web prezentacija kompanije *WorldCast Systems Inc.*, URL: <https://www.worldcastsystems.com/en/c20p41/dtv-monitoring/audemat-dvbt2-monitor#> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [41] Zvanična web prezentacija kompanije *Test-Tree (Enesys)*, URL: <https://www.test-tree.com/> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [42] Zvanična web prezentacija kompanije *Rohde & Schwarz*, URL: https://www.rohde-schwarz.com/us/product/dvms-productstartpage_63493-11144.html - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [43] Zvanična web prezentacija projekta *nProbe*, URL: <http://www.rprobe.com/> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [44] Zvanična web prezentacija kompanije *Sencore*, URL: <http://www.sencore.com> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [45] Zvanična web prezentacija kompanije *Bridge Technologies*, URL: <http://www.bridgetech.tv> - Poslednji put pristupljeno 05.01.2017. godine
- [46] ITU-R BT.2254-2: “Frequency and network planning aspects of DVB-T2”, Nov. 2014.
- [47] ITU-R BT.2033-1: “Planning criteria, including protection ratios, for second generation of digital terrestrial television broadcasting systems in the VHF/UHF bands”, ITU, Feb. 2015.

IV PRILOZI

Prilog 1

**Tehničke specifikacije komercijalno dostupne merne opreme
za fiksne i prenosive merne stanice**

DATASHEET

ACTIVECORE® AVQ1020DVBT RF LAYER MONITORING RECEIVER FOR DVB-T/H/T2



Description

Based on ActiveCore® Platform, AVQ1020DVBT is an embedded RF layer monitoring receiver and signal analyzer for **DVB-T**, **DVB-H**, and **DVB-T2** digital television standards. It has been designed as an easy-to-use and cost-effective solution for remote monitoring digital transmitter system performance and transmitted signal quality and, therefore, ensuring consistent Quality of Service (QoS) of the network. AVQ1020DVBT features a comprehensive alarm system that can be accessed via multiple interfaces and be set up to control the main components of the transmitter system in case of emergency. Additionally, the receiver is versatile for use as a stand alone unit during in-field and production tests.

Technical Specification

Main signal input "RF in"⁽¹⁾:	
Connector:	50Ω, N-type
Level:	0 .. -50dBm, -20 dBm optimum
Frequency range:	48..1000 MHz ⁽²⁾
Frequency tuning step:	10Hz
Analyzed bandwidth:	≥ 50MHz
Reference frequency:	
1PPS:	LVTTL, BNC
10MHz:	50Ω, BNC, 1Vp-p, sine
DVB-T/H:	
Channel bandwidth:	5/6/7/8 MHz
FFT size:	2k, 4k, 8k
Guard interval:	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Constellation:	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
DVB-T2:	
Channel bandwidth:	1.7/5/6/7/8/10 MHz
FFT size:	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Guard interval:	1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/128, 19/128, 19/256
Constellation:	QPSK, 16-QAM, 64-QAM, 256-QAM
Control and Monitor Ports:	
Ethernet:	10/100 Ethernet, RJ45
Serial:	RS232, DB9M
Relay Control (x2):	Dry contacts, DB9F
Power Supply:	110-250V, 50/60Hz AC
Operating temperature:	0 .. 50, °C
Form factors:	
1U stand-alone unit:	48.3cm x 33cm x 4.3cm 19" x 13" x 1.7"

Monitored Parameters

General:	
Signal:	PAR, RMS.
Spectral:	Bandwidth, Central Frequency shift, Peak-to-Average Power, Shoulder Attenuation.
DVB-T/H/T2 Standard Specific:	- Spectral mask (ETSI TR 101 290); - SNR/EVM/MER; - DVB-T2 L1 Signaling and Frame Structure; - Amplitude/Phase signal errors; - Group Delay; - SFN drift ⁽³⁾ .
Distortions:	
Non-linear:	- AM-AM, AM-PM curves ⁽⁴⁾ ;
Linear:	- Amplitude/Phase/Group Delay response;
Default set of alarms:	- Spectrum shoulder levels; - Signal MER/SNR; - Frequency shift.
Application-specific alarm events⁽⁵⁾:	User-defined set of parameters and their thresholds.
Parameter update rate:	≤ 60 sec.
Available plots and data logs:	- Spectrum; - Constellation; - AM-AM, AM-PM; - Channel Amplitude and Phase responses; - CCDF; - Echo profile; - SNR/MER/EVM variation history; - Shoulder attenuation history; - SFN drift ⁽³⁾ ; - Event and alarm log.
Software interfaces:	- WEB GUI; - SNMP agent; - Email.

⁽¹⁾ Optional 2nd RF input available.

⁽²⁾ Please, contact Avateq for an extended frequency range.

⁽³⁾ SFN drift is estimated as DVB-T2 frame start time variations at the transmitter output, for DVB-T2 only.

⁽⁴⁾ For DVB-T/H only.

⁽⁵⁾ Set of alarms can be tailored to Customer's application specifics.

AVQ1020DVBT ActiveCore® RF Layer Monitoring Receiver for DVB-T/H/T2

DATASHEET

Measurements and Metrics

- ▶ Signal statistic: MER/SNR, signal RMS, PAR, maximum peak value, signal CCDF;
- ▶ Frequency spectrum, shoulder attenuation;
- ▶ Signal bandwidth and standard specific parameters;
- ▶ Effects of the transmission system non-linearity in terms of AM-AM/AM-PM curves measured on the broadcasted signal;
- ▶ Linear distortions found in the output RF signal - signal-group delay and frequency response;
- ▶ Results of the non-linearity and linearity measurements recalculated in a form of complex LUT and FIR suitable for pre-correction⁽¹⁾;
- ▶ Complex channel estimation for re-broadcasting applications;

- ▶ Multipath echo and feedback interference detection, estimation and visualization.

Applications

- ▶ DVB-T/H/T2 transmitter/repeater performance and 24/7 QoS monitor;
- ▶ Remote monitoring for broadcasting repeater system network;
- ▶ Test and design verification equipment;
- ▶ DVB-T/H/T2 signal analyzer for a wide variety of applications;
- ▶ R & D;
- ▶ In-field and production testing.

⁽¹⁾ For DVB-T/H only.

Samples of Plots



DVB-T2 L1 Signaling and Frame Structure

S1 found = 0, T2_SISO
S2 found = 2, 8k - GI:32/16/8/4, not Mixed
GI = 1/16
MER = 31.577 dB

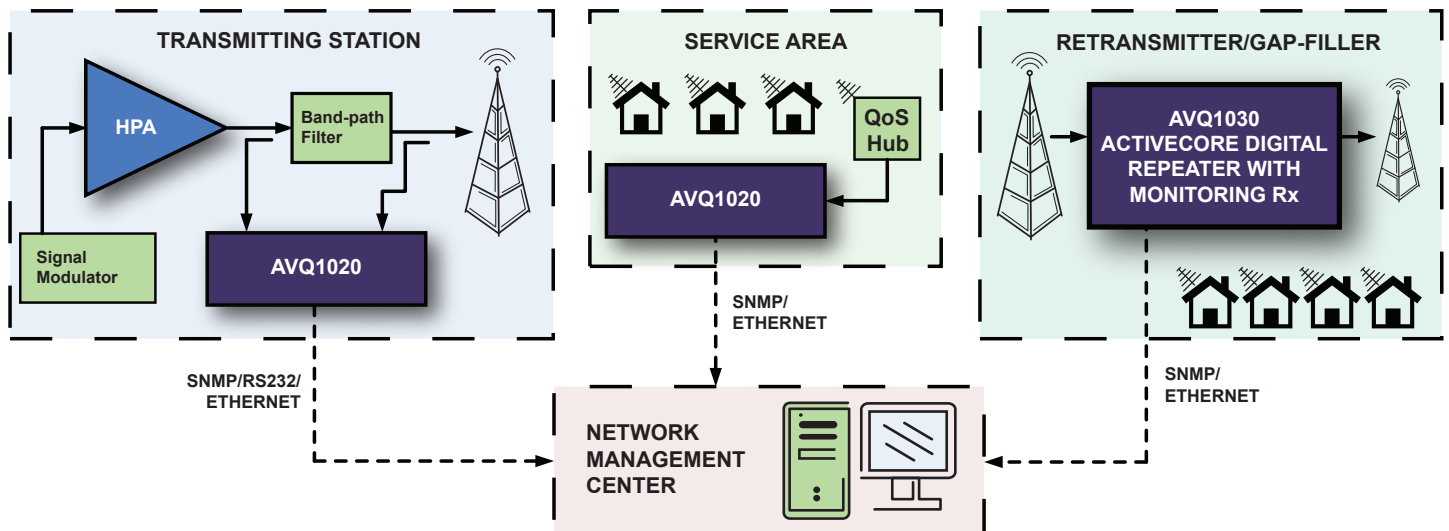
L1 pre:
L1 pre: T2 version = 1, 1,2,1
L1 pre: stream = 0, TS only
L1 pre: bw_ext = 1
L1 pre: S1 = 0, T2_SISO
L1 pre: S2 = 2, 8k - GI:32/16/8/4, not Mixed
L1 pre: Repetition flag = 0
L1 pre: GI = 1, 1/16
L1 pre: PAPR = 0, L1-ACE/IP2-TR
L1 pre: L1 mod = 3, 64-QAM
L1 pre: L1 code = 0, 1/2
L1 pre: L1 FEC = 0, LDPC 16k
L1 pre: L1 Post Size = 250
L1 pre: L1 Post In Size = 318
L1 pre: PP = 7, PP8
L1 pre: Tx_ID availability = 0
L1 pre: Cell ID = 0
L1 pre: Network ID = 12421
L1 pre: T2 Sys_ID = 32769

L1 pre: T2 frames = 2
L1 pre: Num Data Symbols = 59
L1 pre: Regen flag = 0
L1 pre: L1 post ext = 0
L1 pre: Num RF = 1
L1 pre: Current RF idx = 0
L1 pre: CRC = 0x1fd05731

L1 conf:
L1 conf: Sublices per frame = 1
L1 conf: NUM_PLP = 1
L1 conf: NUM_AUX = 0
L1 conf: AUX_CONFIG_RFU = 0
L1 conf: NUM_RFIn L1 pre = 1:
L1 conf: (1) RX_ID = 0, FREQUENCY = 729833333
L1 conf: FEF_TYPE = non
L1 conf: PLPS:
(1)PLP_ID = 0
(1)PLP_TYPE = 1, Data PLP Type 1
(1)PLP_PAYLOAD_TYPE = 3, TS
(1)FF_FLAG = 0
(1)FIRST_RF_IDX = 0
(1)FIRST_FRAME_IDX = 0
(1)PLP_GROUP_ID = 1
(1)PLP_COD = 1, 3/5

(1)PLP_MOD = 3, 256-QAM
(1)PLP_ROTATION = 1
(1)PLP_FEC_TYPE = 1, 64k LDPC
(1)PLP_NUM_BLOCKS_MAX = 50
(1)FRAME_INTERVAL = 1
(1)TIME_IL_LENGTH = 3
(1)TIME_IL_TYPE = 0
(1)INBAND_A_FLAG = 0
(1)INBAND_B_FLAG = 0
(1)RESERVED_1 = 0
(1)PLP_MODE = 2, High Efficiency
(1)STATIC_FLAG = 0
(1)STATIC_PADDING_FLAG = 0
(2)RESERVED_2 = 0
L1 conf: AUX:
L1 dynamic:
L1 dynamic: FRAME_IDX = 0
L1 dynamic: SUB_SLICE_INTERVAL = 0
L1 dynamic: TYPE_2_START = 0
L1 dynamic: L1_CHANGE_COUNTER = 0
L1 dynamic: START_RF_IDX = 0
L1 dynamic: RESERVED_1 = 0
L1 dynamic: (1)PLP_ID = 0, PLP_START = 0, PLP_NUM_BLOCKS = 50, RESERVED_2 = 0
L1 dynamic: RESERVED_3 = 0

Application Block-Diagram



Contact Information

AVATEQ CORP.
3555 - 14th Ave., Unit 18
Markham, ON L3R 0H5
Canada

Phone: **1.416.342.0761**
Fax: **1.416.342.0608**
E-mail: **info@avateq.com**
Web: **www.avateq.com**



RCS100

Advanced Remote Monitoring system for DVB-T/T2 and DVB-C



Monitoring system for **DVB-T/T2** and **DVB-C** distribution networks to analyze and ensure the quality of the network



Professional Monitoring:

RF Analysis

- Real-time spectrum
- Two ways of operation: channel analysis or multiple channel polling
- PWR, MER, BER, shoulders signal quality measures.
- Alarm log (Real Time) and representation (Time Evolution)

TS Analysis

- Bitrate analysis
- Table repetition and Quality analysis
- Services treeview
- Level 1, 2 priority error analysis as TR 101 290 recommendations

And much more...

- Video thumbnails
- Local display of measurements and alarms
- ASI Input/Output and HDMI audio/video output
- Ethernet connectivity
- 1 PPS & 10 MHz synchronization inputs
- HTML5 control application
- SNMP v2.0 alarms

Optional Features

- Additional DVB Standard
- Full historical measurements with alarm analysis
- Advanced measurements (Full spectrum, Echoes DVB-T*, Constellation*, SFN Drift*)
- Upstream Analysis Spectrum**
- DOCSIS 3.0 Cablemodem**
- Extended TS Analysis (3rd priority errors, PCR Jitter, Network Delay)***
- T2-MI Analysis*

RCS100

Remote Monitoring System for DVB-T/T2 and DVB-C



Management System

Web browser accessible control and presentation environment



All in One
Shows an overview of the channel status on one screen. It shows spectrum, services, measures, alarms, Pids. All integrated in a single view for quick analysis.



Polling
Continuous measuring of an user-defined number of channels.



Full Spectrum (opt.)
Represents realtime spectrum of the monitored channel with detailed measures Mask, max. hold and min. hold features.

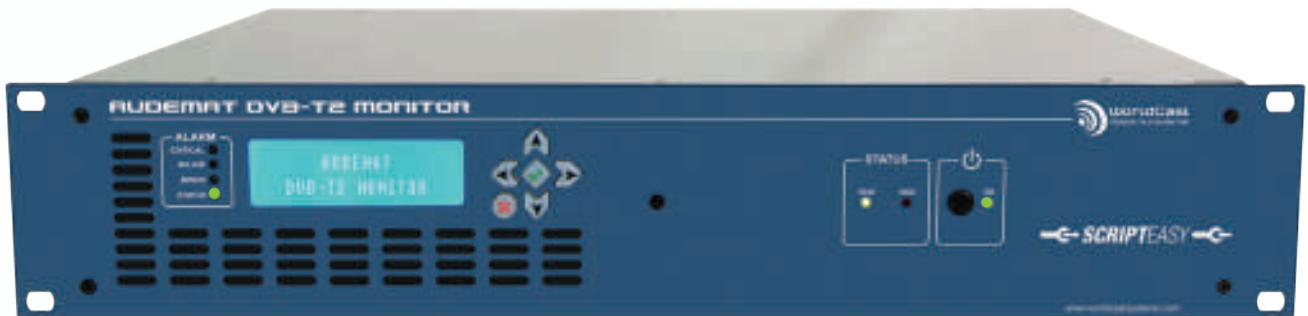


Alarms
Represents the alarms counter during a user-selected period of time

Specifications

Standards	RF Measures	Mechanical characteristics
ETSI EN 300 744 (DVB-T)	20 MHz Spectrum	1U 19" rackable unit.
ETSI EN 302 755 (DVB-T2)	Signal power, C/N	Size: 482mm W x 348mm D x 41mm H
ETSI TR 101 290	Shoulders	Working temperature 0 a 40 °C
ETSI EN 300 429 (DVB-C)	MER	Storage temperature 0 a 50 °C
Inputs	CBER, VBBER	Electrical characteristics
RF: 1 x 50 Ω N connector	Link Margin, BCHBER, LDPCBER	Input 100 - 240 VAC 50-60Hz 1.4A
RF Input frequency: 47MHz to 1GHz	Constellation (opt.)	Interfaces
SYNC: 1 x 1PPS BNC 50 Ω	Echoes (opt.)	1 x USB 2.0
10MHz BNC 50 Ω	Full Spectrum (opt.)	1 x Ethernet RJ45
TS: 1 x ASI IN BNC 75Ω.	SFN Drift (opt.)	LCD Graphic display
Outputs	MPEG Measures	HDMI
TS: 1 x ASI OUT BNC 75Ω	Level 1,2 and 3 priority errors (Level 3 opt.)	Control protocols
AV: 1 x HDMI	Alarms Log Analysis.	HTML and SNMP
	PCR Jitter (opt.)	
	Network Delay (opt.)	
	MIP network maximum delay (opt.)	
	T2-MI Analysis (opt.)	

Specifications are subject to change without notice



QoS Monitoring Facility Management



POWERFUL PERFORMANCE

- High RF Measurements Accuracy
- Full ETR290 MPEG-TS Analysis and Monitoring
- QoE: Analysis of Image Quality



POWERFUL CONTROL

- Complete Range of Diagnostic Tools
- Customizable Alarms and Notifications
- Advanced Telemetry and Facility Control



POWERFUL SAVINGS

- 24/7 Data Tracking & Access
- Reduced Downtime and Engineering Visits
- History, Trends for Protection of Network Investment
- Monitoring, Analysis and Telemetry in a Single Unit

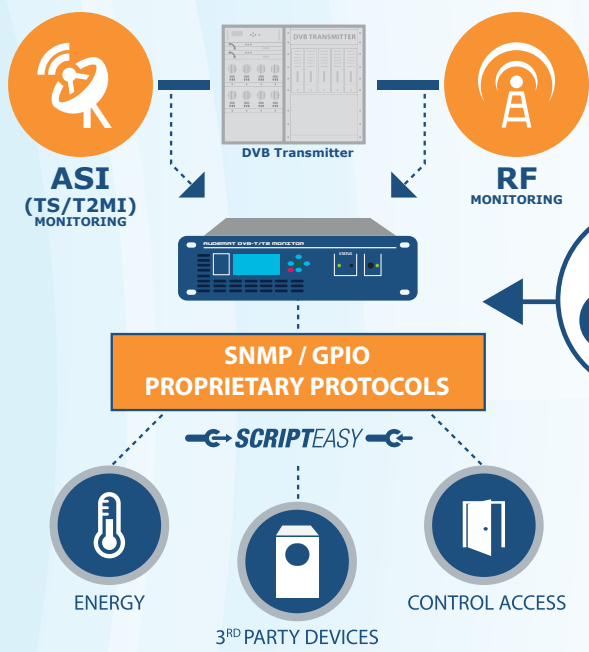


Watch our brandnew ScriptEasy video

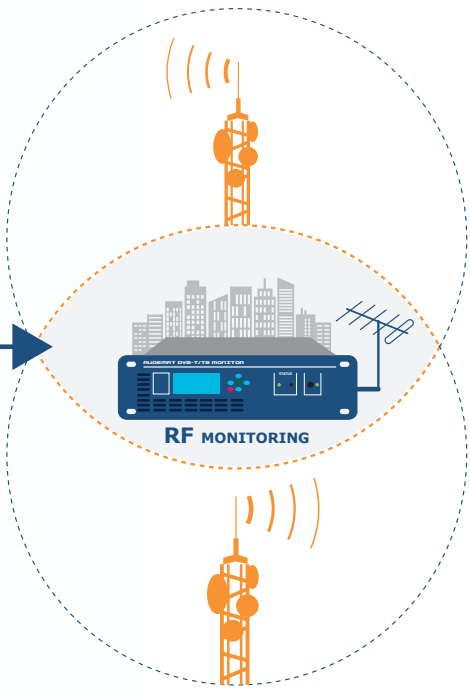
SUPERVISION CENTER

MER: 42dB
ETR290: OK

ON SITE



OFF SITE



- 📡 T2MI/TS Monitoring from ASI signal
- 📡 RF Monitoring
- 📡 MPEG Transport Stream Monitoring from RF signal
- 📡 Advanced Telemetry and Facility Management with ScriptEasy
- 📡 Video / TS Analyser, Recorder and Streaming

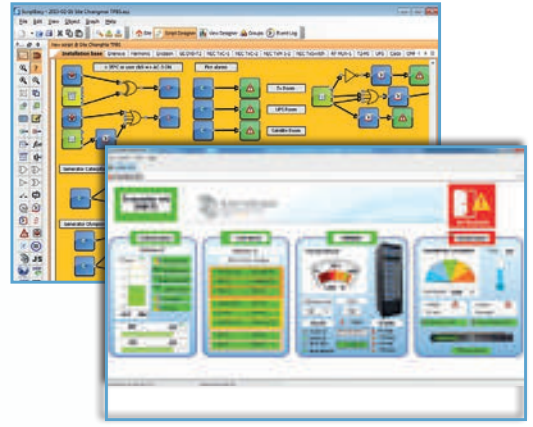
- 📡 SFN Monitoring
- 📡 RF Monitoring from Antenna
- 📡 MPEG Transport Stream Monitoring from RF Signal
- 📡 RF Scanning Monitoring for Variations / Intrusions
- 📡 Video / TS Analyser, Recorder and Streaming



Advanced Telemetry and Facility Management with ScriptEasy

ScriptEasy is the revolutionary facility control software developed by WorldCast Systems to give the users the power and flexibility to create “Smart” sites; ones that can automatically take action to correct any critical errors that affect operations. Featuring an intuitive Graphic User Interface (GUI), ScriptEasy incorporates GPIO functions, serial communications, logic operators, live user inputs, timers and more. This allows the site operations to be “scripted”, to allow evaluation of multiple parameters and even automatically engage backup systems, while simultaneously alerting relevant technical personnel.

The innovative interface, consisting of the ScriptEasy Designer and the MasterView modules, supports easy development and allows real time status display and management.

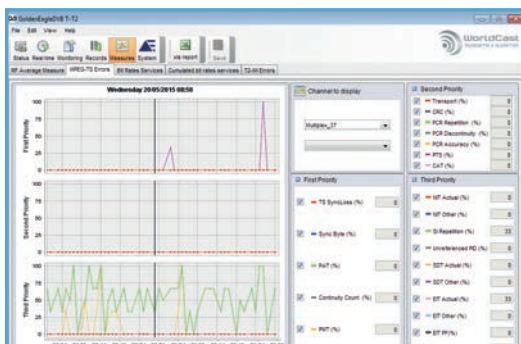


MasterView-Remote Customised view(s)

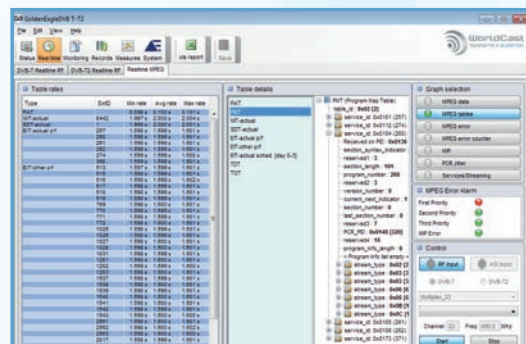
Key Features

FEATURES

- Track real-time status of your signal 24/7/365
- Automatic band scanning to detect any RF intrusions or variations
- Real-time remote measurement and analysis of any station
- At-a-glance status view provides overview of all monitored stations
- SFNN Monitoring: Network delay, impulse response
- Recorded measurements and logs for export & trend analysis
- Real-time audio/video streaming to your desktop
- Alarm management and monitoring for all main parameters
- Frozen & Monochrome Image Analyzer



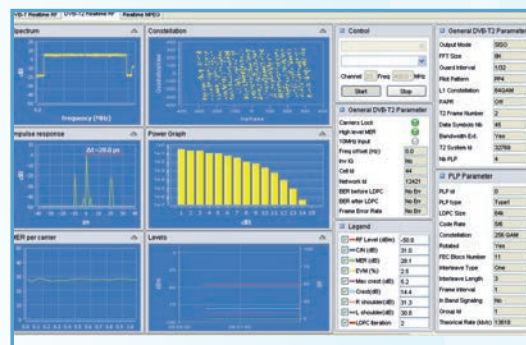
One Month History and XLS Export



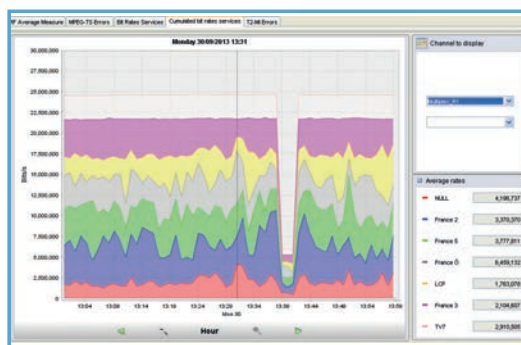
Tables Analysis



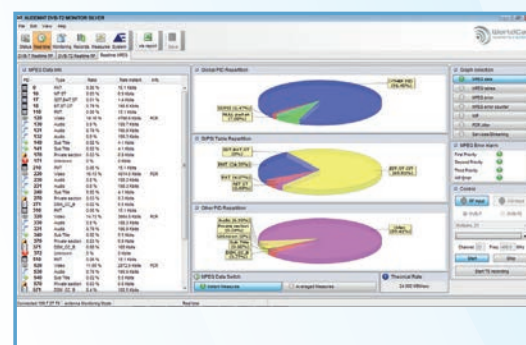
Status Page with Running Alarms



Real Time RF Measurements



Cumulated Bit Rates Services



Real Time MPEG Content

Technical Features

DVB-T2

- Standard
- Option

RF Characteristics	Options	
Up to 20 Monitored Channels (+MPLP for T2 channels)	●	
Probe Mode (MER up to 42dB)	●	
RF level, SNR level, MER level, BER, Shoulders ...	●	
Constellation, Power Graph	●	
T2 and PLP Parameters	●	
T2 - Lite	●	
SFN (Echoes Management)	○	CD000130
Spectrum Analyzer	○	CD000135
MPEG2-TS/T2MI		
ETR 101290	●	
MPEG Data Information and Repartition	●	
MPEG Error Counter, Jitter	●	
Video Streaming (3 modes) & Thumbnails Control Display	○	CD000131
Structure Content Analyzer (data, errors)	○	CD000129
SID Rates, PID Rates	○	CD000129
Frozen & Monochrome Image Analyzer	○	CD000129
T2MI Decoding and Analysis	○	CD000140
Logs		
TS and Video Recording	●	
Events Filtering and Export	●	
Measurement History	●	
Advanced functions		
Multiple User Accounts	●	
Remote Application	●	
Embedded Web Server	●	
SNMP Monitoring (MIB: Measurements, Alarms)	●	
Factory Reset / Save / Restore / Maintenance User	●	

Alarming		
SNMP (up to 4 IP addresses)	●	
Email (1 user or group)	●	
SMS (1 user or group)	○	TF01174 (GSM modem)
Remote Facility Control		
Advanced Scripting Capabilities	●	
Customized Remote View(s)	●	
SNMP Concentrator (5 Devices)	●	
SNMP Extension (5 Additional Devices)	○	CD00064
RS232 / RS485 Drivers	○	CD00039
Telemetry Boards (Status, Relays, Metering)	○	TF00249-A0
Hardware		
RF Input, ASI Input	●	
ASI Output	●	
10 MHz	●	
1 PPS	●	
Communication Ports: Serial port, USB, Ethernet	●	
Front Panel Indicators (LCD screen + Alarms + Buttons)	●	

Technical specification

ETSI Standard	ETSI EN 302 755 (1.3.1 supported)
Frequency Bands	50 MHz to 862 MHz
Return Loss	> 13 dB
Input Level	Channel: -75 to -30 dBm / Full band: -50 to -10 dBm
MER Level	Probe mode : up to 42dB
Network Mode	MFN / SFN
Frequency Tunable	Within VHF III and UHF IV-V-VI
Offset Selectable	Auto
ETR 101290	Yes
MISO / SISO	Yes
M-PLP	Yes
Channel Bandwidths	5, 6, 7 and 8 MHz
FFT Size	1k, 2k, 4k, 8k, e8k, 16k, e16k, 32k, e32k
Guard Interval	1/128, 1/32, 1/16, 19/256, 1/8, 19/128 and 1/4
Code Rate (FEC encoding)	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 or 7/8
Modulation	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM, rotated constellation
Hierarchical Mode	Supported
Adjacent Rejection	Digital > 30 dB / NorDig figures for QEF / MHz channel




Physical specification

External Dimensions (W / L / H)	48 cm (19") x 32.5 cm (12"¾) x 2U
Weight	≈ 6,70 kg – 14.77 lbs
Main Power Supply	100-250 V / 50-60 Hz
Power Consumption	≈ 60 W @ 230 VAC
Optimal Performance Temperatures	+5°C - +45°C
Guaranteed Working Temperatures	0°C - +50°C
Storage Temperatures	-20°C - +70°C
Humidity	10-95% non-condensing relative humidity


Order information

Standard Version	
REF	DESCRIPTION
TF00360-A0	AUDEMAT DVB-T2 MONITOR
Software options	
CD00131	Picture Control
CD00130	SFN
CD00129	TS Structure
CD00140	T2-MI
CD00135	Spectrum Analyzer
Hardware options	
TF00249-A0	Remote Control Package with GPIO cards
On demand	
ScriptEasy Drivers and SNMP Extension Licenses	
Network Management Systems with Broadcast Manager	

Head Office

 WorldCast Systems S.A.S
 20 avenue Neil Armstrong
 33700 Mérignac (Bordeaux Métropole) FRANCE
 +33 (0)5 57 928 928
 contact@worldcastsystems.com

WorldCast Systems Inc

 19595 NE 10th Avenue Suite A
 Miami, FL 33179 USA
 +1 305 249 3110
 ussales@worldcastsystems.com



See more about
DVB-T2 Monitor

EDGEPROBE NANO

DVB-T/T2

Combined with a **Network Monitoring System** or not, the EdgeProbe Nano provides a powerful network alert & diagnosis tool allowing DTV network operators to monitor global trends and anticipate potential failures.

EdgeProbe Nano is able to monitor **DVB-T** and **DVB-T2** signals at transmitter outputs through its **RF input**. It can continuously logs all events & measurement values in an archive file, and can send SNMP traps if selected parameters' values exceed defined thresholds. For troubleshooting, a low bandwidth remote Web GUI gives access to all monitored parameters, from RF to baseband.

EdgeProbe Nano provides monitoring of the signal at different levels:

- **RF transmission:** measures key RF signal parameters (Level, MER, SNR, BER) and indicates the modulation parameters as well as the **Channel Impulse Response (CIR)**.
- **MPEG-2 TS:** checks the ETSI TR 101 290 (Priority 1, 2 & 3) conformance and provides optional Quality of Service indicators (Service Availability, Service Degradation). The **Service Plan** provides the means to check the **description of your multiplexes** and verify your **regional services**.

The **Scanning** provides a powerful tool for **sequential monitoring** of **multiple channels** (frequencies/PLPs) with a single probe.

With its **ASI output** it can also be used as a powerful rebroadcasting receiver, while the **IP forward** is the gateway from RF to IP networks.

NEW Coupled with a **TRANSBOX** device, EdgeProbe Nano provides **service compression** (transcoding) and **streaming** to third-party analysis systems for **confidence monitoring**.

CHARACTERISTICS

1x RF in, 1x ASI out, 1x IP Control/Data in/out (VLAN support)
DVB-T, DVB-T2, DVB-T2 Lite support
RF accurate measurements: Level, SNR, MER, BER
Channel Impulse Response monitoring
Multiplex & Service Plan check
ETSI TS 101 290 validation: Priority 1, 2, 3 and QoS SAE/SDE
MPEG-2 TS over ASI out or IP forward for video QoE monitoring
Service Compression and Streaming via TRANSBOX
32 GB storage for MPEG-2 TS record and 6 months logs & trends

EDGEPROBE NANO IS THE MOST TINY AND COMPACT RF PROBE WITH NO COMPROMISE ON QUALITY!

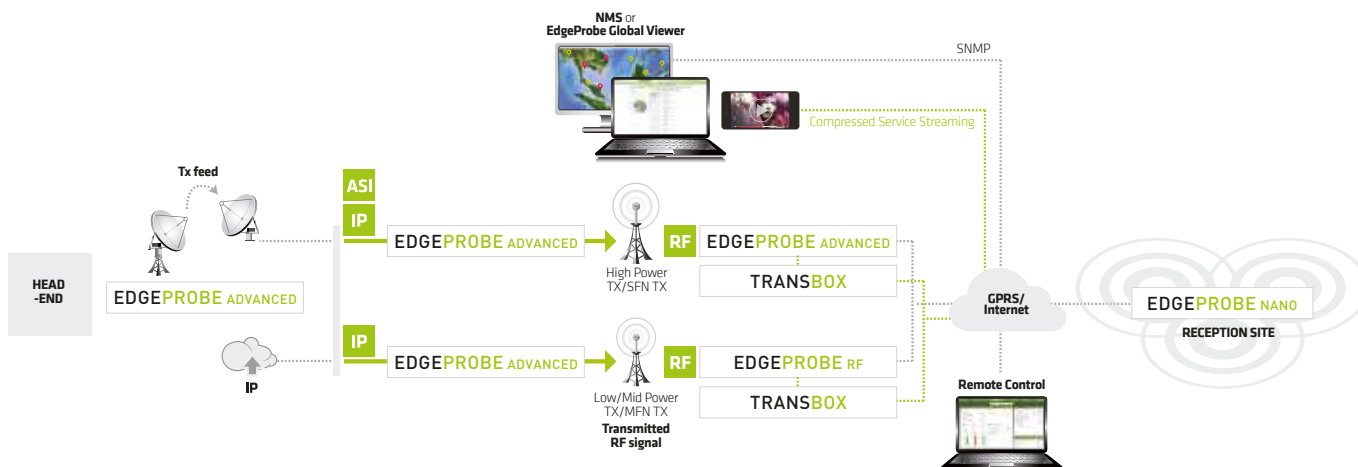


APPLICATIONS

- **Network operators:**
 - automate the tests of new transmitter
 - temporary monitoring/investigation tool
 - rebroadcasting receiver: RF to ASI or IP
- **Broadcasters:** off-air monitoring probe to validate the on-air content
- **TV/STB producers:** automated tests against a professional receiver
- **Labs:** easy & simple access to live DT sources via RF

BENEFITS

- **Small, Silent & Magnetized:** can be installed anywhere
- Easy to use and configure
- **Standalone:** no need for PC
- Enables **SNMP test automation**
- Low power consumption **8W**



INTERFACES

Control/Data	1x Gigabit Ethernet for Web GUI, SNMP-V2C and IP Data in/out (VLAN support)
RF	1 x RF input (N-type female - 50 Ω)
Standard	DVB-T, DVB-T2 (including 1.3.1), DVB-T2 Lite
Frequency range	40 to 1000 MHz
Sensitivity	-80 to -5 dBm
Channel bandwidth	1.7, 5, 6, 7 & 8 MHz
MPEG-2 TS	1x ASI output (BNC-type female - 75 Ω)

MONITORING FEATURES

RF Monitor	Demodulation status: Lock / Unlock Signal level: -90 to -5 dBm ±1 dBm, typically ±0.5 dBm, resolution 0.2 dBm MER: 0 to 40 dB (0 to 36 dB: ±1 dB, 36 to 40 dB: ±2 dB) SNR: 0 to 40 dB ±1 dB BER (DVB-T): Pre/Post-Viterbi, Post-RS BER (DVB-T2): Pre/Post-LDPC, Post-BCH Modulation parameters: L1 signaling in DVB-T2, TPS in DVB-T Channel Impulse Response (CIR)
TS Monitor Base	ETSI TR 101 290 Priority 1 and 2
TS Monitor Advanced	ETSI TR 101 290 Priority 3
QoS Monitor	SAE (Service Availability Error) SDE (Service Degradation Error)
Service Plan	Verify regional services Service & PID bitrates, Scrambling, Service & PID presence
Scanning	Monitor sequentially multiple channel frequencies over 1 RF input
Extended Memory	32 GB of internal storage for: · Event logs up to 6 months · Trends up to 6 months · TS recording
TRANSBOX	Combined with a TRANSBOX device, EdgeProbe Nano provides service compression (transcoding) and streaming to third-party analysis systems



DVB-T2 RF Channel monitoring view



Channel Impulse Response monitoring view

PHYSICAL

Height: 30 mm / 1.2 in, Width: 144 mm / 5.6 in, Depth: 137 mm / 5.3 in
Power supply: 12 VDC, 100-240 VAC to 12 VDC adapter provided
Power consumption: 8W

ENVIRONMENT

Operating temperature: -20 to 55°C / -4 to 131°F
Storage temperature: -20°C to 70°C / -4°F to 158°F
Humidity: 0 to 95%, non condensing

ORDERING CODES

EdgeProbe Nano	DVB-T/T2 Nano Monitoring Probe
<i>Included</i>	RF to ASI, RF to IP, RF + CIR monitoring, VLAN
<i>SW options</i>	Scanning Multiple RF channels sequential monitoring over 1 RF input TS Monitor Base ETR290 Priority 1, 2 monitoring TS Monitor Advanced ETR290 Priority 3 monitoring QoS Monitor SAE, SDE monitoring Service Plan Multiplex Service/PID monitoring Extended Memory 32 GB storage: trends, logs, TS record
<i>HW option</i>	TRANSBOX Stream 1 or 2 compressed service(s)

EDGEPROBE RF

DVB-T/T2

2 in 1 Integrated Rebroadcasting: Receiver & Monitoring



EDGEPROBE RF IS THE IDEAL & MOST COST-EFFECTIVE HIGH-QUALITY SOLUTION FOR CONTROLLING REMOTELY THE SIGNAL TRANSMISSION OF YOUR LOW/MID POWER TX & RELAY SITES THAT ARE SOMETIMES DIFFICULT TO REACH.

Combined with a **Network Monitoring System** or not, the EdgeProbe RF provides a powerful network alert & diagnosis tool, allowing DTV network operators to monitor global trends and anticipate potential failures.

EdgeProbe RF is able to monitor **DVB-T** and **DVB-T2** signals at transmitter outputs through its **RF input**. It can continuously log all events & measurement values in an archive file, and can send SNMP traps if selected parameters' values exceed defined thresholds. For troubleshooting, a low bandwidth Web GUI gives access to all monitored parameters, from RF to baseband.

EdgeProbe RF provides signal monitoring at different levels:

- **RF transmission:** measures key RF signal parameters (Level, MER, SNR, BER) and indicates the modulation parameters as well as the **Channel Impulse Response (CIR)**.
- **MPEG-2 TS:** checks the ETSI TR 101 290 (Priority 1, 2 & 3) conformance and provides optional Quality of Service indicators (Service Availability, Service Degradation).

The **Service Plan** provides the means to check the **description of your multiplexes** and verify your **regional services**.

The **Scanning** provides a powerful tool for **sequential monitoring of multiple channels** (frequencies/PLPs) with a single probe.

With its **ASI output** it can also be used as a **powerful rebroadcasting receiver**, while the **IP forward** is the gateway from RF to IP networks.

NEW Coupled with a **TRANSBOX** device, EdgeProbe RF provides **service compression** (transcoding) and **streaming** to third-party analysis systems for **confidence monitoring**.

APPLICATIONS

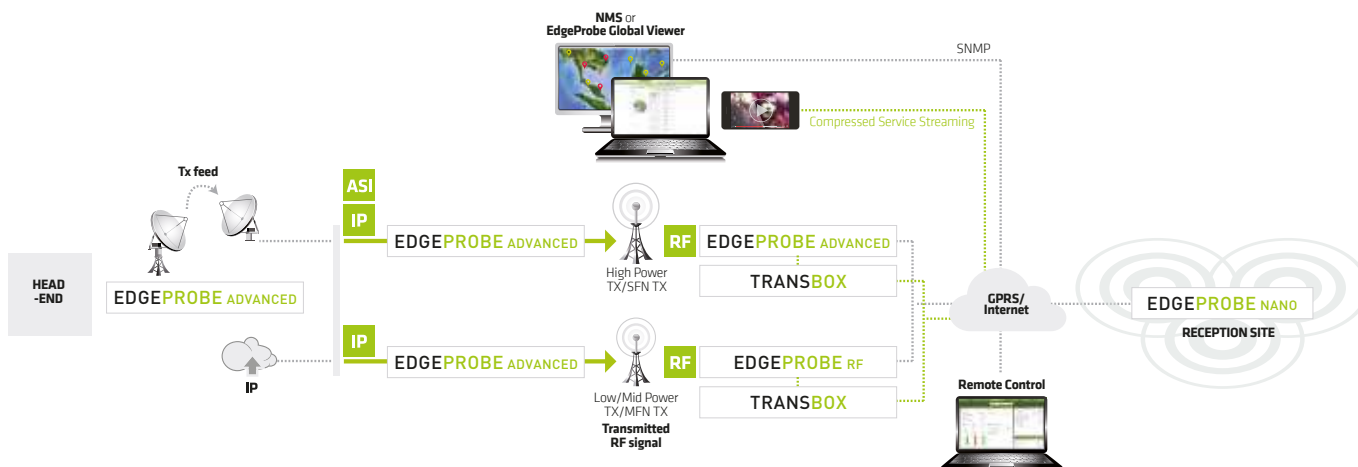
- **24/7 Monitoring** and Maintenance of **DVB-T/T2 live transmission** networks
- **Cost-effective** Monitoring of transmitters and relay sites
- Generation of **Service Availability reports** for Service Level Agreements
- Rebroadcasting receiver: RF to ASI or IP
- Live transmission recorder

BENEFITS

- **Standalone, easy to use and configure**, fast deployment, SNMP compatible
- Increase customer satisfaction by **detecting & preventing DTV network degradations** before your customers do
- **Reduce TX sites maintenance cost** by anticipating and identifying issues
- Automated & Secure Deployment for small to large networks
- Remotely accessible, compatible with **low bandwidth control networks** (GPRS/3G)
- Low power consumption 8W

CHARACTERISTICS

1x RF in, 1x ASI out, 1x IP Control/Data in/out (VLAN support) in 1 RU
DVB-T, DVB-T2, DVB-T2 Lite support
RF accurate measurements: signal level, SNR, MER, BER
Channel Impulse Response monitoring
Multiplex & Service Plan check
ETSI TS 101 290 validation: Priority 1, 2, 3 and QoS SAE/SDE
MPEG-2 TS over ASI out or IP forward for video QoS monitoring
Service Compression and Streaming via TRANSBOX
32 GB storage for MPEG-2 TS record and 6 months logs & trends



INTERFACES

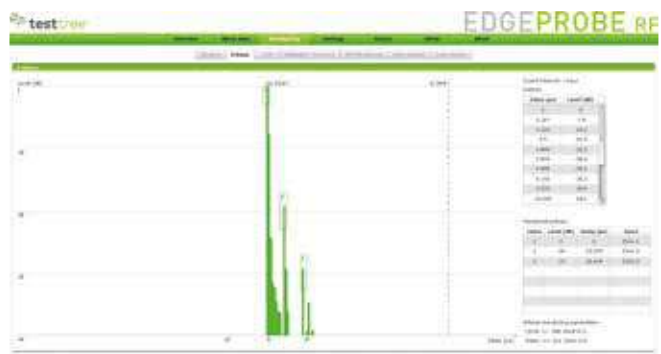
Control/Data	1x Gigabit Ethernet for Web GUI, SNMP-V2C and IP Data in/out (VLAN support)
RF	1 x RF input (N-type female - 50 Ω)
Standard	DVB-T, DVB-T2 (including 1.3.1), DVB-T2 Lite
Frequency range	40 to 1000 MHz
Sensitivity	-80 to -5 dBm
Channel bandwidth	1.7, 5, 6, 7 & 8 MHz
MPEG-2 TS	1x ASI output (BNC-type female - 75 Ω)

MONITORING FEATURES

RF Monitor	
Demodulation status	Lock / Unlock
Signal level	-90 to -5 dBm ±1 dBm, typically ±0.5 dBm, resolution 0.2 dBm
MER	0 to 40 dB (0 to 36 dB: ±1 dB, 36 to 40 dB: ±2 dB)
SNR	0 to 40 dB ±1 dB
BER (DVB-T)	Pre/Post-Viterbi, Post-RS
BER (DVB-T2)	Pre/Post-LDPC, Post-BCH
Modulation parameters	L1 signaling in DVB-T2, TPS in DVB-T
Channel Impulse Response (CIR)	
TS Monitor Base	ETSI TR 101 290 Priority 1 and 2
TS Monitor Advanced	ETSI TR 101 290 Priority 3
QoS Monitor	SAE (Service Availability Error) SDE (Service Degradation Error)
Service Plan	Verify regional services Service & PID bitrates, Scrambling, Service & PID presence
Scanning	Monitor sequentially multiple channel frequencies over 1 RF input
Extended Memory	32 GB of internal storage for: <ul style="list-style-type: none"> · Event logs up to 6 months · Trends up to 6 months · TS recording
TRANSBOX	Combined with a TRANSBOX device, EdgeProbe RF provides service compression (transcoding) and streaming to third-party analysis systems



DVB-T2 RF Channel monitoring view



Channel Impulse Response monitoring view

PHYSICAL

Height: 45 mm / 1.7 in, Width: 440 mm / 17.3 in, Depth: 130 mm / 5.1 in
Format: 1 RU (19"), Power supply: 100-240 VAC ±10%

Power consumption: 8W

ENVIRONMENT

Operating temperature -20 to 55°C / -4 to 131 °F
Storage temperature -20°C to 70°C / -4°F to 158°F
Humidity 0 to 95%, non condensing

ORDERING CODES

EdgeProbe RF	DVB-T/T2 RF Monitoring Probe
<i>Included</i>	RF to ASI, RF to IP, RF + CIR monitoring, VLAN
<i>SW options</i>	Scanning Multiple RF channels sequential monitoring over 1 RF input TS Monitor Base ETR290 Priority 1, 2 monitoring TS Monitor Advanced ETR290 Priority 3 monitoring QoS Monitor SAE, SDE monitoring Service Plan Multiplex Service/PID monitoring Extended Memory 32 GB storage: trends, logs, TS record
<i>HW options</i>	TRANSBOX Stream 1 or 2 compressed service(s) Tropicalization Preserve the HW from corrosion

R&S®DVMS

Digital TV Monitoring System Family Specifications

3 year warranty



CONTENTS

Definitions	4
Performance comparison	5
Features, functions and options	6
General data of the R&S®DVMS1 base unit	8
General data of the R&S®DVMS4 base unit	9
Basic functions for RF inputs and active TS inputs	11
Modules and add-ons	13
DVB-T/DVB-T2 receiver module (R&S®DVMS-B55)	13
DVB-T2 demodulator (R&S®DVMS-K54)	14
DVB-T demodulator (R&S®DVMS-K53)	17
Spectrum and shoulder attenuation for R&S®DVMS-B55 (R&S®DVMS-K57)	18
Echo pattern for R&S®DVMS-B55 (R&S®DVMS-K58)	19
High-quality MER measurements for R&S®DVMS-B55 (R&S®DVMS-K59)	19
DVB-S/DVB-S2 receiver module (R&S®DVMS-B51)	20
IP module (R&S®DVMS-B40)	21
Single TS input module (R&S®DVMS-B11), R&S®DVMS1 only.....	23
Monitoring options	24
TS monitoring (R&S®DVMS-K1)	24
<i>Supported standards and additional views</i>	24
<i>DVB monitoring</i>	24
<i>ATSC and SCTE monitoring</i>	26
<i>ISDB-T/ISDB-T_B monitoring</i>	27
Advanced TS monitoring (R&S®DVMS-K11).....	29
<i>Supported standards and additional functions</i>	29
<i>DVB monitoring</i>	29
<i>ATSC and SCTE monitoring</i>	30
<i>ISDB-T/ISDB-T_B monitoring</i>	31
T2-MI extension(R&S®DVMS-K3)	32
<i>Features, functions and options applicable to T2-MI streams</i>	32
<i>Monitoring functions</i>	33
TS template monitoring (R&S®DVMS-K12)	34
TS capture (R&S®DVMS-K18)	36
Analysis	37
EPG display (R&S®DVMS-K16)	37
Thumbnail display (R&S®DVMS-K17)	37
PCR/PTS analysis (R&S®DVMS-K19)	37
Interpreter (R&S®DVMS-K20)	38
qPSNR analysis (R&S®DVMS-K21)	38
Carousel and MPE analysis (R&S®DVMS-K22)	39

DVB-H analysis (R&S®DVMS-K23).....	39
Buffer analysis (R&S®DVMS-K24)	40
Appendix.....	41
Bit rate measurement profiles	41
Channel switching times (scheduler suite)	41
License information	41
Ordering information	42

Definitions

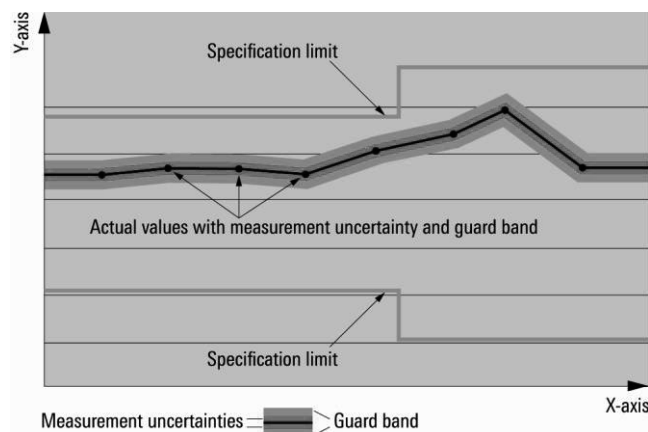
General

Product data applies under the following conditions:

- Three hours storage at ambient temperature followed by 30 minutes warm-up operation
- Specified environmental conditions met
- Recommended calibration interval adhered to
- All internal automatic adjustments performed, if applicable

Specifications with limits

Represent warranted product performance by means of a range of values for the specified parameter. These specifications are marked with limiting symbols such as $<$, \leq , $>$, \geq , \pm , or descriptions such as maximum, limit of, minimum. Compliance is ensured by testing or is derived from the design. Test limits are narrowed by guard bands to take into account measurement uncertainties, drift and aging, if applicable.



Specifications without limits

Represent warranted product performance for the specified parameter. These specifications are not specially marked and represent values with no or negligible deviations from the given value (e.g. dimensions or resolution of a setting parameter). Compliance is ensured by design.

Typical data (typ.)

Characterizes product performance by means of representative information for the given parameter. When marked with $<$, $>$ or as a range, it represents the performance met by approximately 80 % of the instruments at production time. Otherwise, it represents the mean value.

Nominal values (nom.)

Characterize product performance by means of a representative value for the given parameter (e.g. nominal impedance). In contrast to typical data, a statistical evaluation does not take place and the parameter is not tested during production.

Measured values (meas.)

Characterize expected product performance by means of measurement results gained from individual samples.

Uncertainties

Represent limits of measurement uncertainty for a given measurand. Uncertainty is defined with a coverage factor of 2 and has been calculated in line with the rules of the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM), taking into account environmental conditions, aging, wear and tear.

Device settings and GUI parameters are indicated as follows: "parameter: value".

Typical data as well as nominal and measured values are not warranted by Rohde & Schwarz.

Performance comparison

	R&S®DVMS1	R&S®DVMS4
Number of module slots	1	4
Maximum number of simultaneously monitored inputs	4 (1 x TS and/or 1 x RF or 4 x TS IP)	4 (TS, RF and TS IP in any combination)
Signal interfaces integrated in base unit	–	4 x TS
Total maximum input bit rates across all inputs ¹	360 Mbit/s (IP), 86 Mbit/s (ASI + RF)	360 Mbit/s (IP + ASI + RF)
Integrated display	–	yes
Width	½ rack	1 rack

¹ Depending on complexity of content.

Features, functions and options

Feature	Function	Option
Monitoring(simultaneous and uninterrupted realtime measurements)		
RF monitoring	monitoring of various RF characteristics, including MER, BER and level	R&S®DVMS-B55/-B51
RF transmission parameter monitoring	comparison of the transmission parameters with predefined settings	
Shoulder attenuation monitoring	monitoring of upper and lower shoulder (DVB-T and DVB-T2) (every s)	R&S®DVMS-K57
Echo pattern monitoring	monitoring of level and timing of up to 16 impulses (DVB-T and DVB-T2) (every 10 s to 25 s)	R&S®DVMS-K58
IP monitoring	monitoring of various IP characteristics, including MDI, bit rate and jitter	R&S®DVMS-B40
TR 101 290 priority 1, 2 and 3 monitoring	monitoring of all TR 101 290 priority 1, 2 and 3 parameters ²	R&S®DVMS-K1
DVB-H monitoring	monitoring of time slicing and MPE FEC	R&S®DVMS-K11
Bit rate monitoring	monitoring of bit rates	
MIP monitoring	complete monitoring of the MIP as specified in TR 101 290	
SFN delay monitoring	monitoring of the delay of the MIP (DVB-T)	
Encryption monitoring	monitoring of the status and the CA alternation	
TS modification	detection of changes in the transport stream	
EPG/EIT monitoring	monitoring of the presence of EIT tables according to the signaling in the SDT tables and the template definitions	
TS template monitoring	comparison of TS characteristics with predefined values	R&S®DVMS-K12
Analysis		
Spectrum	display of spectrum (DVB-T and DVB-T2)	R&S®DVMS-K57
Echo pattern	display of up to 16 impulses (DVB-T and DVB-T2)	R&S®DVMS-K58
IP flow meter	display of MDI-DF and MDI-LR over time	R&S®DVMS-B40
IP flow list	display of IP measurement results for up to 4 flows in tabular form	
EPG display	display of the electronic program guide based on all EIT tables received	R&S®DVMS-K16
Thumbnail display	display of small videos with lower frame rate for all unencrypted services and additional program details of one selected TS	R&S®DVMS-K17
PCR analysis	analysis of PCR accuracy, overall jitter, drift, offset and distance	R&S®DVMS-K19
PTS analysis	analysis of PTS to PCR difference and PTS distance	
Interpreter	display of original and interpreted content of tables, TS packet headers and PES headers	R&S®DVMS-K20
qPSNR analysis	analysis of the video coding quality of MPEG-2 or MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV video	R&S®DVMS-K21
Carousel and MPE analysis	analysis of DVB broadcast protocols	R&S®DVMS-K22
DVB-H analysis	analysis of time slicing, MPE FEC and electronic service guide (ESG)	R&S®DVMS-K23
Buffer analysis	analysis of according to the buffer model of MPEG-2 or MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV or HEVC/H.265 single layer HDTV video ES and MPEG-1/2 (mono, stereo) audio ES	R&S®DVMS-K24

² Buffer-related measurements are excluded. They can be performed for a selected video or audio element.

Feature	Function	Option
Additional views and displays		
Site tree	status overview of all inputs input selection	basic functions for RF inputs and active TS inputs
TS tree	display of transport stream elements in tree structure, error indication, element selection	
Statistics and log	error second counters for top-level monitoring parameters, detailed report entries for monitoring results	
Bit rate	display of bit rates (bargraph displays)	
Table repetition	display of table repetition (bargraph displays)	
PID utilization	visualization of TS packet distribution within TS	
PID list	list of all transport stream elements with detailed description	
Constellation diagram	visualization of constellation	R&S®DVMS-B55/-B51
Operation		
Context-sensitive help	access to the appropriate part in the manual from any position in the R&S®DVMS GUI	base unit
View selector	convenient selection of measurement displays using one window	basic functions for RF inputs and active TS inputs
User rights management	protection against unauthorized use by defining user-specific operation rights	
Event navigator	point- and click-based filtering of monitoring report	R&S®DVMS-K11
Hiding of events	time-limited or unlimited suppression of monitoring results for specific measurements or PIDs	
Scheduler suite	round robin monitoring for a predefined set of frequencies/channels using one input	R&S®DVMS-B55/-B51/-B40
Network functions		
Remote display	remote access to R&S®DVMS GUI	basic functions for RF inputs and active TS inputs
Viewer application	Java-based remote access to monitoring results from different locations multiple user access	
SNMP	simple network management protocol for integration into network management systems	
FTP server	password-protected FTP server for simple file exchange	
Streaming	streaming of one selected PID or service to any point in the network (to any IP address)	
Miscellaneous		
High MER measurement	increases the MER measurement for DVB-T and DVB-T2 to 38 dB (typ.)	R&S®DVMS-K59
TS capture	event-controlled recording of TS segments to hard disk	R&S®DVMS-K18
Logging to file	logging of report entries to hard disk	basic functions for RF inputs and active TS inputs
Video decode	software decoder (VLC for decoding MPEG-2 or MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV video/audio streams)	

General data of the R&S®DVMS1 base unit

Local operation requires an external monitor, keyboard and mouse, or is via a PC/laptop as when operated by remote control. Requires one module.

Number of module slots		1
Integrated controller		
CPU		AMD Kabini APU, 4 Cores, 1.5 GHz
System memory		4 Gbyte
System hard drive	IDE hard drive	min. 500 Gbyte (min. 250 Gbyte available for user data)
Operating system		Windows 7 Embedded
Interfaces		
Universal serial bus		2 × USB 3.0
Headphone output	connector (front)	3.5 mm stereo jack
Remote control		
Connector		RJ-45
Interface		Ethernet 10/100/1000BaseT
Protocols		<ul style="list-style-type: none"> • SNMP • FTP (file transfer via integrated FTP server)
Remote operation		<ul style="list-style-type: none"> • Windows remote desktop • web browser
Display		
Connector		DVI-D
Resolution		1024 × 768 pixel to 1600 × 1200 pixel
Reference clock		
External reference clock input		
Clock frequency		10 MHz
Level		0.1 V to 2 V (RMS)
Connector		75 Ω, BNC (female)
Application		<ul style="list-style-type: none"> • TS analysis • RF frontends
Internal reference clock accuracy	10 MHz oscillator	±1ppm over temperature, ±1ppm aging per year
External 1 PPS clock input		
Clock frequency	asymmetrical clock pulse	1 Hz (pulse width min. 1 μs)
Level		TTL
Input impedance		1 kΩ
Connector		BNC female (rear)
Application		SFN network delay measurement
Mechanical resistance		
Vibration	sinusoidal	5 Hz to 50 Hz, max. 1.8 g at 55 Hz, max. 0.5 g from 55 Hz to 150 Hz, in line with EN 60068-2-6
	random	10 Hz to 300 Hz, acceleration 1.2 g (RMS), in line with EN 60068-2-64
Shock		40 g shock spectrum, in line with EN 60068-2-27, MIL-STD-810E
Environmental conditions		
Operating temperature range		+5 °C to +40 °C
Permissible temperature range		+5 °C to +40 °C
Storage temperature range		-40 °C to +65 °C
Climatic resistance		+25 °C/+40 °C at 85 % relative humidity, in line with EN 60068-2-30
Electromagnetic compatibility		in line with EN 55011 class B
Power supply	input voltage range, AC, nominal	100 V to 240 V ± 10 %
	AC supply frequency	50 Hz to 60 Hz ± 5 %
	input current, AC	1.6 A (max.)
Power consumption		50 VA (typ.)
Power factor correction (PFC)		in line with EN 61000-3-2
Electrical safety		in line with IEC 61010-1, EN 61010-1 and UL 61010-1, CSA C22.2 No. 61010-1
Dimensions	W × H × D	210 mm × 44 mm × 227 mm (1 HU) (8.27 in × 1.73 in × 8.94 in)
Weight	fully equipped	1.9 kg (4.20 lb)

General data of the R&S®DVMS4 base unit

Local operation requires an external monitor, keyboard and mouse, or is via a PC/laptop as when operated by remote control. Requires at least one R&S®DVMS-K1 or one module.

Number of module slots	any combination allowed	4
Signal inputs/outputs		
TS input/output (user-selectable)		
Number		4
Connector		BNC, 75 Ω
Mode		
Input	ASI or SMPTE	packet length 188/204/208 byte,
Output	ASI only, loop output of TS from other TS input	ASI: in line with EN 50083-9 (2002), SMPTE: in line with BP 400 SMPTE, 19.392658 Mbit/s, 188 byte
Total maximum bit rates of all inputs used		360 Mbit/s
Maximum cable length		180 m
Integrated controller		
CPU		AMD Kabini APU, 4 cores, 1.5 GHz
System memory		4 Gbyte
System hard drive	IDE hard drive	min. 500 Gbyte (min. 250 Gbyte available for user data)
Operating system		Windows 7 Embedded
Interfaces		
Universal serial bus		2 × USB 3.0
Headphone output (AF out)	connector (rear)	3.5 mm stereo jack
Remote control		
Connector		RJ-45
Interface		Ethernet 10/100/1000BaseT
Protocols		<ul style="list-style-type: none"> SNMP FTP (file transfer via integrated FTP server)
Remote operation		<ul style="list-style-type: none"> Windows remote desktop web browser
Display		
External display		
Connector		DVI-D
Resolution		1024 × 768 pixel to 1600 × 1200 pixel
Front-panel display and keyboard	display of base instrument information	200 × 48 pixel, monochrome white/blue LED backlight, 4 arrow keys (up/down, left/right), BACK key and OK key
Reference clock		
External reference clock input		
Clock frequency		10 MHz
Level		0.1 V to 2 V (RMS)
Connector		75 Ω, BNC (female)
Application		<ul style="list-style-type: none"> TS analysis RF frontends
Internal reference clock accuracy	10 MHz oscillator	±1ppm over temperature, ±1ppm aging per year
External 1 PPS clock input		
Clock frequency	asymmetrical clock pulse	1 Hz (pulse width min. 1 μs)
Level		TTL
Input impedance		1 kΩ
Connector		BNC female (rear)
Application		SFN network delay measurement

Mechanical resistance		
Vibration	sinusoidal	5 Hz to 50 Hz, max. 1.8 g at 55 Hz, max. 0.5 g from 55 Hz to 150 Hz, in line with EN 60068-2-6
	random	10 Hz to 300 Hz, acceleration 1.2 g (RMS), in line with EN 60068-2-64
Shock		40 g shock spectrum, in line with EN 60068-2-27, MIL-STD-810E
Environmental conditions		
Operating temperature range		+5 °C to +40 °C
Permissible temperature range		+5 °C to +40 °C
Storage temperature range		−40 °C to +65 °C
Climatic resistance		+25 °C/+40 °C at 85 % relative humidity, in line with EN 60068-2-30
Electromagnetic compatibility		in line with EN 55011 class B
Power supply	input voltage range, AC, nominal	100 V to 240 V ± 10 %
	AC supply frequency	50 Hz to 60 Hz ± 5 %
	input current, AC	3.8 A (max.)
Power consumption		55 VA (typ.) + 15 VA per module
Power factor correction (PFC)		in line with EN 61000-3-2
Electrical safety		in line with IEC 61010-1, EN 61010-1 and UL 61010-1, CSA C22.2 No. 61010-1
Dimensions	W × H × D	438 mm × 44 mm × 328 mm (1 HU) (17.24 in × 1.73 in × 12.91 in)
Weight	fully equipped	5.6 kg (12.35 lb)

Basic functions for RF inputs and active TS inputs

Supported TS characteristics		<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
Display elements		
Site tree		<ul style="list-style-type: none"> • status overview of all inputs • definable site name • definable input name
TS tree		tree display of TS structure with event indication in TS tree element
Views		
Input signal views	constellation (only available for RF inputs)	<ul style="list-style-type: none"> • constellation diagram • RF measurement values
"TS Elements" view	services	selectable background display (topology map) with status display (to be positioned as required) for all enabled signal inputs available
	background image format	GIF
	recommended image size (W x H) for 1024 x 768 pixel viewing area	<ul style="list-style-type: none"> • 740x 550 pixel without pie chart • 740 x 345 pixel with pie chart
		pie chart diagram for all services in the transport stream can be added
	PID list	list of all TS elements with sorter function in mode: stop
	shown details for each element	group, content, ID, CA, ECM PID, PID, PCR PID, rate (in Mbit/s), % bandwidth (continuously updated)
	PID utilization	<ul style="list-style-type: none"> • shows PID distribution within TS snapshot of up to 262000 packets • highlighted script for TS packets with corresponding PID by means of selecting any element of the TS tree
	selectable indication of TS packets	TS packet header (up to 3000 packets) or PID (up to 6000 packets) or symbol (up to 262000 packets)
"Monitoring" view	statistics and log	<ul style="list-style-type: none"> • statistics counter showing error seconds of top-level monitoring parameters, up to 9999 error seconds per counter • monitoring log showing detailed description of all monitoring events: <ul style="list-style-type: none"> - date/time - class (event, alarm, info, system) - detailed information - PID number - service number (for more details, see next section "Monitoring")
	bit rate	list of bargraph displays with peak hold for bit rate values of all TS elements
	table repetition	list of bargraph displays with peak hold for table repetition intervals of all PSI/SI/PSIP tables
"Audio/Video" view	video player	
	software decoding (VLC)	<ul style="list-style-type: none"> • MPEG-2 or MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV video • MPEG-1/2 audio (mono, stereo), presented on AF OUT connector
	audio/video PID streaming to external PC	original bit rates of elementary streams

Monitoring		
Monitoring configuration	definable standards	<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
	limits	configurable for each monitoring parameter
	virtual alarm lines (for SNMP and TS capture)	configurable for each monitoring parameter
	event class	<ul style="list-style-type: none"> • configurable for each monitoring parameter <ul style="list-style-type: none"> - alarm - warning - info • for system events only:system
	features	<ul style="list-style-type: none"> • unlimited number of different configurations • import/export feature for quick exchange • global assignment (one setting for some or all inputs) • single assignment (different settings for each input)
Display of realtime monitoring test results	site tree	status indication for all inputs
	input tree	status indication for all TS elements
	statistics counter	error seconds of top-level test parameter
	log	detailed event description with: <ul style="list-style-type: none"> • date/time • class (event, alarm, info, system) • detailed information • PID number • service number
Size of event log	realtime view	1000 lines
	deferred view (log to file)	limited only by space on hard drive
Log to file scheduling		<ul style="list-style-type: none"> • new log file every day • new log file every hour • new log file after 1 min to 1000 min • new log file after 1000 events to 100000 events
Log type		<ul style="list-style-type: none"> • transition (new entry by change of status only) • continuous (new entry every second in case of event)
Log filter	realtime log display	<ul style="list-style-type: none"> • system plus alarm • system plus warning • system plus info

Modules and add-ons

DVB-T/DVB-T2 receiver module (R&S®DVMS-B55)

Requires R&S®DVMS-K53 or R&S®DVMS-K54. Provides an RF input, a TS input and a TS output. The TS received via RF or via the TS input is present at the TS output. In its basic version, the R&S®DVMS-B55 module supports monitoring of the RF signal. R&S®DVMS-K1 adds capability for monitoring of TS characteristics. R&S®DVMS-K1 is also required for using the TS input.

Standard	R&S®DVMS-B55 model .02 or model .03, with R&S®DVMS-K53 option	DVB-T (ETSI EN 300744)
	R&S®DVMS-B55 model .02, with R&S®DVMS-K54 option	DVB-T2 (ETSI EN 302755 V1.1.1, compatible with V1.2.1)
	R&S®DVMS-B55 model .03, with R&S®DVMS-K54 option	DVB-T2 (ETSI EN 302755 V1.3.1)
Signal inputs		
RF input		
Number		1
Connector		BNC, 50 Ω
VSWR		1.5
DC voltage		80 V
Maximum CW RF power	no damage	20 dBm
Input level range	DVB-T, preselector on, QPSK, code rate ½	-93 dBm to 0 dBm (typ.)
	DVB-T2, preselector on, QPSK, code rate ½	-94 dBm to 0 dBm (typ.)
Frequency range	preselector off	30 MHz to 1000 MHz
Frequency resolution		1 Hz
TS input		
Number		1
Connector		BNC, 75 Ω
Mode		ASI, SMPTE 310M (user-selectable)
ASI		packet length 188/204/208 byte, in line with EN 50083-9 (2002)
SMPTE 310M		19.392658 Mbit/s, 188 byte, in line with BP 400 SMPTE
Maximum cable length		180 m
Signal output		
TS output		
Number		1
Connector		BNC, 75 Ω
Mode	loop output of TS from RF or TS input	ASI, in line with EN 50083-9 (2002)
Preselector		
Mode		auto on, off
Frequency range		150 MHz to 300 MHz and 450 MHz to 900 MHz
Bandwidth (-3 dB)	VHF	40 MHz
	UHF	100 MHz
Gain		13 dB
RF parameters		
IF rejection		
1st IF (1219.5 MHz)	preselector on, RF attenuation = 0 dB	100 dB (typ.)
2nd IF (36.125 MHz)	preselector on, RF attenuation = 0 dB	100 dB (typ.)
Image rejection		
1st image (RF + 2439 MHz)	preselector on, RF attenuation = 0 dB	90 dB (typ.)
2nd image (RF + 72.25 MHz)	preselector on, RF attenuation = 0 dB	100 dB (typ.)
Noise figure	preselector on, RF attenuation = 0 dB	8 dB (typ.)
	preselector on, RF attenuation = 0 dB	15 dB (typ.)
Third-order intercept (TOI)	preselector on, RF attenuation = 0 dB, 2 CW signals (-30 dBm, RF + 16 MHz/RF + 32 MHz)	-2 dBm (typ.)
	preselector off, RF attenuation = 0 dB, 2 CW signals (-20 dBm, RF + 16 MHz/RF + 32 MHz)	12 dBm (typ.)
Immunity to signals in other channels	preselector on	in line with D-book, version 7.0
SAW filter bandwidth	in line with channel bandwidth	6 MHz, 7 MHz, 8 MHz

DVB-T2 demodulator (R&S®DVMS-K54)

DVB-T2 activation for R&S®DVMS-B55.

Standard	with R&S®DVMS-B55 model .02	DVB-T2 (ETSI EN 302755, V1.1.1, compatible with V1.2.1)
	with R&S®DVMS-B55 model .03	DVB-T2 (ETSI EN 302755 V1.3.1)
Modulation parameters		
Modulation		COFDM
FFT mode	automatic detection	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k, 8k ext., 16k ext., 32k ext.
Pilot pattern	automatic detection	PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, PP6, PP7, PP8
QAM order	automatic detection	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM
Layers	single physical layer pipe (SPLP)	automatic selection
	multiple physical layer pipe (MPLP)	manual selection of layer to be decoded
Guard interval	automatic detection	1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128
Code rate	automatic detection	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6
FEC type	automatic detection	short (16k LDPC), normal (64k LDPC)
Interleaver type	automatic detection	in line with standard
Channel bandwidth		5 MHz, 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz
Measurements		
RF input level		
Range	preselector on	-97 dBm to 0 dBm (typ.)
	preselector off	-90 dBm to 0 dBm (typ.)
Resolution		0.1 dB
Uncertainty	C/N ≥ 20 dB	≤ 1.5 dB
Modulation error ratio (MER)		
Range	standard	10 dB to 31 dB
	with R&S®DVMS-K59 option, except for PP8 with MISO	10 dB to 35 dB (38 dB (typ.))
Resolution		0.1 dB
Uncertainty	10 dB ≤ MER ≤ 30 dB, except for PP8 with MISO, echo-free reception	≤ 1.0 dB
	30 dB < MER ≤ 35 dB, except for PP8 with MISO, echo-free reception	≤ 2.0 dB
	10 dB ≤ MER ≤ 31 dB, only PP8 with MISO, echo-free reception	≤ 2.0 dB
BER before LDPC	R&S®DVMS-B55 model .02	
	QPSK, 16QAM	0.0; 1.0 × 10 ⁻⁷ to 1.0 × 10 ⁻¹
	64QAM	5.0 × 10 ⁻⁶ to 1.0 × 10 ⁻¹
	256QAM	2.0 × 10 ⁻⁴ to 1.0 × 10 ⁻¹
	DVMS-B55 model .03	
	QPSK, 16QAM, SISO	0.0; 1.0 × 10 ⁻⁷ to 1.0 × 10 ⁻¹
	QPSK, MISO	0.0; 1.0 × 10 ⁻⁷ to 1.0 × 10 ⁻¹
	16QAM, MISO	1.0 × 10 ⁻⁵ to 1.0 × 10 ⁻¹
	64QAM, SISO	1.0 × 10 ⁻⁵ to 1.0 × 10 ⁻¹
	64QAM, MISO	1.0 × 10 ⁻⁴ to 1.0 × 10 ⁻¹
256QAM	5.0 × 10 ⁻⁴ to 1.0 × 10 ⁻¹	
LDPC iterations		1 to 255
BER before BCH		0.0; 1.0 × 10 ⁻⁶ to 1.0 × 10 ⁻³
BB frames after BCH		OK, errored
Frequency offset		
Range		±200 kHz
Resolution		1 Hz
Uncertainty		uncertainty of reference frequency ± 10 ⁻⁴ of reading ± 1 digit
Bit rate offset		
Range		±50 ppm
Resolution		0.01 ppm
Uncertainty		uncertainty of reference frequency ± 10 ⁻³ of reading ± 1 digit
Constellation diagram		with standard-specific grid and signal-dependent rotation

L1 presignaling		
T2 version	R&S®DVMS-B55 model .02	1.1.1, 1.2.1, reserved
	R&S®DVMS-B55 model .03	1.1.1, 1.2.1, reserved, 1.3.1
Transmission system	R&S®DVMS-B55 model .02	SISO, MISO, non-T2, reserved
	R&S®DVMS-B55 model .03	SISO, MISO, non-T2, reserved LITE SISO, LITE MISO
FFT		1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k
Bandwidth extension		on, off
Guard interval		1/4, 19/128, 1/8, 19/256, 1/16, 1/32, 1/128, reserved
Pilot pattern		PP1, PP2, PP3, PP4, PP5, PP6, PP7, PP8, reserved
Data symbols/frame		0 to 4095
Frames/superframe		2 to 255
PAPR		NONE, ACE, TR, ACE & TR, reserved
System ID		0x0000 to 0xFFFF
Cell ID		0x0000 to 0xFFFF
Network ID		0x0000 to 0xFFFF
S1		3 bit
S2		4 bit
L1 post constellation		BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM, reserved
L1 post code rate		1/2, reserved
L1 post FEC type		short (16k LDPC), reserved
L1 post extension		on, off
L1 post size		0 to 262143
L1 post info size		0 to 262143
L1 post scrambled	R&S®DVMS-B55 model .03	on, off
L1 repetition		on, off
Stream type		TS only, generic stream, TS and generic stream, reserved
TX ID availability		0x00 to 0xFF
Regeneration flag		0 to 7
Frequencies		0 to 7
RF index		0 to 7
T2 base lite	R&S®DVMS-B55 model .03	on, off
Reserved		0x00 to 0x3F
CRC32		0x00000000 to 0xFFFFFFFF
Detected PLP IDs		
Display and selection	combo box in the settings menu	1 to 255
PLP parameters (data PLP, common PLP)		
Number of PLPs	only data PLPs	1 to 255
PLP ID		0 to 255
Group ID		0 to 255
PLP type		common, type 1, type 2, reserved
PLP constellation		QPSK, QAM16, QAM64, QAM256
PLP rotation		on, off
PLP FEC type		short, normal, reserved
PLP code rate	R&S®DVMS-B55 model .02	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, reserved
	R&S®DVMS-B55 model .03	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 1/3, 2/5
PLP payload type		GFPS, GCS, GSE, TS, reserved
Time interleaver type		single, multiple
Time interleaverlength		0 to 255
Max. number of blocks		0 to 1023
PLP mode	valid for T2 version 1.2.1, decoded also with T2 version 1.1.1	NM, HEM, not specified
Static flag	valid for T2 version 1.2.1, decoded also with T2 version 1.1.1	on, off
Static padding flag	valid for T2 version 1.2.1, decoded also with T2 version 1.1.1	on, off
Fixed freq flag	TFS not supported	on, off
First RF index	TFS not supported	0 to 7
In-band signaling A		on, off
In-band signaling B	valid for T2 version 1.2.1, decoded also with T2 version 1.1.1	on, off
Reserved_1	11 bits for T2 version 1.2.1, masked also with T2 version 1.1.1	0x000 to 0x7FF

First frame index		0 to 255
Frame interval		0 to 255
Synchronization		
RF attenuation		0 dB to 50 dB
Automatic gain control (AGC)		OK, unlocked
Sideband position		normal, inverse, unlocked
Carrier		OK, unlocked
MPEG		OK, unlocked
Reference frequency		OK, unlocked
Monitoring		
Measurements		
Input level		lower, upper limit
Modulation error ratio (MER)		lower limit
BER before LDPC		upper limit
LDPC iterations		upper limit
BER before BCH		upper limit
BB frames after BCH		OK, errored
Frequency offset		lower, upper limit
Bit rate offset		lower, upper limit
Synchronization		
RF attenuation		lower, upper limit
Automatic gain control (AGC)		OK, unlocked
Sideband position		normal, inverse, unlocked
Carrier		OK, unlocked
MPEG		OK, unlocked
Reference frequency		OK, unlocked
Signal template		
Number of PLPs		OK, failed
L1 presignaling		
T2 version		OK, failed
Transmission system		OK, failed
FFT		OK, failed
Bandwidth extension		OK, failed
Guard interval		OK, failed
Pilot pattern		OK, failed
Data symbols/frame		OK, failed
Frames/superframe		OK, failed
PAPR		OK, failed
System ID		OK, failed
Cell ID		OK, failed
Network ID		OK, failed
S1		OK, failed
S2		OK, failed
L1 post constellation		OK, failed
L1 post code rate		OK, failed
L1 post FEC type		OK, failed
L1 post extension		OK, failed
L1 post size		OK, failed
L1 post info size		OK, failed
L1 repetition		OK, failed
Stream type		OK, failed
TX ID availability		OK, failed
Regeneration flag		OK, failed
Frequencies		OK, failed
RF index		OK, failed
Reserved		OK, failed
CRC32		OK, failed

PLP parameters (data PLP, common PLP)		
PLP ID		OK, failed
Group ID		OK, failed
PLP type		OK, failed
PLP constellation		OK, failed
PLP rotation		OK, failed
PLP FEC type		OK, failed
PLP code rate		OK, failed
PLP payload type		OK, failed
Time interleaver type		OK, failed
Time interleaver length		OK, failed
Max. number of blocks		OK, failed
PLP mode		OK, failed
Static flag		OK, failed
Static padding flag		OK, failed
Fixed frequency flag		OK, failed
First RF index		OK, failed
In-band signaling A		OK, failed
In-band signaling B		OK, failed
Reserved_1		OK, failed
First frame index		OK, failed
Frame interval		OK, failed

DVB-T demodulator (R&S®DVMS-K53)

DVB-T activation for R&S®DVMS-B55.

Standard		DVB-T (ETSI EN 300744)
Modulation parameters		
Modulation		COFDM
FFT mode	automatic detection	2k, 8k
QAM order	automatic detection	4QAM, 16QAM, 64QAM
QAM hierarchy	automatic detection	none, $\alpha = 1, 2, 4$
Guard interval	automatic detection	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Code rate	automatic detection	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8
Channel bandwidth		6 MHz, 7 MHz, 8 MHz
Measurements		
RF input level		
Range	preselector on	-97 dBm to 0 dBm (typ.)
	preselector off	-90 dBm to 0 dBm (typ.)
Resolution		0.1 dB
Uncertainty	C/N \geq 20 dB	\leq 1.5 dB
Modulation error ratio (MER)		
Range	standard	10 dB to 31 dB
	with R&S®DVMS-K59 option	10 dB to 35 dB (38 dB (typ.))
Resolution		0.1 dB
Uncertainty	10 dB \leq MER \leq 30 dB, echo-free reception	\leq 1.0 dB
	30 dB $<$ MER \leq 35 dB, echo-free reception	\leq 2.0 dB
BER before Viterbi	QPSK	0.0; 1.2×10^{-5} to 1.0×10^{-2}
	16QAM, non-hierarchical	0.0; 1.2×10^{-5} to 1.0×10^{-2}
	64QAM, non-hierarchical	0.0; 1.2×10^{-5} to 1.0×10^{-2}
BER before Reed-Solomon		0.0; 1.1×10^{-7} to 4.0×10^{-3}
Errored packets	number of errored TS packets per second	0 to 20001
Frequency offset		
Range		\pm 200 kHz
Resolution		1 Hz
Uncertainty		uncertainty of reference freq. \pm 1 digit
Bit rate offset		
Range		\pm 50 ppm
Resolution		0.01 ppm
Uncertainty		uncertainty of reference freq. \pm 1 digit
Constellation diagram		with standard-specific grid

Monitoring options

TS monitoring (R&S®DVMS-K1)

Supports TS monitoring for one TS received via RF or via a TS input.

Supported standards and additional views

Supported standards	independently selectable for every activated signal input	<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
Additional view	transport stream	<ul style="list-style-type: none"> • TS packet size (in byte) • cable equalizer status

DVB monitoring

TR 101 290 V1.2.1 – first priority monitoring		
TS synchronization	1 packet to 7 packets	loss after packets
	1 packet to 31 packets	lock after packets
Sync byte		<ul style="list-style-type: none"> • single byte invalid • successive bytes invalid
PAT	0.1 s to 9999.9 s	<ul style="list-style-type: none"> • upper repetition period • table ID • scrambled
Continuity count		<ul style="list-style-type: none"> • discontinuous packet order • packet occurs more than twice • packet lost • incorrect use of discontinuity flag
PMT	0.1 s to 9999.9 s	<ul style="list-style-type: none"> • upper repetition period • scrambled
PID distance	0.1 s to 9999.9 s	video – upper period
	0.1 s to 9999.9 s	audio – upper period
	0.1 s to 9999.9 s	data – upper period
	“excluding of PID” feature	up to 10 PID numbers

TR 101 290 V1.2.1 – second priority monitoring		
Transport		error indicator
CRC		CRC error in PSI/SI tables: PAT, CAT, PMT, NIT, BAT, SDT, EIT, TOT, SIT, TS DT, MIP, AIT
PCR discontinuity	1 ms to 99999 ms	upper limit
PCR repetition	1 ms to 99999 ms	lower period
	1 ms to 99999 ms	upper period
PCR jitter	10 ns to 999999 ns	upper limit
	profiles	<ul style="list-style-type: none"> • MGF1 (10 mHz) • MGF2 (100 mHz) • MGF3 (1 Hz)
	test mode	accuracy ³ overall jitter – including packet arrival time
PTS repetition	1 ms to 99999 ms	upper period
CAT	0.1 s to 9999.9 s	<ul style="list-style-type: none"> • missing • table ID

³ Recommended by TR 101 290 for monitoring.

TR 101 290 V1.2.1 – third priority monitoring		
SI repetition	1 ms to 9999 ms	PAT lower period
	limit is equal to limit of 1st priority PAT	PAT upper period
	1 ms to 9999 ms	CAT lower period
	limit is equal to limit of 1st priority CAT	CAT upper period
	1 ms to 9999 ms	PMT lower period
	limit is equal to limit of 1st priority PMT	PMT upper period
	1 ms to 9999 ms	NIT ACTUAL lower period
	0.1 s to 9999.9 s	NIT ACTUAL upper period
	1 ms to 9999 ms	NIT OTHER lower period
	0.1 s to 9999.9 s	NIT OTHER upper period
	1 ms to 9999 ms	SDT ACTUAL lower period
	0.1 s to 9999.9 s	SDT ACTUAL upper period
	1 ms to 9999 ms	SDT OTHER lower period
	0.1 s to 9999.9 s	SDT OTHER upper period
	1 ms to 9999 ms	BAT lower period
	0.1 s to 9999.9 s	BAT upper period
	1 ms to 9999 ms	EIT ACTUAL PF lower period
	0.1 s to 9999.9 s	EIT ACTUAL PRESENT upper period
	0.1 s to 9999.9 s	EIT ACTUAL FOLLOWING upper period
	1 ms to 9999 ms	EIT OTHER PF lower period
	0.1 s to 9999.9 s	EIT OTHER PRESENT upper period
	0.1 s to 9999.9 s	EIT OTHER FOLLOWING upper period
	1 ms to 9999 ms	RST lower period
	0.1 s to 9999.9 s	RST upper period
	1 ms to 9999 ms	TDT lower period
	0.1 s to 9999.9 s	TDT upper period
	1 ms to 9999 ms	TOT lower period
	0.1 s to 9999.9 s	TOT upper period
1 ms to 9999 ms	AIT lower period	
0.1 s to 9999.9 s	AIT upper period	
NIT ACTUAL	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – upper period
		table ID
NIT OTHER	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – upper period
SDT ACTUAL	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – upper period
		table ID
SDT OTHER	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – upper period
EIT ACTUAL	limit is equal to limit of SI repetition	PF repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	present repetition – upper period
		following repetition – upper period
		table ID
EIT OTHER	limit is equal to limit of SI repetition	PF repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	present repetition – upper period
		following repetition – upper period
EIT PRESENT/FOLLOWING		section missing
RST	limit is equal to limit of SI repetition	lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	table ID
TDT	limit is equal to limit of SI repetition	lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	upper period
		table ID
Unreferenced PID	0.1 s to 9999.9 s	waiting period after change in PMT or CAT
	“excluding of PID” feature	up to 10 PID numbers

SDT OTHER	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	repetition – upper period
H-EIT ACTUAL	limit is equal to limit of SI repetition	PF repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	present repetition – upper period
		following repetition – upper period table ID
H-EIT OTHER	limit is equal to limit of SI repetition	PF repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	present repetition – upper period
		following repetition – upper period
H-EIT PRESENT/FOLLOWING		section missing
M-EIT	limit is equal to limit of SI repetition	PF repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	present repetition – upper period
		following repetition – upper period
L-EIT	limit is equal to limit of SI repetition	PF repetition – lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	present repetition – upper period
		following repetition – upper period
RST	limit is equal to limit of SI repetition	lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	table ID
TDT	limit is equal to limit of SI repetition	lower period
	limit is equal to limit of SI repetition	upper period
		table ID
Unreferenced PID	0.1 s to 9999.9 s	waiting period after change in PMT or CAT
	“excluding of PID” feature	up to 10 PID numbers

Advanced TS monitoring (R&S®DVMS-K11)

Enhances R&S®DVMS-K1 by adding further measurements and log functions.

Supported standards and additional functions

Supported standards		<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
Monitoring log functions		
Hiding of events	number of hidden event definitions	up to 200
	event filter	<ul style="list-style-type: none"> • top-level monitoring parameter • PID
	hiding time	<ul style="list-style-type: none"> • 0 s to 99999999s • infinite
Event log navigator	log filter	<ul style="list-style-type: none"> • top-level monitoring parameter • PID • service

DVB monitoring

Extended checks I – bit rate monitoring		
TS	0 bit/s to 216 Mbit/s	lower/upper bit rate
Service	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Video	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Audio	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Other	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Null packet	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
PAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
PMT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
CAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
NIT ACTUAL	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
NIT OTHER	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
BAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
SDT ACTUAL	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
SDT OTHER	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
EIT ACTUAL PF	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
EIT ACTUAL schedule	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
EIT OTHER PF	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
EIT OTHER schedule	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
TDT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate

TOT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
RST	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
MIP	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
AIT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
For all bit rate measurements	"excluding of PID" feature	10 PIDs
	individual measurement profiles for each measurement	for available profiles, see section "Bit rate measurement profiles" (page 41)

Extended checks II – monitoring		
SFN synchronization (in line with TR 101 290 chapter 9.2.1)		<ul style="list-style-type: none"> presence – more than one MIP presence – megaframe without MIP structure – invalid MIP TS header structure – inconsistent length field structure – setting of max. delay out of range structure – synchronization time stamp structure – CRC error in MIP pointer – does not match location of MIP periodicity – unperiodic MIP insertion periodicity – MIP pointer not constant
	0 s to 500000.0 µs	timing – max. deviation
	0 bit/s to 1000000 bit/s	bit rate – inconsistency
SFN synchronization (extended to TR 101 290 chapter 9.2.1)	0 s to 1000000.0 µs	network delay – upper limit
	0 s to 1000000.0 µs	network delay – lower limit
		network delay – loss of 1PPS reference
TS ID match	0 to 65535	specified TS ID
TS modification		<ul style="list-style-type: none"> change of TS ID additional service service disappeared additional element element disappeared change of element stream type change of PCR PID
CA alternation		<ul style="list-style-type: none"> CA flag on CA flag off alternation of key
PTS/PCR delay	0 ms to +999999 ms	lower limit
	0 ms to +999999 ms	upper limit
DVB-H	0 bit/s to 200 Mbit/s	constant bit rate lower than specified
	0 bit/s to 200 Mbit/s	constant bit rate higher than specified
	0 bit/s to 200 Mbit/s	burst peak bit rate lower than specified
	0 bit/s to 200 Mbit/s	burst peak bit rate higher than specified
	0 s to 99.9 s	burst off-time longer than specified
	0 % to 99 %	estimated power saving lower than specified
	–9999 ms to +9999ms	min. ΔT margin lower than specified
–9999 ms to +9999ms	max. ΔT margin higher than specified	
		IP packet error before MPE FEC

ATSC and SCTE monitoring

Services II – bit rate monitoring		
TS	0 bit/s to 216 Mbit/s	lower/upper bit rate
Service	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Video	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Audio	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Other	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Null packet	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
PAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
PMT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
CAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
MGT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
CVCT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
TVCT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
STT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
RRT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate

EIT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
ETT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
CETT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
DET	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
LTST	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
DCCT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
DCCSCT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
For any bit rate monitoring	"excluding of PID" feature separate measurement profiles for each measurement	10 PIDs for available profiles, see section "Bit rate measurement profiles" (page 41)
Extended monitoring		
TS modification		<ul style="list-style-type: none"> • change of TS ID • additional service • service disappeared • additional element • element disappeared • change of element stream type • change of PCR PID
TS ID match	0 to 65535	specified TS ID
CA alternation		<ul style="list-style-type: none"> • CA flag on • CA flag off

ISDB-T/ISDB-T_B monitoring

Extended checks I – bit rate monitoring		
TS	0 bit/s to 216 Mbit/s	lower/upper bit rate
Service	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Video	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Audio	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Other	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
Null packet	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
PAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
PMT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
CAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
NIT ACTUAL	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
NIT OTHER	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
BAT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
SDT ACTUAL	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
SDT OTHER	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
H-EIT ACTUAL PF	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
H-EIT ACTUAL schedule basic	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
H-EIT ACTUAL schedule extended	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
H-EIT OTHER PF	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
H-EIT OTHER schedule basic	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
H-EIT OTHER schedule extended	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
M-EIT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
L-EIT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
TDT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
TOT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
RST	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
AIT	0 bit/s to 200 Mbit/s	lower/upper bit rate
DCT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
PCAT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
BIT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
NBIT(body)	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
NBIT(reference)	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
LDT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
CDT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
LIT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
ERT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
DCT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
LIT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
ERT	0 bit/s to 128 Mbit/s	lower/upper bit rate
For all bit rate measurements	"excluding of PID" feature individual measurement profiles for each measurement	10 PIDs for available profiles, see section "Bit rate measurement profiles" (page 41)

Extended checks II – monitoring		
TS ID match	0 to 65535	specified TS ID
TS modification		<ul style="list-style-type: none"> ● change of TS ID ● additional service ● service disappeared ● additional element ● element disappeared ● change of element stream type ● change of PCR PID
CA alternation		<ul style="list-style-type: none"> ● CA flag on ● CA flag off ● alternation of key

T2-MI extension(R&S®DVMS-K3)

The R&S®DVMS-K3 option extends the R&S®DVMS to include transport streams containing T2-MI streams. The demultiplexing of the T2-MI packets enables measurements and analysis on all three layers (TS, T2-MI, PLP). The measurement parameters on the T2-MI layer are in line with DVB Document A14-1.

Features, functions and options applicable to T2-MI streams

Feature	Function	Option
T2-MI monitoring		
Amendment to ETSI TR 101290 for T2-MI (DVB Document A14-1)	T2-MI: monitoring of recommended parameters	R&S®DVMS-K1
T2-MI, TS and PLP monitoring		
Bit rate monitoring	monitoring of bit rates	R&S®DVMS-K11
TS/PLP monitoring		
TR 101290 priority 1, 2 and 3 monitoring	TS/PLP: monitoring of all TR 101290 priority 1, 2 and 3 parameters	R&S®DVMS-K1
Encryption monitoring	monitoring of status and CA alternation	
TS modification	detection of changes in transport stream	
EIT monitoring	monitoring of presence of EIT tables according to the signaling in SDT tables and template definitions	R&S®DVMS-K1/-K12
TS template monitoring	comparison of TS characteristics with predefined values	R&S®DVMS-K12
T2-MI, TS and PLP analysis		
Interpreter	display of original and interpreted header information and content of T2-MI packets	R&S®DVMS-K20
PLP analysis		
Thumbnail display	display of small videos with low frame rate for all unencrypted services and additional program details of the selected data PLP	R&S®DVMS-K17
PCR analysis	analysis of PCR accuracy, overall jitter, drift, offset and distance	R&S®DVMS-K19
PTS analysis	analysis of PTS to PCR difference and PTS distance	
Buffer	analysis of video and audio ES according to the T-STD buffer model	R&S®DVMS-K24
qPSNR analysis	analysis of the video coding quality of MPEG-2 or MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV video	R&S®DVMS-K21
Carousel and MPE analysis	analysis of DVB broadcast protocols	R&S®DVMS-K22

Feature	Function	Option
Views and displays		
Site tree	status overview of all inputs, input selection	basic functions
T2-MI tree	display of T2-MI elements in tree structure	
	error indication	
PLP tree	PLP selection	
	display of transport stream elements of selected PLP	
	error indication	
Statistics and log	element selection	
	error second counters for top-level monitoring parameters; detailed report entries for monitoring results	
Bit rate	display of bit rates (bargraph displays)	
Table repetition	display of table repetition (bargraph displays)	
PID utilization	visualization of TS packet distribution within TS or selected PLP	
Miscellaneous		
TS capture	event-controlled recording of TS segments or PLPs to hard disk (null packets are not recorded in the case of PLP)	R&S®DVMS-K18
Logging to file	logging of report entries to hard disk (for T2-MI layer or PLP layer)	basic functions
Video decode	software decoder (VLC for decoding MPEG-2 or MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV video/audio streams)	

Monitoring functions

TS layer

Defined in the amendment to ETSI TR 101290 for T2-MI (DVB Document A14-1: 11.2.5).

TS synchronization	TS synchronization 1 packet to 7 packets	loss after packets
	1 packet to 31 packets	lock after packets
Sync byte		<ul style="list-style-type: none"> single byte invalid successive bytes invalid
PAT	0.1 s to 9999.9 s	upper repetition period
		table ID
		scrambled
Continuity count		<ul style="list-style-type: none"> discontinuous packet order packet occurs more than twice packet lost incorrect use of discontinuity flag
PMT	0.1 s to 9999.9 s	upper repetition period
		scrambled
Transport		error indicator
CRC		CRC error in PSI/SI tables PAT, PMT, CAT
PCR discontinuity	1 ms to 99999 ms	upper limit
PCR repetition	1 ms to 99999 ms	lower period
	1 ms to 99999 ms	upper period
PCR jitter	10 ns to 999999 ns	upper limit
	profiles	<ul style="list-style-type: none"> MGF1 (10 mHz) MGF2 (100 mHz) MGF3 (1 Hz)
	test mode	<ul style="list-style-type: none"> accuracy overall jitter – including packet arrival time
Unreferenced PID	0.1 s to 9999.9 s	waiting period after change in PMT

Bit rate	0 bit/s to 216 Mbit/s	TS lower/upper bit rate
	0 bit/s to 216 Mbit/s	T2-MI TS lower/upper bit rate
	0 bit/s to 216 Mbit/s	PID lower/upper bit rate
	0 bit/s to 216 Mbit/s	null packet lower/upper bit rate
	0 bit/s to 216 Mbit/s	PAT lower/upper bit rate
	0 bit/s to 216 Mbit/s	PMT lower/upper bit rate

T2-MI packet layer

Defined in the amendment to ETSI TR 101290 for T2-MI (DVB Document A14-1).

Packet type	DVB Document A14-1: 11.2.2.1	missing
	DVB Document A14-1: 11.2.2.2	wrong number of BB frames
Packet count	DVB Document A14-1: 11.2.2.3	packet order discontinuity
CRC	DVB Document A14-1: 11.2.2.4	content of T2-MI packet corrupted
Payload	DVB Document A14-1: 11.2.2.5	wrong PLP ID
PLP num blocks	DVB Document A14-1: 11.2.2.6	wrong number of BB frame packets
Transmission order	DVB Document A14-1: 11.2.2.7	wrong order
Timestamp	DVB Document A14-1: 11.2.2.8	different timestamp within superframe
	DVB Document A14-1: 11.2.2.9	discontinuity
Frame length	DVB Document A14-1: 11.2.2.10	longer than 250 ms
Consistency	DVB Document A14-1: 11.2.4.1	bit rate too high for configured parameters
	DVB Document A14-1: 11.2.4.2	wrong leap second value

PLP layer

Depending on the type of PLP (dataPLP in multiple PLP stream, commonPLP, data PLP in single PLP stream), all applicable baseband parameters are monitored. See description of R&S®DVMS-K1, R&S®DVMS-K11 and R&S®DVMS-K12 in R&S®DVMS data sheet.

TS template monitoring (R&S®DVMS-K12)

Enhances R&S®DVMS-K1 by adding the capability to compare the characteristics of the received TS with locally stored definitions.

Supported standards		<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
Definable characteristics		
Transport stream	0 to 65535	TS ID
	0 to 65535	network ID
	0 to 65535	original network ID
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
EMM	0 to 8191	PID
	mandatory, optional, not allowed	constraint
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
User private data	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
	0 to 8191	PID
	optional, not allowed	constraint
Unreferenced PIDs	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
	0 to 8191	PID
Null packets	optional, not allowed	constraint
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
Table	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
	0 to 8191	PID
Table	0 to 255	table ID
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate

Services	0 to 65535	service ID
	mandatory, optional, not allowed	constraint
		service name
	0 to 8191	PCR PID
	0 to 8191	PMT PID
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
Elementary stream	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
	0 to 8191	PID
	mandatory, optional, not allowed	constraint
	about 50 different types (see below)	type
	yes, no	conditional access
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
Parental rating ⁵	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
	3 letters	country code
	undefined, age (4 to 18), user-defined (16 to 256)	rating
ECMs	0 to 8191	PID
	mandatory, optional, not allowed	constraint
	0 bit/s to 214 Mbit/s	lower bit rate
	0 bit/s to 214 Mbit/s	upper bit rate
EIT present/following ⁶	1 to 999999	upper repetition period
EIT scheduled (1 to 16) ⁶	1 to 999999	upper repetition period
H-EIT present/following ⁷	1 to 999999	upper repetition period
H-EIT scheduled basic (1 to 8) ⁷	1 to 999999	upper repetition period
H-EIT scheduled extended (1 to 8) ⁷	1 to 999999	upper repetition period
M-EIT present/following ⁷	1 to 999999	upper repetition period
L-EIT present/following ⁷	1 to 999999	upper repetition period
Bit rate monitoring	selection of individual profile for each element	for available profiles, see section "Bit rate measurement profiles" (page 41)
Supported elementary stream types: Video MPEG-1, Video MPEG-2, Audio MPEG-1, Audio MPEG-2, Private Data, PES Private Data, MHEG ISO/IEC13 522, DMS ISO/IEC 13818-1, ATM Specific ITU-T Rec. H.222.1, DMS_CC ISO/IEC 13818-6 type A, DMS_CC ISO/IEC 13818-6 type B, DMS_CC ISO/IEC 13818-6 type C, DMS_CC ISO/IEC 13818-6 type D, Auxiliary ISO/IEC 13818-1, Audio ADTS ISO/IEC 13818-1, Visual ISO/IEC 14496-2, Audio LATM ISO/IEC 14496-3, PES Flex. Mux. ISO/IEC 14496-1, Section Flex. Mux. ISO/IEC 14496-1, Synchr. Download Protocol ISO/IEC 13818, PES Metadata, Section Metadata, Data Carousel Metadata, Object Carousel Metadata, Synchr. Download Protocol Metadata, IPMP Stream ISO/IEC 13818-11, Video AVC ISO/IEC14496-10, User Private Stream, VBI Data, VBI Teletext, Subtitling, Audio AC3, Audio Enhanced AC3, AIT, Audio DTS, Audio AAC, Data Piping, Data Asynchronous Streaming, Data Synchronized Streaming, Data Multiprotocol Encapsulation, Data Carousel, Data Object Carousel, Data DVB ATM Stream, Data Higher Protocol, Data System Software Update (UNT), Data IP/MAC Notification (INT), Data MHP Object Carousel, Data MHP Multiprotocol Encapsulation, Data DVB-H		

⁵ Applicable with DVB, ISDB-T, ISDB-T_B only.

⁶ Applicable with DVB only.

⁷ Applicable with ISDB-T, ISDB-T_B only.

TS capture (R&S®DVMS-K18)

Supports TS recording with user-definable trigger functionality.

Supported TS packet length		188 byte, 204 byte or 208 byte per packet
Capture modes		<ul style="list-style-type: none"> recording of a transport stream at a single TS input simultaneous recording of multiple transport streams at up to 2 inputs recording of a complete transport stream or individual PIDs or services triggered recording (trigger on error) with extensive trigger capabilities
Size	capture of single TS input	up to 384 Mbyte per TS file
	simultaneous capture of multiple TS inputs	up to 96 Mbyte per TS file
Capture trigger		<ul style="list-style-type: none"> trigger once or repeatedly (up to 1000 times) manual monitoring event (parameter) event class virtual alarm line
File formats		<ul style="list-style-type: none"> TS packet raw data TS packet with packet counter TS packet with 90 MHz reference clock

Examples of recording times of selected data rates (file format: TS packet raw data).

Memory	TS bit rate			
	10 Mbit/s	14 Mbit/s	39 Mbit/s	54 Mbit/s
96 Mbyte	81 s	57 s	21 s	15 s
384 Mbyte	322 s	230 s	83 s	60 s

Analysis

EPG display (R&S®DVMS-K16)

Adds an electronic program guide showing all signaled events of the actual and other TS.

Supported standards		<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC
Evaluated tables	all transmitted EIT tables	<ul style="list-style-type: none"> • actual and other TS • present/following and scheduled
Displays		<ul style="list-style-type: none"> • EPG tree for actual and other TS • timeline display of all EPG services • detailed event information on single service

Thumbnail display (R&S®DVMS-K17)

Adds a thumbnail display showing a small video with lower frame rate for all clear services and additional program details of one selected TS.

Supported formats	video	<ul style="list-style-type: none"> • MPEG-2 SDTV and HDTV • MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV
	audio	<ul style="list-style-type: none"> • MPEG-1/2 (mono, stereo) • Dolby Digital
Displays	mosaic	video displays
	EPG	video displays with current program information
	detail	video displays with video and audio stream info, including graphic audio level indication

PCR/PTS analysis (R&S®DVMS-K19)

Adds detailed analysis of PCR and PTS values.

Supported standards		<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
PCR analysis	applicable profiles: <ul style="list-style-type: none"> • MGF1 (10 mHz) • MGF2 (100 mHz) • MGF3 (1 Hz) 	graphic display of PCR overall jitter, PCR accuracy, PCR frequency drift or PCR offset (up to ten minutes), graphic display of PCR repetition (up to ten minutes), long-term determination of min./max. peak values
PTS analysis		graphic display of PTS/PCR delay (up to ten minutes), graphic display of PTS repetition (up to ten minutes), long-term determination of min./max. peak values

Interpreter (R&S®DVMS-K20)

Displays the next packet/table received with manual (snapshot) or automatic update (continuous).

Supported standards		<ul style="list-style-type: none"> • DVB • ATSC • SCTE • ISDB-T • ISDB-T_B
Transport stream packet		
Supported standards		ISO/IEC 13818-1 (TS packet layer, chapter 2.4.3.2)
Applicable filter (combinations possible)		<ul style="list-style-type: none"> • any element of the TS tree • payload unit start indicator • adaptation field control
Function		display of TS packet in hex and ASCIIinterpretation of TS header
PES packet		
Supported standards	video, audio or data content	ISO/IEC 13818-1 (PES packet, chapter 2.4.3.6)
Applicable filter		any element of the TS tree
Function		display of PES packet in hex and ASCIIinterpretation of PES packet header
Table section		
Supported standards	MPEG	ISO/IEC 13818-1 (program-specific information, chapter 2.4.4)
	DVB	ETSI 300 468 (DVB service information)
	ATSC	ATSC A/65 (program and system information protocol)
	ISDB-T	ARIB STD-B10 version 4.6
	ISDB-T _B	ABNT NBR 15603-2/-3
Applicable filter		<ul style="list-style-type: none"> • any element of the TS tree • table ID, table ID extension, section number
Function		display of table section in hex/bin and ASCII, interpretation of table section

qPSNR analysis (R&S®DVMS-K21)

Measures the quasi-peak signal-to-noise ratio of video streams. This single-ended measurement is performed in order to analyze the video coding quality.

Supported streams (PES)		<ul style="list-style-type: none"> • MPEG-2 SDTV and HDTV • MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV
Data display		graphic display of qPSNR values over time histogram
Video recording		automatic if defined qPSNR limit is violated
Replay of recorded video streams		integrated software player
Save and load of qPSNR analysis data		<ul style="list-style-type: none"> • qPSNR values over time • limit violation descriptions • recorded video streams

Carousel and MPE analysis (R&S®DVMS-K22)

Adds detailed analysis of DVB data broadcast protocols.

Supported standards				DVB	
	Data piping	Data streaming	MPE	Data carousel	Object carousel
Overview	display of descriptors	used and name of tables containing the descriptors			
Interpreter	TS header	PES header	section	section (DSI, DII and DDB header)	
Raw data	content of TS packet	content of PES packet	content of section	content of DDB section	
Timing measurements	bit rate of ES	bit rate of PES	bit rate of selected section	bit rate of selected module, DSI, DII section	
	repetition time of payload unit start indicators	repetition time of PES header	repetition time of selected section	repetition time of selected DII, DSI section	
				loading time of selected module	

DVB-H analysis (R&S®DVMS-K23)

Adds detailed analysis of DVB-H services.

Supported standards		DVB-H
ESG service view	supported ESG types: IPDC in line with DVB (ETSI TS 102471/ encapsulated textual ESGXML fragment) BCAST in line with OMA (service guide for mobile broadcast services)	<ul style="list-style-type: none"> • ESG type • name of network provider • DVB-H services • current transmissions • planned transmissions
ESG transport analysis	supported ESG types: IPDC in line with DVB (ETSI TS 102471/ encapsulated textual ESGXML fragment) BCAST in line with OMA (service guide for mobile broadcast services)	<ul style="list-style-type: none"> • bootstrap FLUTE session • ESG FLUTE sessions with <ul style="list-style-type: none"> - containers - pictures - SDP files - saving of extracted ESG files to hard drive
Burst timing		<ul style="list-style-type: none"> • burst duration • burst cycle time • maximum and minimum of signaled delta-T margin • burst bit rate • burst peak bit rate • constant bit rate • burst total size • burst IP payload
FEC analysis		<ul style="list-style-type: none"> • FEC usage • number of rows • number of padding columns • number of puncturing bytes • burst FEC code rate • receiver on-time and off-time • power saving from start • DVB-H encapsulation overhead • erroneous rows before and after FEC decoding • frame error rate (FER) • MPE frame error rate (MFER) • correct IP packets before and after FEC • erroneous IP packets before and after FEC • IP packet error rate before and after FEC • IP packet error rate before FEC from start
Decoding		<ul style="list-style-type: none"> • display of DVB-H content via VLC • zoom function (50 % to 200 %) • data cache from 0.3 s to 15 s

Buffer analysis (R&S®DVMS-K24)

Adds video and audio ES analysis according to the T-STD buffer model as defined in ISO/IEC 13818-1.

Supported streams (PES)	video	<ul style="list-style-type: none"> • MPEG-2 SDTV and HDTV • MPEG-4/AVC/H.264 SDTV and HDTV • HEVC/H.265 HDTV (single layer)
	audio	MPEG-1/2 (mono, stereo)
Supported methods		<ul style="list-style-type: none"> • leak method • VBV/HRD method
Data display	graphs	<ul style="list-style-type: none"> • display of transport buffer, multiplex buffer and elementary buffer values over time (up to ten minutes) • long-term determination of min./max. peak values
	buffer model info	summarized information of buffer fullness, bit rates, data delay and elementary stream info

Appendix

Bit rate measurement profiles

Profiles from the following list can be selected for bit rate measurements.

Profile name	Referenced data per TS packet	Measurement interval	Averaging time
MGB1	payload	1 s	1 s
MGB1A	payload	1 s	10 s
MGB1B	payload	1 s	30 s
MGB2	payload	100 ms	1 s
MGB2A	payload	100 ms	100 ms
MGB2B	payload	100 ms	500 ms
MGB5	payload	1 s	5 s
MGB5A	payload	2 s	60 s
MGB5B	payload	3 s	90 s
MGB5C	payload	4 s	120 s
MGB5D	payload	5 s	150 s
MGB5E	payload	10 s	300 s
MGB1	188	1 s	1 s
MGB1A	188	1 s	10 s
MGB1B	188	1 s	30 s
MGB2	188	100 ms	1 s
MGB2A	188	100 ms	100 ms
MGB2B	188	100 ms	500 ms
MGB5	188	1 s	5 s
MGB5A	188	2 s	60 s
MGB5B	188	3 s	90 s
MGB5C	188	4 s	120 s
MGB5D	188	5 s	150 s
MGB5E	188	10 s	300 s

Channel switching times (scheduler suite)

Channel switching time		
DVB-T	R&S®DVMS-B55	11 s
DVB-T2	R&S®DVMS-B55	14 s
DVB-S/DVB-S2	R&S®DVMS-B51	10 s
Minimal settable measurement time		3 s

License information

The firmware of this device contains open source software. Details on the open source software packages used and the license agreements are provided in the release notes.

Ordering information

Designation	Type	Order No.
Base unit		
DTV Monitoring System	R&S®DVMS1	2113.9305.02
DTV Monitoring System	R&S®DVMS4	2113.7560.02
Scope of delivery: power cord; printed getting started manual		
Modules and module options		
DVB-T/DVB-T2 Receiver Module	R&S®DVMS-B55	2113.8850.03
DVB-T2 Demodulator	R&S®DVMS-K54	2113.9292.02
DVB-T Demodulator	R&S®DVMS-K53	2113.9286.02
Spectrum and Shoulder Attenuation	R&S®DVMS-K57	2113.9228.02
Echo Pattern	R&S®DVMS-K58	2113.9192.02
High-Quality MER Measurement	R&S®DVMS-K59	2113.9205.02
DVB-S/DVB-S2 Receiver Module	R&S®DVMS-B51	2113.8950.02
IP Module	R&S®DVMS-B40	2113.8938.02
Single TS Input Module	R&S®DVMS-B11	2113.8896.02
TS monitoring		
TS Monitoring	R&S®DVMS-K1	2113.9028.02
Instrument options		
Monitoring		
Advanced TS Monitoring	R&S®DVMS-K11	2113.9034.02
T2-MI Extension	R&S®DVMS-K3	2113.9234.02
TS Template Monitoring	R&S®DVMS-K12	2113.9040.02
TS Capture	R&S®DVMS-K18	2113.9086.02
Analysis		
EPG Display	R&S®DVMS-K16	2113.9063.02
Thumbnail Display	R&S®DVMS-K17	2113.9070.02
PCR/PTS Analysis	R&S®DVMS-K19	2113.9092.02
Interpreter	R&S®DVMS-K20	2113.9105.02
qPSNR Analysis	R&S®DVMS-K21	2113.9111.02
Carousel and MPE Analysis	R&S®DVMS-K22	2113.9128.02
DVB-H Analysis	R&S®DVMS-K23	2113.9134.02
Buffer Analysis	R&S®DVMS-K24	2113.9140.02
Miscellaneous		
Calibration Documentation	R&S®DVMS-DCV	2082.0490.35
Printout of DCV	R&S®DCV-ZP	1173.6506.02
19"Adapter for 1 x R&S®DVMS1 in 1HU	R&S®ZZA-DVMS1	2113.9886.00
19"Adapter for 2 x R&S®DVMS1 in 1HU	R&S®ZZA-DVMS1	2113.9805.02
US Keyboard with USB Connector	R&S®PSL-Z2	1157.6870.04
Optical Mouse with USB Connector	R&S®PSL-Z10	1157.7060.04
Option packages		
Monitoring Option Package (including R&S®DVMS-K11, R&S®DVMS-K12 and R&S®DVMS-K18)	R&S®DVMS-PK01	2113.9240.02
Analysis Option Package (including R&S®DVMS-K16, R&S®DVMS-K17, R&S®DVMS-K19 and R&S®DVMS-K20)	R&S®DVMS-PK02	2113.9257.02

Warranty		
Base unit		3 years
All other items ⁹		1 year
Options		
Extended Warranty, one year	R&S®WE1	Please contact your local Rohde & Schwarz sales office.
Extended Warranty, two years	R&S®WE2	
Extended Warranty with Calibration Coverage, one year	R&S®CW1	
Extended Warranty with Calibration Coverage, two years	R&S®CW2	

Extended warranty with a term of one and two years (WE1 and WE2)

Repairs carried out during the contract term are free of charge ¹⁰. Necessary calibration and adjustments carried out during repairs are also covered.

Extended warranty with calibration coverage (CW1 and CW2)

Enhance your extended warranty by adding calibration coverage at a package price. This package ensures that your Rohde & Schwarz product is regularly calibrated, inspected and maintained during the term of the contract. It includes all repairs ¹⁰ and calibration at the recommended intervals as well as any calibration carried out during repairs or option upgrades.

See also the product configurator on the R&S®DVMS1 and the R&S®DVMS4Internet pages.

For product brochure, see PD 5214.4788.12 and www.rohde-schwarz.com

⁹ For options that are installed, the remaining base unit warranty applies if longer than 1 year. Exception: all batteries have a 1 year warranty.

¹⁰ Excluding defects caused by incorrect operation or handling and force majeure. Wear-and-tear parts are not included.

Service that adds value

- ▀ Worldwide
- ▀ Local and personalized
- ▀ Customized and flexible
- ▀ Uncompromising quality
- ▀ Long-term dependability

About Rohde & Schwarz

The Rohde & Schwarz electronics group offers innovative solutions in the following business fields: test and measurement, broadcast and media, secure communications, cybersecurity, radiomonitoring and radiolocation. Founded more than 80 years ago, the independent company which is headquartered in Munich, Germany, has an extensive sales and service network with locations in more than 70 countries.

Sustainable product design

- ▀ Environmental compatibility and eco-footprint
- ▀ Energy efficiency and low emissions
- ▀ Longevity and optimized total cost of ownership

Certified Quality Management

ISO 9001

Certified Environmental Management

ISO 14001

Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

www.rohde-schwarz.com

Rohde & Schwarz training

www.training.rohde-schwarz.com

Regional contact

- ▀ Europe, Africa, Middle East | +49 89 4129 12345
customersupport@rohde-schwarz.com
- ▀ North America | 1 888 TEST RSA (1 888 837 87 72)
customer.support@rsa.rohde-schwarz.com
- ▀ Latin America | +1 410 910 79 88
customersupport.la@rohde-schwarz.com
- ▀ Asia Pacific | +65 65 13 04 88
customersupport.asia@rohde-schwarz.com
- ▀ China | +86 800 810 82 28 | +86 400 650 58 96
customersupport.china@rohde-schwarz.com

R&S® is a registered trademark of Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG

Trade names are trademarks of the owners

PD 5214.4788.22 | Version 05.00 | November 2016 (fi)

R&S®DVMS Digital TV Monitoring System Family

Data without tolerance limits is not binding | Subject to change

© 2010 - 2016 Rohde & Schwarz GmbH & Co. KG | 81671 Munich, Germany



5214478822



How do you assure that DVB-T/T2 operators follow commitment of quality and coverage?

How do you, as regulator, protect broadcasters, and all commitments those have with their customers are being fully covered?

www.rprobe.com



You simply, don't!!

**Unless...
... you assure that quality and coverage signal are being correctly delivered!**

www.rprobe.com



motivation

- The implementation of DVB-T/T2 networks should grant a better end user signal quality;
- You should not depend solely on network planning;
- Network planning is not itself a warranty of system performance in the field;
- It certainly does not account for the dynamics of equipment faults or propagation issues.

rprobe system allows you to have the "big picture" of what is happening in the DTT coverage over the time.

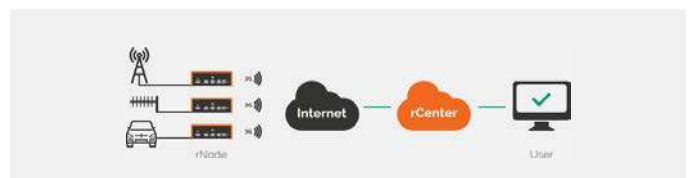
www.rprobe.com



customer types

Customer	Focus
Regulator / Government	Assure correct usage of spectrum
Operator / Telecom	Control signal quality
Broadcaster / TV Channel	Investment confirmation

www.rprobe.com





rCenter

A cloud based centralized system, collecting the data from the rNodes and recording it in a powerful database. Provides an extensive set of statistics, graphs and reports, that keep managers aware of the "picture".



www.rprobe.com



rCenter

- Measurement statistics:**
- Variation (1 or 2 variables)
 - Histogram;
 - Probability Distribution Function;
 - Complementary Cumulative Distribution Function;
 - Standard Deviation,
 - Average, maximum, minimum and median.

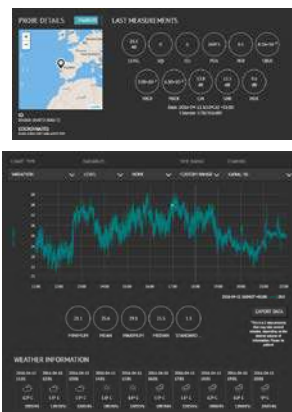


www.rprobe.com



rCenter

- Last retrieved result
- Weather information correlation

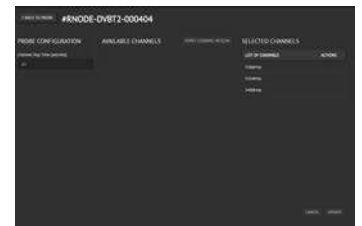


www.rprobe.com



rCenter

Multiple channel configuration
Allows to define one or multiple channels to be monitored by the rNode



www.rprobe.com



rCenter

- Transport Streams**
- Generate new Transport Stream
 - List all Transport Streams
 - Download a Transport Stream

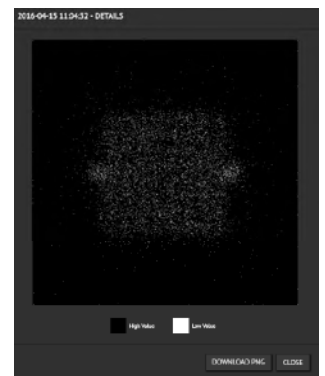
TRANSPORT STREAMS	ID	NAME	STATUS	ACTION
...
...
...

www.rprobe.com



rCenter

- Contellation**
- Generate new Constellation
 - List all Constellations
 - View Constellation

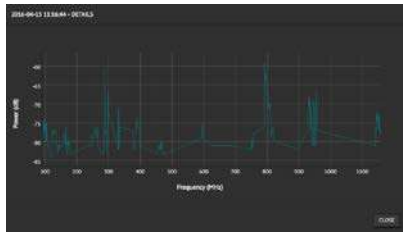


www.rprobe.com



rCenter

- Spectrum**
- Generate new Spectrum
 - List all Spectrums
 - View Spectrum

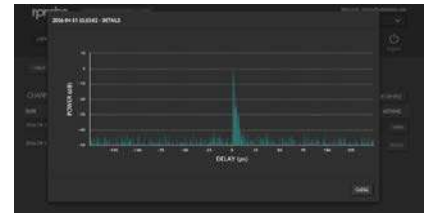


www.rprobe.com



rCenter

- CIR**
- Generate new CIR
 - List all CIRs
 - View CIR

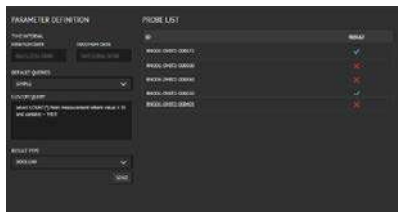


www.rprobe.com



rCenter

- Queries**
- Provides Complex Event Process Engine features
 - Queries completely customizable by end user
 - Provides results as Boolean or Numeric



www.rprobe.com



rNode

Is the actual probe that measures the DVB-T/T2 signal quality parameters and transmit them to the rprobe center (rCenter) via its 3G interface.

DVB-T/T2 Real Time Measurements: Signal Power (RSSI), Modulation Error Rate (MER), Signal-to-Noise Ratio (SNR), Carrier-to-Noise Ratio (CNR), BER before Viterbi (CBER), BER after Viterbi (VBER), BER after Reed-Solomon (RSBER), etc.



www.rprobe.com



rNode

- RF QoS parameters
 - MER, Signal Power, CNR, ...
 - Measures as many channels you program it to scan
- Transport Stream Analyzer
- CIR - Channel Impulse Response
- Spectrum Scan
- Constellation



rNode

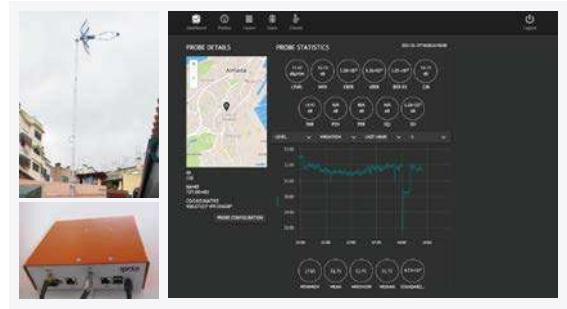
- Easy installing probe
- DVB-T, DVB-T2, DVB-T2 Lite, DVB-C
- (ISDB-T on Q4 2016)
- 3G interface (SIM card slot on the back)
- 14GByte storage
- 10Watt power consumption





rNode

- User defines thresholds on QoS to generate alarms and TS sample record
- Different levels of login (admin, viewer, etc)
- IP streaming of TV channels on Ethernet port
- 2G/3G/4G interface
- GPS interface (drive tests)



www.rprobe.com



competitive advantages

Graphic analysis of the QoS parameters:

- Histograms; Probability Distribution Function; Complementary Cumulative Distribution Function; Standard Deviation, and more;



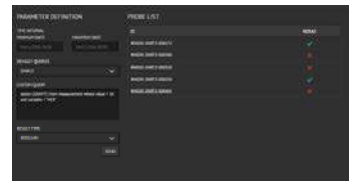
www.rprobe.com



competitive advantages (cont.)

Graphic analysis of the QoS parameters:

- Complex event processing engine available to allow patterns (multiple parameters) and events search.



www.rprobe.com



competitive advantages (cont.)

Network measurements history

- Correlate performance degradation events with climate/propagation factors or maintenance events in the equipment's or even emission problems;
- Integration with other systems
- Direct access to rNode;
- Local TS analysis;
- IP streaming from rNode.

www.rprobe.com



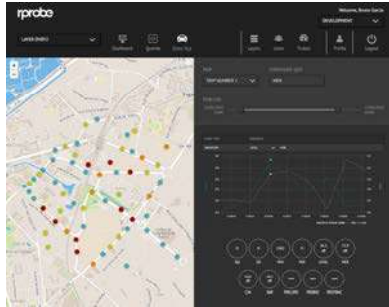
New features 2016Q2

- Extraction of TS analysis (remotely on rCenter);
- Drive Tests (GPS receiver in rNode);
- Drive Test (Export to KML).

www.rprobe.com



drive tests

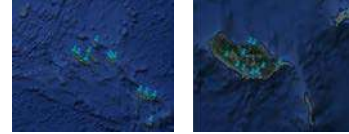


www.rprobe.com



portuguese case study

- 386 probes distributed across the country measuring DTT quality parameters



www.rprobe.com



portuguese case study (cont.)

- **Results**
 - Distinguish problems due to poor reception installation of the citizens;
 - Network problems detected in DTT broadcast network;
 - Auto-interference in the SFN network due to propagation ducts are being identified and characterized;
 - 25% new transmitters went into production to improve the network performance (nowadays the deployment has 266 transmitters).

www.rprobe.com



clients

- ANACOM (Portuguese Regulator)
- JRC (Joint Research Centre from European Commission)
- Ofcom (UK Regulator)
- AGCOM (Italy Regulator)

www.rprobe.com

VB220 PROBE

The VB220 PROBE is the perfect choice in any network where digital video is carried across an IP-based infrastructure. Built specifically to high-end industry needs, this network service tool is ideal for both pure IP networks and hybrid networks with IP transport cores such as in digital cable and terrestrial networks.



Figure - A dual-PSU 1RU Enhanced Chassis populated with three VB220 modules.

The VB220 probe hardware is custom designed and built to telco-grade standards for maximum reliability and minimum maintenance. Each VB220 blade consumes less than 12W of power. This drastically cuts on power consumption and air conditioning needs in installations. The VB220 can be paired with a full set of interface blades to cover signal formats such as DVB-T/T2, DVB-S/S2, DVB-C/C2, QAM-B, 8VSB and ASI.

Monitor OTT/ABR streams at master play-out or at CDN origin server in all common streaming formats using the OTT option. Streaming formats supported currently include Microsoft Smoothstream™, Apple HLS™, Adobe HDS™, MPEG-DASH and basic RTMP.

A single VB220 blade is furthermore capable of monitoring up to 260 IP multicasts as found in FTTH IPTV systems. 3 x VB220 blades can be placed in one 19" 1RU chassis, giving a total of 780 streams monitored in a small form factor.

The VB220 is ideally suited for network core and region use. This is an invaluable helpmate for any network engineer attempting multicast detection on multiple VLANs or in the process of IGMP tracking. Fault finding in complex IP networks just got a lot easier.

The monitoring of critical parameters such as loss distance measurements and detailed jitter values will give operators invaluable and precise feedback of network performance. With the patented MEDIAWINDOW™ historical data can be easily accessed for meaningful visualisation of media flow in IP networks. Whether establishing or modifying service settings on complex routers and switches, the VB220 facilitates the whole process.

The power of confidence monitoring is further enhanced by continuous monitoring and alarming for vital parameters like bandwidth overflow/underflow, RTP errors and signal loss. Based on a highly sophisticated threshold template system alarm granularity can be set to reflect actual status, irrelevant alarms being effectively masked. The unique FSM™ framework also allows checking and continuous monitoring of middleware and network services vital to customer QoE.

The VB220 may be used with optional demodulator interfaces, resulting in a very compact monitoring solution particularly suited for systems that use IP distribution to regional nodes. The VB220 monitors IP, ASI and optional demodulator inputs simultaneously, and the transport stream and service compare mechanism makes it easy to validate correct local insertion at regional head-ends.

The VB220 can be expanded with the ETR290 option for full video monitoring and analysis functionality according to TS 101 290 as used in head-end and studio environments. SNMP trapping and XML export enable the IP-Probes to be implemented in any NMS system with alarm generation; either directly from the probes themselves, or via the VBC server for advanced alarm correlation and filtering. Each VB220 contains the Eii (External Integration Interface) API for seamless and easy integration into any 3rd party system.

Each IP-Probe runs an HTTP server with the client as a web browser, so no need to install custom software on computers needing access to the measurement data. The HTTP traffic is compressed between the probe and the client web browser to allow successful operation across limited bandwidth management networks.

TECHNICAL FEATURES

- 10/100/1000-T RJ45 Management port with Link and Activity LED indicators
- 10/100/1000-T RJ45 video port with Link and Activity LED indicators
- SFP gigE video port with Link and Activity LED indicators
- 75 ohm HD-BNC ASI input port with TS SYNC LED indicator
- 75 ohm HD-BNC ASI output port for monitoring purposes
- 50 ohm SMA female 1PPS input port for GPS synchronisation
- USB Type-A connector for initial setup
- Expansion blades available for common formats such as DVB-S/S2, DVB-C/C2, DVB-T/T2, QAM-B, 8VSB, ASI
- Parallel and continuous monitoring of up to 260 IP unicasts/multicasts according to ETSI TS 102 034:
 - Monitor current/min/max UDP payload bitrate
 - Monitor current/min/max TS payload not counting NULL TS packets
 - Count number of IP packets
 - Source/destination IP address
 - Type-of-Service field (TOS/DSCP)
 - Time-to-Live field (TTL)
 - VLAN ID, if appropriate
 - Max/min/average IP packet Inter-Arrival time (IAT) for jitter analysis
 - TS Continuity Counter errors
 - TS Sync errors
 - Media Loss Rate - number of TS packets lost
 - Delay Factor - time between IP frames
 - Source/destination MAC address
 - RTP dropped packets, duplicate packets, out-of-order packets
 - RTP max/min hole size, hole separation
 - Forward Error Correction analysis according to SMPTE 2022 / COP3

OPTIONS INCLUDED

AET

SOFTWARE OPTIONS

AEO ETR290 BULK-ETR290 T2MI OTT SCTE35
FLASH32 VB2G2

HARDWARE OPTIONS

VB242 VB252 VB252-SMA VB262 VB266 VB272
VB272-SMA VB273

CHASSIS OPTION

ACC DCC EC EC-DC

RELATED PRODUCTS

VBC

TECHNOLOGIES

MEDIAWINDOW FSM MICROETR RDP Eii OTT
GOLDTS

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Operating temperature: 0°C to 45°C

Storage temperature: -20°C to 70°C

Operating humidity: 5% to 95% non-condensing

CONNECTOR SPECIFICATIONS

Input voltage: 100-240 VAC +/- 10% 50/60Hz

Power consumption: 12W per blade

10/100/1000-T management RJ-45

10/100/1000-T Video RJ-45

SFP Video

Initial setup: USB Type-A

HD-BNC 75ohm female ASI input

HD-BNC 75ohm female ASI output loop through

SMA female 50ohm 1PPS GPS input

MECHANICAL SPECIFICATIONS

Standard 19" 1RU rack-mount

W x H x D: 483 x 43 x 400 mm

Weight: 4,2 kg fully populated

COMPLIANCE AND SAFETY

Compliant to requirements for US and Canada. Designed for CSA approval. Bridge Technologies continuously improves on products and reserves the right to modify the specifications without prior notice.

EMC: EN 55022| CISPR 22 Class A, EN 55024| CISPR 24, EN 61000-3-2| IEC 61000-3-2, EN 61000-3-3| IEC 61000-3-3, 47 CFR, Class B SAFETY: EN 60950-1, IEC 60950-1 Edition 2.0

ENVIRONMENTAL COMPLIANCE POLICY

Bridge Technologies co as is committed to fulfilling all statutory environmental requirements in accordance with the WEEE scheme.

In order to prevent the generation of hazardous waste, Bridge Technologies undertakes the responsibility for taking back and recycling electrical and electronic equipment.

This will provide incentives to design electrical and electronic equipment in an environmentally more efficient way which takes waste management aspects fully into account.

The BRIDGE, Bridge Technologies and BRIDGETECH name, logo and all other related logos are registered trademarks belonging to Bridge Technologies Co AS.

Bridge Technologies Co AS,
Address: Bentsbrugata 20, NO-0476 Oslo, Norway.
Phone: +47 22 38 51 00. Web: www.bridgetech.tv
VAT NO987002808MVA, DUNS: 7303 64945

- MediaWindow™ visualisation technology for trending packet loss, bandwidth and jitter over up to 4 days
- Thumbnail decoding of uni/multicast IP transport streams with audio bars and metadata
- Full Service Monitoring of up to 10 network devices via built-in ICMP and HTTP query agents
- Framework called RDP for relaying any IP multicast monitored to a different IP destination for further analysis
- Functionality for record 200MB of the whole or parts of any transport stream monitored (RDP framework)
- Automatic record trigger based on up to 3 configured alarm criteria with pre fill in order to catch fault
- Framework for automatic detection of present multicast/unicast streams
- Protocol hierarchy view with bandwidth and packet count statistics for video interface
- IGMPv2/v3 protocol logging and analysis framework
- Flexible template based alarming system to allow custom configuration of what parameters result in an alarm being generated on a per-TS level
- History graphs from last 4 days of NoSignal, CC-errors, RTP-drops, RTP-duplicates, RTP-Out-of-order, Total interface bitrate, Monitored bitrate, Ethernet CRC frame errors
- One ETR290 engine automatically activated per RF/ASI input port on interface modules
- IEEE 802.1Q VLAN tagging support
- Microsoft mediaRoom X-bit RTP header extension support
- Alarm on changes to TOS/DSCP and TTL for detection of changes in network prioritization
- Time loss distance measurements according to RFC3357
- Alarm forwarding to 3rd party systems via SNMP TRAP via up to 3 unique destinations
- NTP client time synchronization support according to RFC2030
- DHCP client support on management and video ports according to RFC2131
- Easy web-based software and license upgrade
- Tightly integrated with VideoBRIDGE Controller (VBC)
- XML-based configuration save and retrieval via web
- Powerful and openly available XML-based External Integratoin Interface (Eii) for 3rd party integration
- Gold TS Protection™
- Condensed mosaic thumbnail view of all services monitored

ETSI TR 101 290 OPTION FUNCTIONALITY

- Full real-time ETSI TR 101 290 alarming and analysis (Pri 1, 2, 3), one transport stream per input monitored in parallel
- Configurable round-robin functionality for each ETSI TR 101 290 analysis engine
- Conforms to both DVB and ATSC specifications
- Table and descriptor parsing of PSI/SI and PSIP presented as table summary and full table breakdown (including hex dump)
- EPG analysis (EIT p/f and schedule)
- Bitrate monitoring and alarming (TS, service and PID level)
- Monitoring of vital CA parameters
- Compare view for comparison of transport streams and services across different interfaces
- Sophisticated threshold template system for detailed alarm handling control at transport stream, service and component level
- Monitoring of demodulator parameters (demodulator option)
- Scheduled alarm masking
- Full real-time ETSI TR 101 290 alarming and analysis (Pri 1, 2, 3) on the ASI input
- Full real-time ETSI TR 101 290 alarming and analysis (Pri 1, 2, 3) on one IP multicast
- Expand with 3 additional ETR290 engines for concurrent ETSI TR 101 290 analysis of a total of 4 IP multicasts

PRODUCT ORDERING CODES RF INTERFACE

VB242	ASI high-density input blade
VB252	DVB-T/T2 Demodulator interface blade single RF input
VB252-SMA	DVB-T/T2 Demodulator interface blade single RF input - 50 ohm SMA connector model
VB262	DVB-C QAM/8VSB/Analogue Demodulator Interface blade single RF input - ITU.T J83 Annex A/B/C
VB266	DVB-C/C2 QAM Demodulator Interface blade single RF input
VB272	DVB-S/S2 Demodulator Interface Blade single RF input
VB272-SMA	DVB-S/S2 Demodulator Interface Blade single RF input - 50 ohm SMA connector model

PRODUCT ORDERING CODES SOFTWARE

VB2G2-OPT	Second 1Gbit DATA interface Option. License factory ordered - requires sw v5.1 or later
VB2G2-UPGR	Second 1Gbit DATA interface Option. License upgrade - requires sw v5.1 or later
ETR290-OPT	ETSI TR 101 290. Licence for VB220 factory ordered
ETR290-UPGR	ETSI TR 101 290. Upgrade licence VB220
T2MI-OPT	DVB-T2MI Encapsulation Synchronisation monitoring option, factory ordered
T2MI-UPGR	DVB-T2MI Encapsulation Synchronisation monitoring option
OTT-ENG-OPT	1 engine w/active testing of 1 channel or 10 channels round robin (up to 5 engines or 50 channels round robin in total) Factory ordered. Disables TS Recording if HW1 - HW3
OTT-ENG-UPGR	1 engine w/active testing of 1 channel or 10 channels round robin (up to 5 engines or 50 channels round robin in total). Disables TS Recording if HW1 - HW3
SCTE35-OPT	SCTE35 Signaling Analysis and Logging. Licence for VB12/VB120 factory ordered - requires v5 sw and ETR Engine
SCTE-UPGR	SCTE35 Signaling Analysis and Logging. Upgrade licence for VB12/VB120 - requires v5 sw and ETR Engine
FLASH32-OPT	Flash Storage 32GB Option. Factory ordered only - requires v5.1 sw

DVB-T/T2 TERRESTRIAL RF INPUT MODULE

VB252 is a dual input DVB-T/T2 input interface module that enables monitoring of digital terrestrial transmissions. Two modules may be housed in a 1RU chassis together with a controlling VB120 or VB220 probe, providing high monitoring capacity occupying a minimum of rack space.



Figure - The 1RU Enhanced Chassis populated with one VB120 module controlling two VB252 DVB-T/T2 input modules giving a total of 4 independent RF inputs.

In addition to monitoring typical RF parameters, the monitoring solution optionally allows advanced analysis of the complex DVB-T MI protocol; signal integrity is verified layer by layer. The VB252 also support the T2 Lite standard with full analysis of T2 Lite transmissions. All this analysis functionality is complemented by the renowned Bridge Technologies ETSI TR 101 290 monitoring engine to ensure standards conformance at all levels.

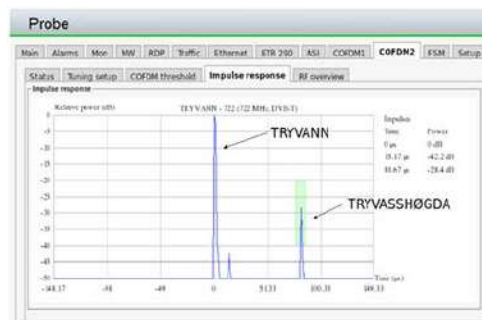


Figure - The Channel Impulse Response echo view useful for off-air monitoring and alarming in SFN fringe areas

In a typical DVB-T/T2 system transmitter sites are fed via IP infrastructure or via satellite distribution. The Bridge Technologies range of interfaces and interface modules make it easy to monitor the complete signal chain end-to-end.

The VB120/VB252 combination enables monitoring of up to 50 IP multicasts, thus monitoring IP network distribution together with DVB-T2 transmissions.

It is even possible to equip the monitoring chassis with a VB270 satellite interface module, which is valuable if combined IP and satellite distribution to transmitter sites is used.

Similarly the VB252 can be used with a VB242 ASI input module, enabling high density ASI and DVB-T/T2 monitoring.

The basic VB252 supports one COFDM RF input. The second input of the VB252 can be enabled by the customer via a software licencing option. This flexibility allows probe capacity to be tailored to individual system needs, and increase as a monitoring system is expanded to include more transport streams.

The Advanced RF Option adds impulse response graphing and analysis to the VB252, making it possible to check reflection conditions at the probe location. Configurable threshold limits determine when an alarm should be raised due to reflection changes in time or power.

Impulse response analysis results are presented as a user-friendly graphical GUI, facilitating reflection measurement interpretation. Licence upgrades are performed by entering a licence key in the regular probe GUI and they can therefore be done remotely.

TECHNICAL FEATURES

- Choice between 50 ohm female SMA (VB252-SMA) or 75 ohm female F-type connectors (VB252)
- 50 ohm female SMA 1-pulse-per-second GPS input for SFN Drift measurements
- 9-pin D-Type male connector for relay alarm indication
- One red/green LED TS sync indicator per RF input
- Supports DVB-T EN 300-744 and DVB-T2 EN-302-755
- Frequency range 43 - 1002 MHz
- Symbol rate range 0.7 - 7.2 Msym/s
- All versions of DVB-T2 supported: 1.1.1, 1.2.1 and 1.3.1
- DVB-T2 Base and DVB-T2 Lite profiles supported (1.3.1)
- Channel bandwidth: 1.7 (T2-Lite only), 5, 6, 7 and 8 MHz
- Round-robin capability across multiple PLPs within one frequency
- Capable of monitoring the following RF parameters:
 - - Channel power RF level
 - - Modulation Error Rate MER(PLP)
 - - Signal to Noise Ratio SNR
 - - Center Frequency Offset
 - - Spectrum sense
 - - 1PPS Input Lock
 - - Pre Viterbi BER (DVB-T)
 - - Pre Reed Solomon BER (DVB-T)
 - - Pre LDPC BER (DVB-T2)
 - - Pre BCH BER (DVB-T2)
 - - Post BCH FER (DVB-T2)
 - ? - Packet Error Rate
 - ? - LDPC Iterations count
- DVB-T SFN Drift monitoring for measuring absolute transmission time of mega frame

OPTIONS

SECOND INPUT ADVANCED RF VB252-SMA ETR290

RELATED PRODUCTS

VB120 VB220

CHASSIS OPTION

ACC DCC EC EC-DC

TECHNOLOGIES

ETI RDP microETR DVB-T/T2

PHYSICAL AND ENVIRONMENTAL SPECIFICATIONS

Operating temperature: 0°C to 45°C

Storage temperature: -20°C to 70°C

Operation humidity: 5% to 95% non-condensing

POWER SUPPLY REQUIREMENTS

Input voltage: 100 to 240V AC

Power required: 15VA

Power dissipated: maximum 5W

COMPLIANCE AND SAFETY

Compliant to requirements for US and Canada. Designed for CSA approval. Bridge Technologies continuously improves on products and reserves the right to modify the specifications without prior notice.

EMC: EN 55022/ CISPR 22 Class A, EN 55024/ CISPR 24, EN 61000-3-2/ IEC 61000-3-2, EN 61000-3-3/ IEC 61000-3-3, 47 CFR, Class B SAFETY: EN 60950-1, IEC 60950-1 Edition 2.0

ENVIRONMENTAL COMPLIANCE POLICY

Bridge Technologies co as is committed to fulfilling all statutory environmental requirements in accordance with the WEEE scheme.

In order to prevent the generation of hazardous waste, Bridge Technologies undertakes the responsibility for taking back and recycling electrical and electronic equipment.

This will provide incentives to design electrical and electronic equipment in an environmentally more efficient way which takes waste management aspects fully into account.

The BRIDGE, Bridge Technologies and BRIDGETECH name, logo and all other related logos are registered trademarks belonging to Bridge Technologies Co AS.

Bridge Technologies Co AS.
Address: Bentsebrugata 20, NO-0476 Oslo, Norway.
Phone: +47 22 38 51 00. Web: www.bridgetech.tv
VAT NO987002808MVA, DUNS: 7303 64945

- DVB-T2 SFN Drift monitoring by measuring timing of T2MI frame versus received RF super frame
- Readout of TPS information (DVB-T)
- Readout of signalled L1 and PLP parameters (DVB-T2)
- Channel impulse Response diagram
- Constellation diagram
- SFN Drift monitoring for DVB-T
- SFN Drift monitoring for DVB-T2
- Extract and display over 30 signalled DVB-T2 L1 Pre information parameters
- Extract and display over 20 signalled DVB-T2 L1 PLP information parameters
- Extract and display 9 signalled DVB-T2 L1 Post information parameters

ADDITIONAL RF INPUT OPTION

- Enabling the second VB252 RF input
- Remote licence upgradeable

ADVANCED RF OPTION

- Constellation diagram
- Channel Impulse response diagram with advanced alarming capabilities
- Configurable alarm template to verify position of CIR echoes in both time and relative amplitude
- Supports alarming on up to 10 CIR echoes

RF SPECIFICATIONS

- RF power level: -80 dBm to -20 dBm
- RF power level accuracy: +/- 1.5 dB
- RF power level resolution: 1 dB
- Maximum SNR: > 38dB +/- 1.5dB
 - Maximum MER: > 38dB +/- 1.5dB
 - Carrier offset: < 15 ppm of tuning frequency
 - SFN drift: 0 to 500ms
 - SFN drift accuracy: +/- 2us

PRODUCT ORDERING CODES

VB252	DVB-T/T2 COFDM Demodulator interface blade single RF input - 75Ohm F-Connectors
VB252-SMA	DVB-T/T2 COFDM Demodulator interface blade single RF input - 50Ohm SMA Connectors
VB252RF-OPT	Additional RF input option for VB252/VB252-SMA card for a total of 2
VB252RF-UPGR	Advanced RF Option for VB252/VB252-SMA with Impulse Response graphing and alarming
VB252-ARF-OPT	Advanced RF Option for VB252/VB252-SMA with Impulse Response graphing and alarming, factory ordered
VB252-ARF-UPGR	Advanced RF Option for VB252/VB252-SMA, upgrade license

Prilog 2

Prenosive merne stanice Tehničke specifikacije – Antenski sistem



Flexible RG214 Coax Cable Double
Shielded with Black PVC Jacket

TECHNICAL DATA SHEET

RG214/U

Flexible RG214 Coax Cable Double Shielded with Black PVC Jacket

Configuration

Inner Conductor Material and Plating	Copper, Silver
Dielectric Type	PE (LD)
Shield Materials	Silver Plated Copper Braid, Silver Plated Copper Braid
Jacket Material and Color	PVC, Black

Electrical Specifications

Impedance, Ohms	50
Velocity of Propagation, %	65.9
Maximum Operating Frequency, GHz	11
Capacitance, pF/ft [pF/m]	30.8 [101.05]
Maximum Operating Voltage, Volts	5,000

Electrical Specifications by Frequency

Frequency 1

Frequency, MHz	100
Attenuation, dB/100ft [dB/100m]	2.01 [6.59]

Frequency 2

Frequency, MHz	1000
Attenuation, dB/100ft [dB/100m]	7.32 [24.02]

Frequency 3

Frequency, GHz	3
Attenuation, dB/100ft [dB/100m]	14.2 [46.59]

Frequency 4

Frequency, GHz	5
Attenuation, dB/100ft [dB/100m]	19.69 [64.6]

Frequency 5

Frequency, GHz	11
Attenuation, dB/100ft [dB/100m]	33.8 [110.89]

Mechanical Specifications

Temperature

Operating Range, deg C	-20 to +80
------------------------	------------

Click the following link (or enter part number in "SEARCH" on website) to obtain additional part information including price, inventory and certifications: [Flexible RG214 Coax Cable Double Shielded with Black PVC Jacket RG214/U](#)

The information contained in this document is accurate to the best of our knowledge and representative of the part described herein. It may be necessary to make modifications to the part and/or the documentation of the part, in order to implement improvements. Pasternack reserves the right to make such changes as required. Unless otherwise stated, all specifications are nominal.





Flexible RG214 Coax Cable Double
Shielded with Black PVC Jacket

TECHNICAL DATA SHEET
RG214/U
Inner Conductor

Number of Strands	7
Material	Copper
Plating	Silver
Diameter, in [mm]	0.089 [2.26]

Dielectric:

Type	PE (LD)
Diameter, in [mm]	0.285 [7.24]

Shield:

Number of	2
Material 1	Silver Plated Copper Braid
Material 2	Silver Plated Copper Braid
Diameter, in [mm]	0.331 [8.41]

Jacket:

Material	PVC
Diameter, in [mm]	0.425 [10.8]
Color	Black
One Time Minimum Bend Radius, in [mm]	1.57 [39.88]

Compliance Certifications (visit www.Pasternack.com for current document)

RoHS Compliant	Yes
----------------	-----

Plotted and Other Data

Notes: Values at 25 °C, sea level

URL: <http://www.pasternack.com/flexible-0.425-rg214-50-ohm-coax-cable-pvc-jacket-rg214-u-p.aspx>

Flexible RG214 Coax Cable Double Shielded with Black PVC Jacket from Pasternack Enterprises has same day shipment for domestic and International orders. Our RF, microwave and fiber optic products maintain a 99% availability and are part of the broadest selection in the industry.

The information contained in this document is accurate to the best of our knowledge and representative of the part described herein. It may be necessary to make modifications to the part and/or the documentation of the part, in order to implement improvements. Pasternack reserves the right to make such changes as required. Unless otherwise stated, all specifications are nominal.



Polarization

H **V**

- High side-lobe suppression.

Order No.	75010393
Input	7-16 female
Max. power	500 W (at 40 °C ambient temperature)
Frequency range	470 – 862 MHz
VSWR	< 1.25
Gain	9.0 dBd at mid-band
Side-lobe suppression	> 23 dB at 470 – 500 MHz > 25 dB at 500 – 860 MHz
Impedance	50 Ω
Polarization	Either horizontal or vertical by repositioning two clamps
Weight	9 kg
Wind load (at 160 km/h)	Frontal / lateral: 63 / 100 N
For horizontal pol.:	Frontal / lateral: 63 / 500 N
For vertical pol.:	
Max. wind velocity	For horizontal pol.: 240 km/h For vertical pol.: 180 km/h

Material: Radiator: Weather-resistant aluminum.
Radome: Fiberglass, color: Grey.
Mounting kit: Weather-resistant aluminum.
All screws and nuts: Stainless steel.

Mounting: To tubular masts of 48 – 115 mm diameter using supplied clamps.

Grounding: Via mounting parts.

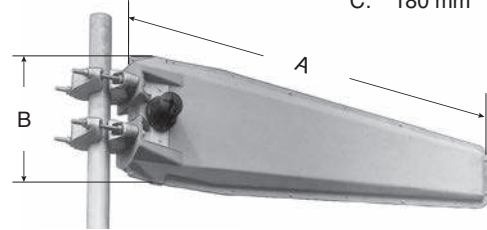
Ice protection: Since radiating system is fully protected by the radome and due to its very sturdy construction, the antenna remains fully operational even under heavy icy conditions.

Combinations: Several antennas can be combined to increase the gain and to produce radiation patterns with very high side-lobe suppressions.

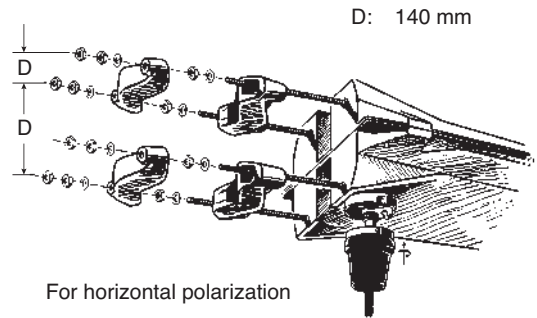


For horizontal polarization

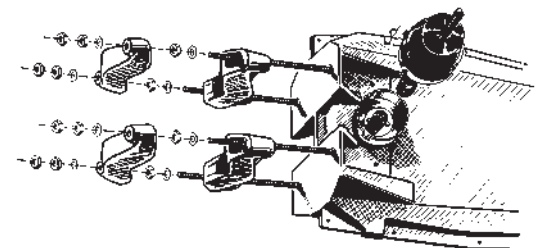
A: 1153 mm
B: 353 mm
C: 180 mm



For vertical polarization

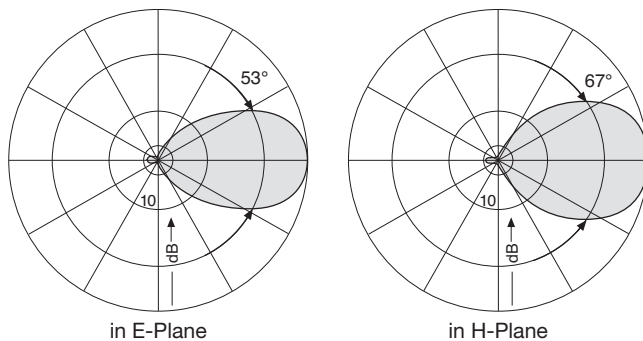


For horizontal polarization



For vertical polarization

Radiation Patterns (at mid-band)



Prilog 3

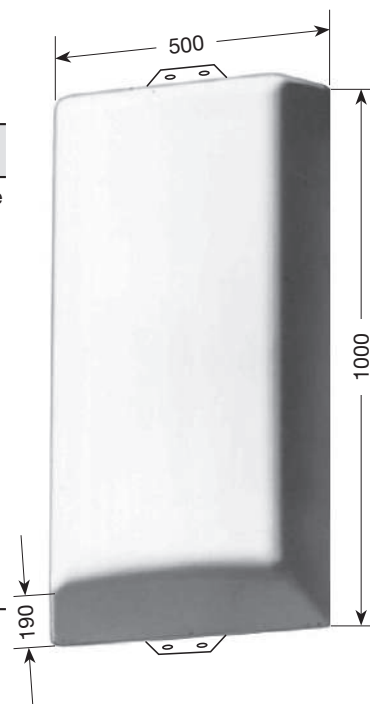
Fiksne merne stanice Tehničke specifikacije – Antenski sistem

Polarization

H

- All-purpose panel for mounting by fixations or to square steel spines.

Order No.	75010210	75010211	75010212	75010213
Input	7-16 female straight	7/8" EIA flange straight	13-30 female straight	15/8" EIA flange straight
Max. power	1.2 kW	2 kW (at 40 °C ambient temperature)	3 kW	4 kW
Frequency range	470 – 862 MHz			
VSWR	< 1.1			
Gain (at mid-band)	11 dBd			
Impedance	50 Ω			
Polarization	Horizontal			
Weight	9.5 kg			10 kg
Wind load (at 160 km/h)		Frontal: 565 N Rearside: 815 N Lateral: 250 N		
Max. wind velocity	225 km/h			
Attachment	Plate	Plate	Plate	Plate

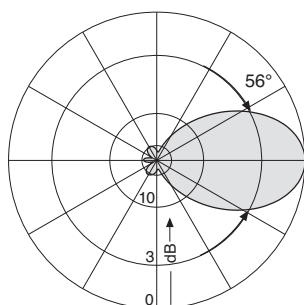


- Material:** Reflector screen and dipoles: Weather-resistant aluminum.
Protective cover: Fiberglass.
Attachment plate: Hot-dip galvanized steel.
- Radome color:** RAL 9016 (traffic white), other radome colors on request.
- Mounting:** Using M 8 x 35 screws (supplied) to suitable attachment construction.
See chapter "Components" for optional mounting accessories (please order separately).
- Grounding:** Via mounting parts.
- Ice protection:** The dipoles remain fully functioning even in icy conditions as the fiberglass cover protects the whole antenna.

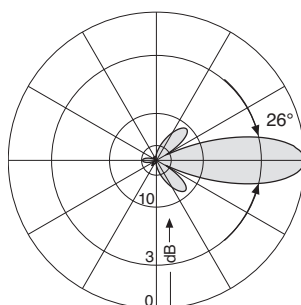


Horizontal polarization

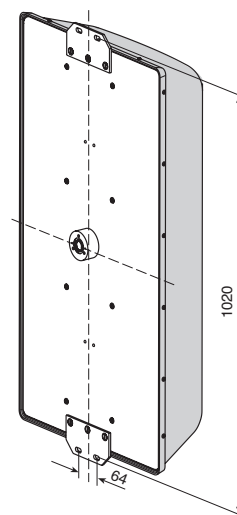
Radiation Patterns (at mid-band)



Horizontal Radiation Pattern



Vertical Radiation Pattern



All dimensions in mm



1/2" Foam Dielectric, LDF Series – 50-ohm



LDF4-50A

Description	Type No.
Cable Ordering Information	
Standard Cable	
1/2" Standard Cable, Standard Jacket	LDF4-50A
Fire Retardant Cables	
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVX)	LDF4RN-50A
1/2" Fire Retardant Jacket (CATVR)	LDF4RN-50A
Low VSWR and Specialized Cables	
1/2" Low VSWR, specify operating band	LDF4P-50A-(**)
Phase Stabilized and Phase Measured Cable	See page 590
Jumper Cable Assemblies – See page 584	
** Insert suffix number from "Low VSWR Specifications" table, page 498	
Characteristics	
Electrical	
Impedance, ohms	50 ± 1
Maximum Frequency, GHz	8.8
Velocity, percent	88
Peak Power Rating, kW	40
dc Resistance, ohms/1000 ft (1000 m)	
Inner	0.45 (1.48)
Outer	0.58 (1.90)
dc Breakdown, volts	4000
Jacket Spark, volts RMS	8000
Capacitance, pF/ft (m)	23.1 (75.8)
Inductance, µH/ft (m)	0.058 (0.19)
Mechanical	
Outer Conductor	Copper
Inner Conductor	Copper-Clad Aluminum
Diameter over Jacket, in (mm)	0.63 (16)
Diameter over Copper Outer Conductor, in (mm)	0.55 (14)
Diameter Inner Conductor, in (mm)	0.189 (4.6)
Nominal Inside Transverse Dimensions, cm	1.11
Minimum Bending Radius, in (mm)	5 (125)
Number of Bends, minimum (typical)	15 (50)
Bending Moment, lb-ft (N·m)	2.8 (3.8)
Cable Weight, lb/ft (kg/m)	0.15 (0.22)
Tensile Strength, lb (kg)	250 (113)
Flat Plate Crush Strength, lb/in (kg/mm)	110 (2.0)

Attenuation and Average Power Ratings

Frequency MHz	Attenuation dB/100 ft	Attenuation dB/100 m	Average Power, kW
0.5	0.045	0.149	40.0
1	0.064	0.211	35.8
1.5	0.079	0.259	29.2
2	0.091	0.299	25.3
10	0.205	0.672	11.3
20	0.291	0.954	7.93
30	0.357	1.17	6.46
50	0.463	1.52	4.98
88	0.619	2.03	3.73
100	0.661	2.17	3.49
108	0.688	2.26	3.36
150	0.815	2.67	2.83
174	0.880	2.89	2.62
200	0.946	3.10	2.44
300	1.17	3.83	1.97
400	1.36	4.46	1.70
450	1.45	4.75	1.59
500	1.53	5.02	1.51
512	1.55	5.08	1.49
600	1.69	5.53	1.37
700	1.83	6.01	1.26
800	1.97	6.46	1.17
824	2.00	6.56	1.15
894	2.09	6.85	1.10
960	2.17	7.12	1.06
1000	2.22	7.28	1.04
1250	2.51	8.23	0.921
1500	2.77	9.09	0.833
1700	2.97	9.74	0.777
1800	3.07	10.1	0.753
2000	3.25	10.7	0.710
2100	3.34	11.0	0.691
2200	3.43	11.2	0.673
2300	3.52	11.5	0.657
3000	4.09	13.4	0.565
3400	4.39	14.4	0.526
4000	4.82	15.8	0.479
5000	5.49	18.0	0.421
6000	6.11	20.1	0.378
8000	7.26	23.8	0.318
8800	7.69	25.2	0.300

Standard Conditions:

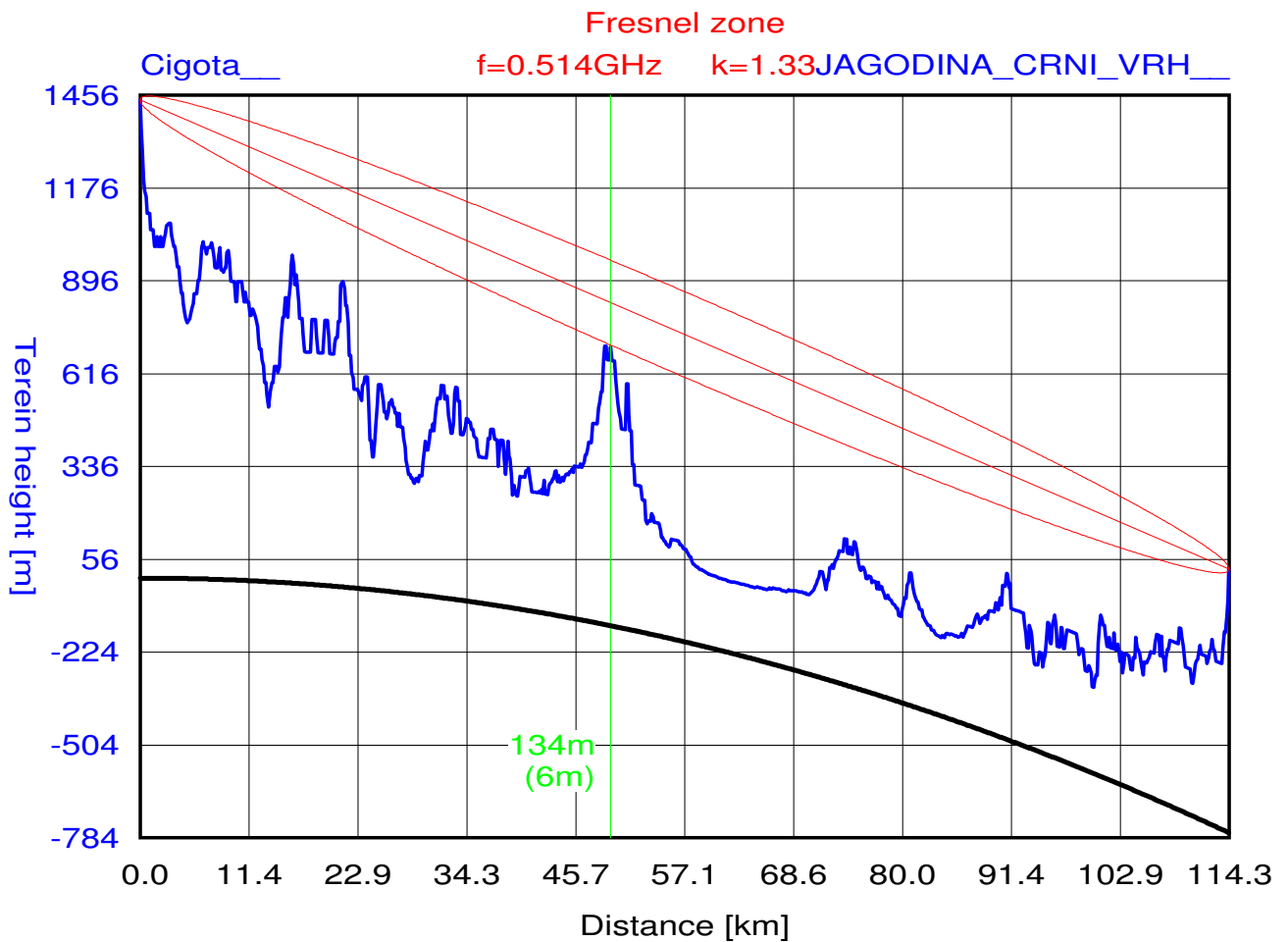
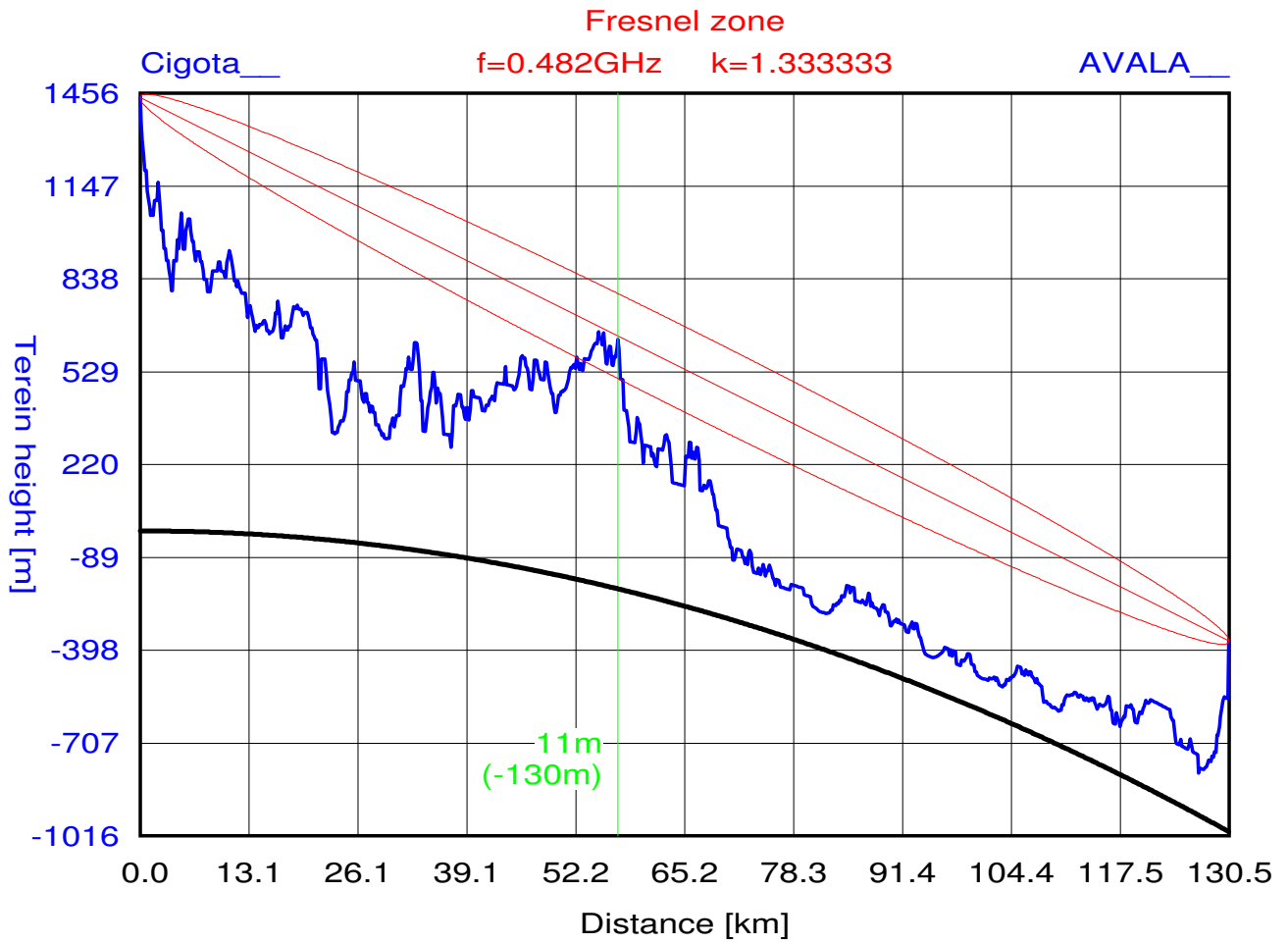
For attenuation, VSWR 1.0, ambient temperature 20°C (68°F).

For Average Power, VSWR 1.0, ambient temperature 40°C (104°F), inner conductor temperature 100°C (212°F), no solar loading.

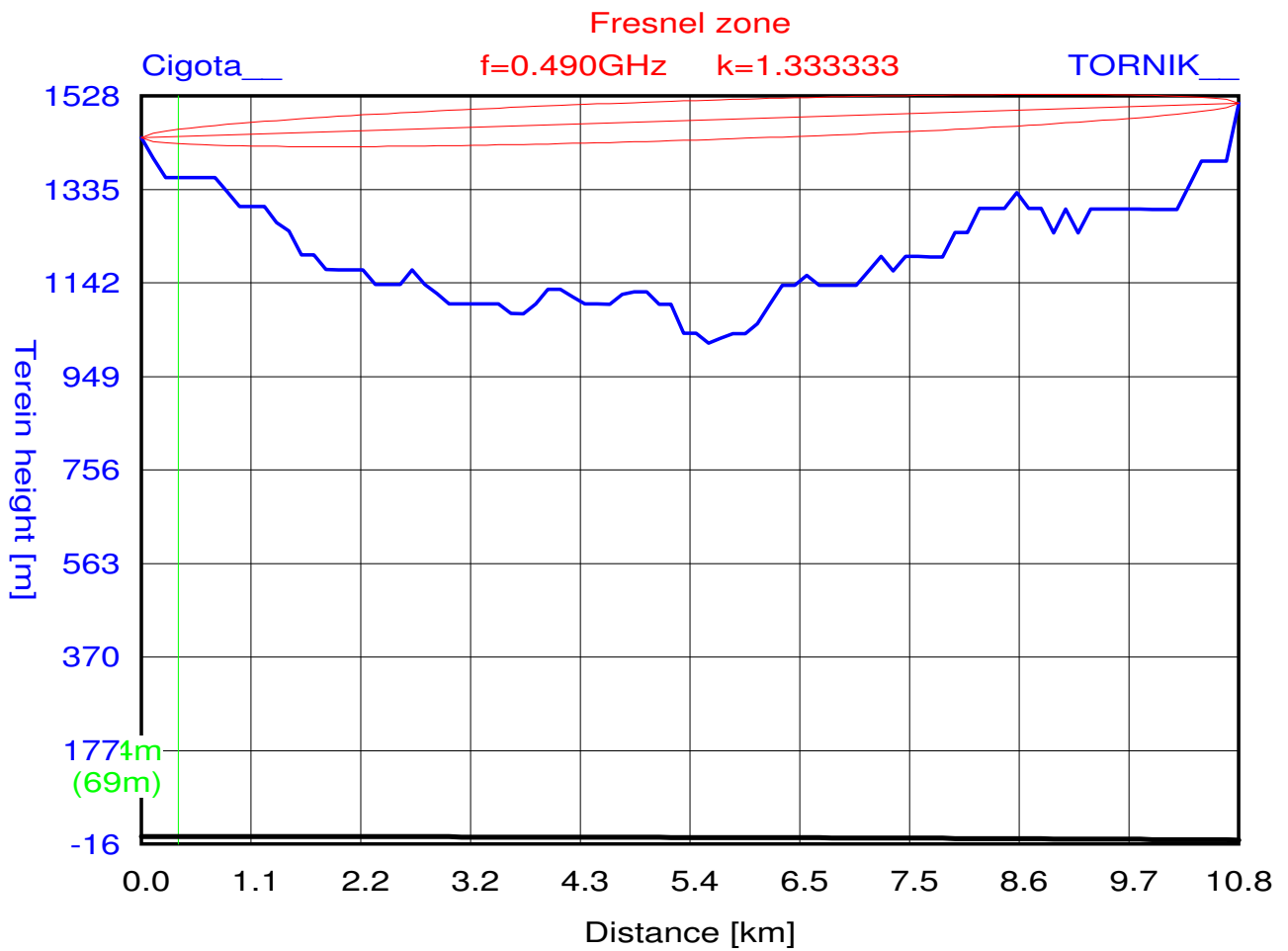
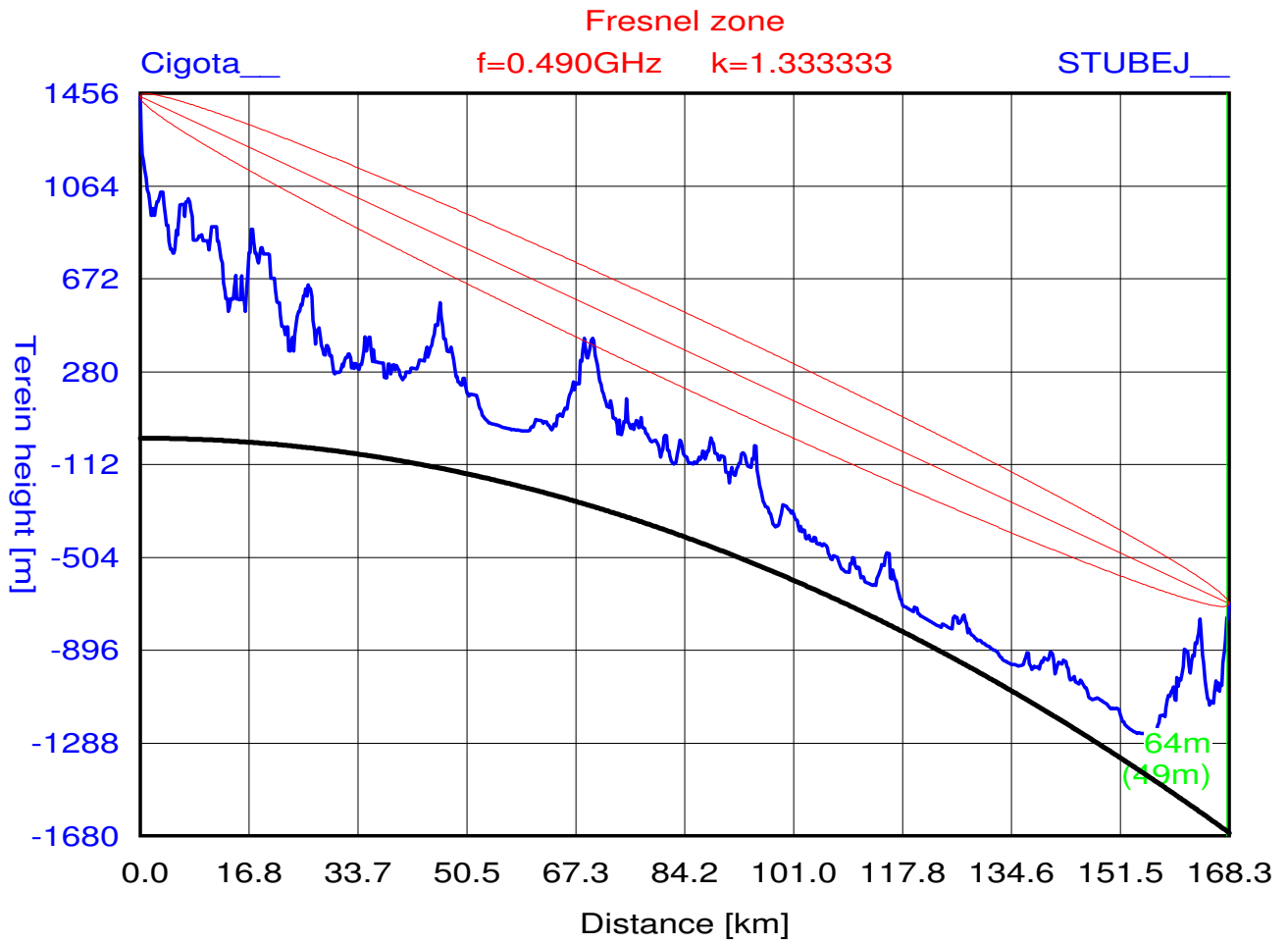
Prilog 4

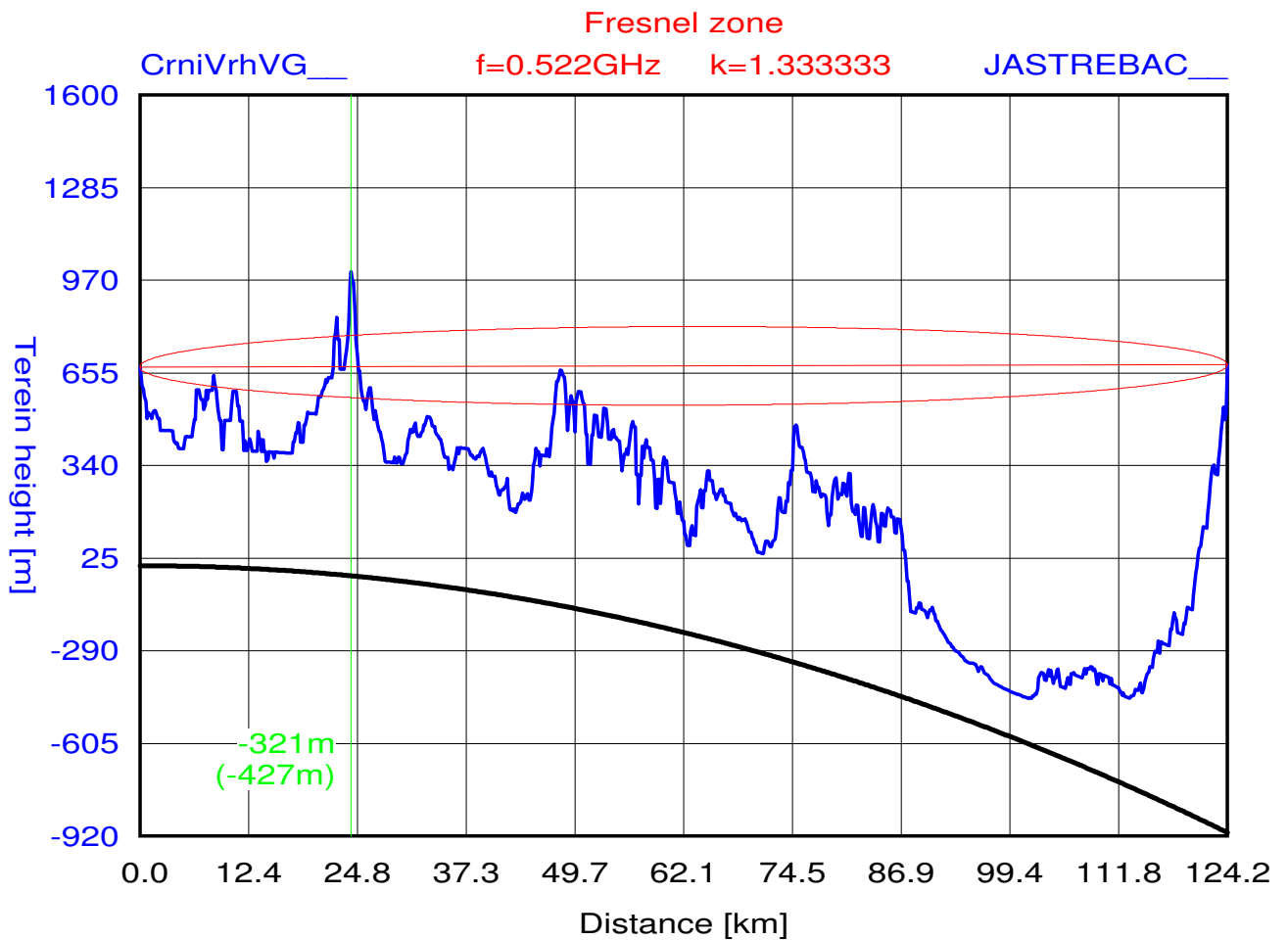
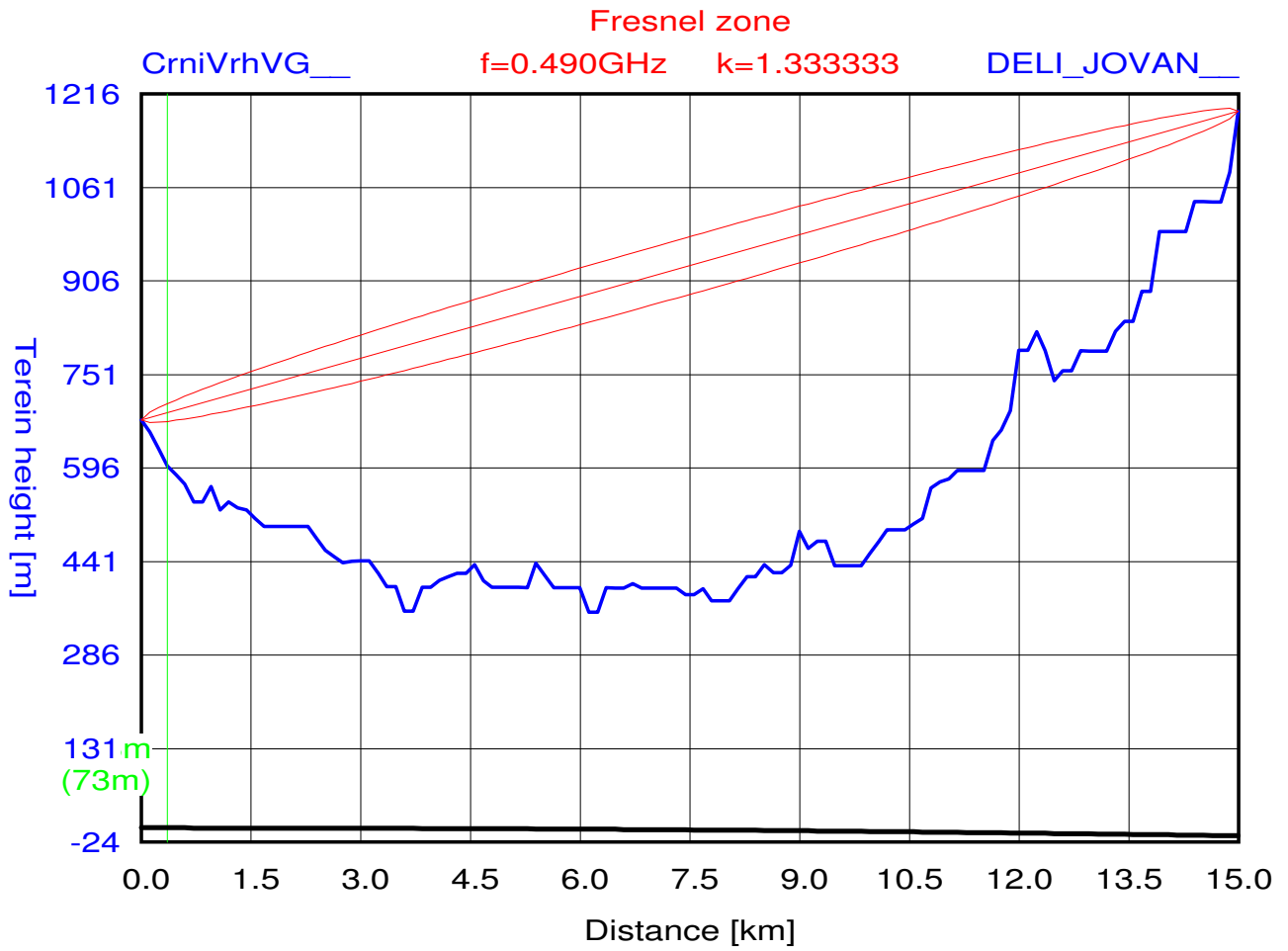
Profili

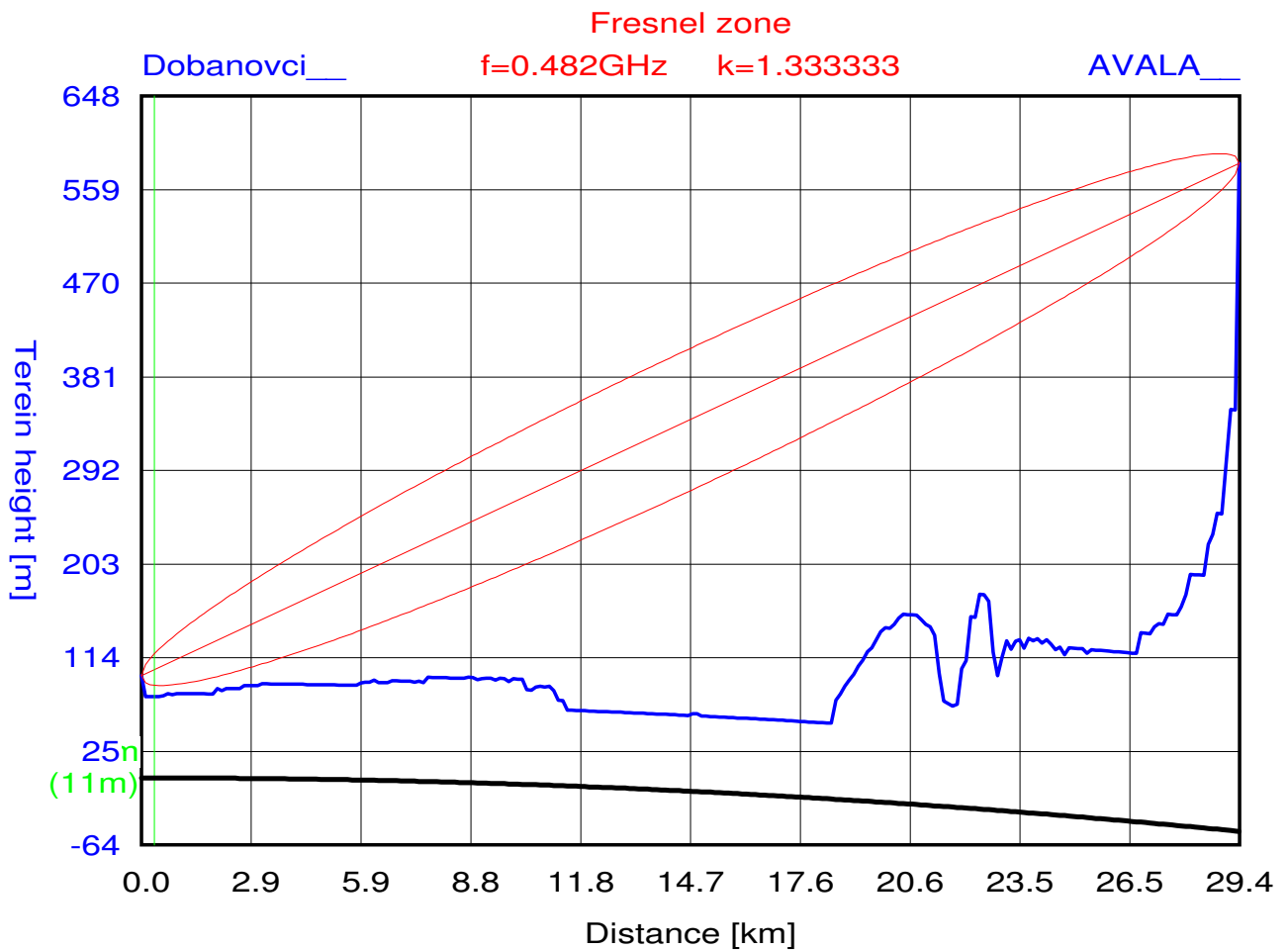
**Fiksne merne stanice – Predajnici DVB-T2 mreže JP ETV
(predajnici snage iznad 3 kW)**

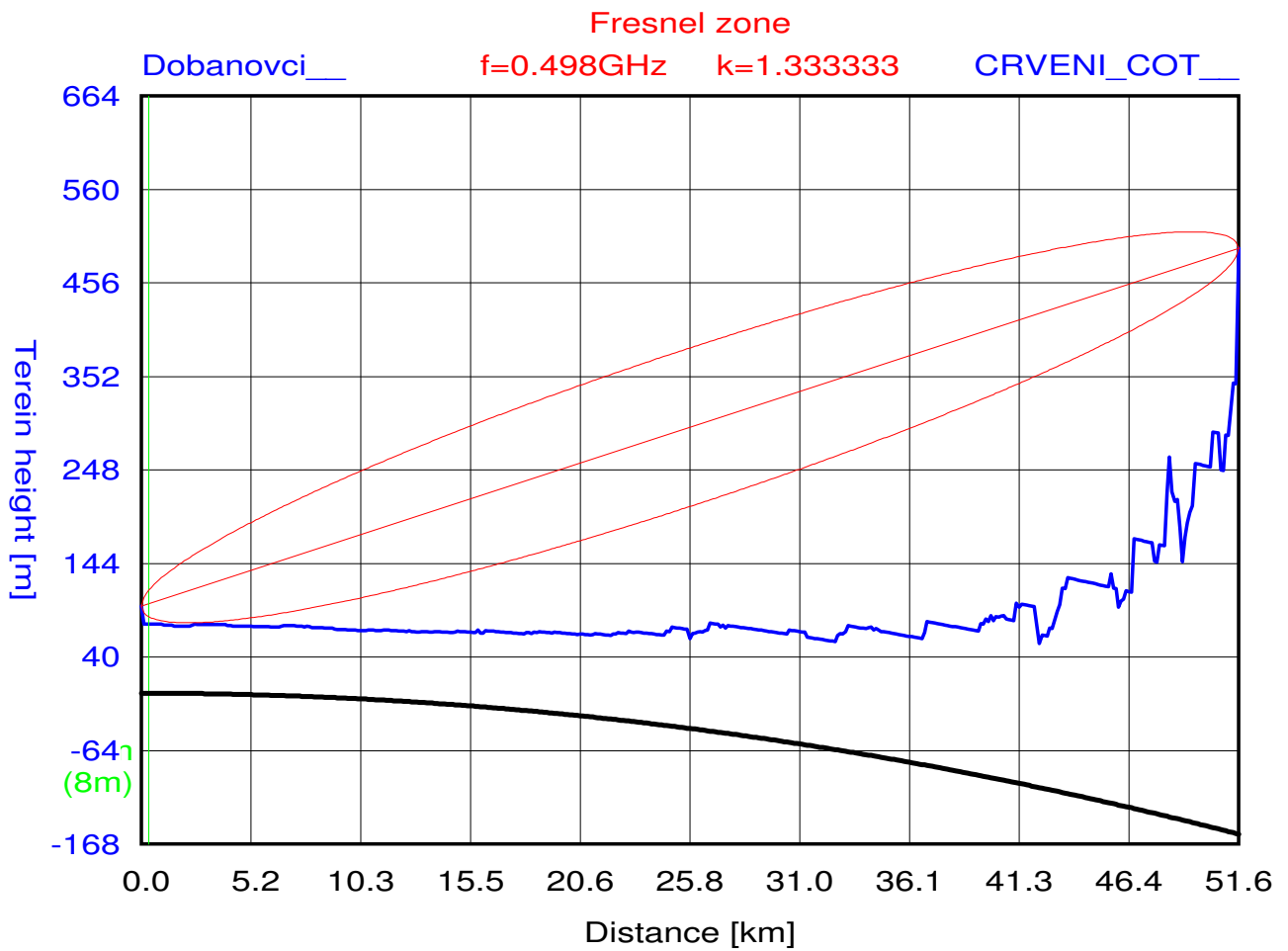
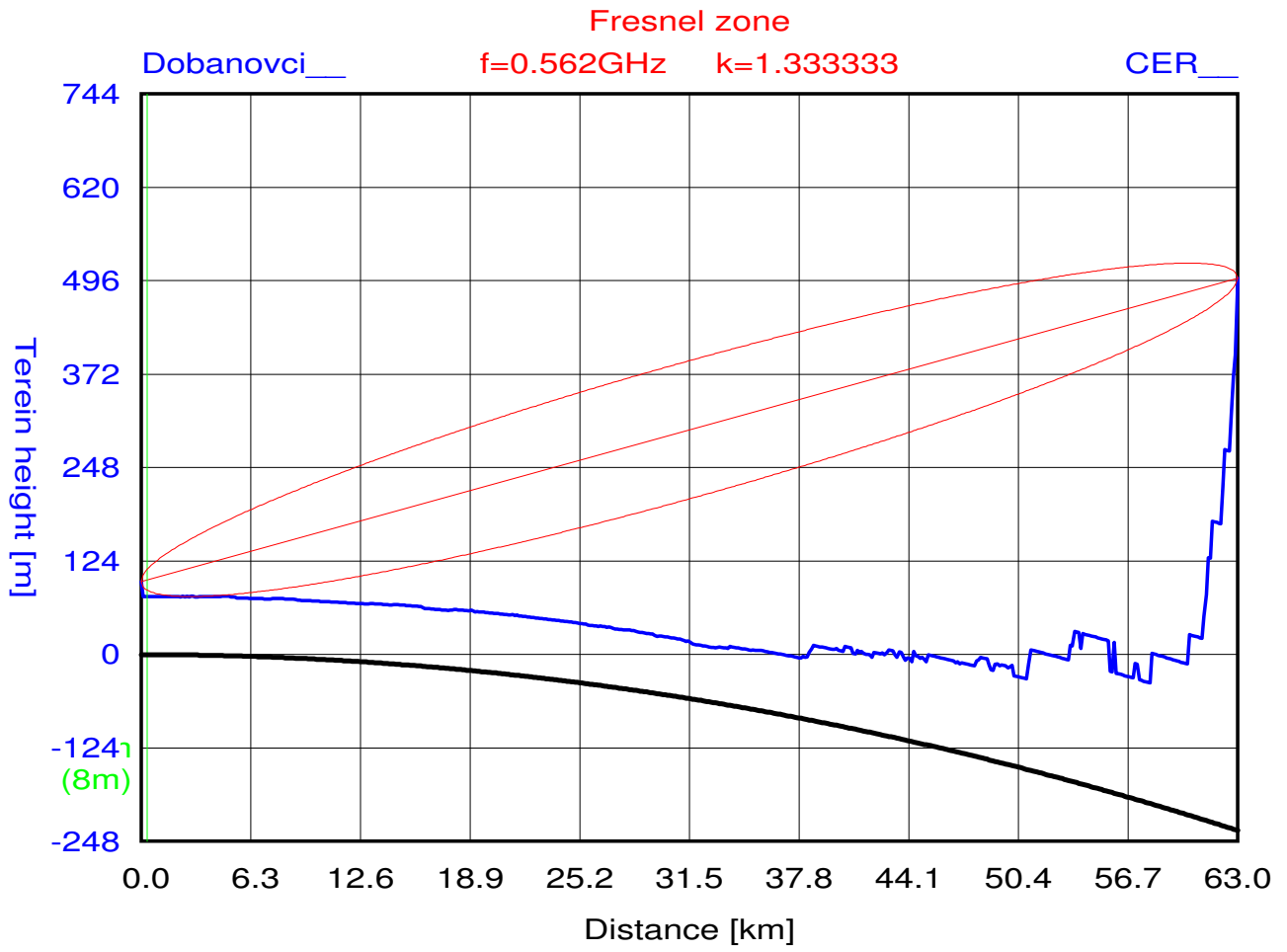


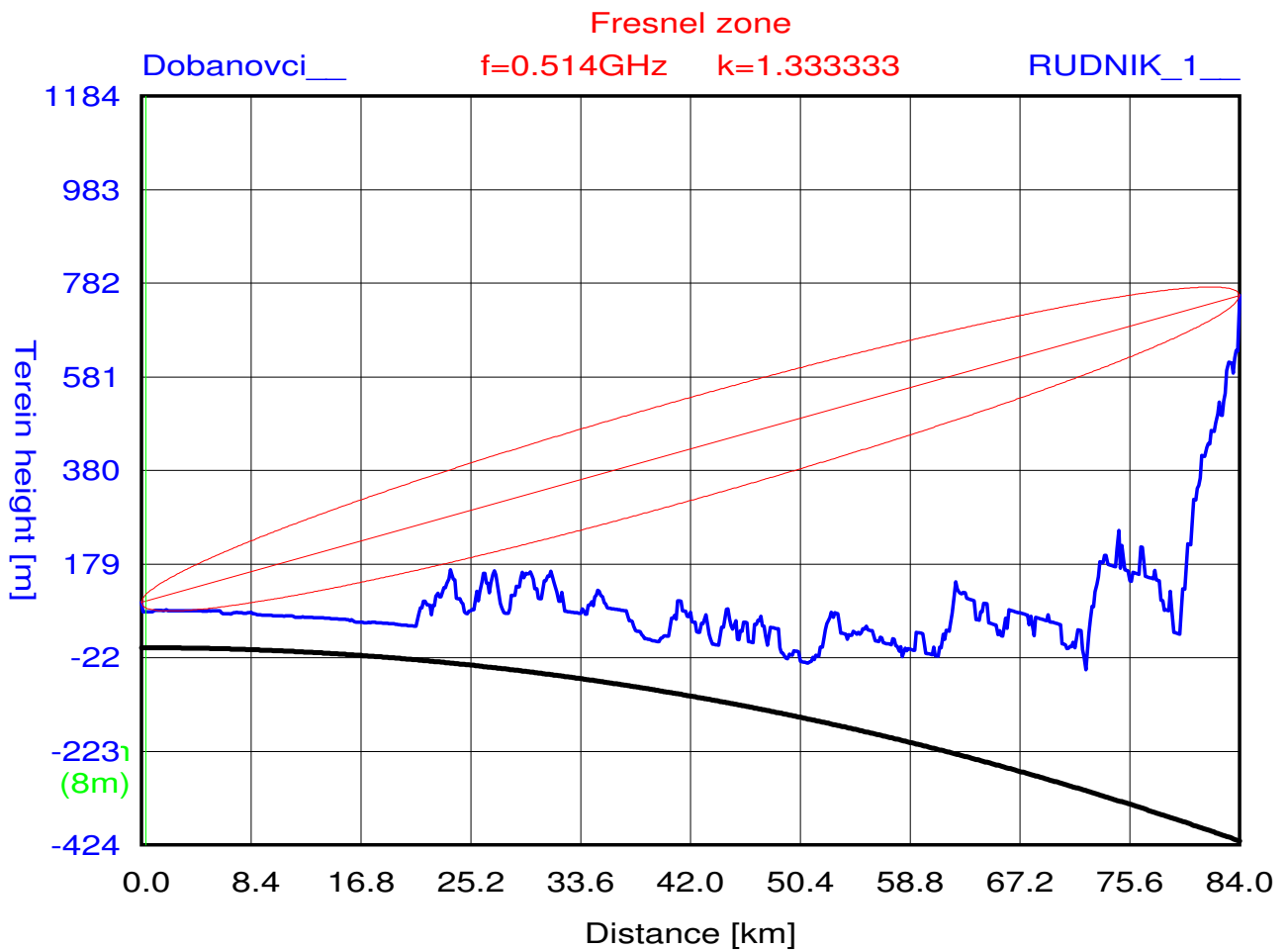
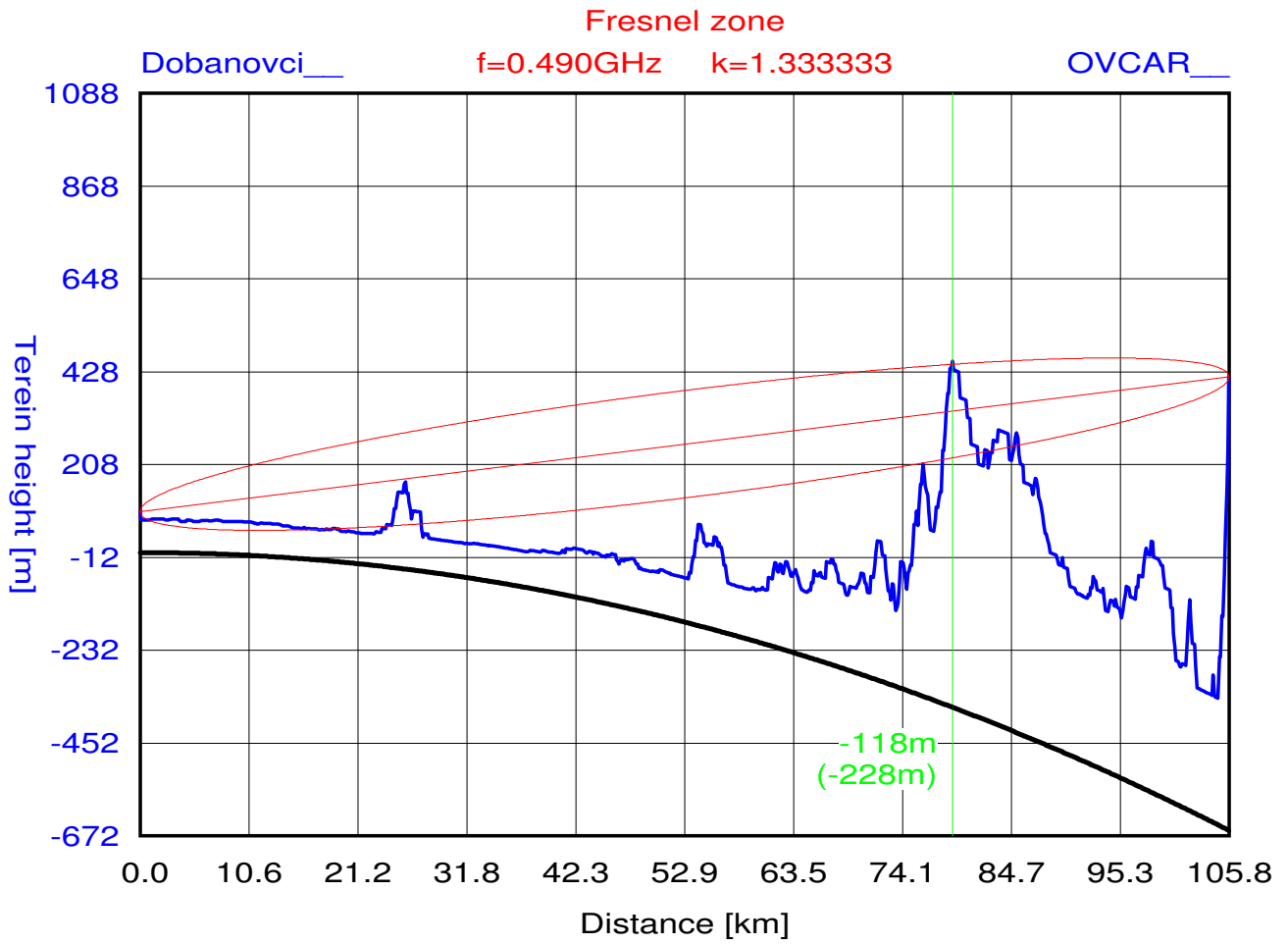


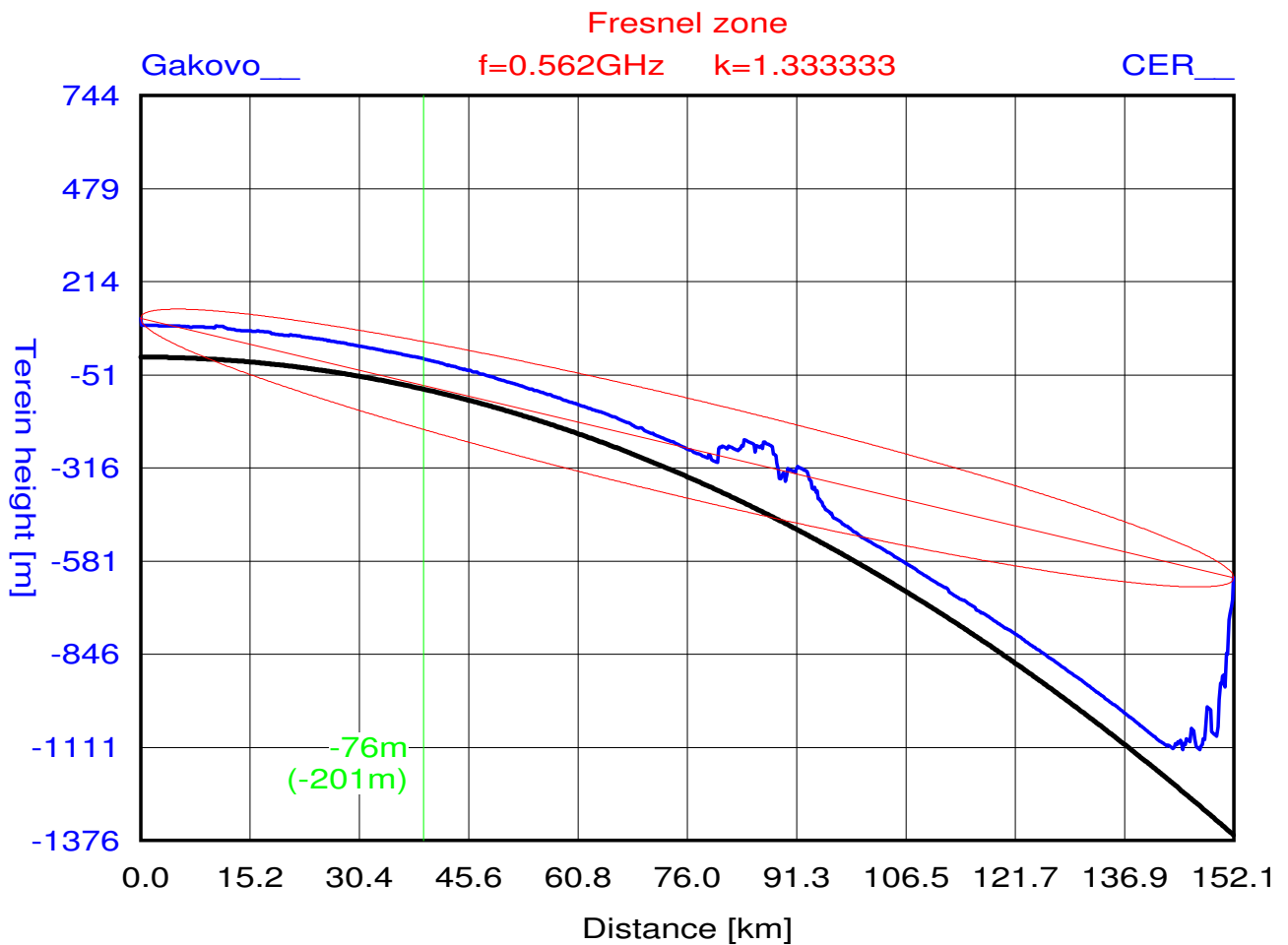
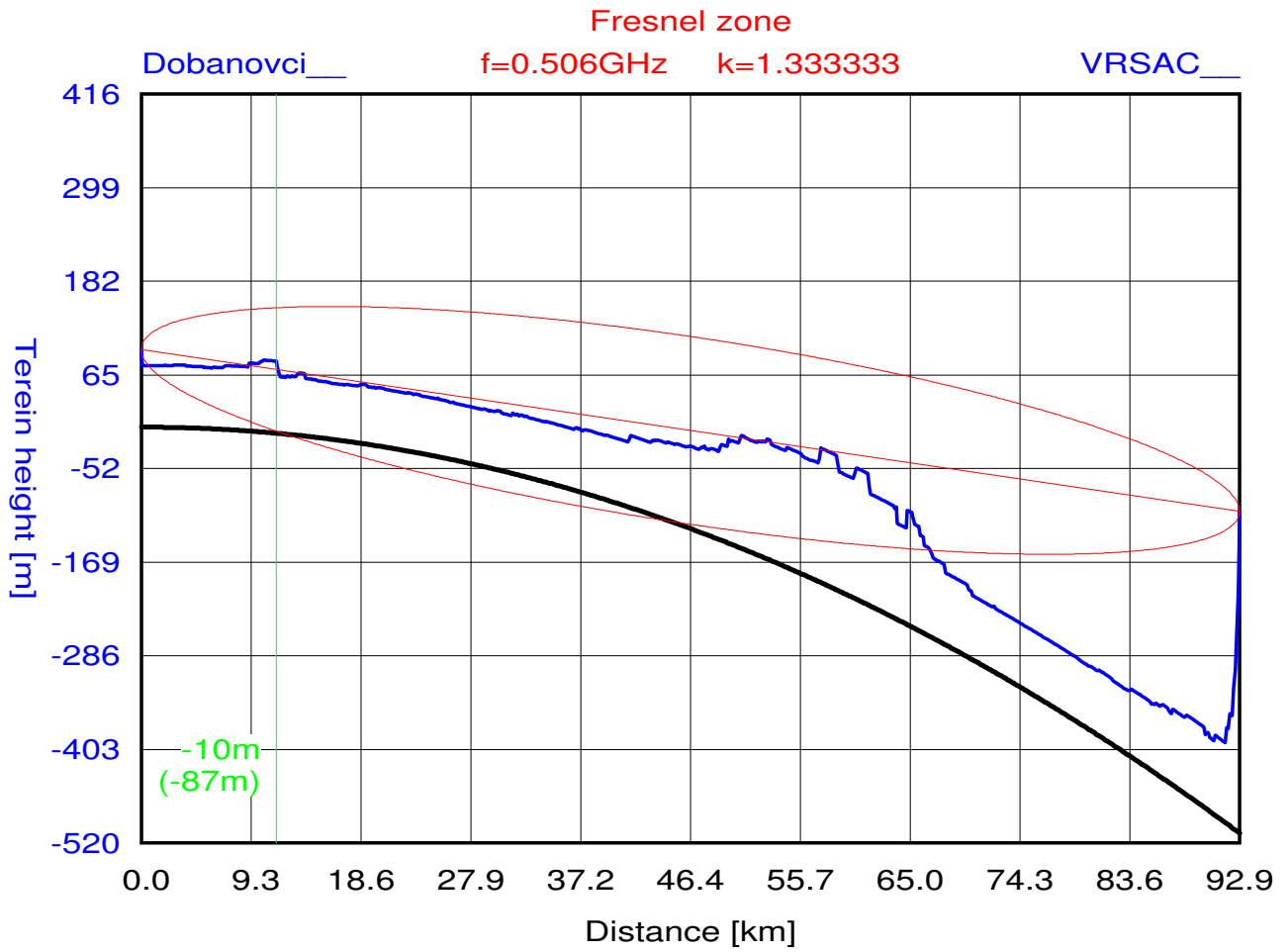


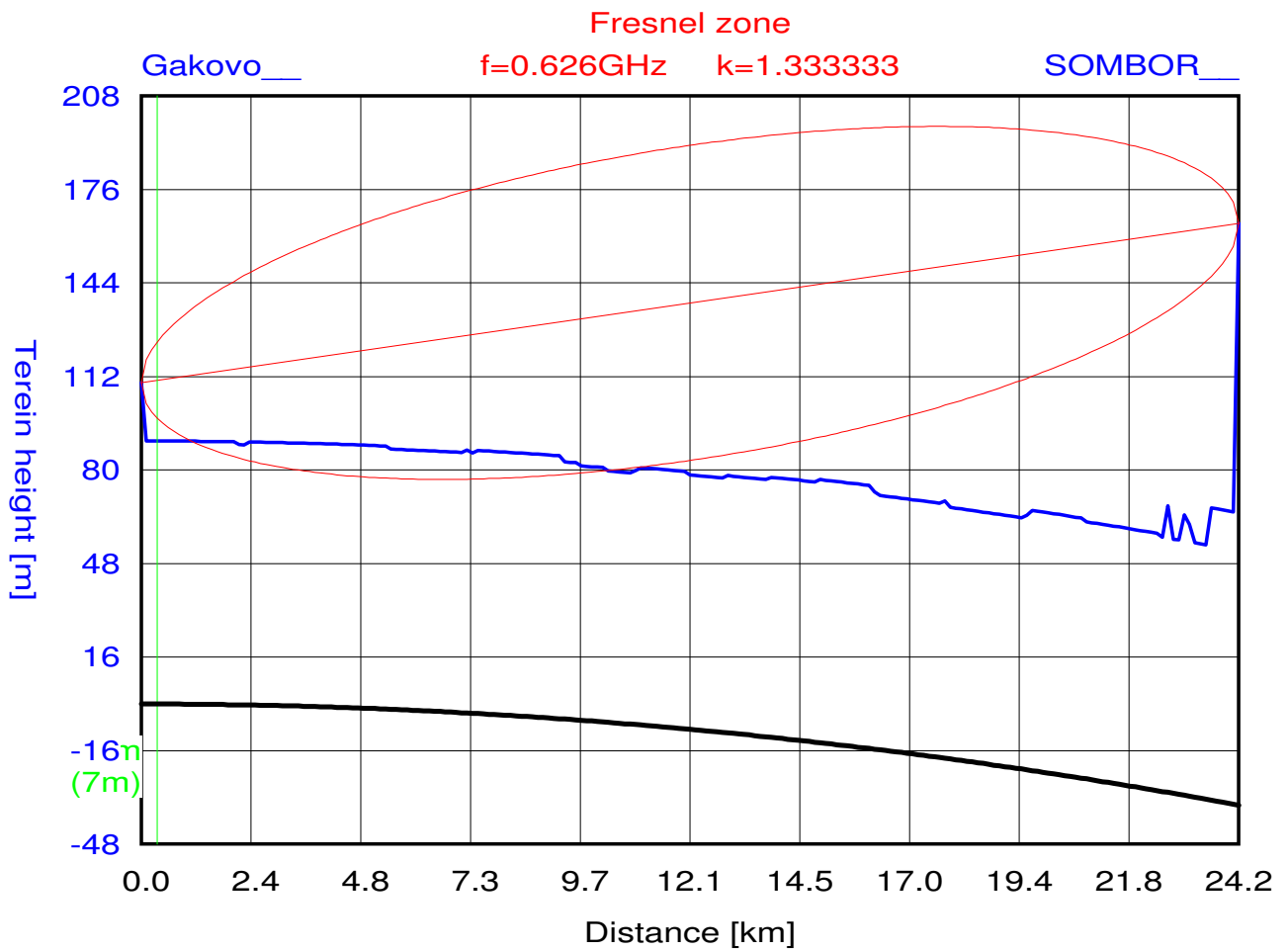
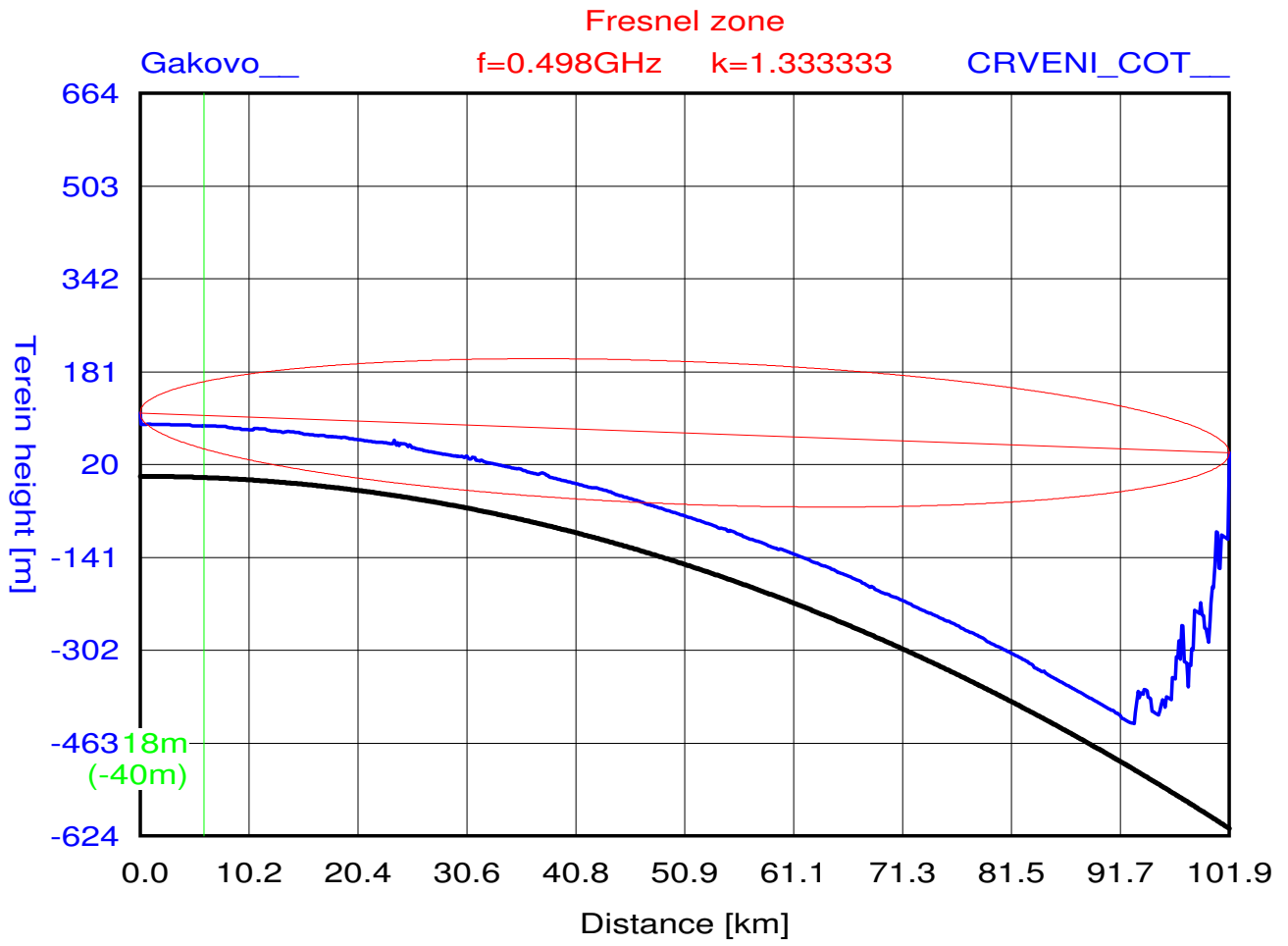


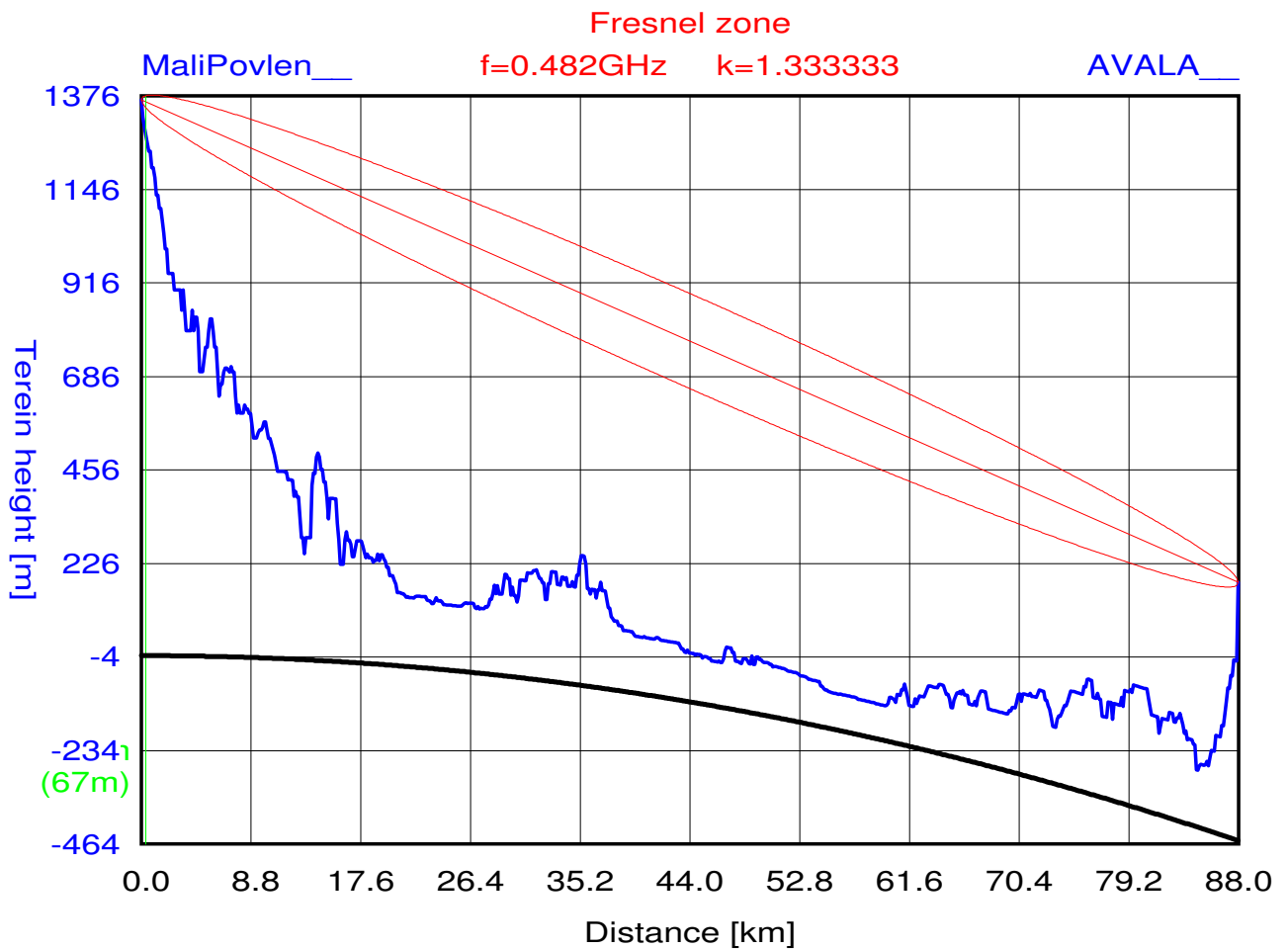
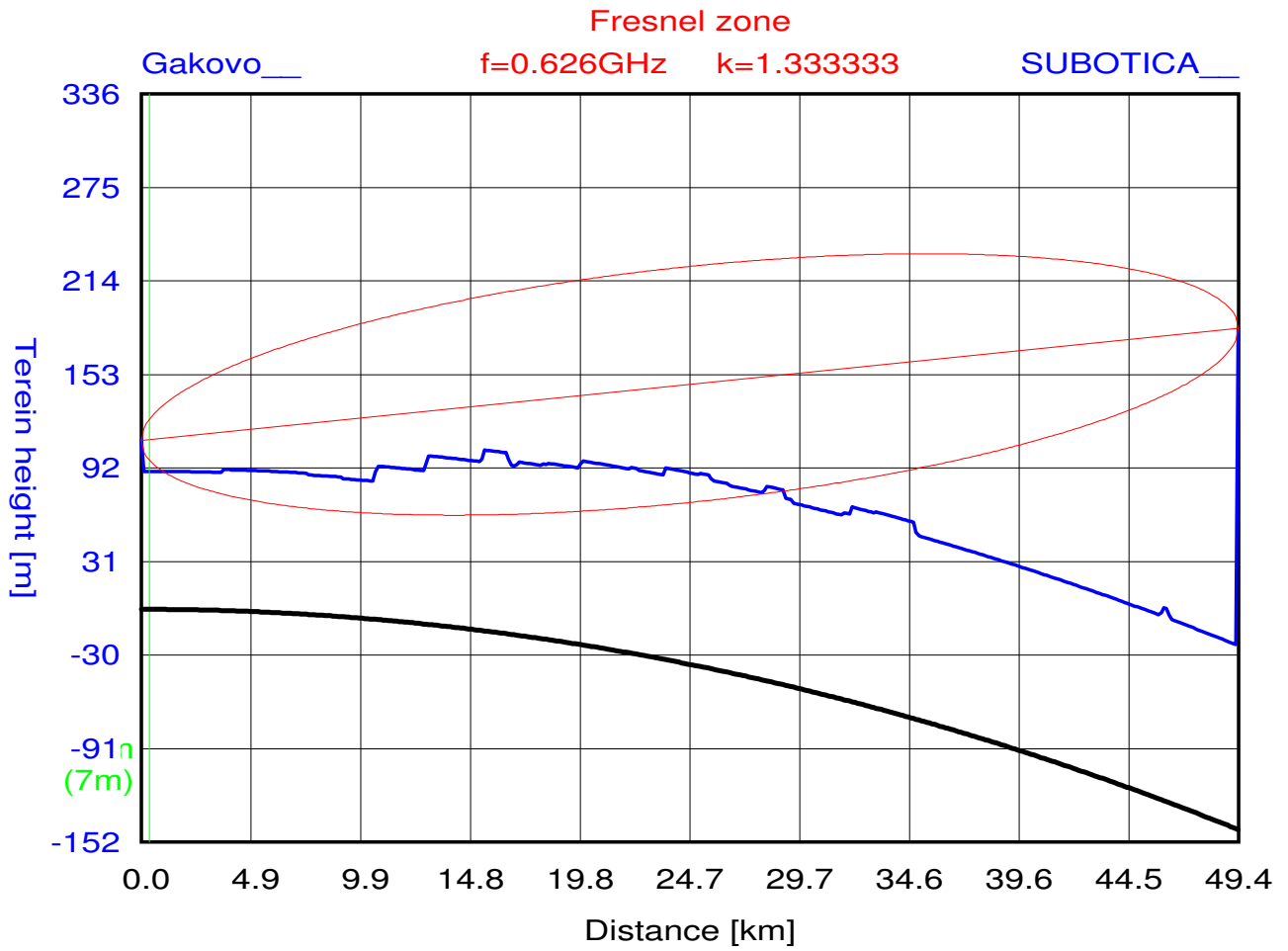


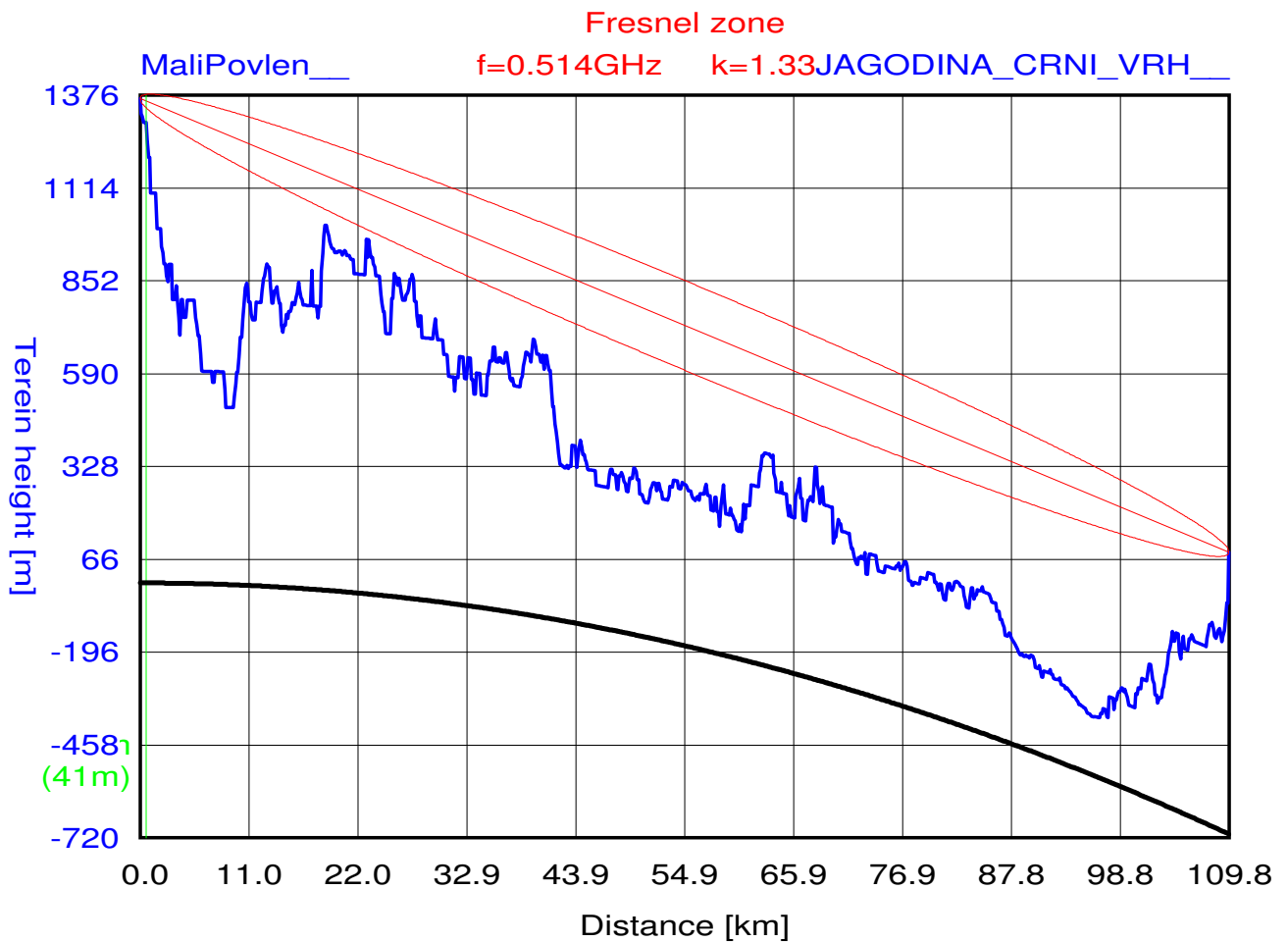
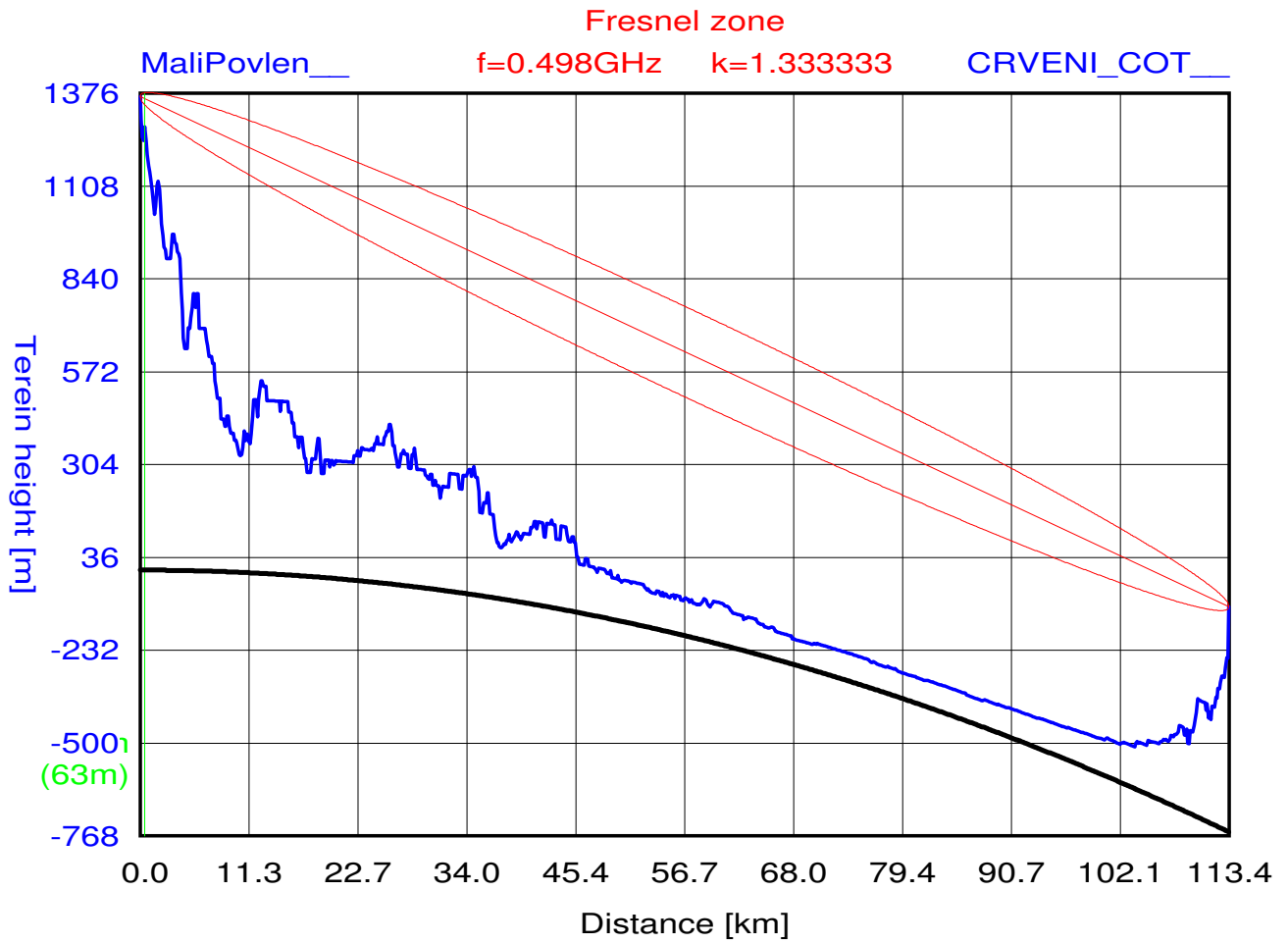


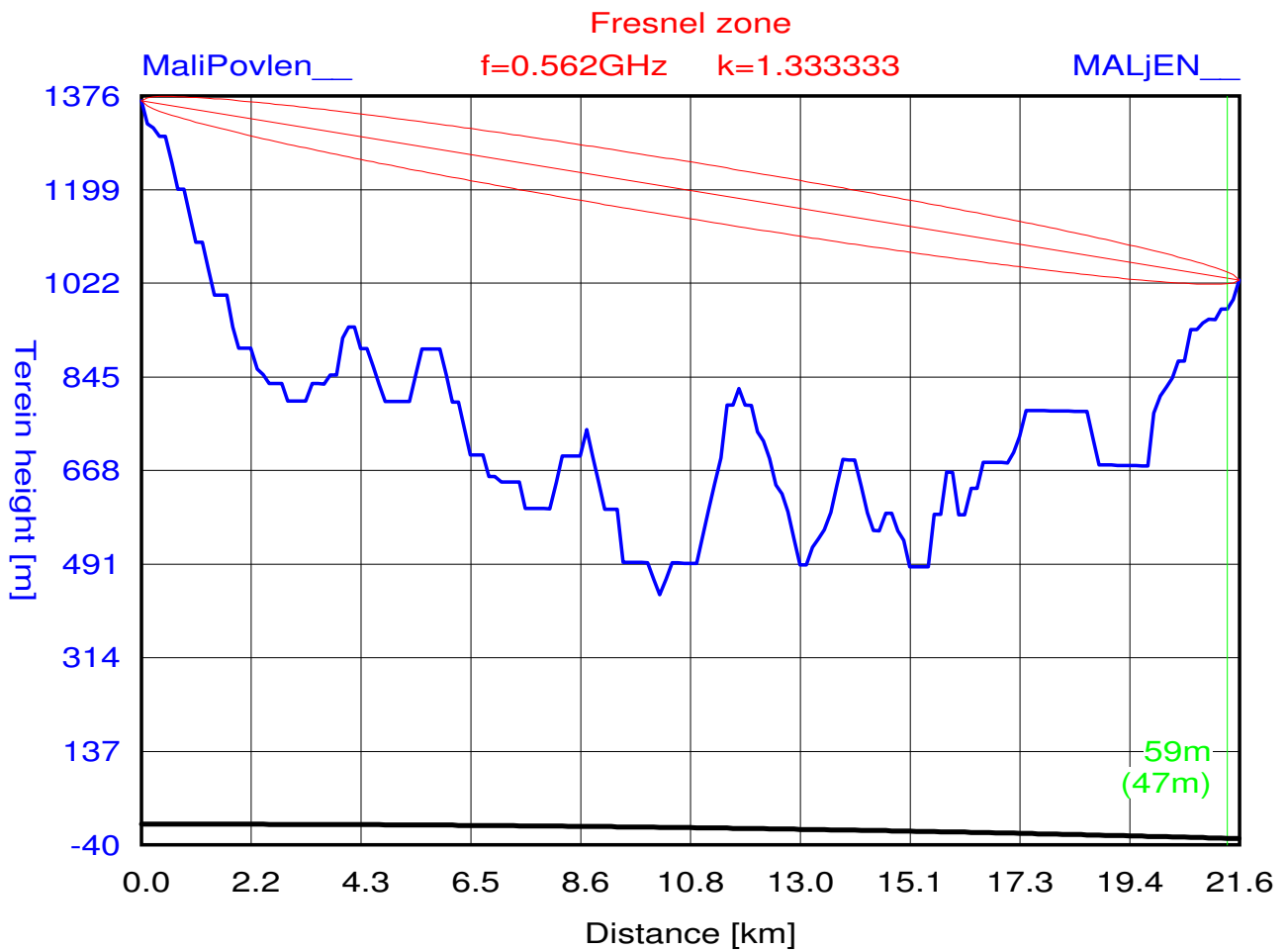


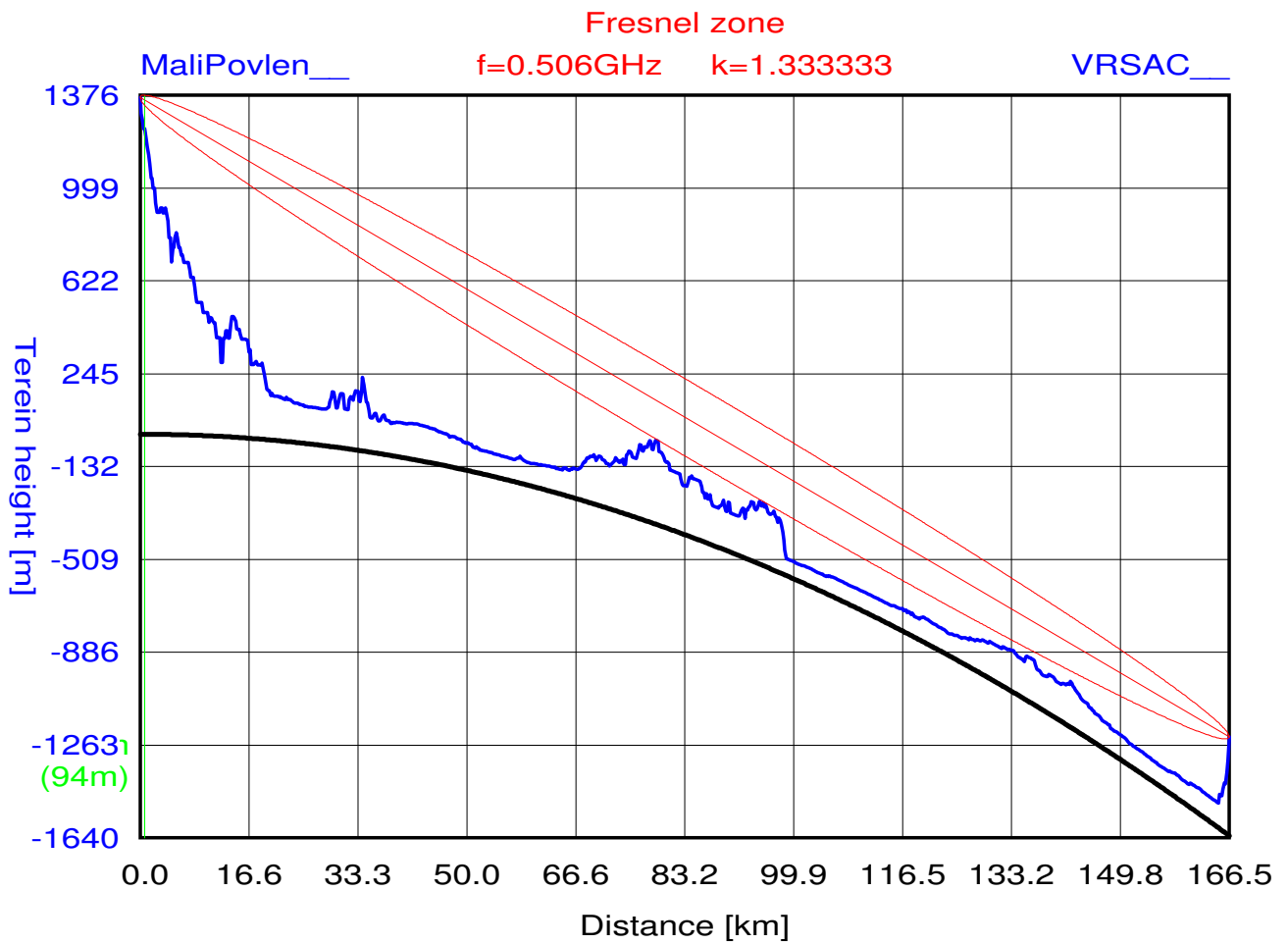


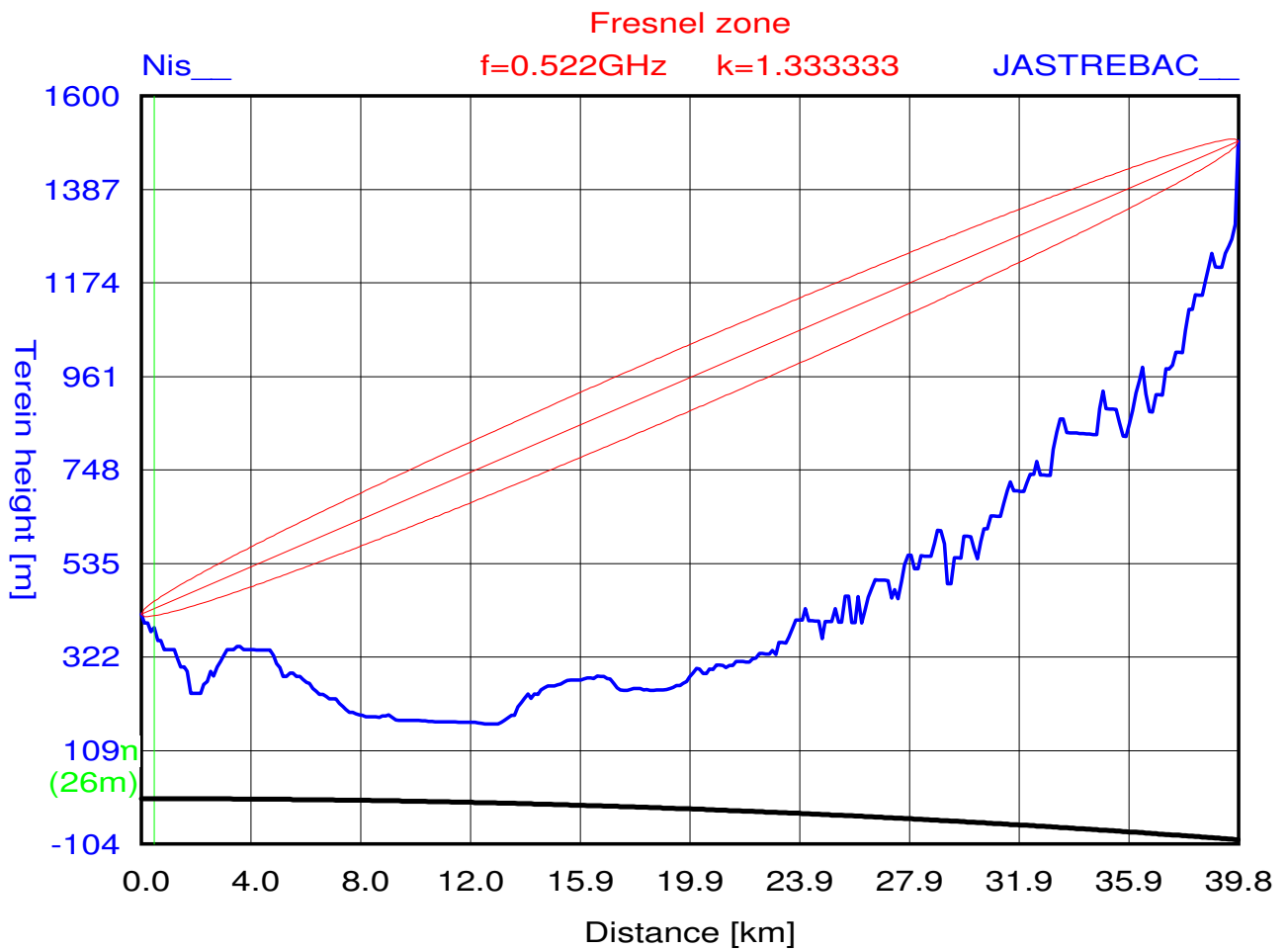
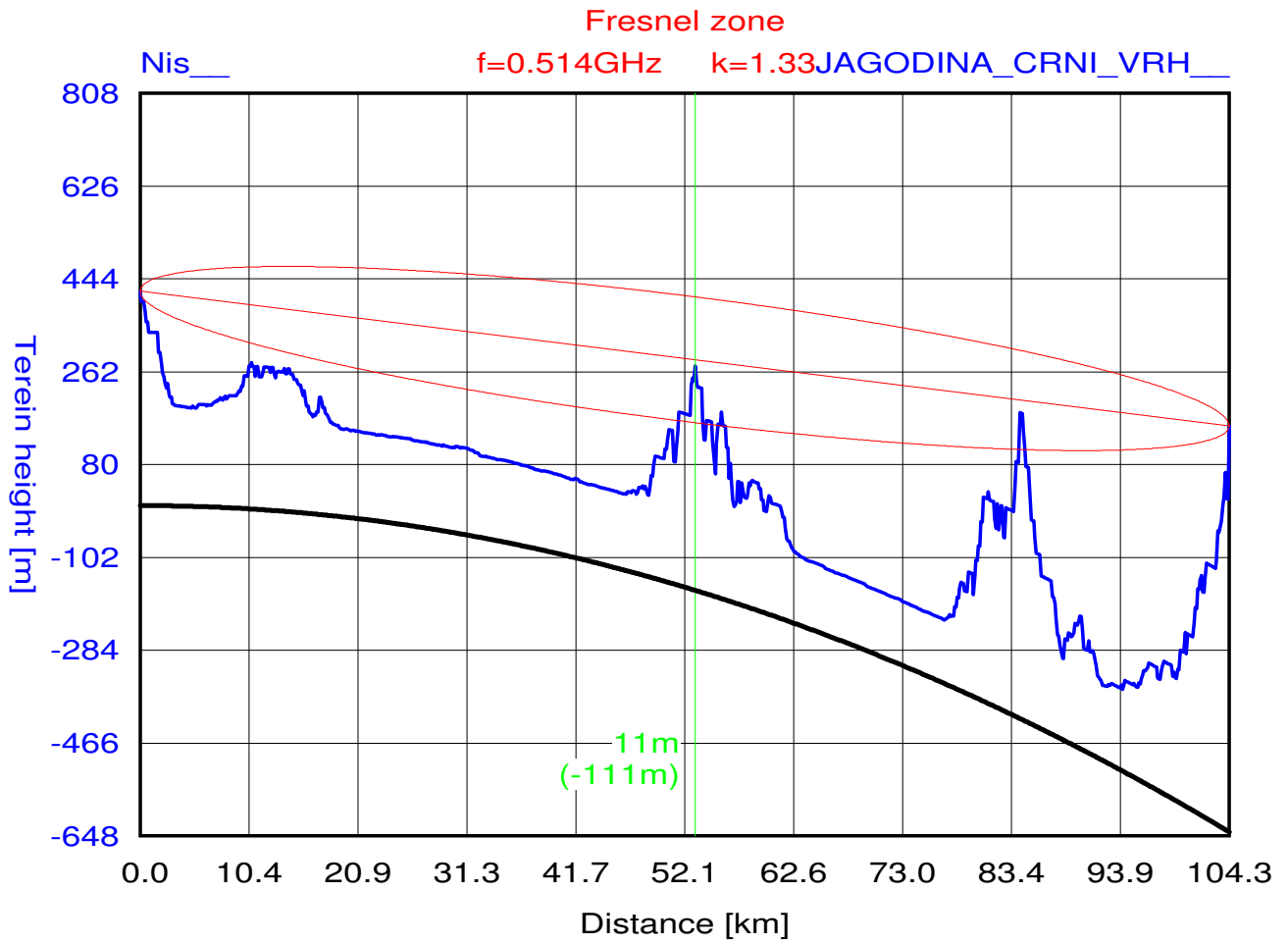


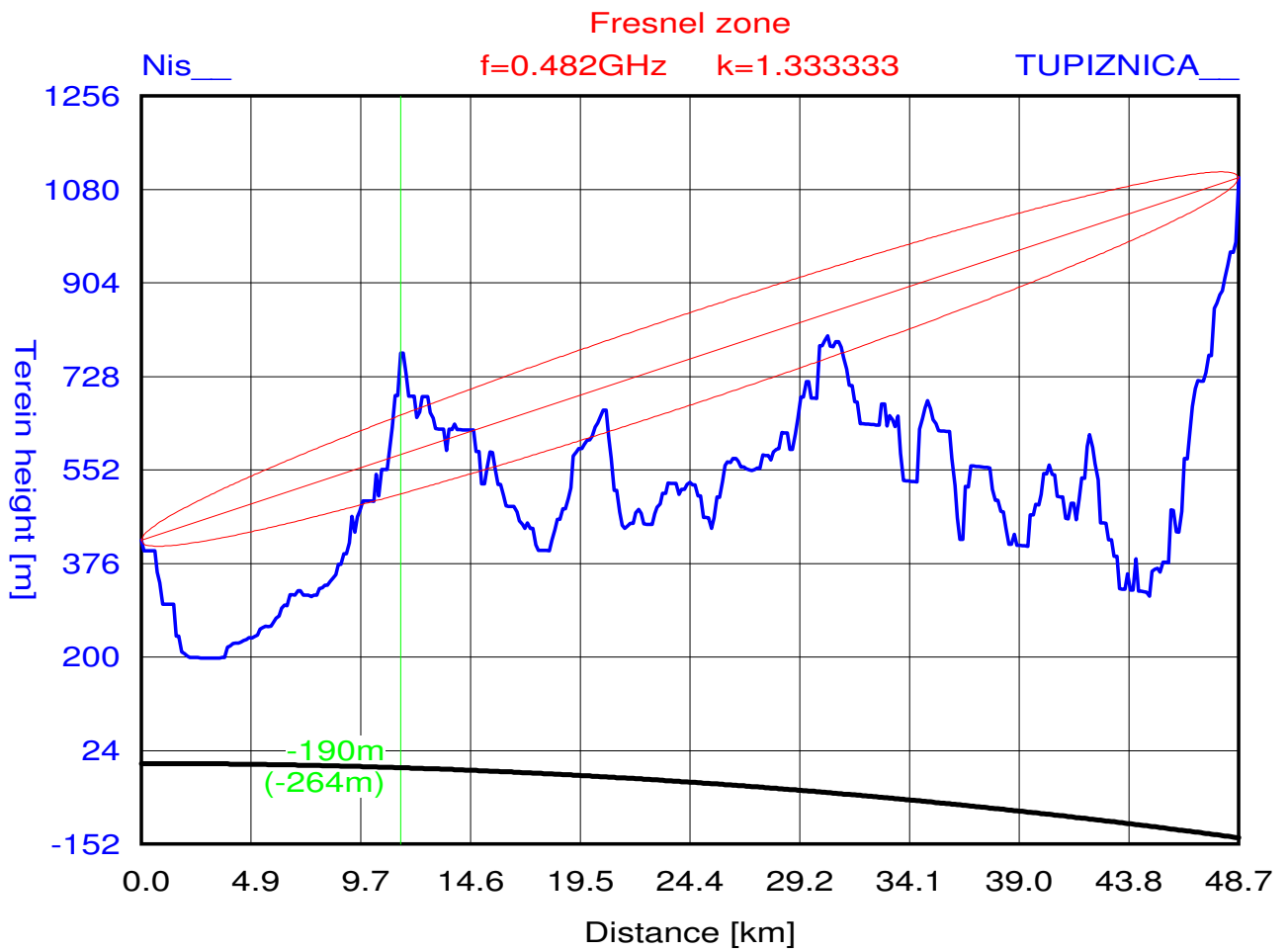
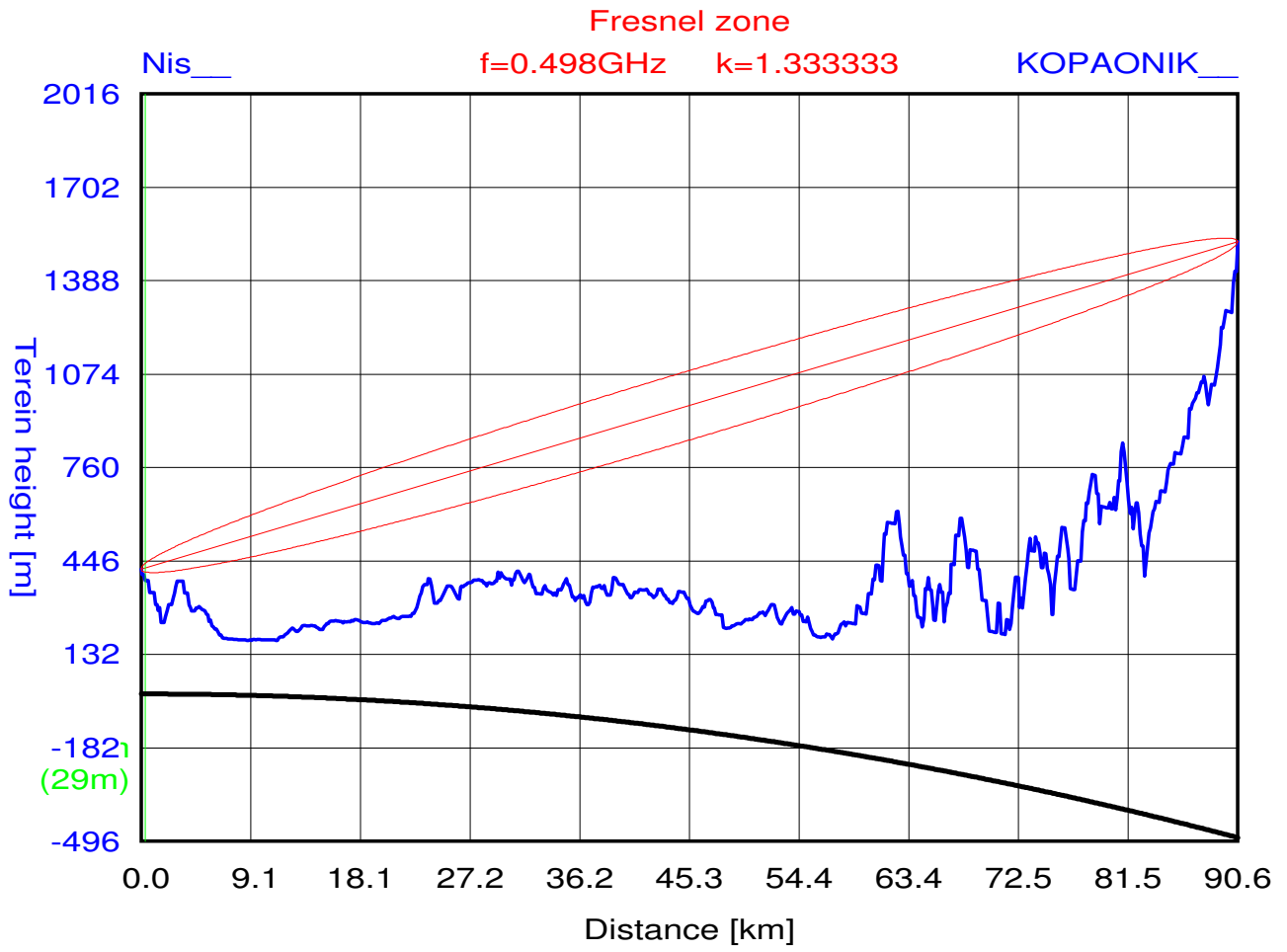


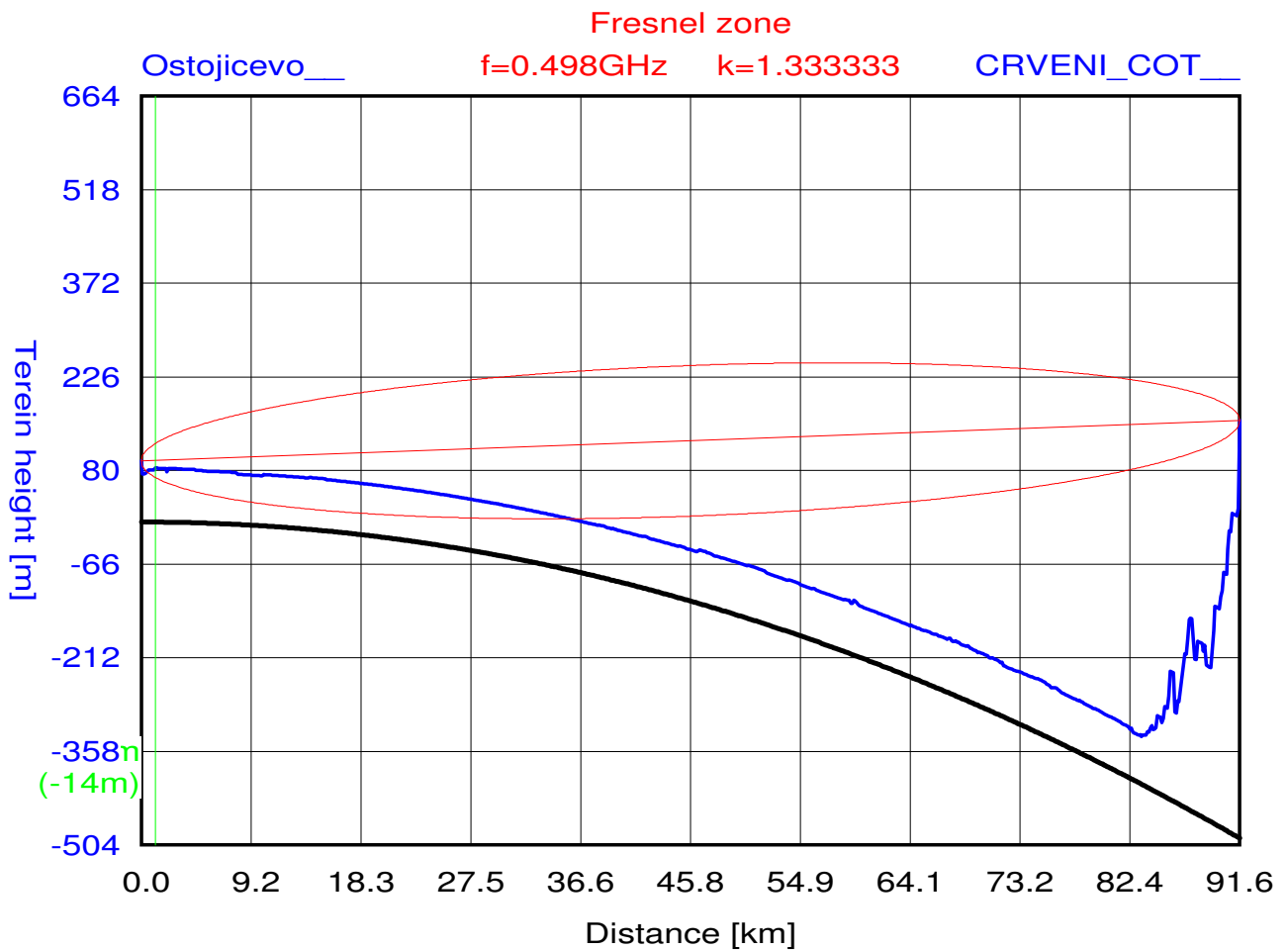
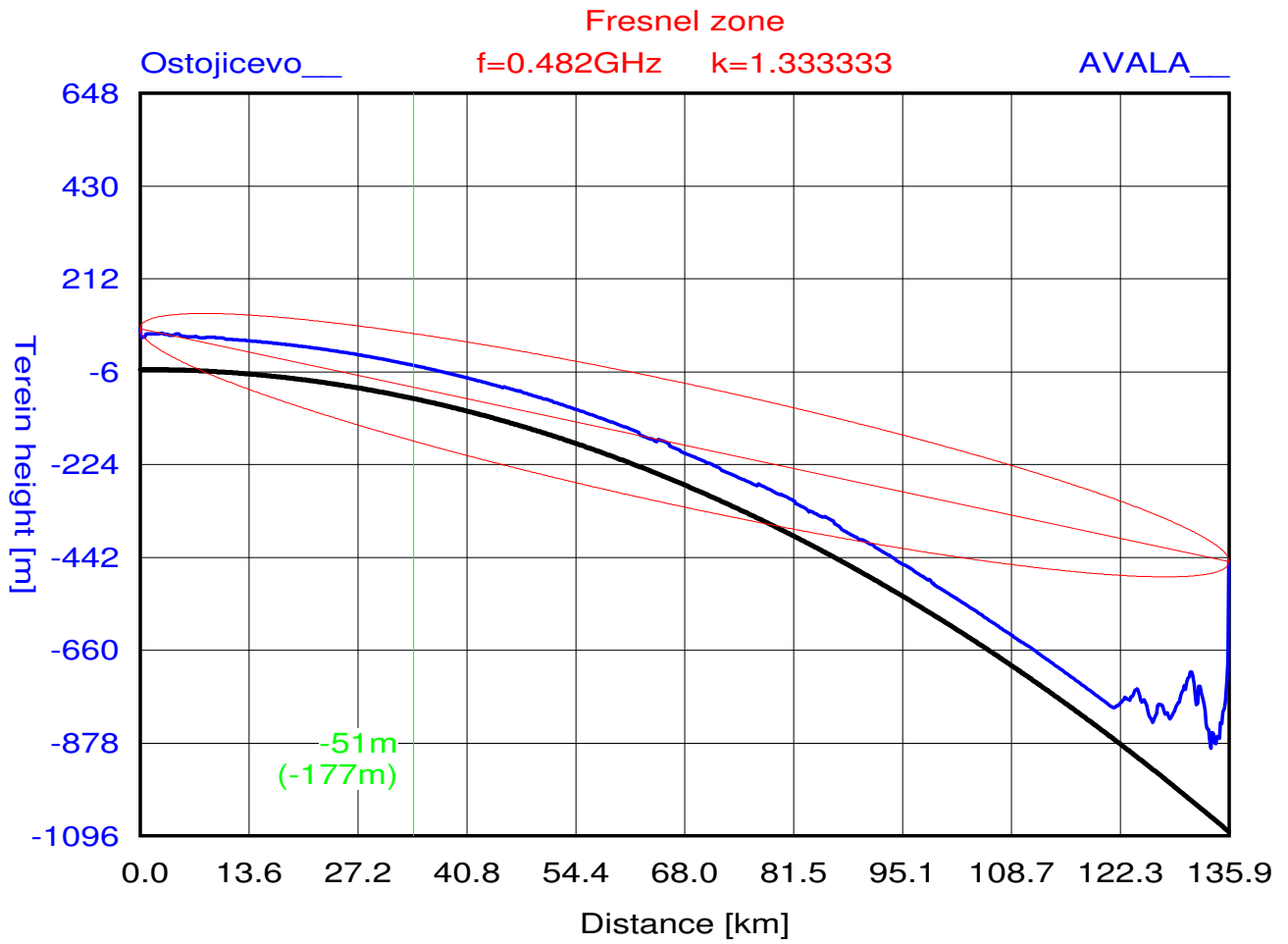


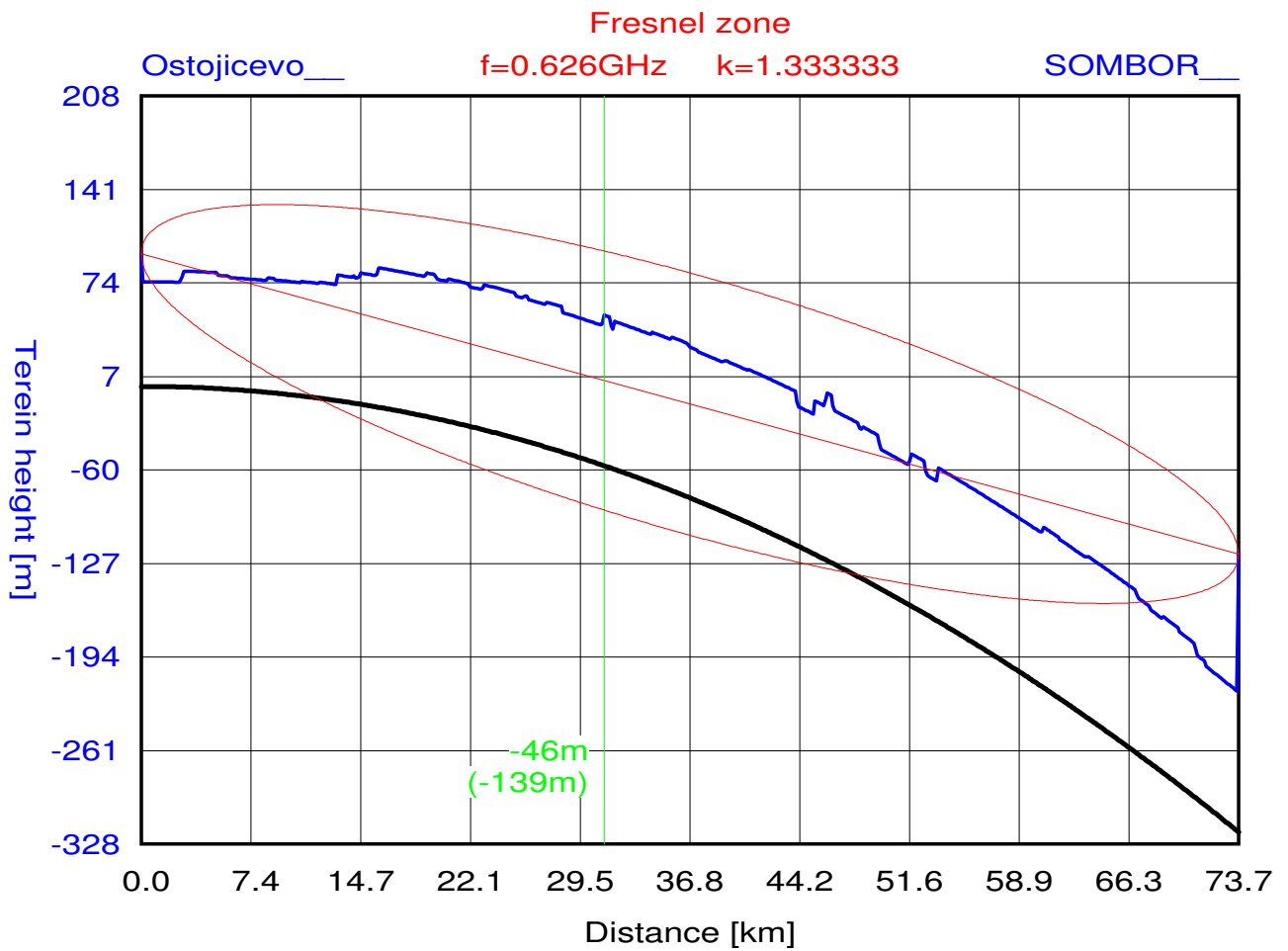
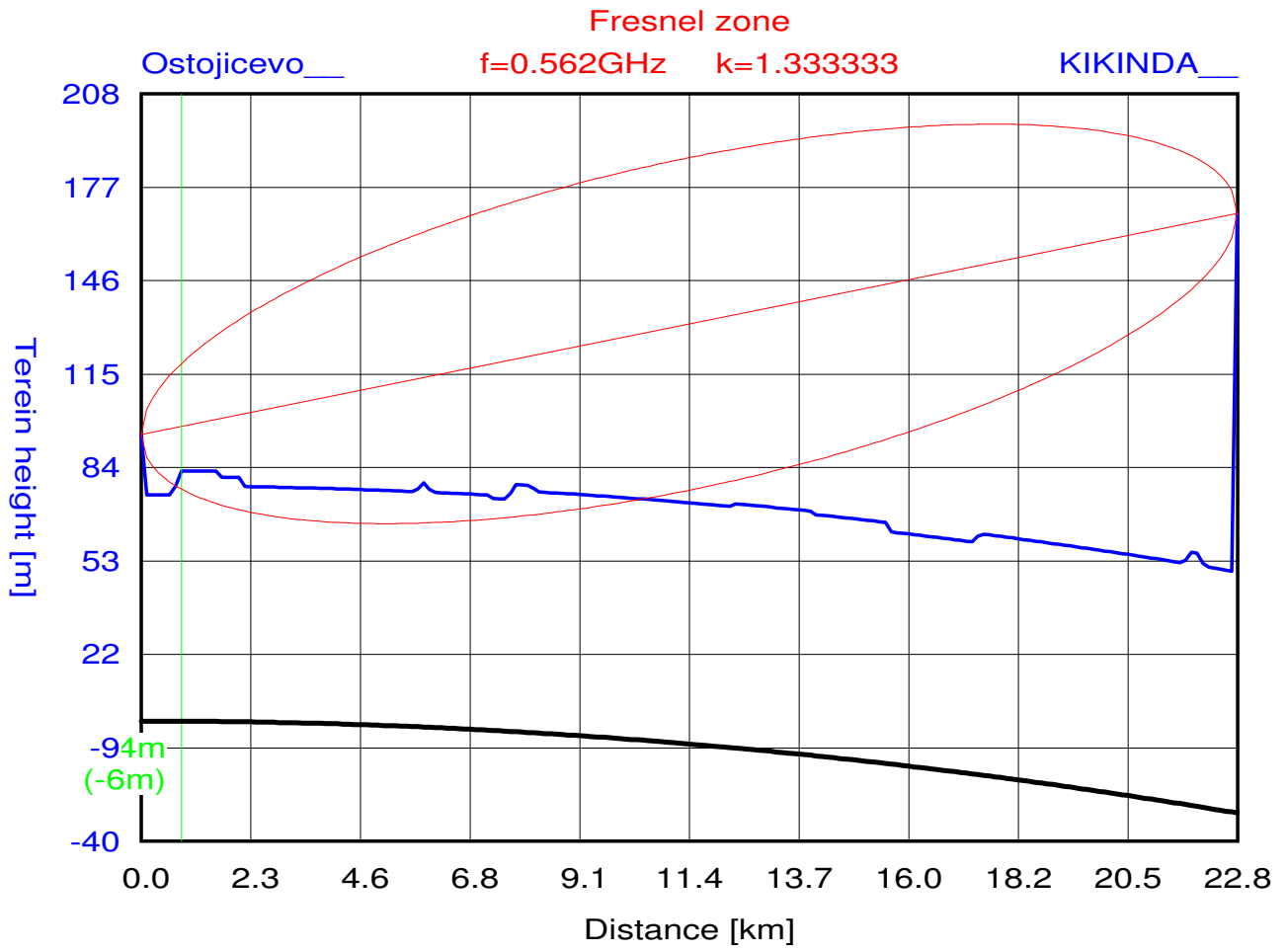


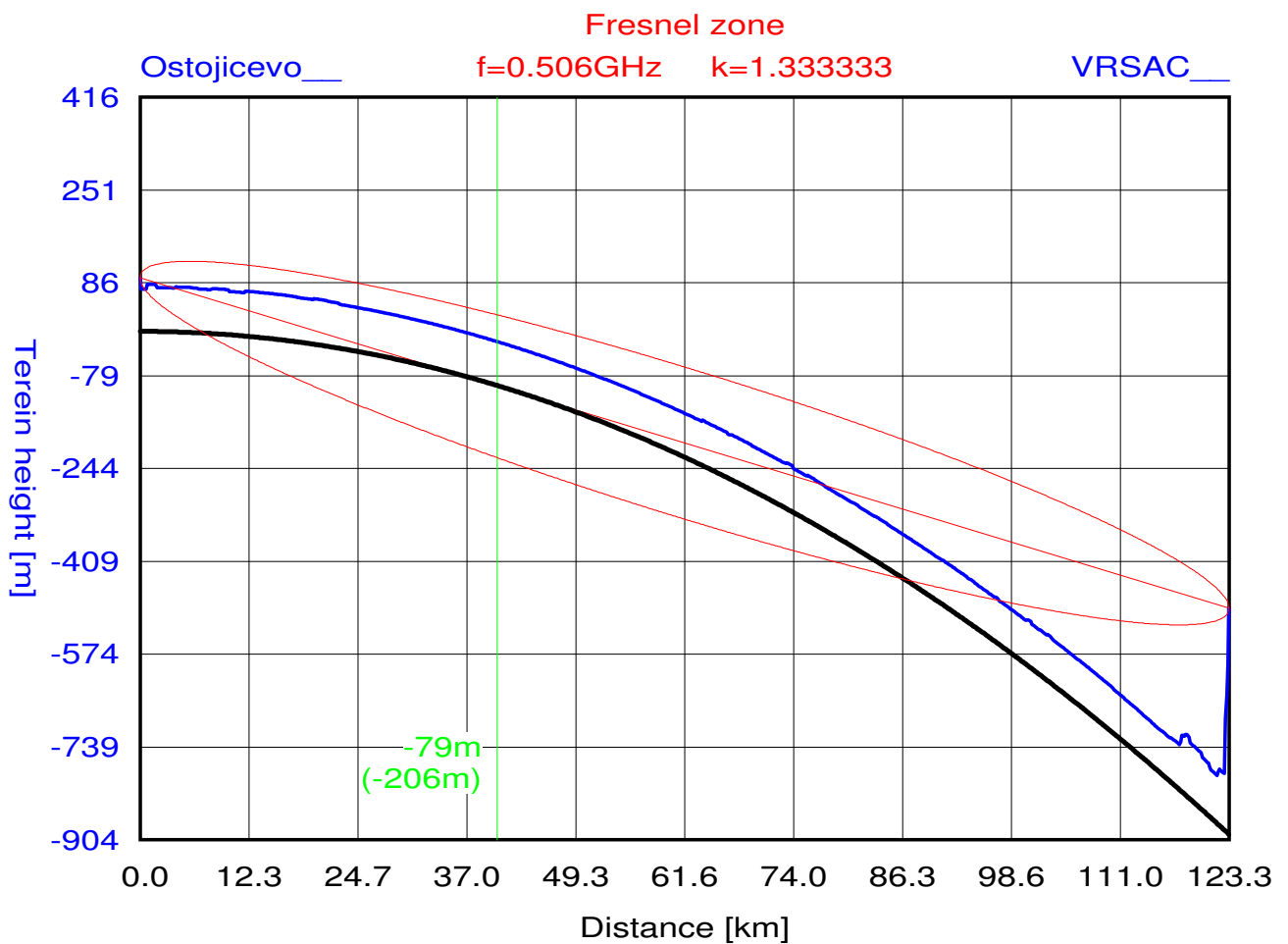
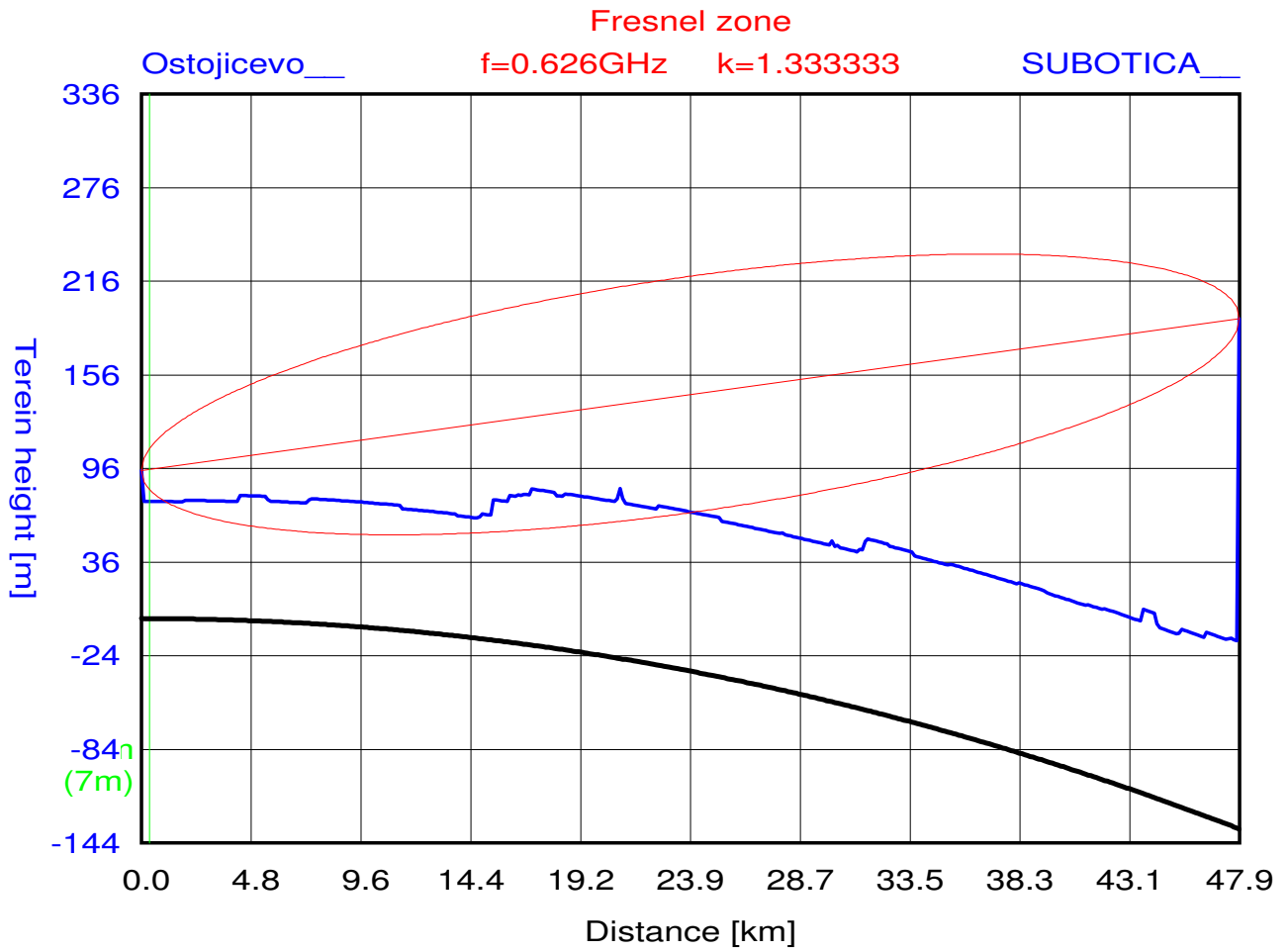


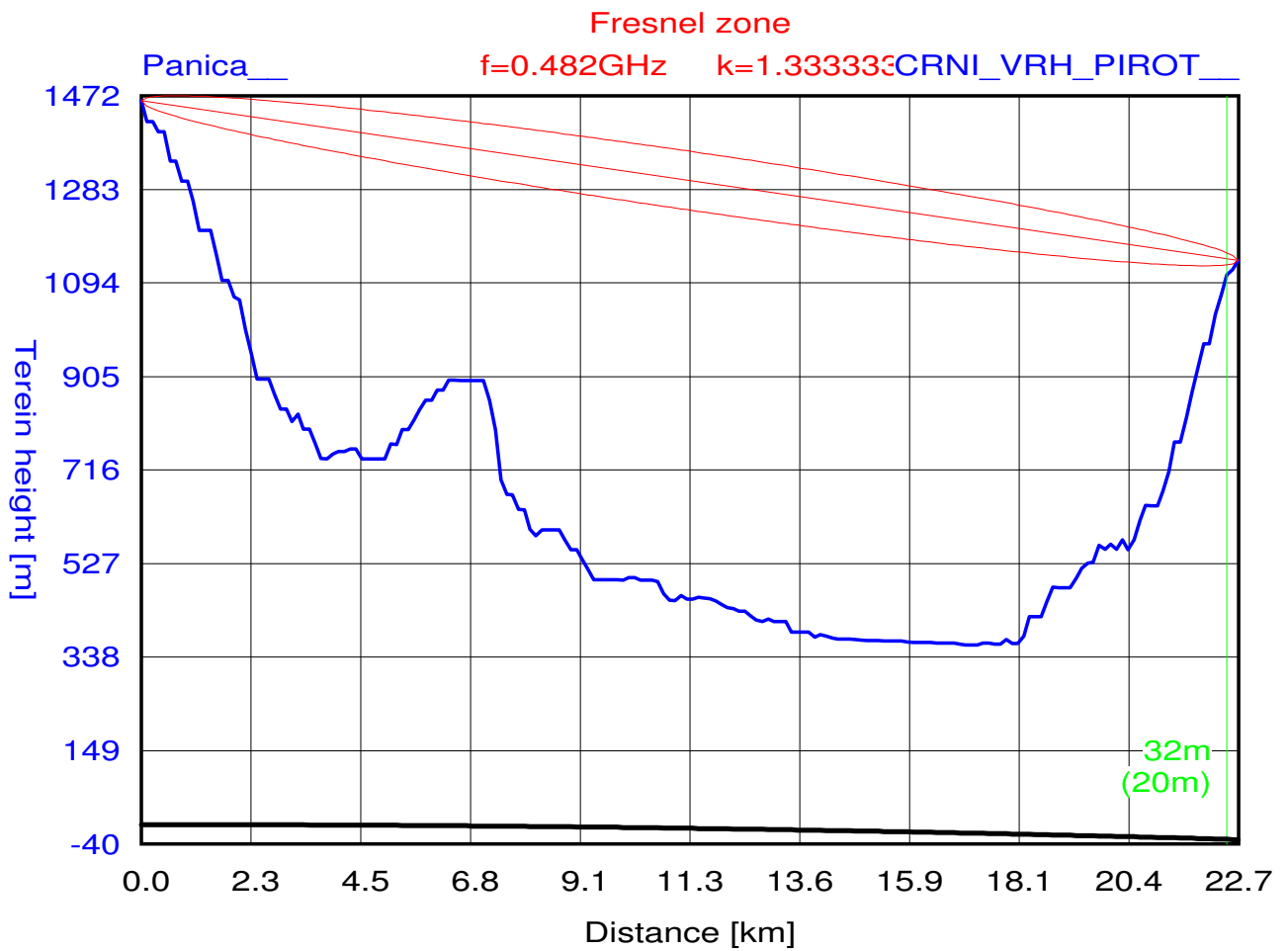
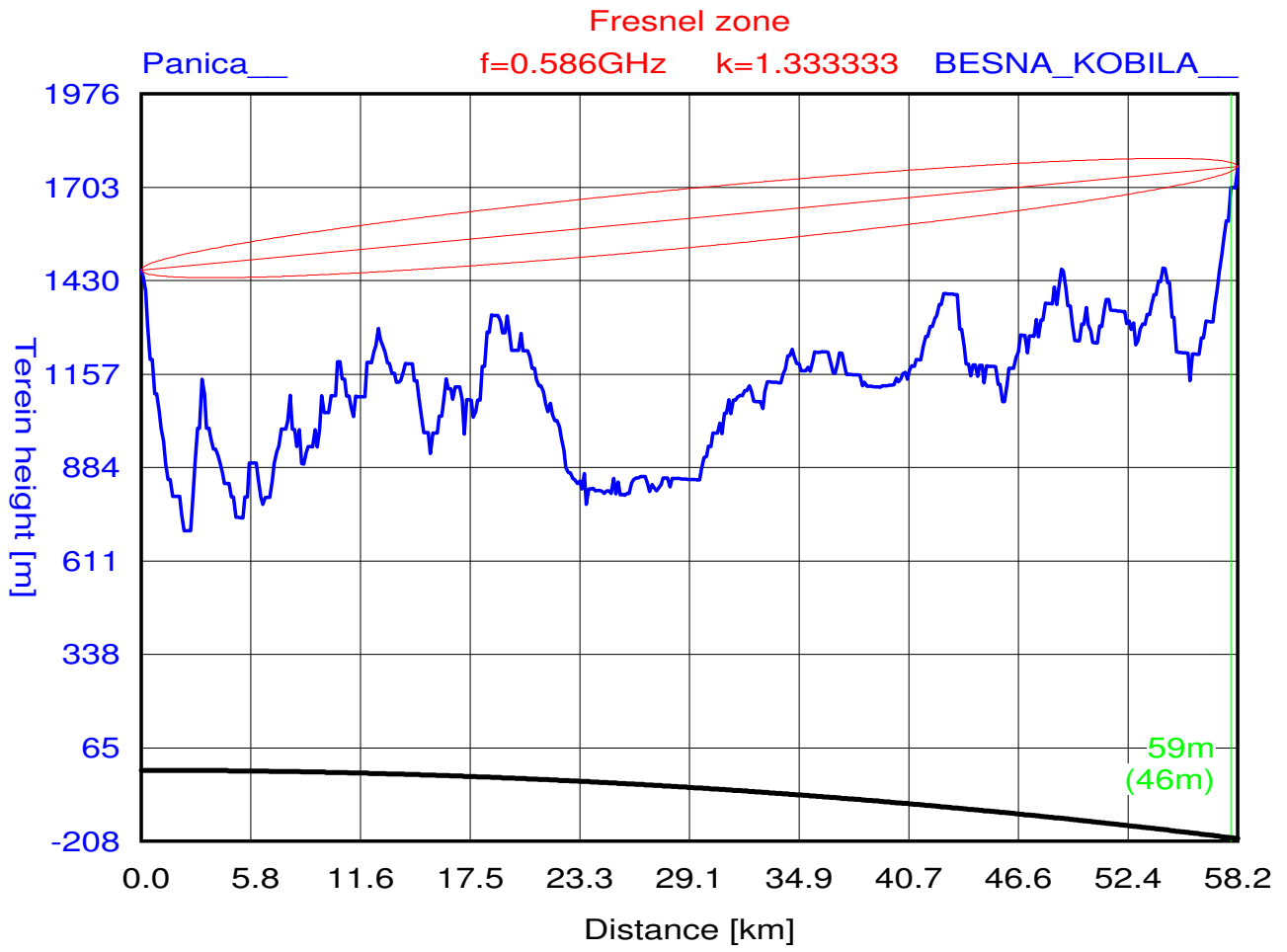


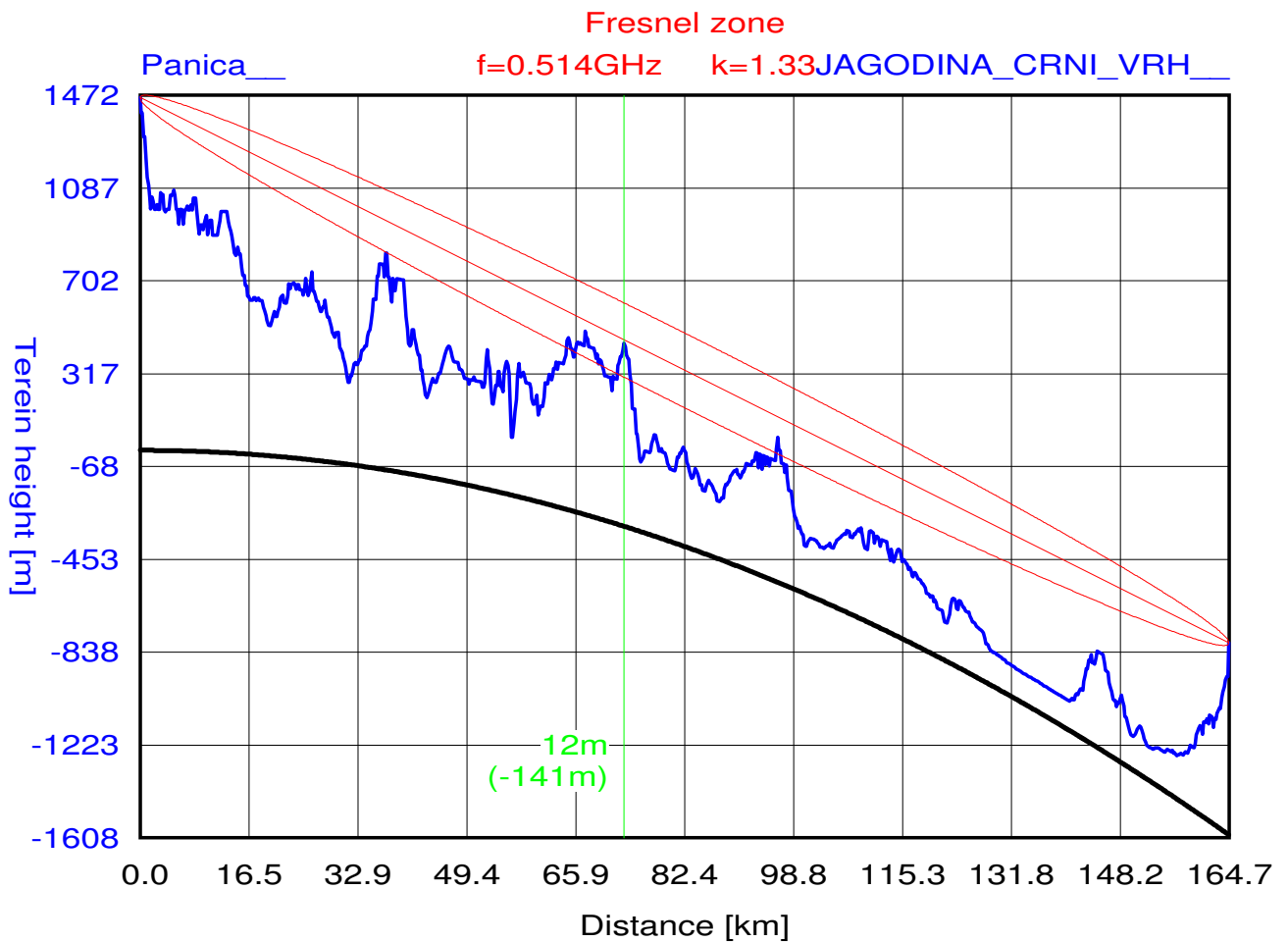


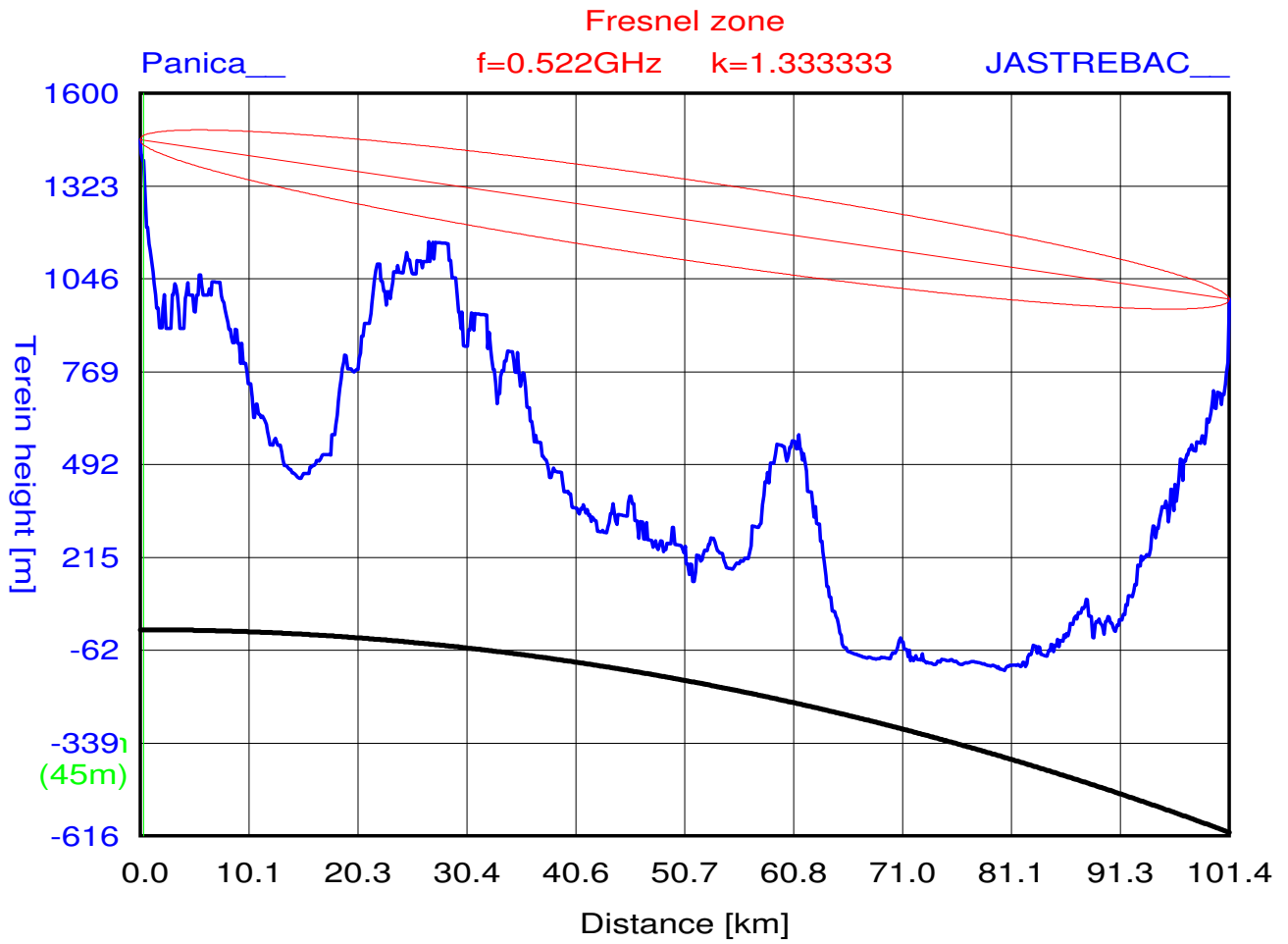


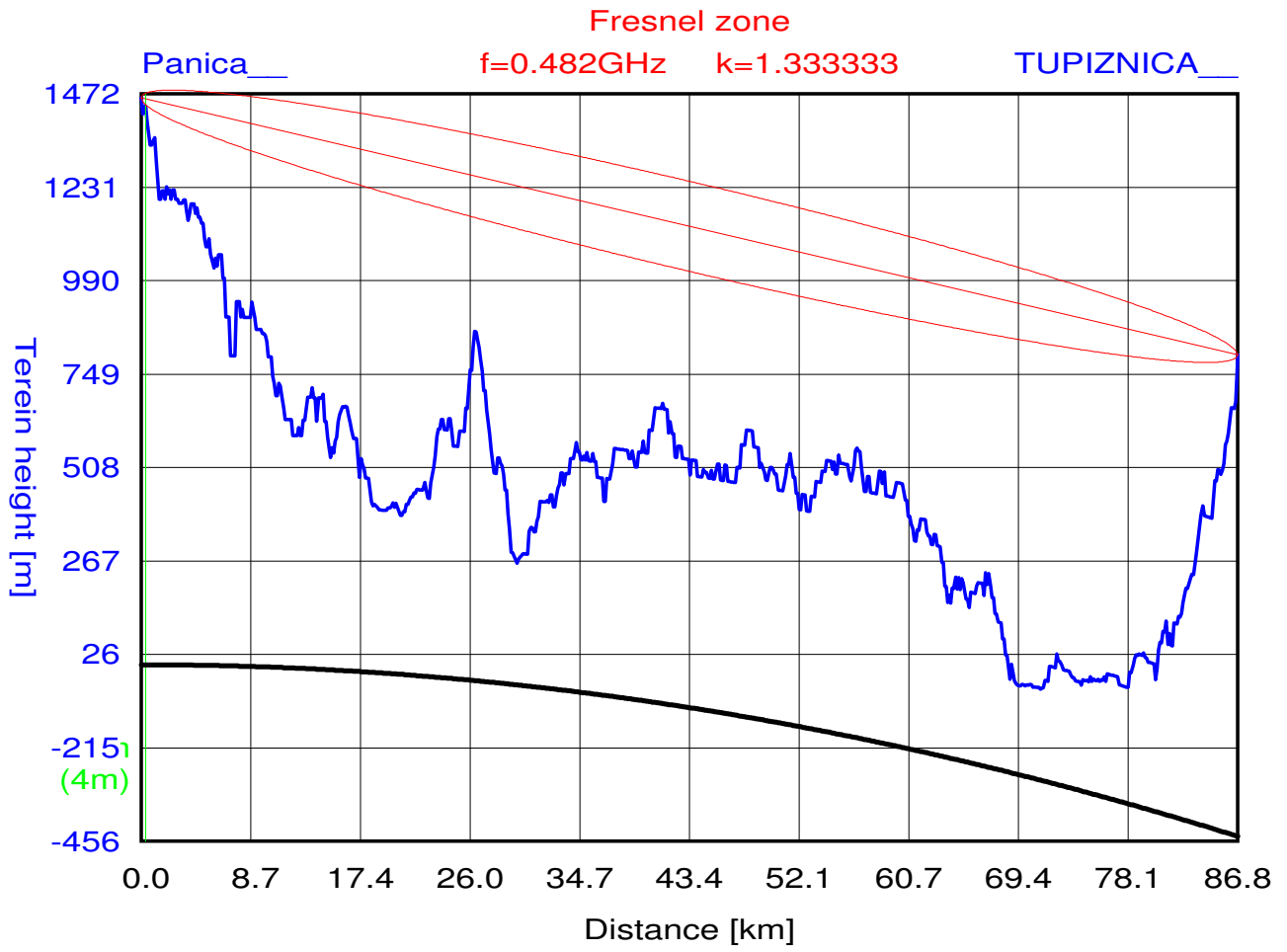


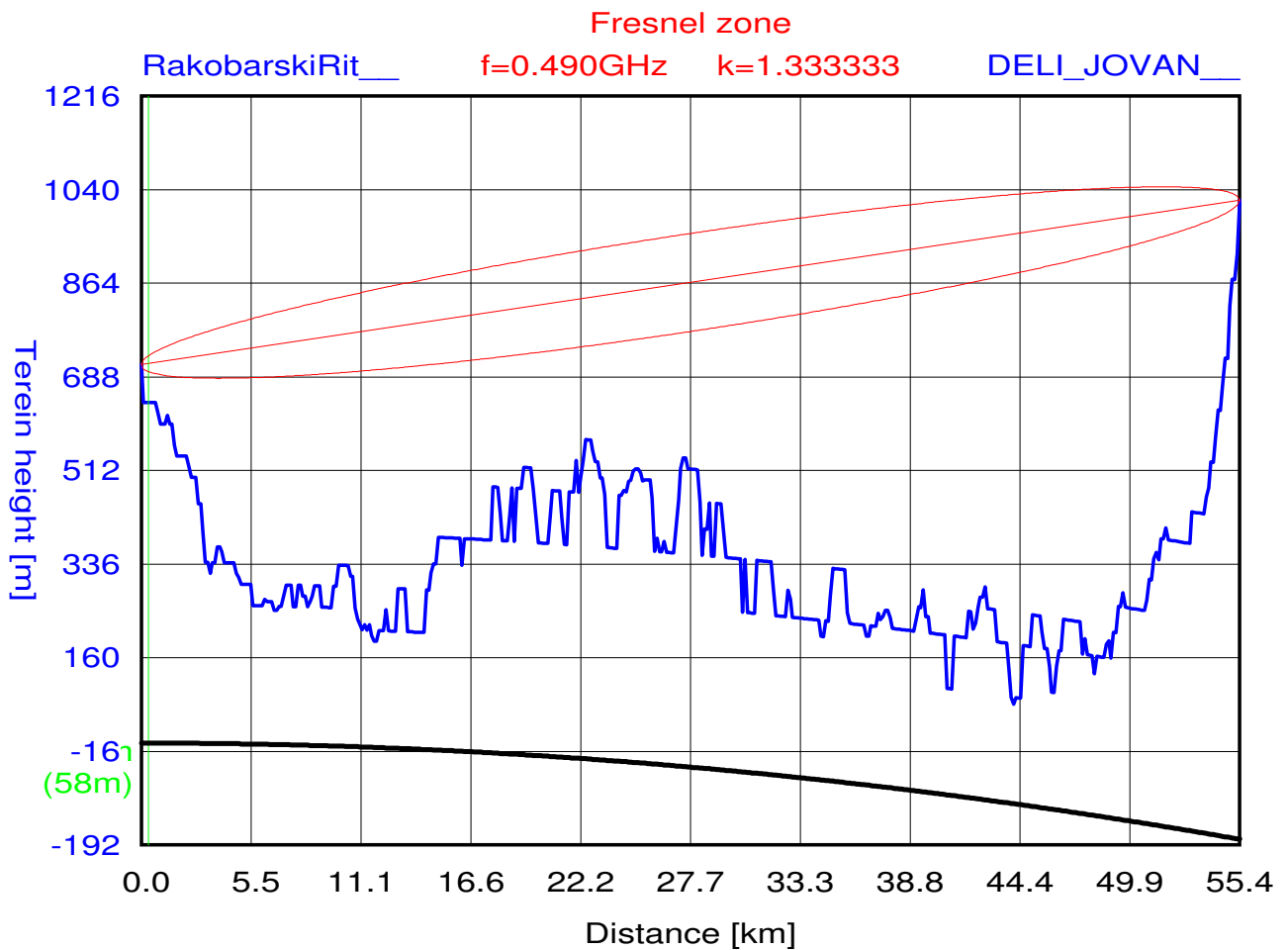
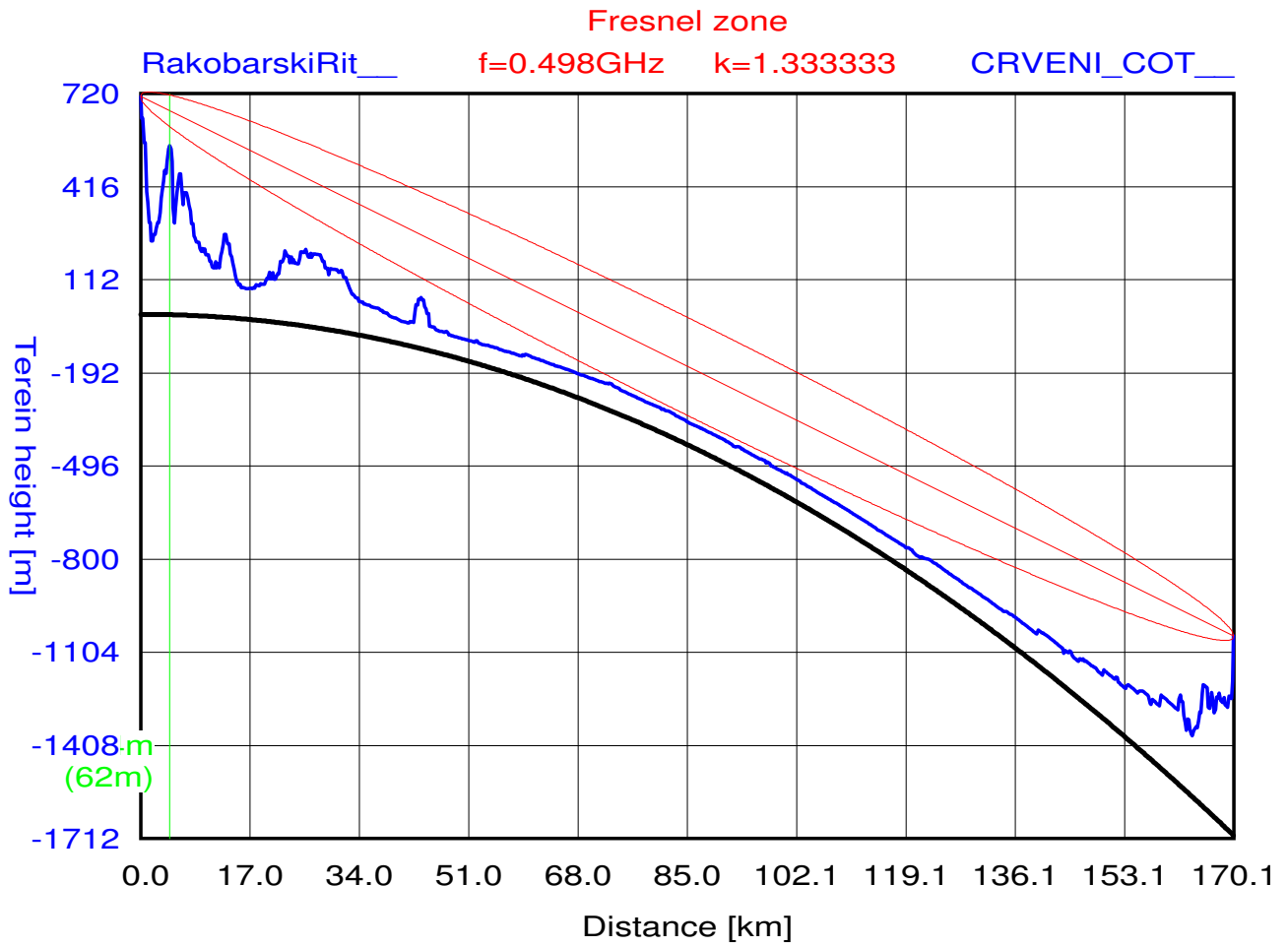


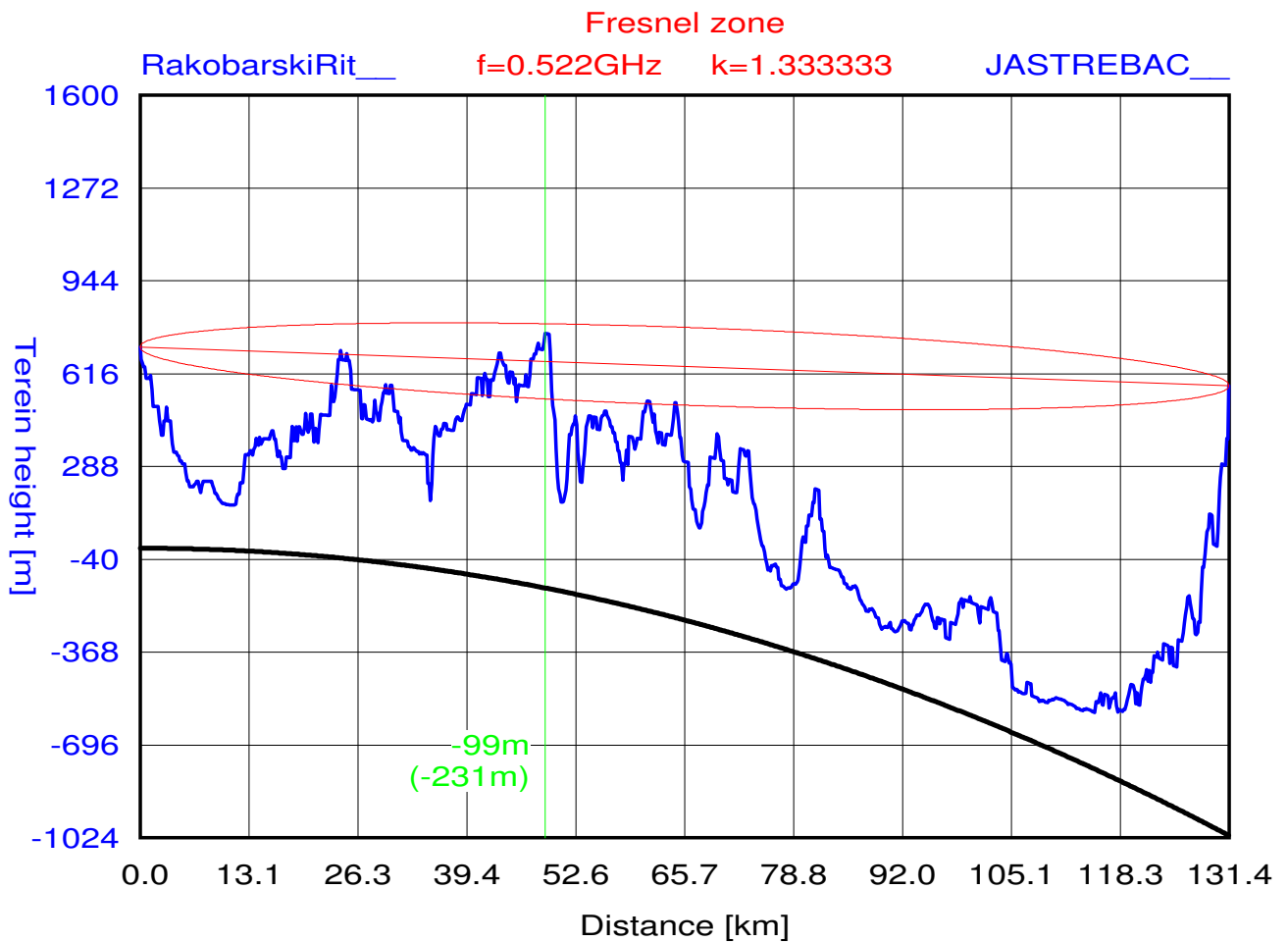
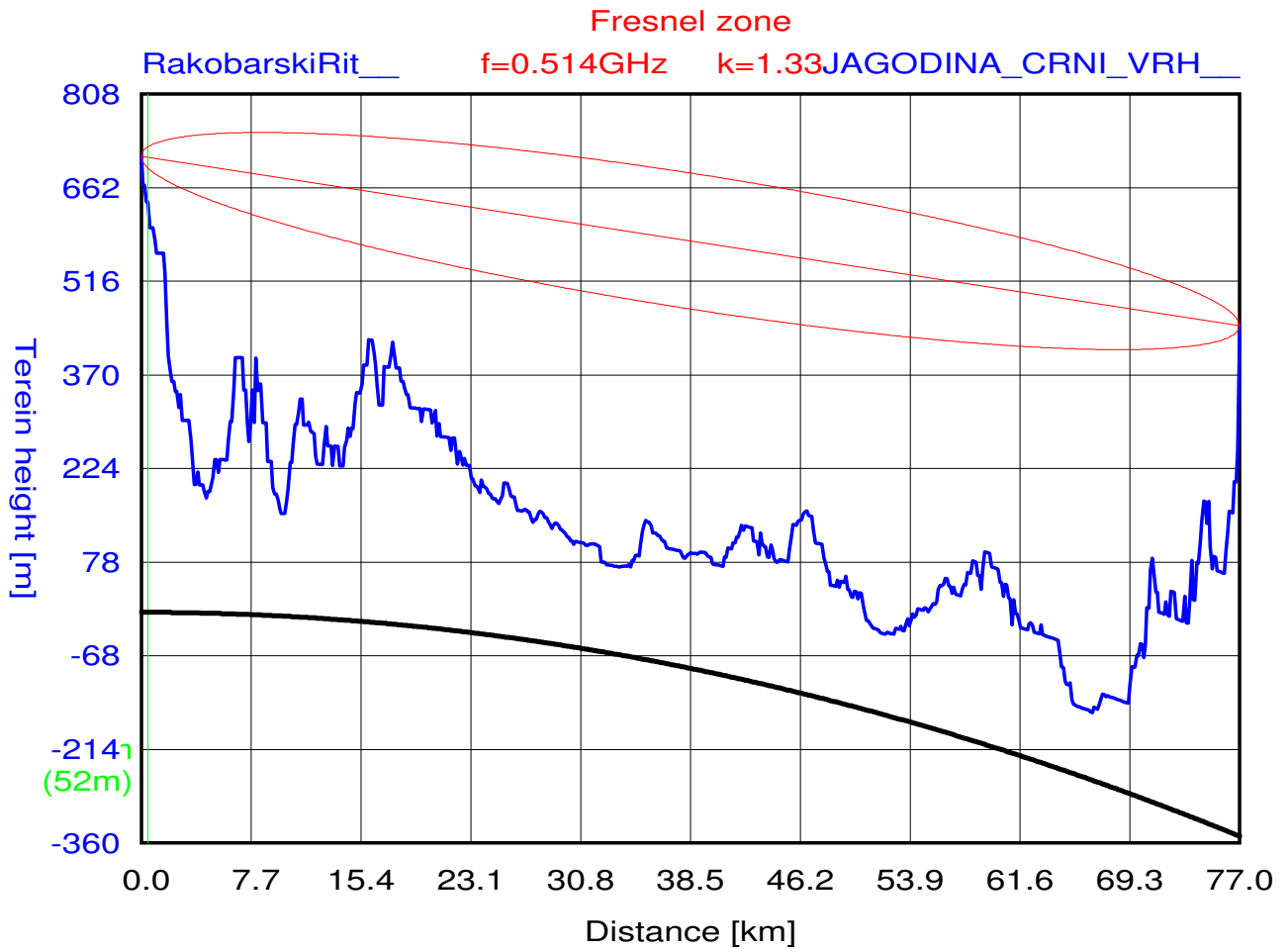


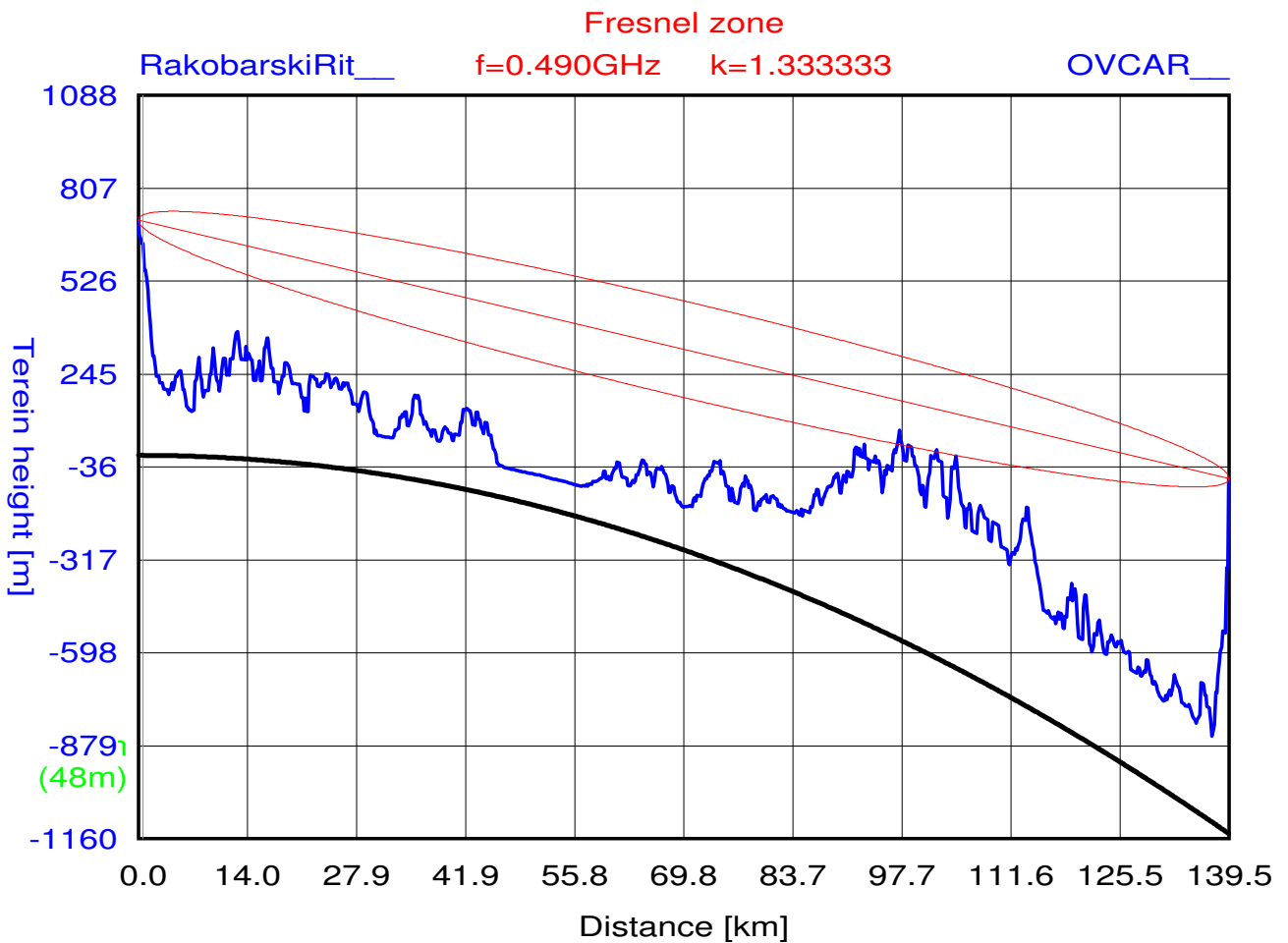
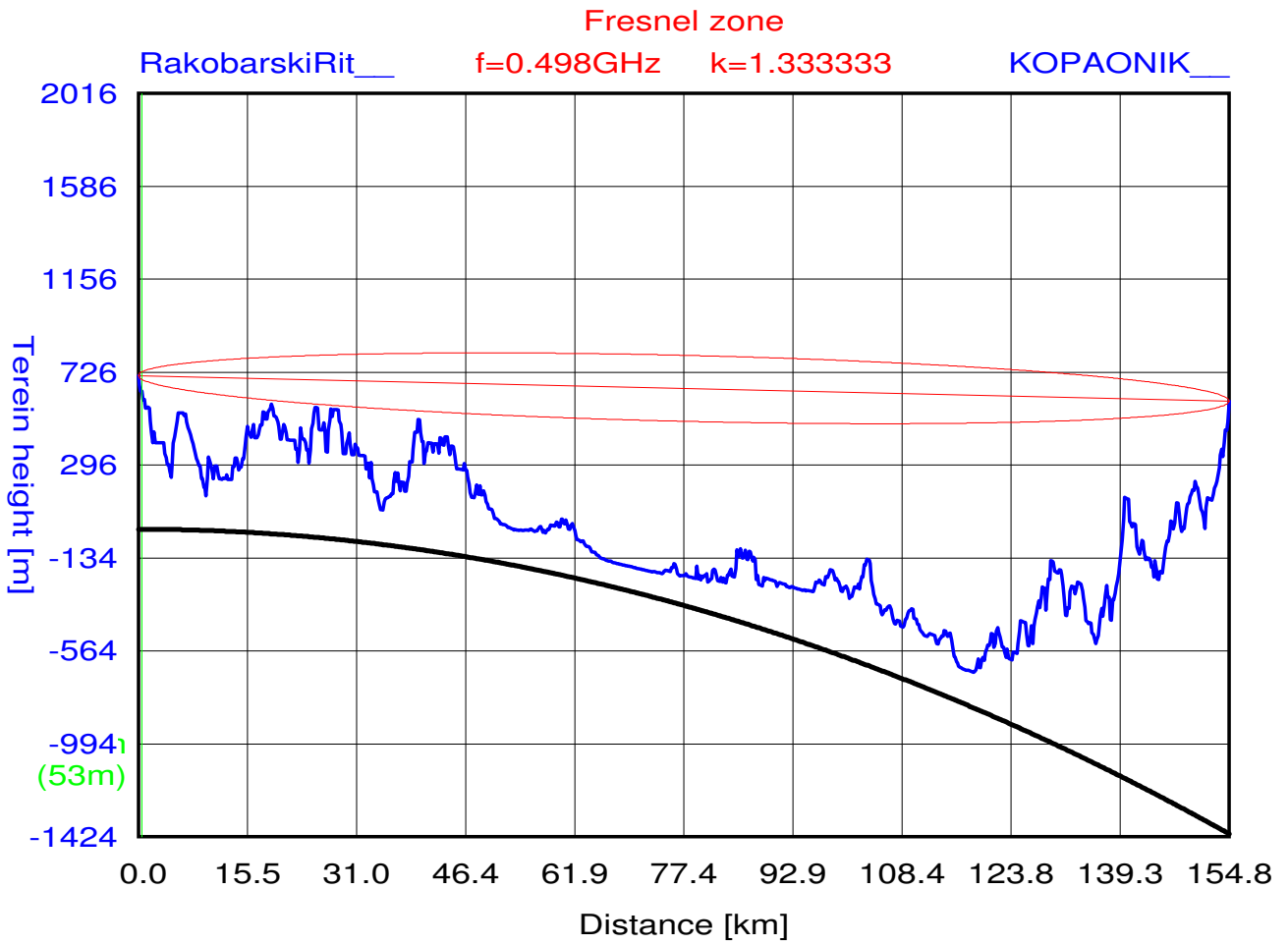


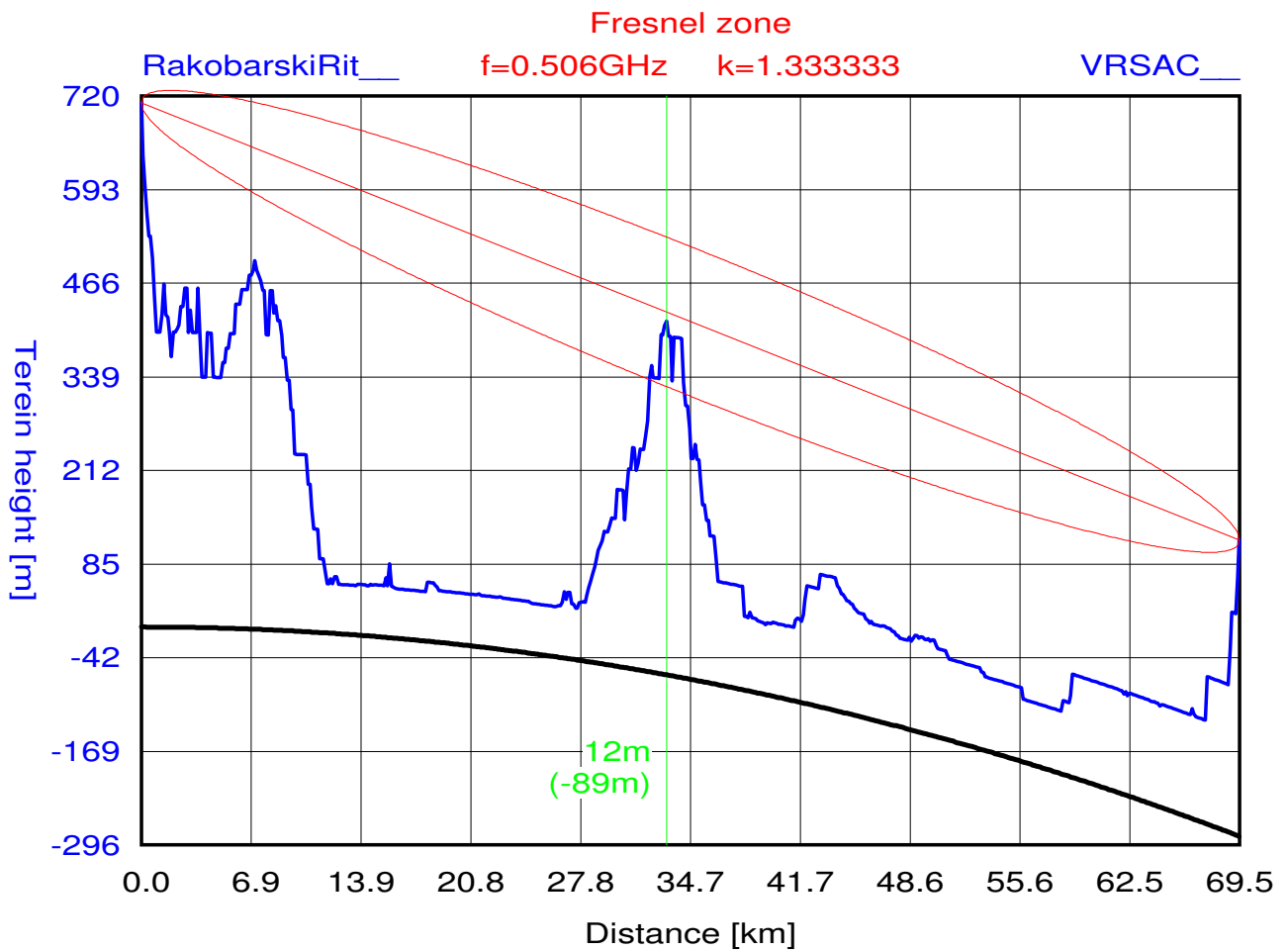
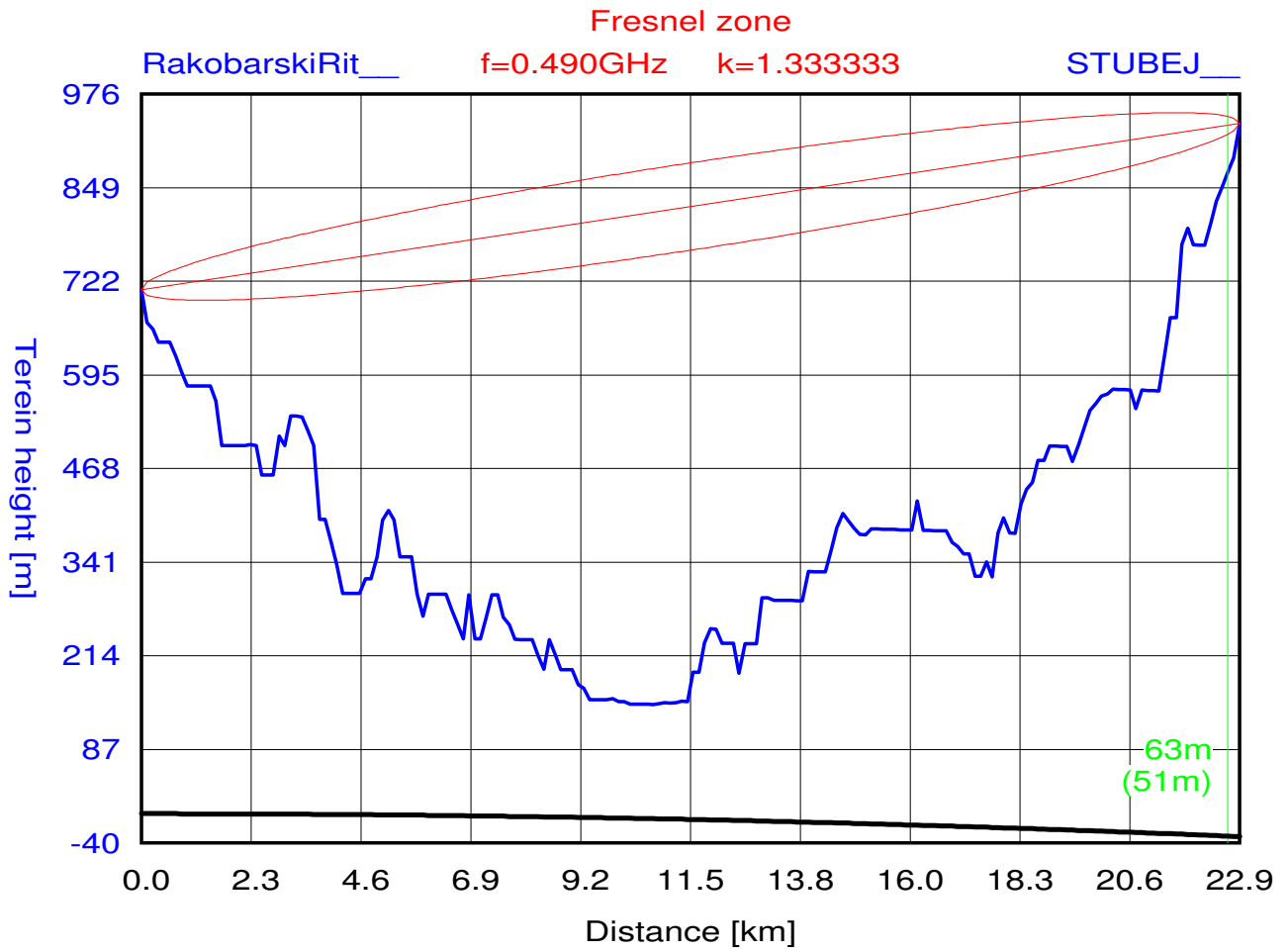


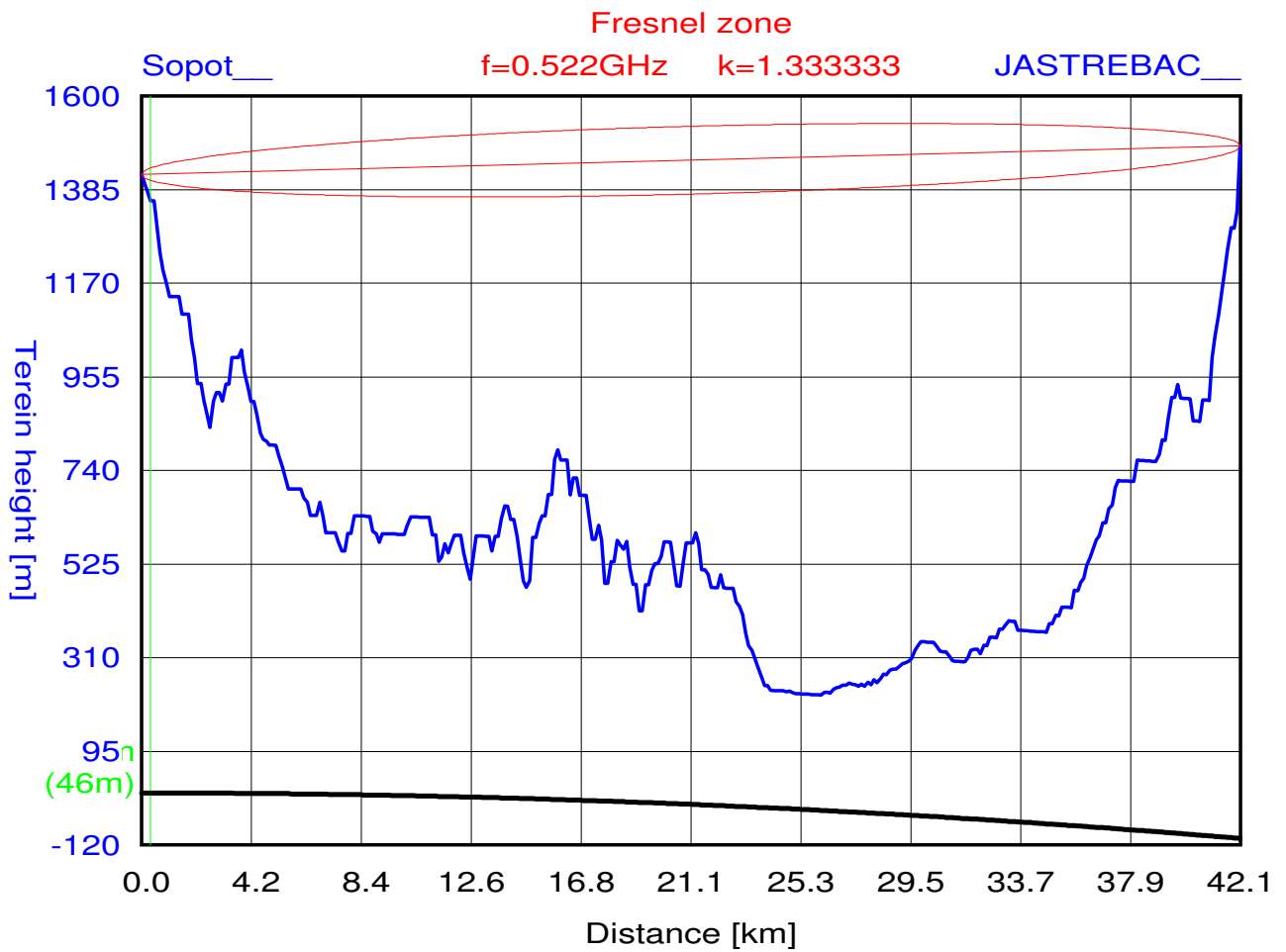


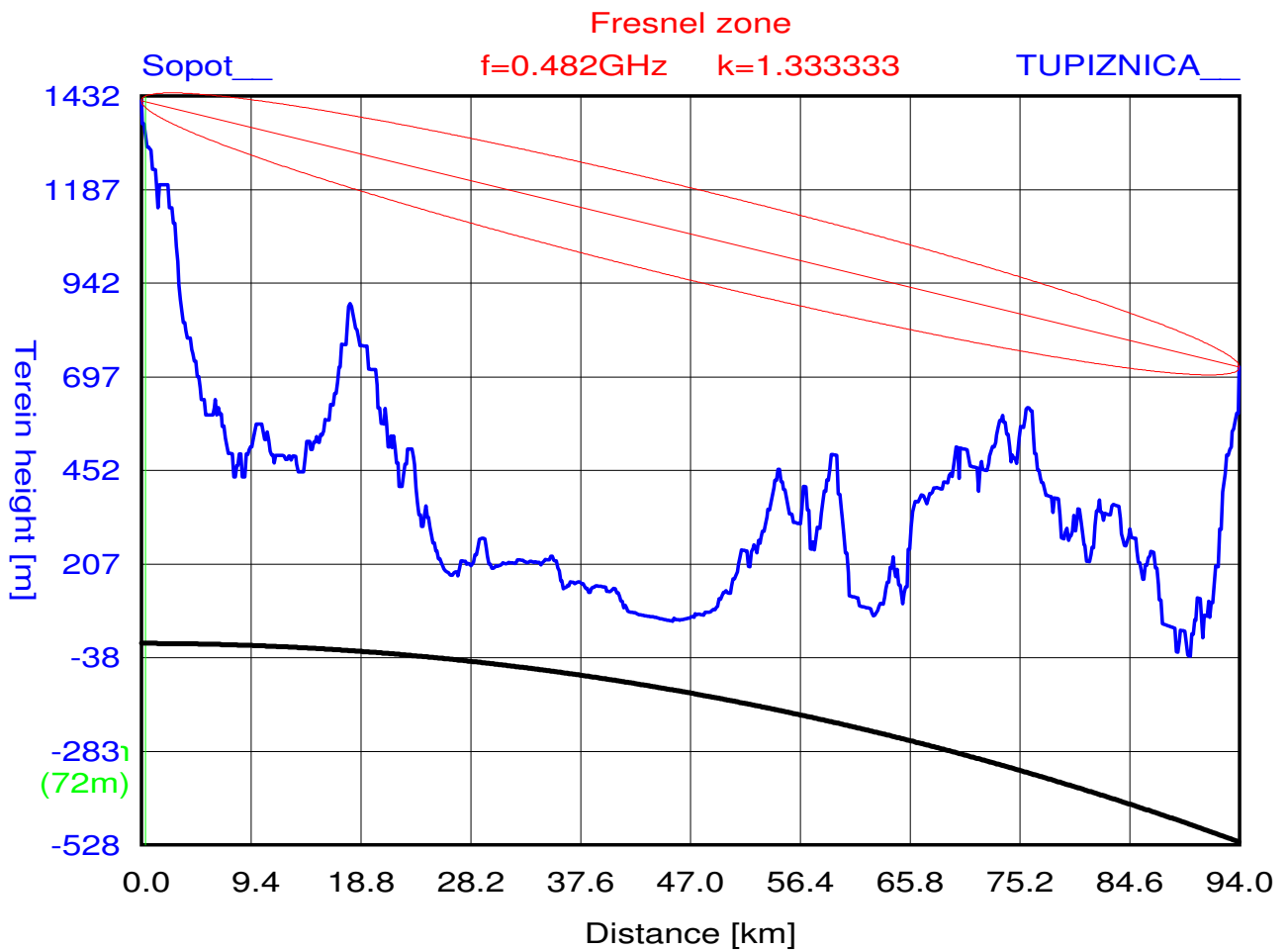
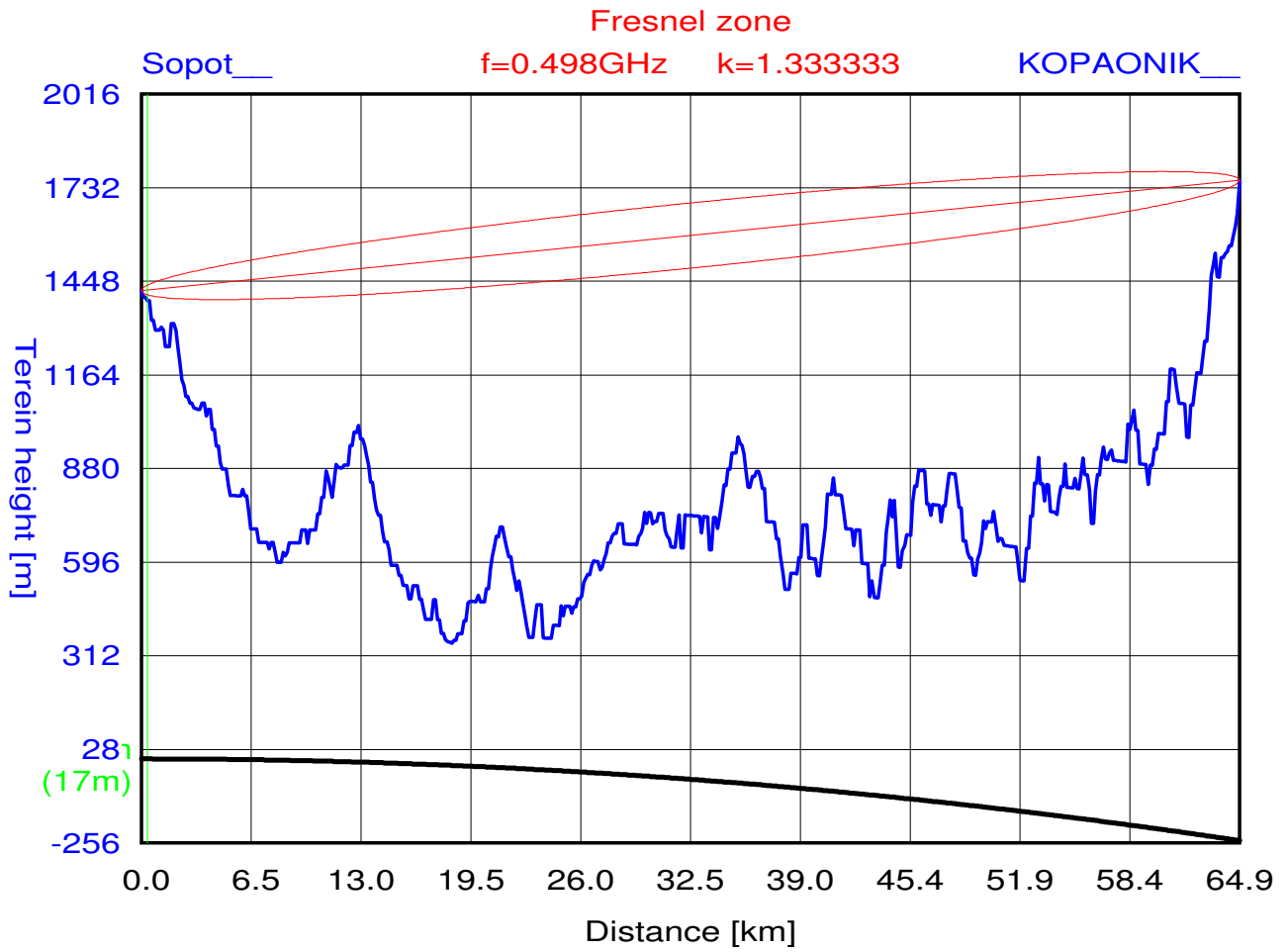


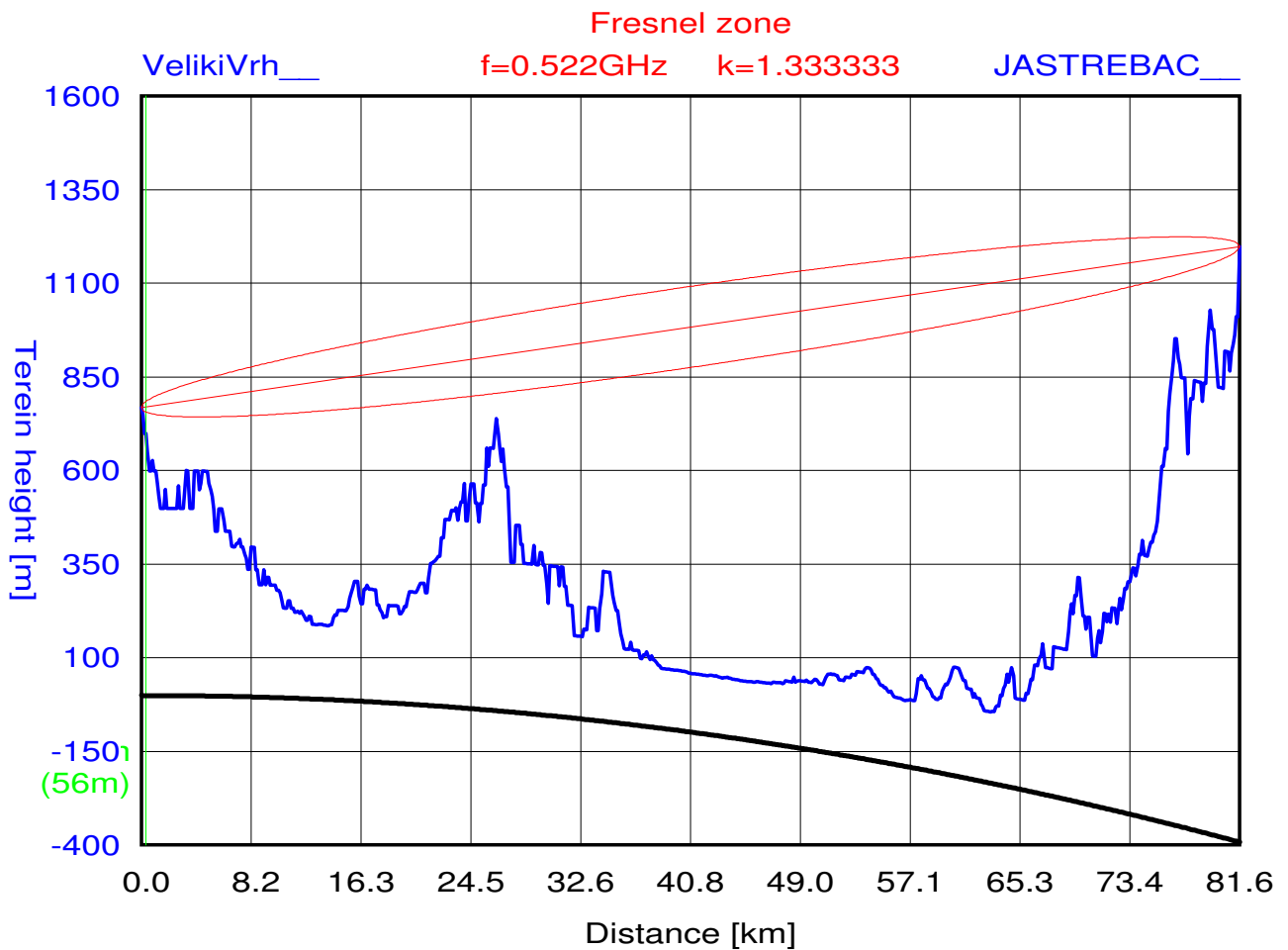
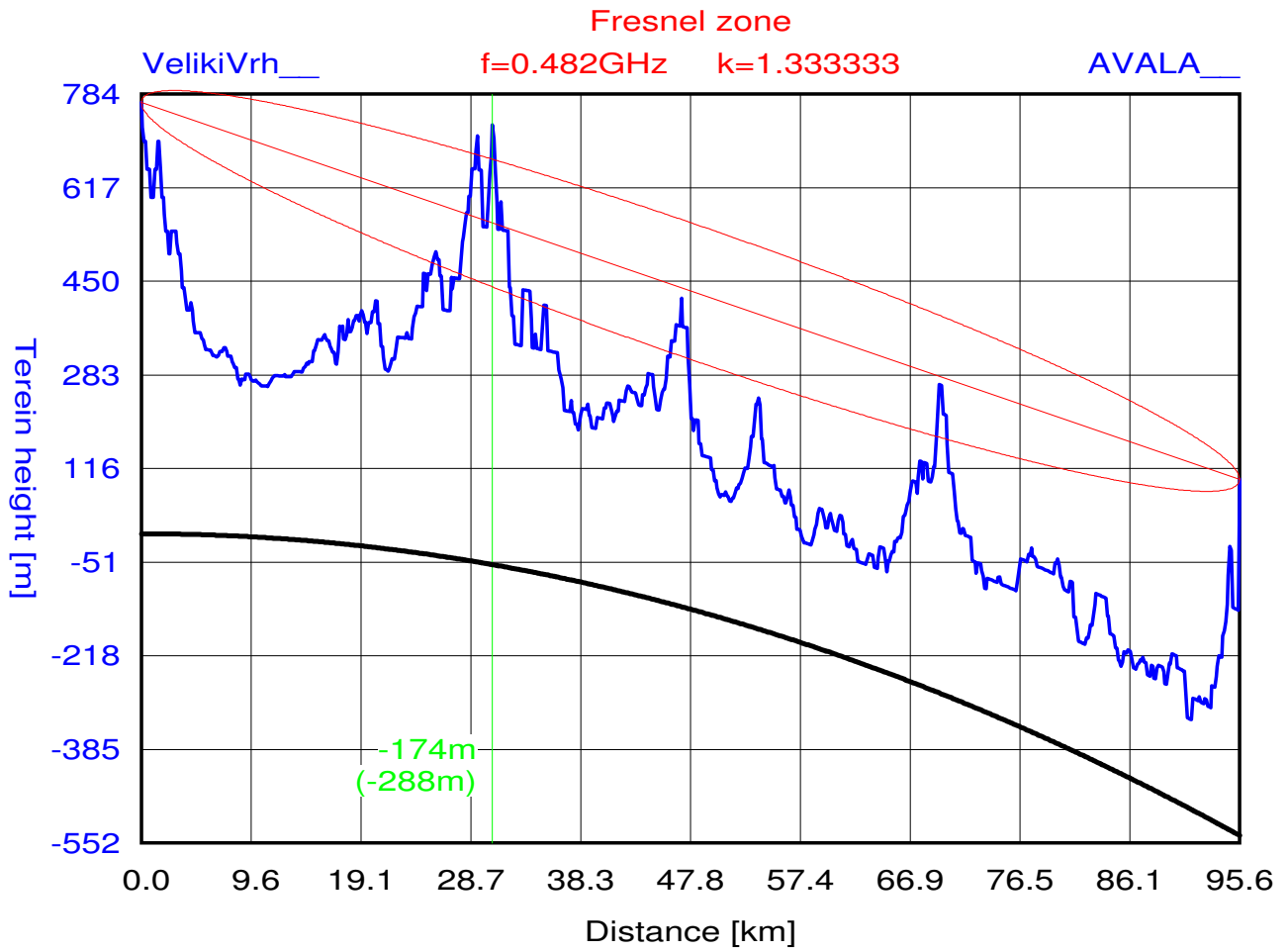


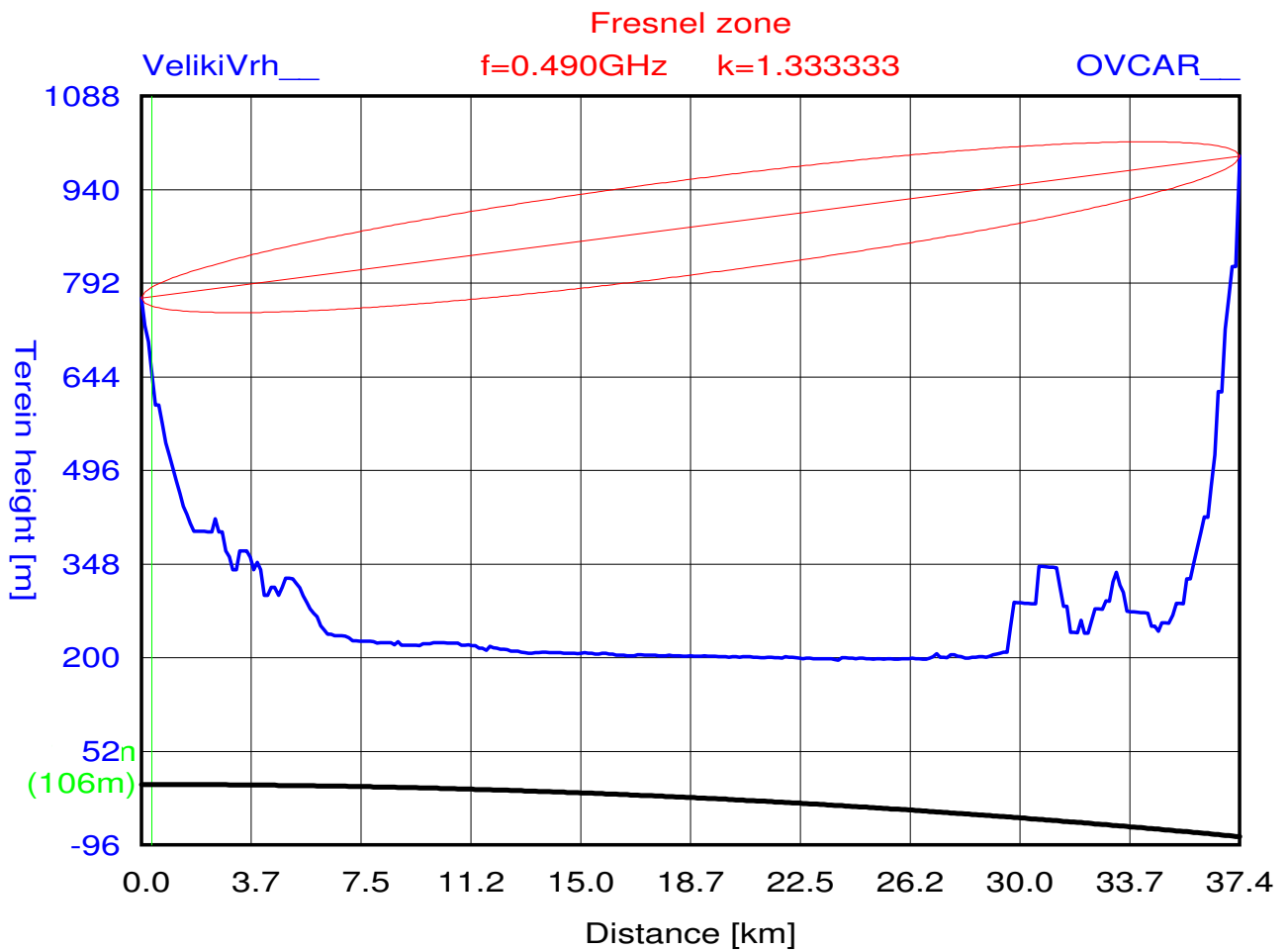
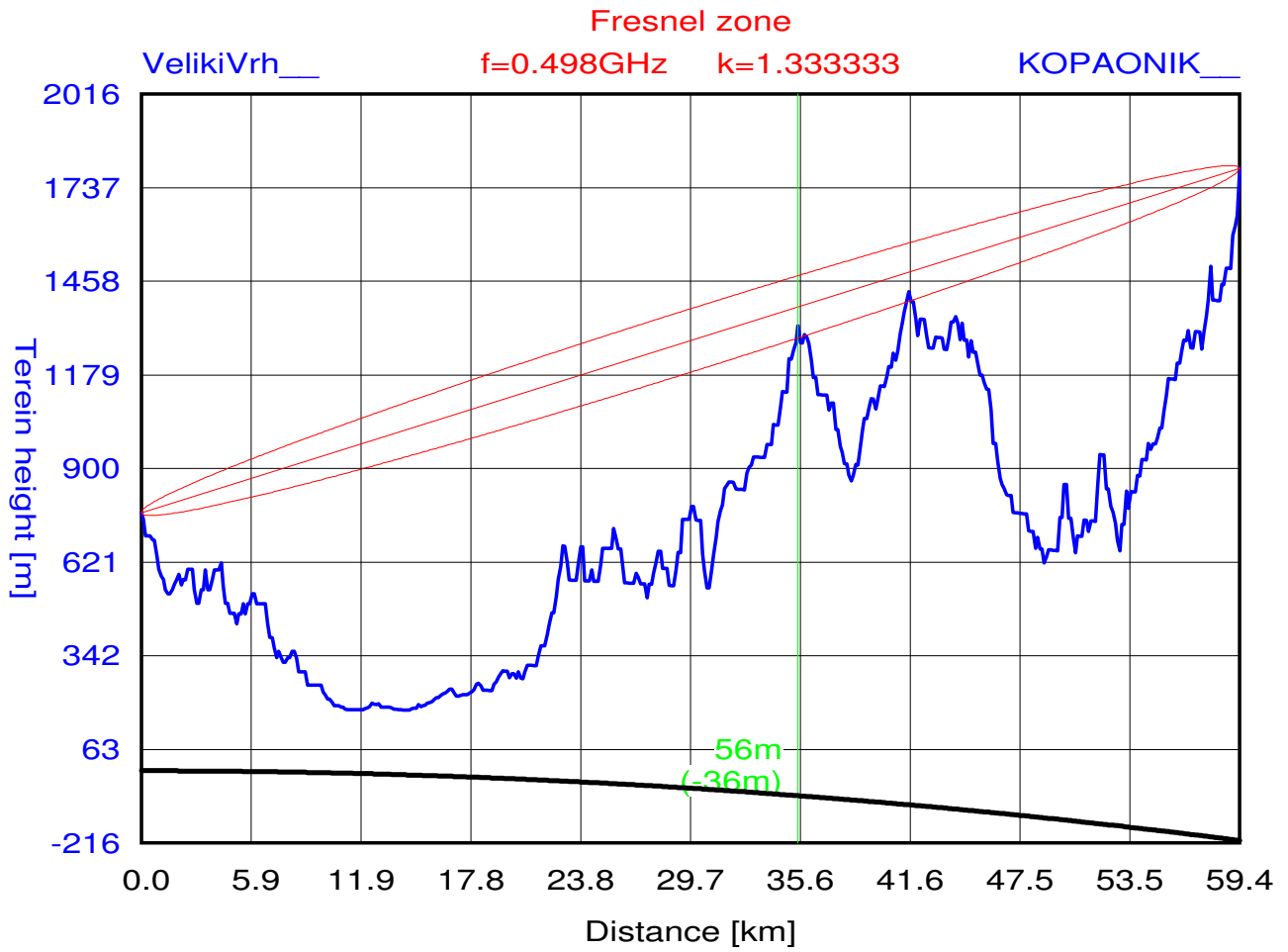


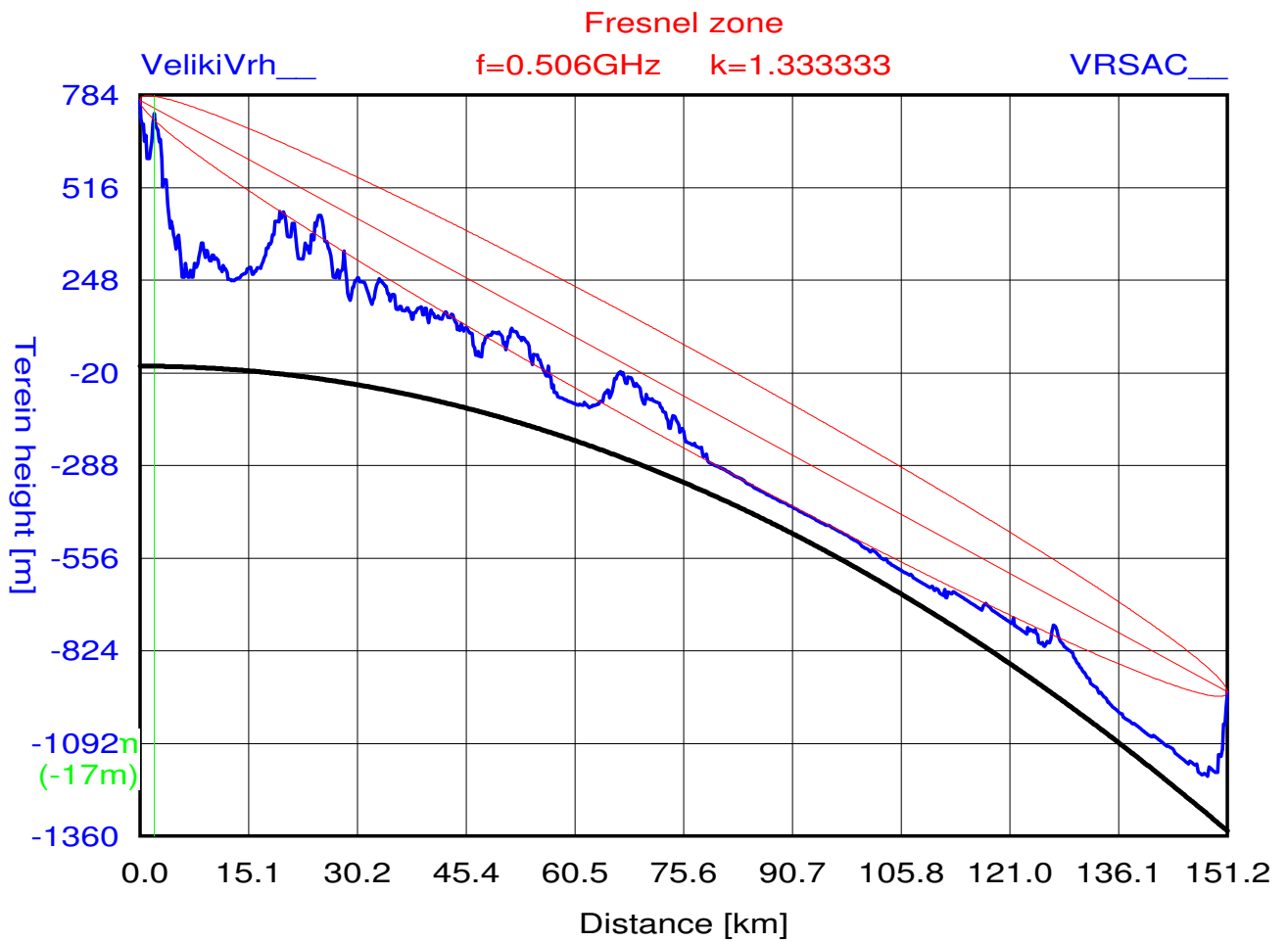






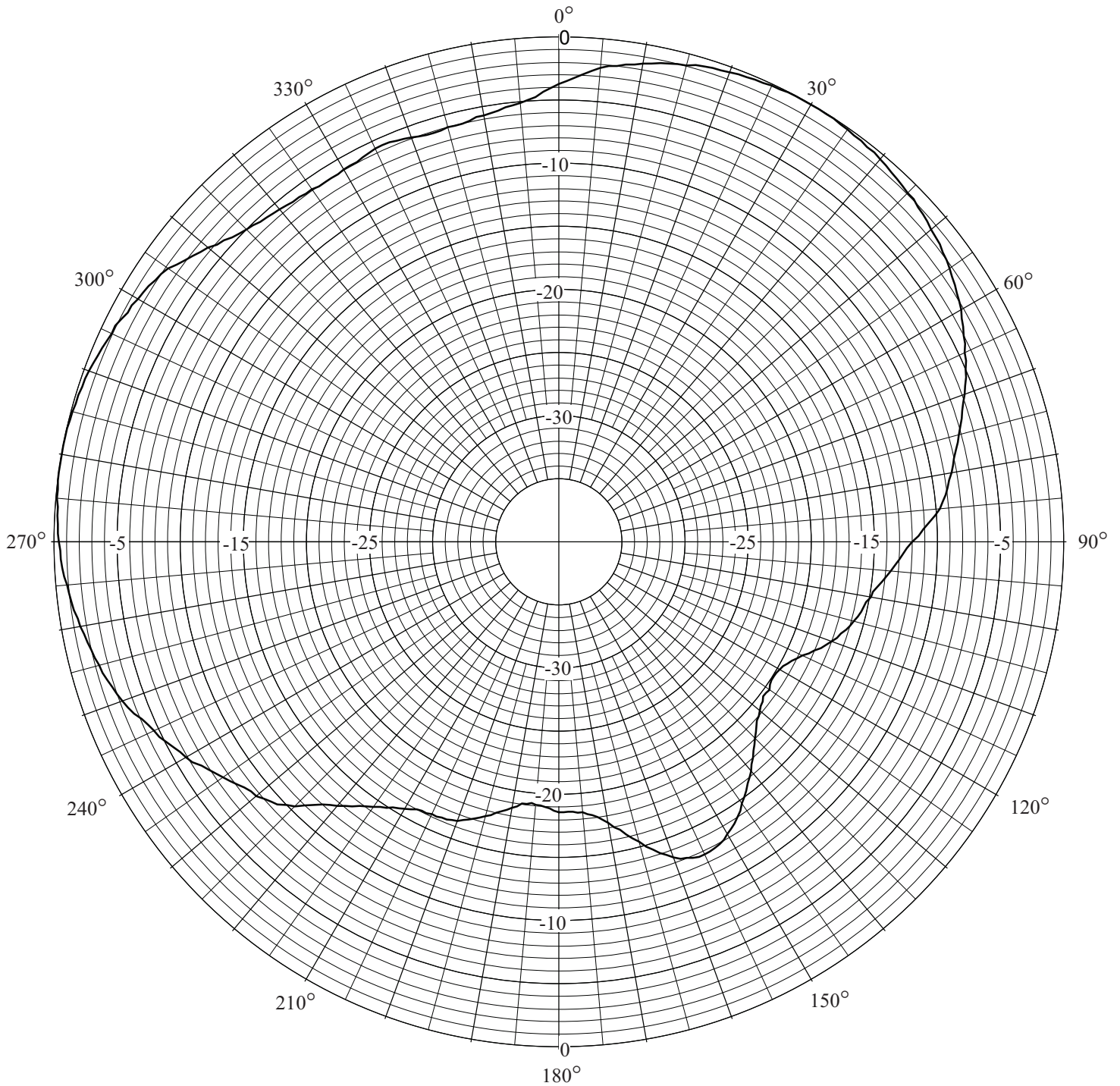






Prilog 5

**Fiksne merne stanice
Zbirni antenski dijagrami**



AZIMUTH PATTERN

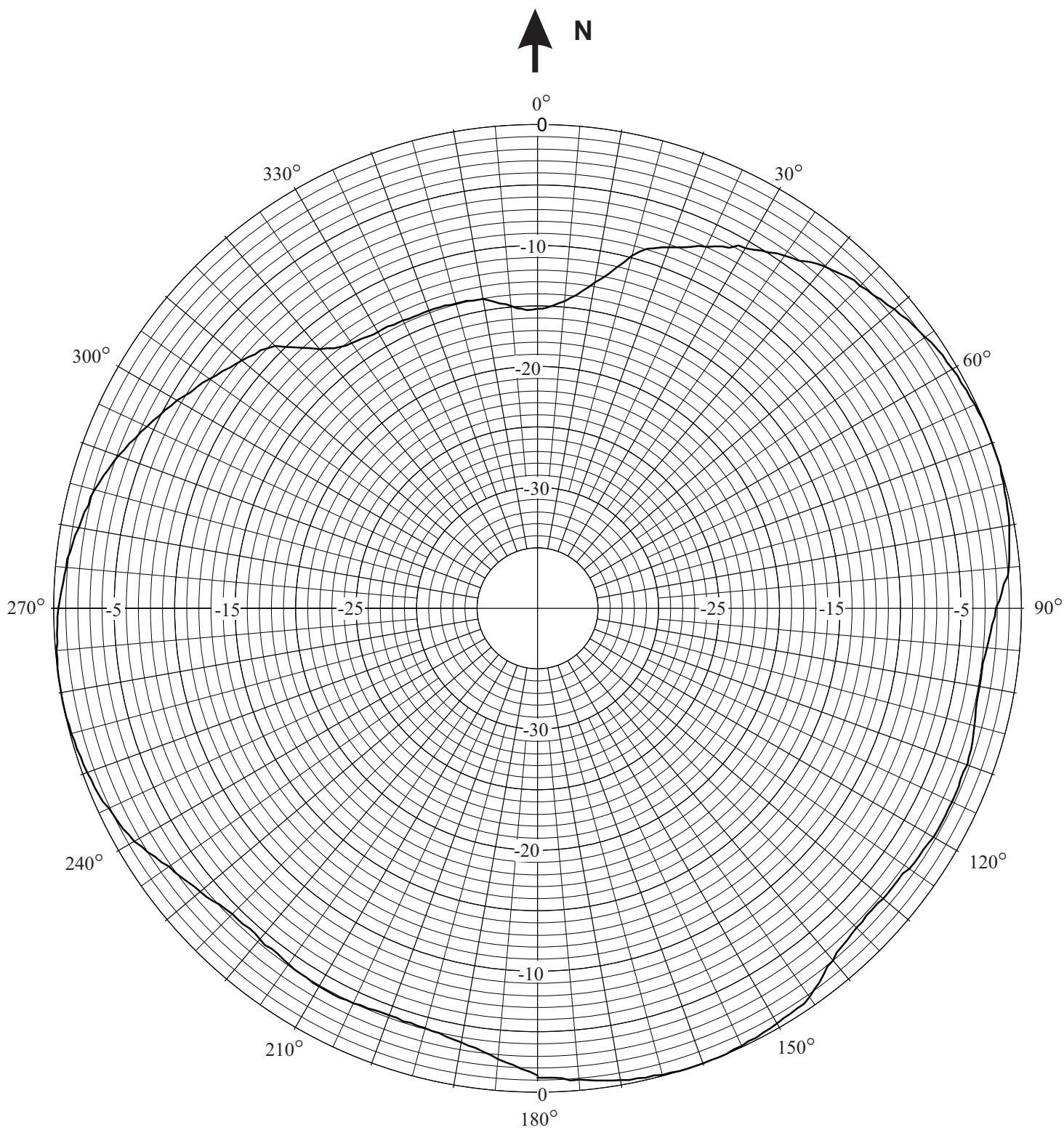
ANTENNA MODEL : CIGOTA
HALF POWER BEAMWIDTH - [deg.] : -

FREQUENCY - [MHz] : 460-870 MHz
ANT. FREQ. RANGE - [MHz] : 610 MHz

DOWN TILT - [DEG]: 0
ANTENNA GAIN - [dBi] : 7.63
SCALE: dB

White tigress (baby)
Elektrotehnički fakultet
Beograd

CALCULATED BY:	
PRINT DATE:	2.1.2017
APPROVED BY:	



AZIMUTH PATTERN

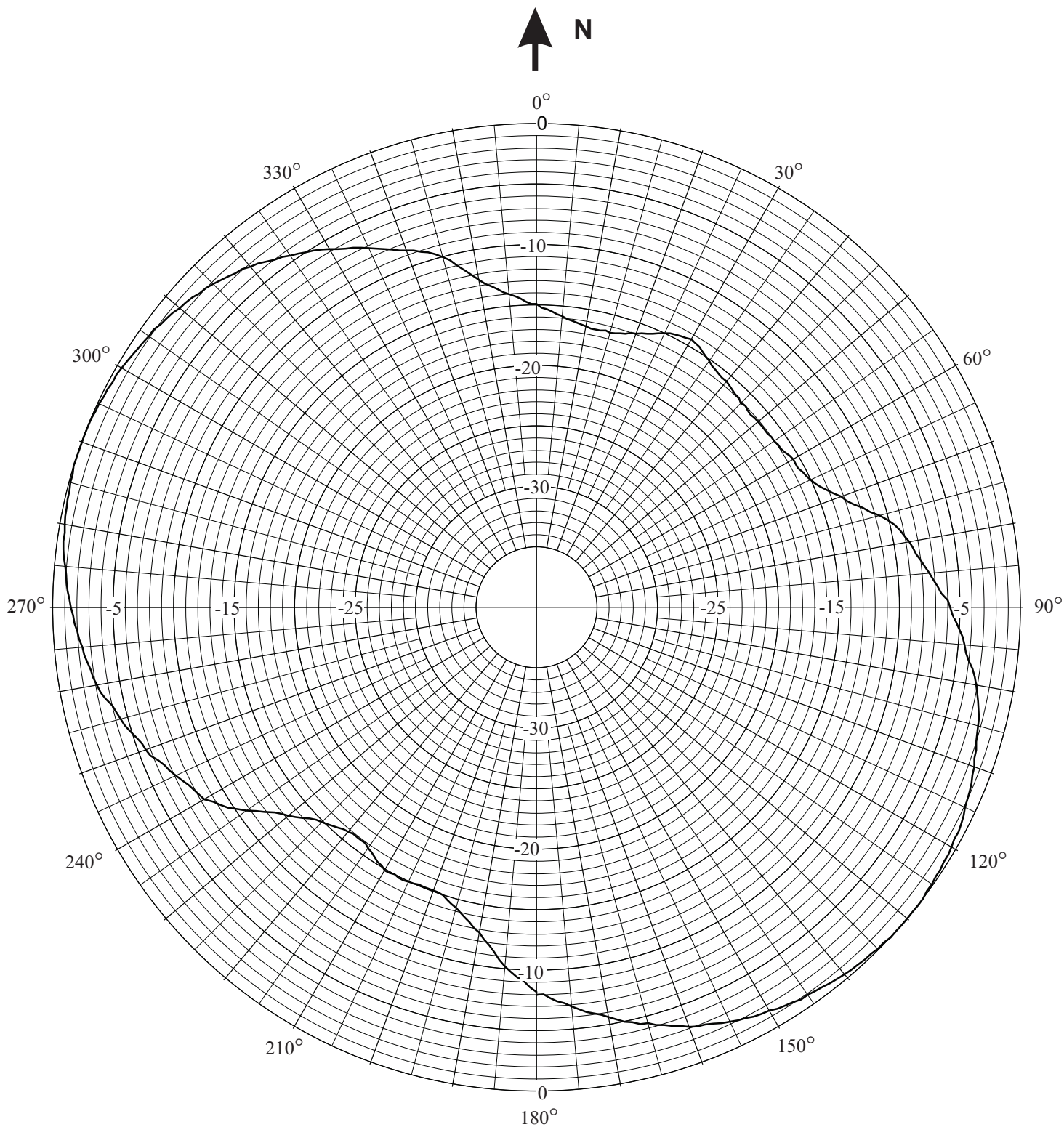
ANTENNA MODEL : DOBANOVCI
 HALF POWER BEAMWIDTH - [deg.] : -

FREQUENCY - [MHz] : 460-870 MHz
 ANT. FREQ. RANGE - [MHz] : 610 MHz

DOWN TILT - [DEG]: 0
 ANTENNA GAIN - [dBi] : 5.84
 SCALE: dB

White tigress (baby)
 Elektrotehnički fakultet
 Beograd

CALCULATED BY:	
PRINT DATE:	2.1.2017
APPROVED BY:	



AZIMUTH PATTERN

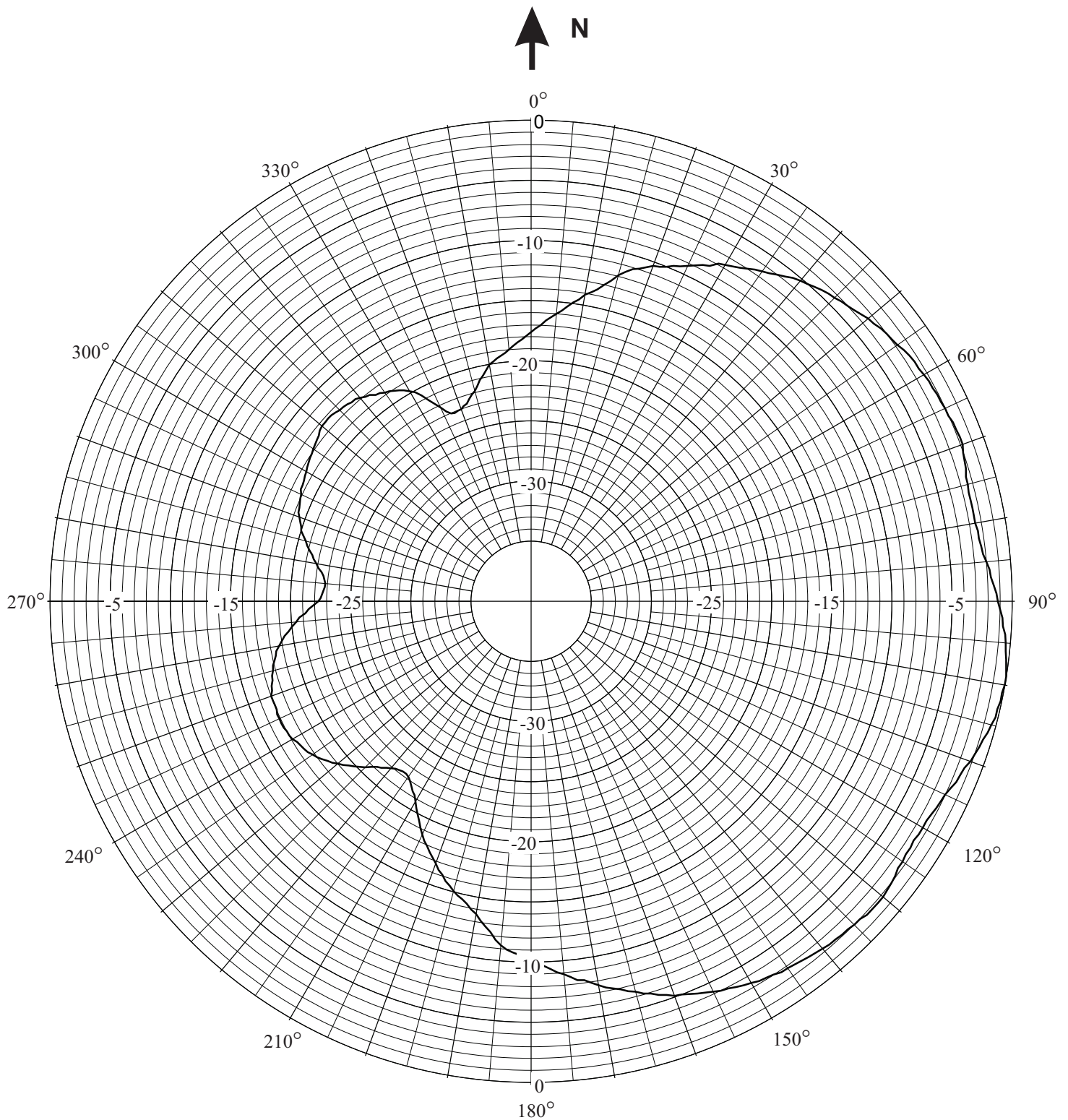
ANTENNA MODEL : OSTOJICEVO
 HALF POWER BEAMWIDTH - [deg.] : -

FREQUENCY - [MHz] : 460-870 MHz
 ANT. FREQ. RANGE - [MHz] : 610 MHz

DOWN TILT - [DEG]: 0
 ANTENNA GAIN - [dBi] : 7.60
 SCALE: dB

White tigress (baby)
 Elektrotehnički fakultet
 Beograd

CALCULATED BY:	
PRINT DATE:	2.1.2017
APPROVED BY:	



AZIMUTH PATTERN

ANTENNA MODEL : SOPOT

HALF POWER BEAMWIDTH - [deg.] : -

DOWN TILT - [DEG]: 0

ANTENNA GAIN - [dBi] : 9.55

SCALE: dB

FREQUENCY - [MHz] : 460-870 MHz

ANT. FREQ. RANGE - [MHz] : 610 MHz

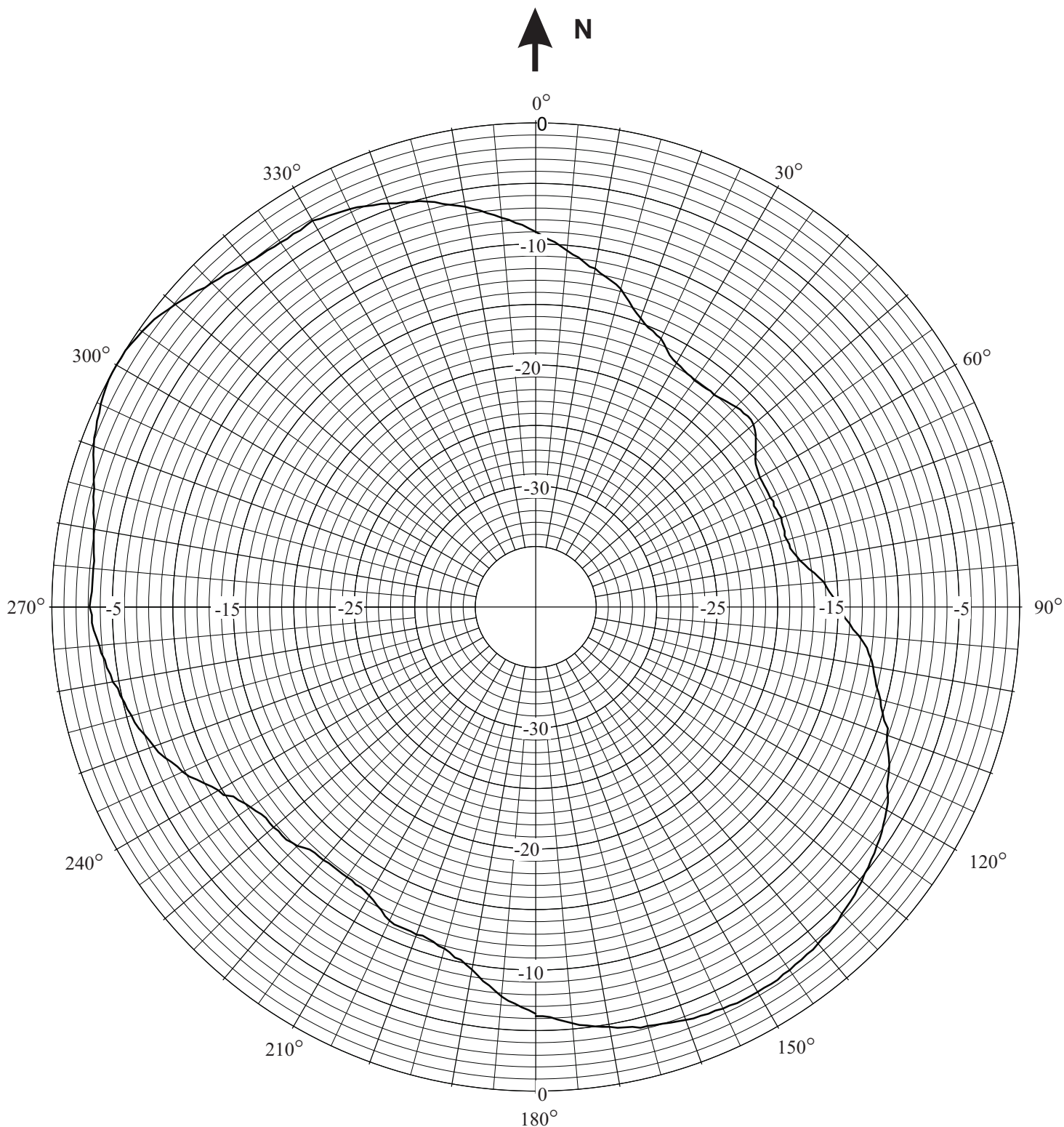
White tigress (baby)
 Elektrotehnički fakultet
 Beograd

CALCULATED BY:

PRINT DATE:

APPROVED BY:

2.1.2017



AZIMUTH PATTERN

ANTENNA MODEL : VELKI VRH
 HALF POWER BEAMWIDTH - [deg.] : -

FREQUENCY - [MHz] : 460-870 MHz
 ANT. FREQ. RANGE - [MHz] : 610 MHz

DOWN TILT - [DEG]: 0
 ANTENNA GAIN - [dBi] : 9.18
 SCALE: dB

White tigress (baby)
 Elektrotehnički fakultet
 Beograd

CALCULATED BY:	
PRINT DATE:	2.1.2017
APPROVED BY:	

Prilog 6

Radio System Design Tool - WHITE TIGRES (BABY) - Wtb



RADIO SYSTEM DESIGN TOOL
WHITE TIGRESS (BABY)- Wtb

- a shortened version -

Prof. Aleksandar Nešković, Ph.D. in EE
Prof. Nataša Nešković, Ph.D. in EE
Prof. Đorđe Paunović, Ph.D. in EE

THE RADIO SYSTEM DESIGN TOOL – "*WHITE TIGRESS (BABY)*" - *WTb*

The Radio System Design Tool "*WTb*" was created as a result of a long standing work of a large number of authors in the field of designing radio-systems. The title stems from the basic intentions of the authors: to develop a complex and a quality system for designing various types of radio-systems and the system to be modular and fully open for the superstructures according to specific requests of particular types of the radio-systems. The title suggests that such a package is rare in its class (*White Tigress*) and that it is developing continuously (*Baby*). Within the framework of the package *WTb*, the linking of the authors' theoretical knowledge and practical experiences was done with success, having in view that all the prediction models were tested in practice, all coefficients adjusted in real measuring conditions and the complete package was professionally used in an extended period of time.

It is to be emphasized that a large number of bigger or smaller radio-systems was designed in practice applying the package *WTb*. Some designs of importance for which *WTb* was used last few years or is used now are:

- The main project of the Paging system of Serbia.
- The preliminary projects of the GSM/UMTS systems of the cellular telephony TELEKOM SERBIA & VIP MOBILE SERBIA.
- Over two hundred technical documentations of GSM/UMTS base stations (over 20 000 trasceivers) and radio-relay links for TELEKOM SERBIA & VIP MOBILE SERBIA.
- The preliminary project of a network of cellular radio-links of Electrical industry of Serbia.
- The preliminary project of a network of cellular radio-links of the Electrical industry of the Serbian Republic.
- The preliminary project: The selection of the location for the new terrestrial satellite station of TELEKOM.
- The preliminary project with the elements of the main project of the business cellular radio-telephone system of JKP Belgrade water supply and sewerage system.
- The preliminary project of the proposal of the GSM system of the cellular telephony of the Montenegro.
- The preliminary project of the proposal of the GSM system of the cellular telephony of the Serbian Republic.
- The study of the development of Electrical distribution Belgrade.
- A concept solution of the dispatcher system for monitoring and controlling the production in the copper mine -Majdanpek.
- Over three hundred technical documentations of TV and FM radio-diffusion stations, radio-relay links and business radio-systems.
- and so on.

On the other hand, *WTb* is used and is intensively used in scientific-research activities of the authors and their associates, too. For example, this package was intensively used in the elaboration of two Master's theses and a great number of diploma final reports, several scientific papers were published in leading international and prestigious Yugoslav periodicals or presented with success at Yugoslav and foreign scientific conferences, etc.

Further text presents the outline surveys of basic units of the package *WTb*. Additionally, the survey of the databases was provided with which *WTb* is presently connected having in view the fact that in the process of designing modern radio-systems databases are of no lesser significance than the algorithms using them.

I. Presentation of program modules within the framework of the program package *WTb*

The program package *WTb* is a PC-application realized within the framework of the operating system Microsoft Windows. As already stressed, *WTb* has been permanently developing. At the moment several specific parts are clearly distinguished within the framework of this program package:

- program module for the terrain analysis (using the maps with the scale 1:25,000 and the digital base about the height of the terrain),
- program module for predicting the level of the electrical field in macrocell radio-systems,
- program module for predicting the level of the electrical field in microcell and indoor radio-systems,
- program module for measuring the level of the electrical field and/or the signal level,
- program module for the presentation and analysis of the measuring results
- program module for the analysis and synthesis of cellular radio systems,
- program module for the automatic frequency planning within the framework of cellular radio-systems,
- program module for calculating the visibility zone from the definite location,
- program module for designing microwave digital radio-relay links,
- program module for designing satellite links,
- program module for automatic inclusion of the diagrams of the antenna radiation and antenna systems.

Using **the program module for the analysis of the terrain by applying the maps of the scale 1:25,000 and the digital base on the terrain altitude**, it is possible to perform simply and fast the analysis of the microlocation from the point of view of setting a potential transmitter or a base station. Then it is possible to request the automatic drawing of the terrain profile from a given transmitter position of the cursor position. On the drawing of the terrain profile the geographic position of the transmitter, geographic position of the cursor, the distance, the azimuth and the elevation are automatically written down. The illustration of this program module is given in Fig. 1.

Within the framework **of the program module for predicting the electrical field level in macrocell radio-systems** several popular methods for the prediction of the electrical field level were realized: CCIR, CLA, Okumura-Hata's and Lee's model. Also, the original model of the prediction with the use of neural networks - ANN was realized. In all the mentioned models, the basic models were superstructured by using the base on the exploitation of the soil and the results of extended measurements carried out on Yugoslav spaces for several frequency ranges of particular interest.

The prediction of the electrical field level can be made, in two ways within the framework of *WTb*:

- *A classical manner (according to profiles); the prediction of the electrical field level is made on a given number of directions starting from the transmitter location.* For a given level of the field which is protected, a radio-shade zones and the zones of covering the radio-transmitter are determined. Such a way of prediction is suitable in the systems when a single radio-transmitter is considered (for example TV or FM radio-diffusion). Apart from that such a manner of prediction of the electrical field level is usually required by a majority of national administrations in the world. Fig.2 illustrates this manner of prediction of the electrical field level.

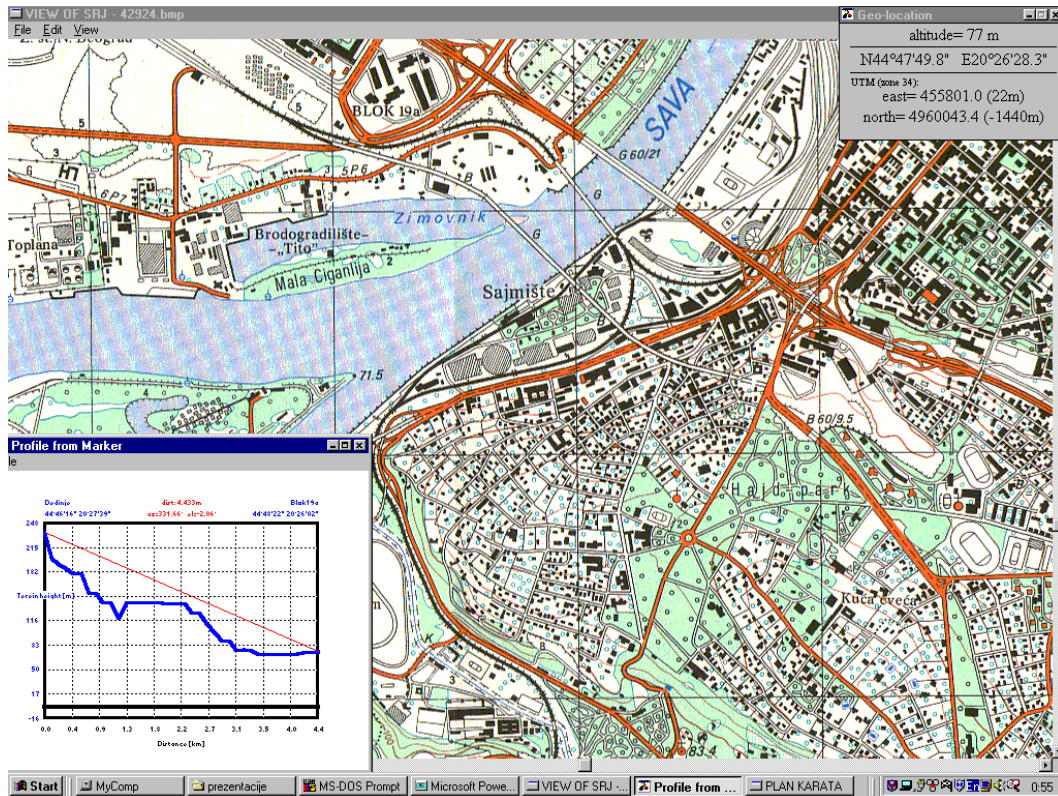


Fig. 1. Wtb -the illustration of the programme module for the terrain analysis using the maps 1:25,000 and the digital 3D terrain elevation database

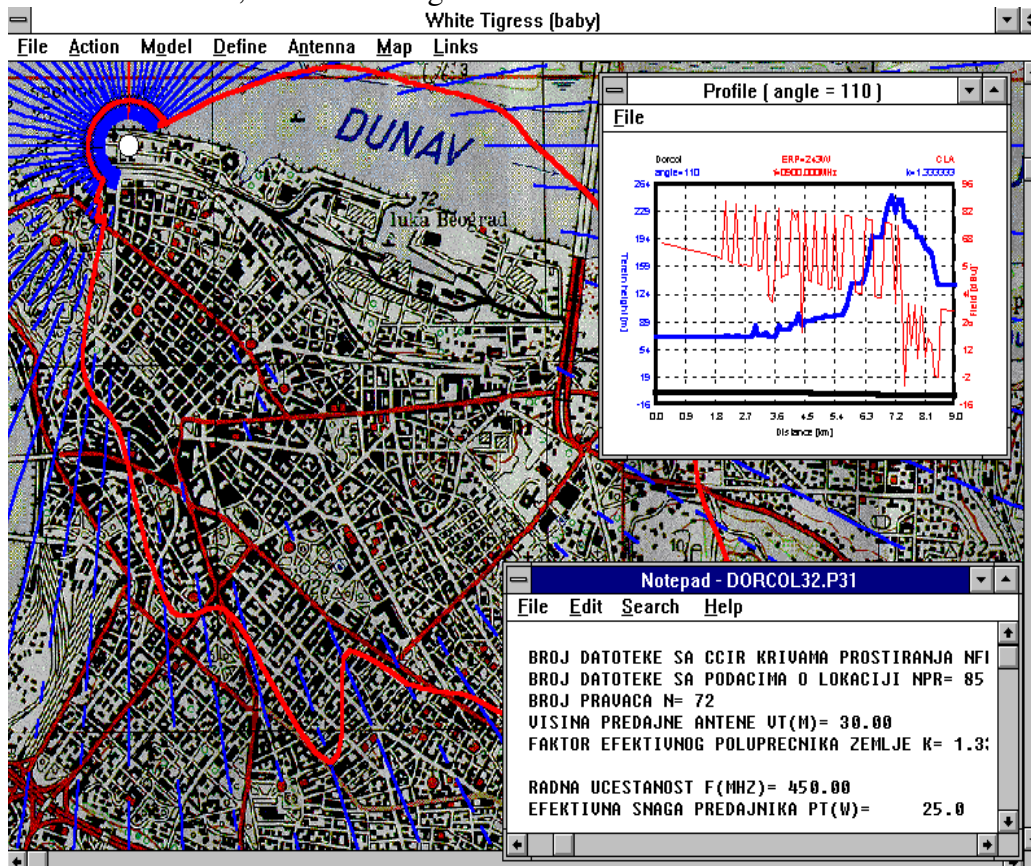


Fig. 2. Wtb-illustration of the program module for predicting the electrical field level in a macrocell (“prediction according to profiles”)

- *Prediction of the electrical field level calculated for every elementary part of the database on the terrain.* Within the framework of this manner, the prediction results are marshalled into a rectangular matrix for every transmitter, so that the analysis of the mutual functioning of two or more transmitters can be relatively easily done. Such a prediction way is of essential significance for designing a modern cellular system; it makes possible to realize maximal possible capacity of the system with respect to the traffic. The illustration of the program module realizing such a manner of prediction is displayed in Fig. 3.

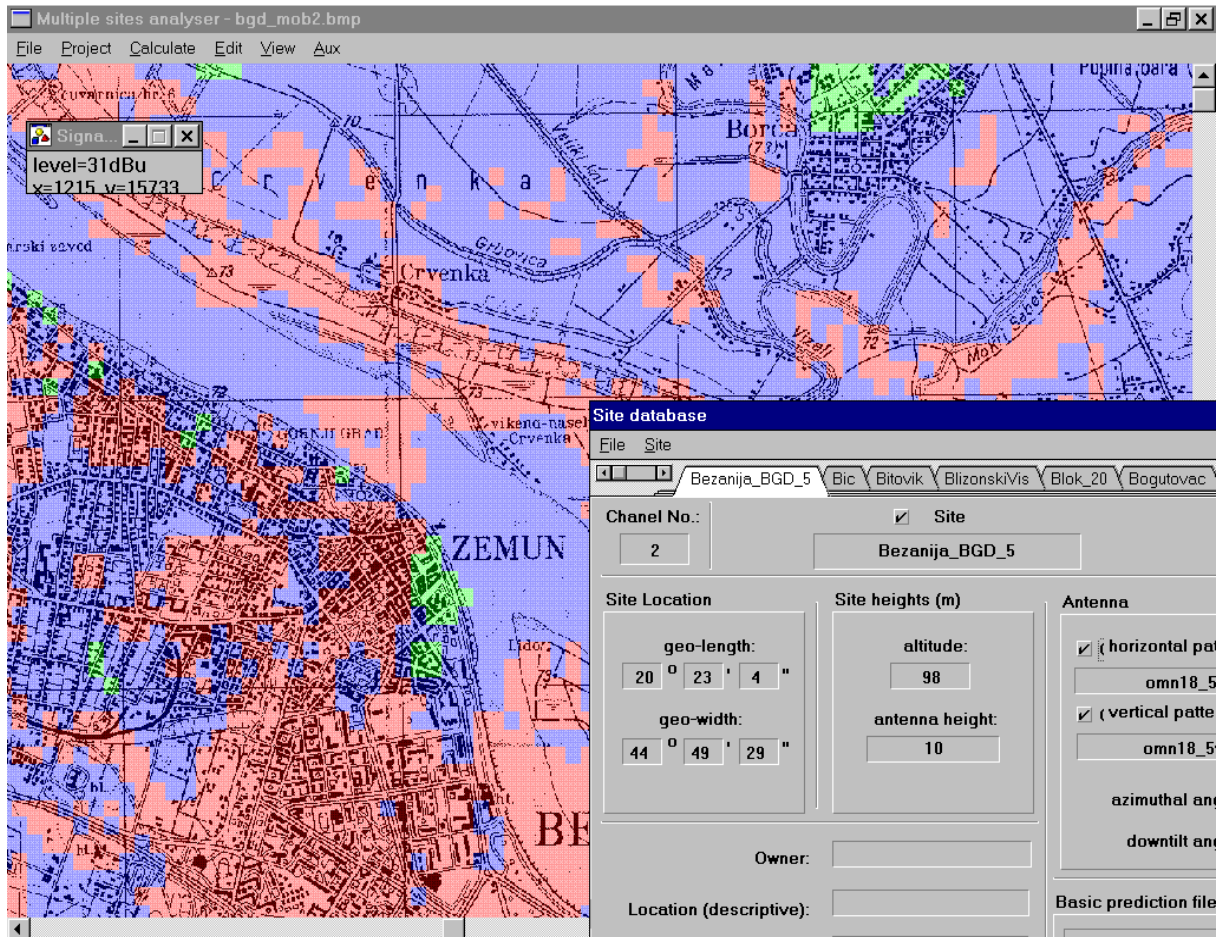


Fig. 3. *Wtb* - the illustration of the program module for predicting the electrical field level in the macrocell (“prediction for every basic element of the base”)

The prediction of the electrical field level in microcell and indoor radio-systems was realized in the framework of the particular program module. The electrical field level prediction in the microcell is grounded on an automatic analysis of digitalized aerial photographs or on the precisely modelled surrounding of the microcell. As the prediction methods the improved variant of the popular *Lee* model for a microcell and the model using a neural network were implemented. On the basis of the results of extended measurements of the electrical field level the models were adapted to our conditions. The model for predicting the electrical field level in indoor surroundings is based on the neural networks principles. The neural network in its first step is “instructed” over the measured data and then it is used for the prediction of the electrical field level. This model was also developed in our conditions.

Within the framework of the program package *WTb* two types of the measuring systems were developed: **1. an automatized system for measuring the electrical field level stemming from the test transmitter** and **2. an automatized system for measuring the signal level of the active GSM system**. The first type of measurement is carried out in the processes of adapting the prediction model and determining correction factor when high reliability and accuracy are required. The basis of the measuring system consists of the measuring receiver of high sensibility Anritsu ML 521/522 (having fast analogous and digital outputs) and a particularly calibrated measuring antenna. In the course of measurements the automatic positioning of the measuring vehicle is made by the GPS receiver. The automated system for measuring the level of the signal of the active GSM system enables the analysis of the quality of the GSM system in operational work. The measuring system makes possible a parallel measurement of the level of the signal of the active and adjacent servers, the measurement of the signal level at the requested channel, as well as the measurement of other additional parameters. The basis of the measuring system in this case is a mobile unit NOKIA 51xx/6xxx; the positioning of the system is made automatically by means of the GPS receiver. The block-schemes of the previously described measuring systems are presented in Fig. 4 and 5. It should be stressed that at present the program module for measuring the probability of blocking and the quality of the established connection at the side of the mobile user is in a final developing stage.

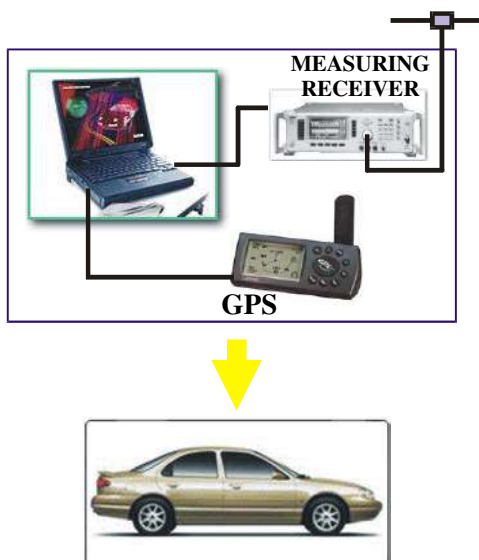


Fig. 4. The block scheme of the measuring system for measuring the electrical field level stemming from the test transmitter

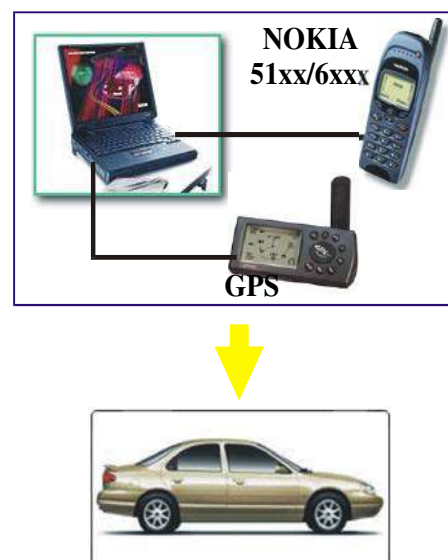


Fig. 5. The block scheme of the measuring system for measuring the signal level of the active GSM system.

The program module for the presentation and the analysis of the measuring results enables the survey of the measurements made on the geographic map. The base for geo-reference are the data used from the GPS receiver or the markers introduced during measurements. The analysis of the data measured implies the statistical analysis both within the framework of micro and macro zones. This part of the program module enables also the automatic comparison of measuring results and prediction results on the basis of which the correction factors of some models are obtained in order to increase to the maximum the accuracy of the model. The illustration of this program package is displayed in Fig.6 (the presentation of particular measuring results) and 7(the presentation of imbedded values on the maps 1:25,000).

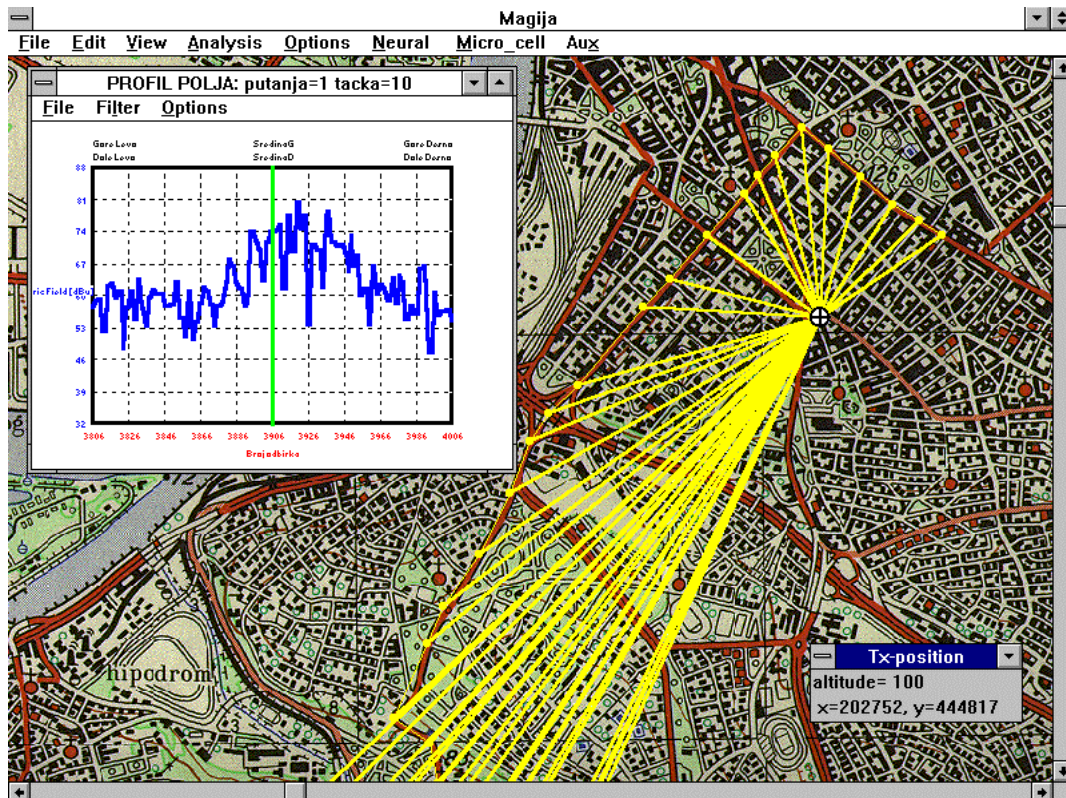


Fig. 6. WTb- the illustration of a program module for the presentation and the analysis of the measuring results of the electrical field level (the survey of some particular measuring results)

Program module for the analysis and synthesis of cellular radio systems enables the analysis of a common work of a large group of transmitters, i.e. of multi-sectorial and multichannels base stations within the framework of a complex cellular system. This analysis primarily implies the calculation of a summary covering of the territory by the entire system, the calculation of the co-channel interference, the calculation of adjacent channel interference and the calculation of the service zone of every cell. The illustration of this program module is given in Fig. 8.

For the needs of cell planning, the **program module for automatic generation of the frequency plan** was developed. The main ideas of the original algorithms could be summarized as follows:

- The configuration of the cellular radio-system should be known.
- The requests with respect to the traffic capacity should be defined.
- The main idea is to find an optimized space and frequency distribution of disposable radio-channels in such a way to minimize the interference in the system.
- The process is based on electric field level prediction results.
- There is a fully automatic determination of cell neighbours.
- The handover parameters are taken in consideration.
- C/I weights can be freely changed.
- The planing process is fully automatic.
- There is a possibility to predetermine some channels within the system.

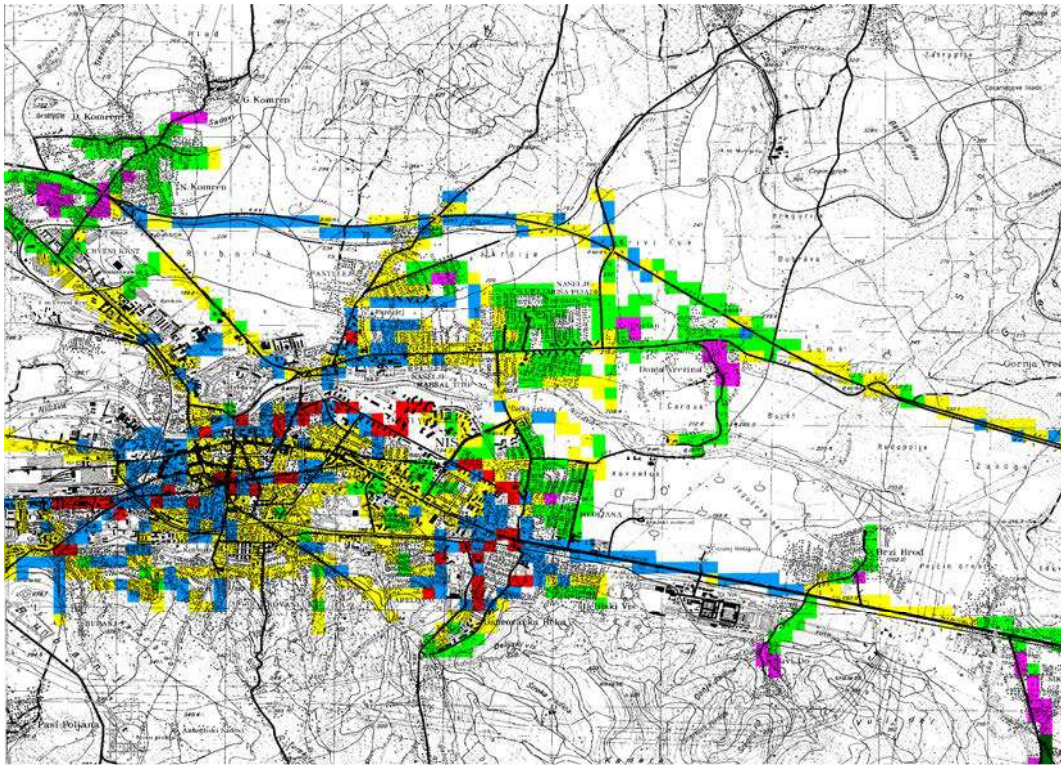


Fig. 7. WTb - the illustration of the program module for the presentation and the analysis of the imbedding results of the measuring of the electrical field level (presented on the maps 1:25,000).

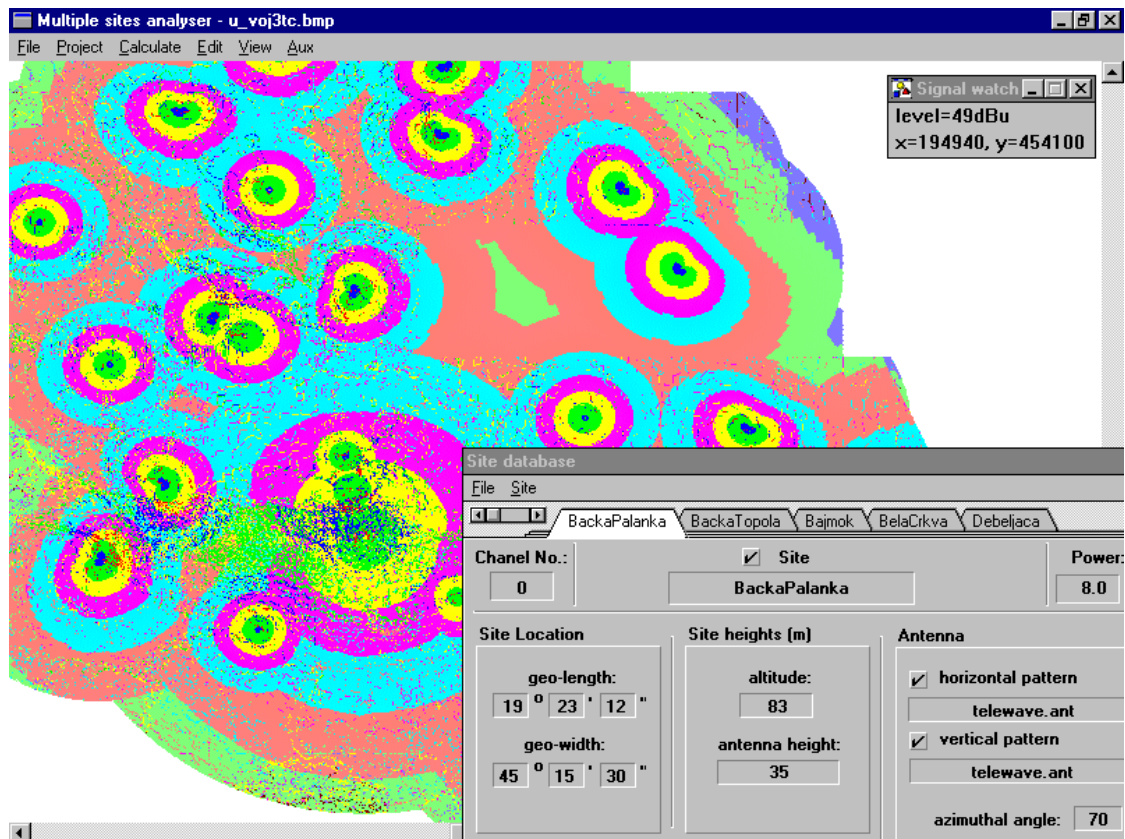


Fig. 8. WTb - the illustration of the program module for the analysis and syntheses of cellular radio-systems

Within the framework of **program module for designing microwave digital radio relay links** the standard CCIR procedure for designing digital radio-relay links was realized.

Within the framework of **the program module for designing satellite links** an assembly was developed for determining elevation obstacle-free angles in some directions. As a separate entity an algorithm was realized for automatic research of the territory, i.e. automatic determination of the location where the optical visibility conditions to the requested number of potential interferers were not satisfied.

The program module for calculating the visibility from a particular location **enables a simpler analysis of the possibility of connecting the transmitter location (base station) with the transmitting system.** Fig. 9 displays the illustration of this program module.

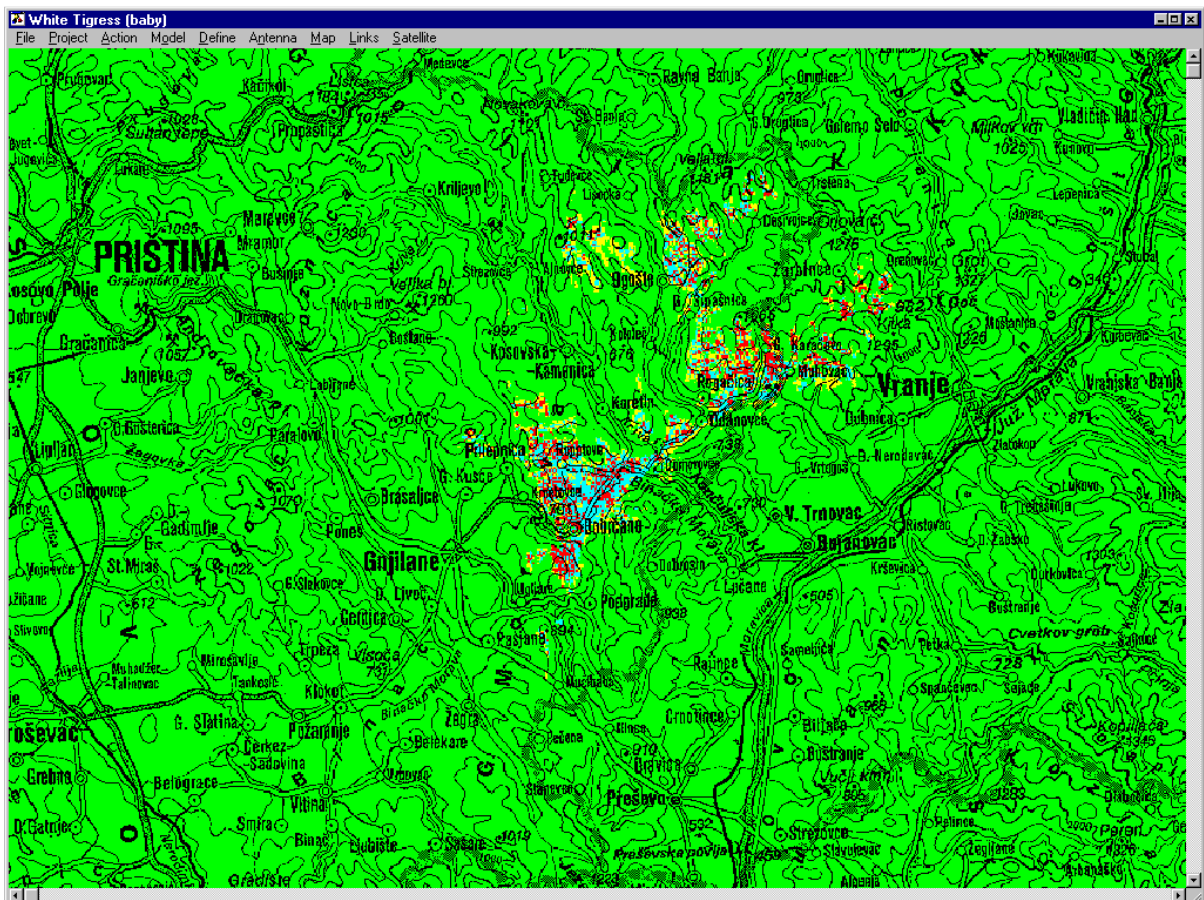


Fig.9 *WTb* -the illustration of the program module for the calculation of the visibility from a particular location.

Having in view the fact that the manufacturers of antenna systems supply only the reviews of the diagrams of the antenna radiation in two orthogonal planes, **the program module was developed for automatic insertion of the radiation diagram of antennas and antenna systems**, i.e. the conversion into a digital form. Also, an algorithm for the interpolation of the diagram of the antenna radiation in the directions not belonging to orthogonal planes for which the radiation diagram was defined.

Apart from the quoted program modules there is a series of smaller program entities for the realization of minor auxiliary functions, i.e. small things of great importance.

2. Databases

The quality of all modern planning methods of radio-systems depends to a great extent on the number and quality of databases being at the disposal to the designer. Due to that, the authors developing the *Wtb* program package paid a particular attention just to databases. At present the authors have at their disposal several databases of quality in the electronic form used as a basis for the functioning of the *Wtb* program package. They are:

- Digital data base on the altitudes of the terrain of horizontal resolution 50*50m for the entire territory of the Federal Republic of Yugoslavia (more accurately for the entire territory of the ex-SFR of Yugoslavia).
- A series of scanned maps (for the entire territory of the Republic of Serbia in the scale 1:25,000, the territory of the Republic of Montenegro in the scale 1:50,000, the territory of the Serbian Republic in the scale 1:300,000, for the SFY in the scale 1:500,000 , for the territory of a larger territory of the city of Belgrade in the scale 1:150,000, 1:50,000 and 1:5,000,etc.)
- Digital clutter database for whole territory of Serbia; within it, it is possible to distinguish 16 different types of the usage of land: rural zone, many types of urbane milieus, forests, etc.
- The vector base of the streets of the city of Belgrade.
- The base of digitalized aero-photo pictures of a part of the city of Belgrade
- A voluminous database of radio-transmitter locations.
- Database of antenna systems.
- And so on.

Figs 10, 11 and 12 illustrate the procedures of the integration of various program modules and the respective databases

Apart from the forementioned bases in the electronic form, the designers-authors have at their disposal a large base of topographic maps. It should be stressed that the authors had developed (and are still developing) the procedures and software tools to create indispensable digital databases (for example for forming clutter bases) in order to enhance the quality of the scheduled radio-systems at the optimal level.

THREE MOBILE OPERATORS USE *Wtb* DATABASES:

- **TELEKOM SERBIA**
- **TELENOR (MONTENEGRO)**
- **MTEL (MONTENEGRO)**

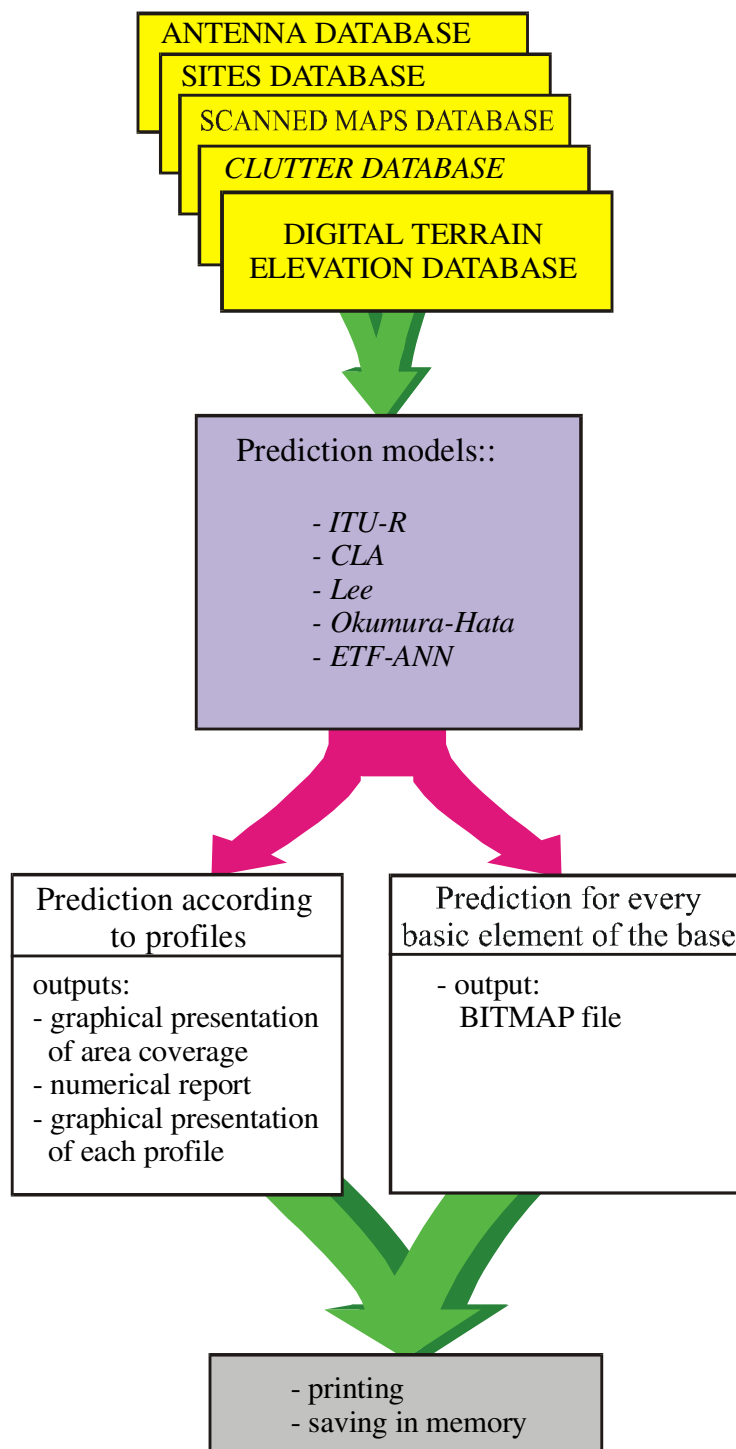


Fig. 10. The structure of the program module for predicting the level of the electrical field in a macrocell

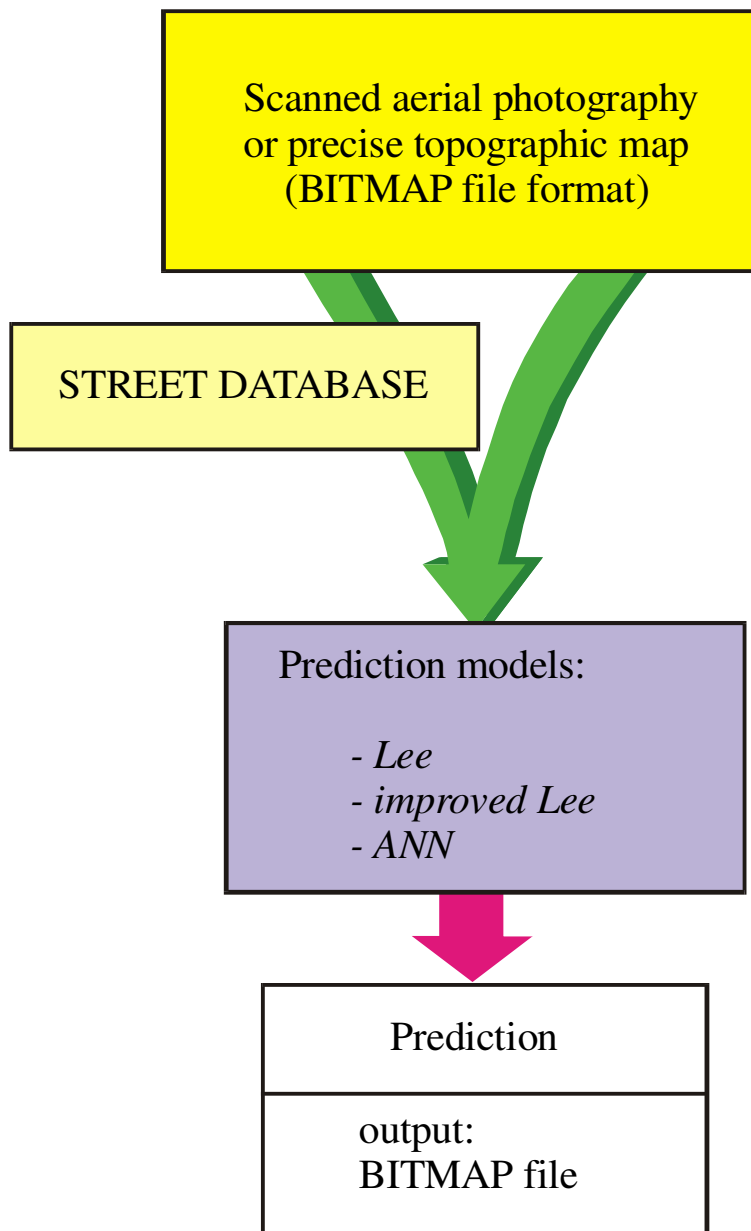


Fig. II. The structure of the program module for predicting the level of electrical field in a microcell

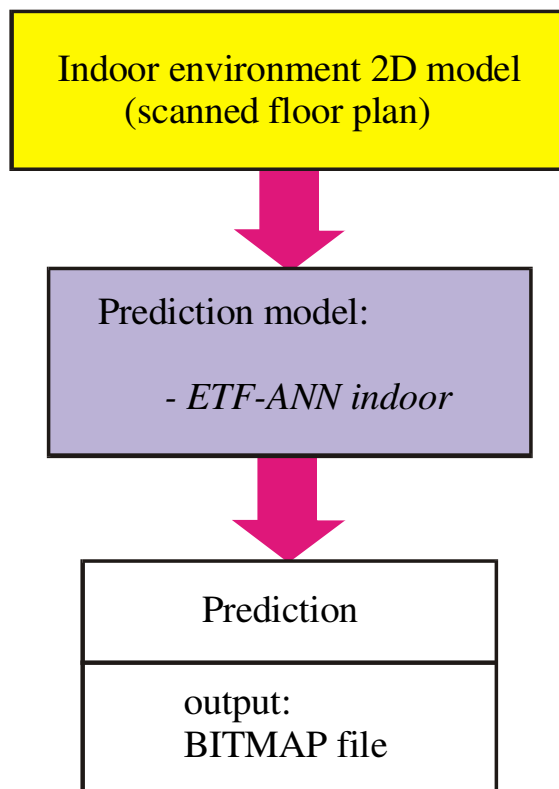


Fig. 12. The structure of the program module for predicting the level of electrical field in the indoor surrounding