



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet elektrotehnike i računarstva
Unska 3, HR-10000 Zagreb, HRVATSKA

UTJECAJ DIGITALNIH TV KANALA (DVB-T) NA POSTOJEĆU ANALOGNU TV MREŽU U REPUBLICI HRVATSKOJ



Zagreb, veljača 2004.

Ugovor:

Ugovor o izradi studije: UTJECAJ DIGITALNIH TV KANALA (DVB-T) NA POSTOJEĆU ANALOGNU TV MREŽU U REPUBLICI HRVATSKOJ zaključen je kao ugovor broj HZT-16/03, FER 0114-24/163-2003. od 02. prosinca 2003. godine, između Hrvatskog zavoda za telekomunikacije, Jurišićeva 13, Zagreb i Fakulteta elektrotehnike i računarstva Sveučilišta u Zagrebu, Unska 3, Zagreb.

Voditelj projekta:

prof.dr.sc. Branka Zovko-Cihlar

Radna skupina:

prof.dr.sc. Branka Zovko-Cihlar
prof.dr.sc. Sonja Grgić
doc.dr.sc. Tomislav Kos
doc.dr.sc. Mislav Grgić
Željko Tabaković, dipl.ing.
Teo Schönbaum

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Tehnologija digitalnog radiodifuznog odašiljača	6
2.1. Arhitektura DVB-T sustava	6
2.1.1. DVB-T odašiljač - pobudni stupanj	7
2.1.2. DVB-T odašiljač - izlazni stupanj	8
2.1.3. Glavne karakteristike i prednosti DVB-T sustava	10
2.2. Parametri koji utječu na kvalitetu izvedbe DVB-T	10
2.3. Rezultati mjerenja polja digitalnog TV odašiljača Sljeme	11
3. Postupak MPEG kodiranja	22
3.1. MPEG-2 video kodiranja	22
3.1.1. Digitalni prikaz videosignala	22
3.1.2. MPEG postupak za kodiranje videosignala	24
3.1.3. MPEG-2 kodiranje videosignala	29
3.1.3.1. Opće karakteristike	29
3.1.3.2. Profili i razine	30
3.1.4. MPEG-2 sustav	31
3.1.4.1. Oblikovanje paketa programskog toka podataka	33
3.1.4.2. Oblikovanje paketa prijenosnog toka podataka	33
3.2. MPEG-2 audio kodiranja	35
3.2.1. Postupci kodiranja	35
3.2.1.1. Banka filtara	36
3.2.1.2. Psihoakustički model	37
3.2.1.3. Proces alokacije bita	38
3.2.1.4. Kodiranje stereo-signalu s uklanjanjem redundancije	38
3.2.2. Dekodiranje MPEG-2 toka podataka audiosignala	39

3.2.3. Razine kompresije	39
3.2.3.1. Razina I	40
3.2.3.2. Razina II	40
3.2.3.3. Razina III	41
3.2.4. Formiranje toka podataka	43
3.2.5. Dodatne mogućnosti sadržane u MPEG-2 normi	43
4. Modulacijski postupak OFDM	45
4.1. QAM - kvadratura diskretna modulacija amplitude (digitalna QAM)	45
4.2. Postupak dobivanja QAM signala	47
4.3. Modulacija ortogonalnog multipleksiranja signala s frekvencijskom podjelom kanala (OFDM, <i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)	48
4.4. Kodirana ortogonalna modulacija multipleksa s frekvencijskom podjelom kanala (COFDM, <i>Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex</i>)	52
5. Zahtjevi za linearnost DVB-T sustava	56
6. Optimizacija analogne TV mreže u RH sukladno Zakonu o telekomunikacijama	62
6.1. Uvod	62
6.2. Frekvencijska područja za radiodifuziju televizijskih programa	63
6.3. Tehničke norme za analogne televizijske sustave	65
6.4. Televizijski kanali u Republici Hrvatskoj	67
6.5. Planiranje sustava za radiodifuziju analognih televizijskih programa	69
6.5.1. Minimalne propisane jakosti elektromagnetskog polja	70
6.5.2. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri	71
6.5.2.1. Istokanalna interferencija	72
6.5.2.2. Interferencija sa susjednim kanalima	73
6.5.3. Svojstva prijamnog antenskog sustava	73
6.5.4. Značajke referentnog televizijskog prijamnika	74
6.6. Analiza i optimizacija analogne TV mreže u RH	75
7. Moguće metode planiranja digitalne TV mreže	79
7.1. Ograničenja pri planiranju digitalnih radiodifuznih veza	80
7.1.1. Način planiranja s najvećim ograničenjem	80
7.1.2. Način planiranja sa manjim ograničenjima	81
7.1.3. Način planiranja sa malim ograničenjima	82
7.1.4. Način planiranja bez ograničenja	82
7.2. Metode pri planiranju DVB-T	82
7.2.1. Planiranje po metodi dodjele frekvencije radijskoj postaji na određenoj lokaciji (assignments) za zemaljsku digitalnu televiziju	84
7.2.2. Planiranje po metodi dodjele frekvencije određenom geografskom području (allotments) za zemaljsku digitalnu televiziju	84
7.2.3. Planiranje koje podliježe koordinaciji	85
7.2.4. Parametri zaštite analognih televizijskih postaja	85

7.3. Definicije mjernih točaka	86
7.3.1. Izračun položaja mjernih točaka koje predstavljaju određenu pokrivenu površinu	86
7.3.2. Metode planiranja za digitalne sustave na principu dodjele frekvencije određenoj postaji na određenoj lokaciji (assignments)	87
8. Utjecaj digitalnih TV kanala na analogni TV kanal	88
8.1. Uvod	88
8.2. Zaštita postojećih analognih TV kanala	89
8.3. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za nositelj slike analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije s digitalnim TV kanalom	90
8.3.1. Postupak za subjektivnu usporedbu koji se rabi u mjerenju zaštitnih omjera za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal	91
8.3.2. Istokanalni zaštitni omjeri	93
8.3.3. Zaštitni omjeri od interferencije sa susjednim donjim (N-1) i gornjim (N+1) kanalom	93
8.3.4. Zaštitni omjeri od interferencije s kanalom slike	94
8.3.5. Zaštitni omjeri od interferencije s digitalnim kanalom koji se preklapa s željenim analognim kanalom	95
8.4. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za nositelj tona analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim digitalnim TV kanalom	96
8.5. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za digitalni TV kanal koji je pod utjecajem interferencije s analognim TV kanalom	98
8.6. Spektralne maske i potiskivanje neželjenih emisija	100
8.7. Rezultati mjerenja utjecaja istokanalne smetnje signala digitalne televizije na signal analogne televizije	103
9. Eksperimentalni rezultati u europskim zemljama	108
9.1. Projekt VALIDATE	108
9.2. Projekt MOTIVATE	111
9.3. Rezultati ispitivanja DVB-T parametara	112
9.3.1. Moguće prednosti hijerarhijskih modova u DVB-T specifikaciji	118
9.4. Problemi kod mobilnog prijama DVB-T signala	120
9.5. Počeci DVB-T prijenosa u Europi	122
10. Zaključak	128
Prilog A	
Prilog B	
Prilog C	

1.

Uvod

Potpuno je jasno da je digitalna tehnologija u radiodifuznom odašiljanju televizije prisutna u svijetu te možemo ustvrditi da je to sveprisutna želja i tendencija da bude i kod nas u Hrvatskoj. Razlog takvog razmišljanja je konvergencija između radiokomunikacijske, telekomunikacijske, mobilne i računarske tehnologije što je vidljivo iz brojnih inicijativa koje se primjenjuju u raznim dijelovima svijeta.

Sa stanovišta odašiljanja digitalnog televizijskog signala putem satelitskog prijenosa, kablskom televizijom, zemaljskom televizijom te u mobilnoj primjeni odašiljanja slike - UMTS sustavom, javila se potreba da se sve te tehnologije odašiljanja mogu povezati zajedno i činiti zajedničku globalnu tehnologiju povezivanja. Da bi se to ostvarilo važno je uspostaviti maksimalnu povezanost između svih standarda za različite primjene.

Postoje razni procesi koji su zajednički za sve digitalne televizijske usluge. Proces digitalizacije video signala sastoji se od tri koraka: uzrokovanja, kvantizacije i kodiranja. Frekvencija uzorkovanja određena je Nyquist teoremom i treba biti veća ili jednaka onoj koju propisuje Nyquistov teorem.

1980 god. CCIR (danas ITU-R 600) je propisao standard za digitalnu televiziju. Taj standard propisuje sve relevantne parametre važne pri pretvorbi analognog u digitalni televizijski signal, omogućujući kompozitno kodiranje video signala. Istovremeno postignut je znatan napredak u tehnologiji komponiranja video signala, na što se koncentrirala ITV studijske grupe MPEG specijalno osnovane za odašiljanje digitalnog video signala.

1990. god. započeo je razvoj odašiljanja digitalnog video signala u Europi DVB-T. Prva važna odluka je bila da se utvrdilo da će se primijeniti MPEG-2 postupak kodiranja izvora za audio i video odašiljanje na ulazu digitalnog odašiljača.

Europski telekomunikacijski Institut za standarde definirao je radiodifuzno odašiljanje digitalnog video signala kao DVB-T kao službene standarde za multimedijску primjenu.

Distribucija televizijskog signala putem zemaljske mreže odašiljanja predstavlja "Klasičnu" tehniku televizijske difuzije. Dosadašnji analogni način odašiljanja (standard PAL,

SECAM, NTSC) nakon višegodišnje primjene, postao je ograničavajući faktor kako u pogledu poboljšanja kvalitete primljene slike, tako i u pogledu ekonomičnog korištenja frekvencijskog spektra.

Višestruki prijem odašiljačkog signala kao posljedica refleksije od različitih objekata, degradira kvalitetu slike stvarajući sjene, povećanu zrnatu strukturu i slično, uslijed interferencije signala.

Budući da svaki program zahtjeva poseban kanal, povećanje broja programa dovelo je do zasićenosti frekvencijskog spektra, te svaka daljnja raspodjela frekvencijskih kanala dovodi do novih izvora smetnji.

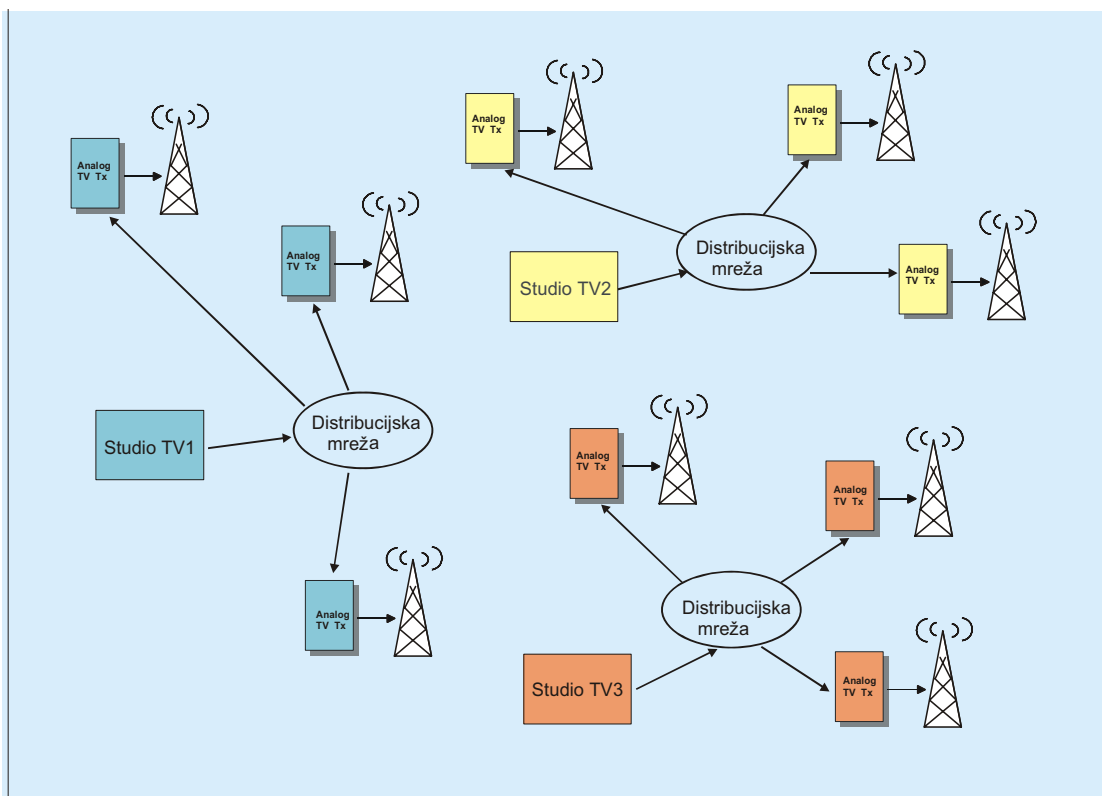
Istovremeno, francuski istraživački laboratorij CCETT (*Centre Commun d'Etudes en Télédiffusion et Télécommunication*) proučavao je kako upotrijebiti tu tehnologiju za digitalni prijenos informacija u komercijalnoj radiodifuziji. Kao rezultat toga rada definiran je modulacijski postupak COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*), kojemu je osnovna značajka otpornost na utjecaje različitih smetnji kao što su višestruke propagacije signala i međusobne interferencije, a također je spektralno ekonomičan, budući da omogućava u odašiljačkoj mreži istovremeno odašiljanje više televizijskih programa samo na jednom kanalu (SFN, *Single Frequency Network Operation*).

COFDM postupak je bio osnova pri donošenju evropskog standarda za digitalnu radio difuziju (DAB, *Digital Audio Broadcasting*) godine 1994 te digitalnu televizijsku difuziju (DVB-T, *Digital Video Broadcasting*) godine 1997.

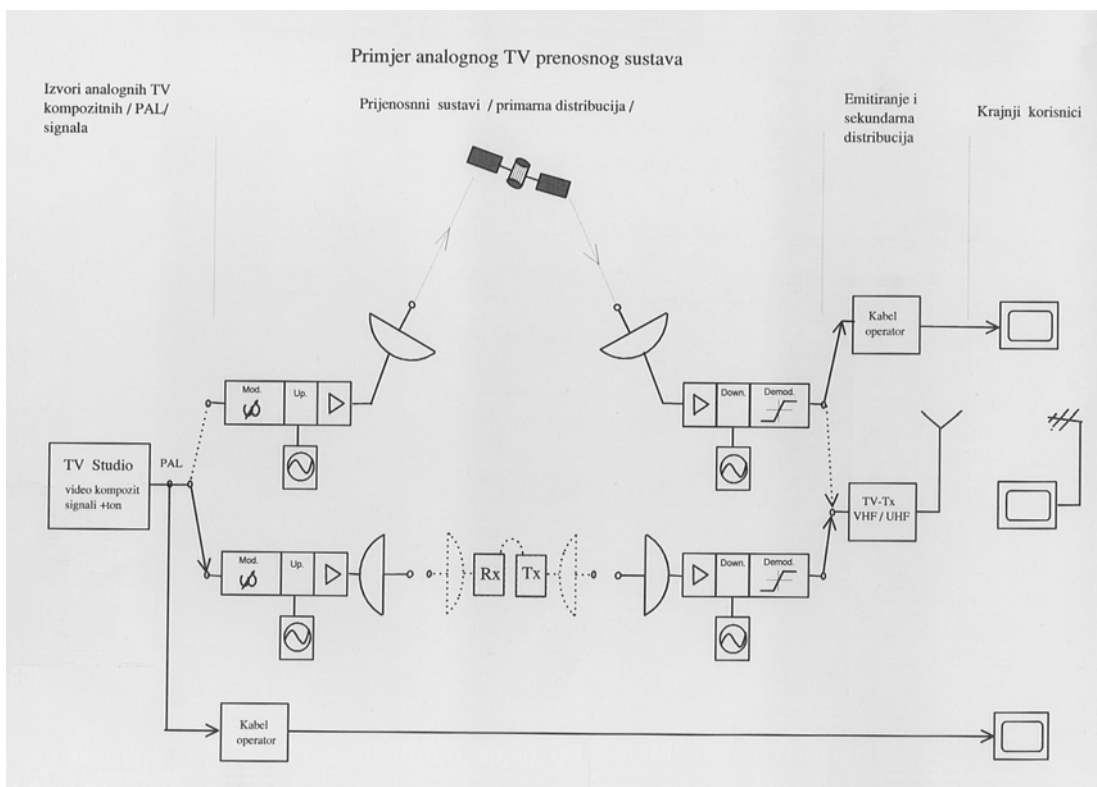
Prednosti DVB-T u odnosu na analognu TV su višestruke od kojih treba spomenuti:

- izvrsnu rezoluciju slike za danu širinu frekvencijskog područja (prijenos jednog HDTV programa - *High Definition TV*)
- prijenos 4 SDTV programa (*Standard Definition TV*) ili 8 LDTV (*Low Definition TV*) u jednom kanalu
- upotrebu prethodne korekcijske greške - FEC (*Forward Error Correction*)
- frekvencijsku ekonomičnost zemaljske odašiljačke mreže u SFN pogonu
- neosjetljivost na refleksije i smetnje
- kompatibilnost sa računalom i Internetom
- mogućnost interaktivnosti DVB-RCT
- izvrsnu kvalitetu zvuka
- konstantnu kvalitetu slike na cijelom području prijema

Kod analogne zemaljske TV odašiljačke mreže, Slika 1.1., za svaki televizijski program potreban je poseban odašiljač kao i posebna frekvencija. Kao posljedica toga u većini zemalja došlo je do potpune zasićenosti frekvencijskog spektra kao i sve većih međusobnih smetnji u prijemu televizijskog programa.. Analogni televizijski sustav, Slika 1.2., koji je inače već u upotrebi oko 50 godina, koristi za prijenos signala slike amplitudnu modulaciju s ostatkom jednog bočnog pojasa, dok se za ton koristi frekvencijska modulacija (CCIR, standard B/G). Takav sustav se pokazao vrlo osjetljivim na višestruku propagaciju signala što je neizbježna pojava u gradskim, prigradskim odnosno brdovitim područjima, kao i na smetnje i od drugih odašiljača bliskih ili susjednih frekvencija.

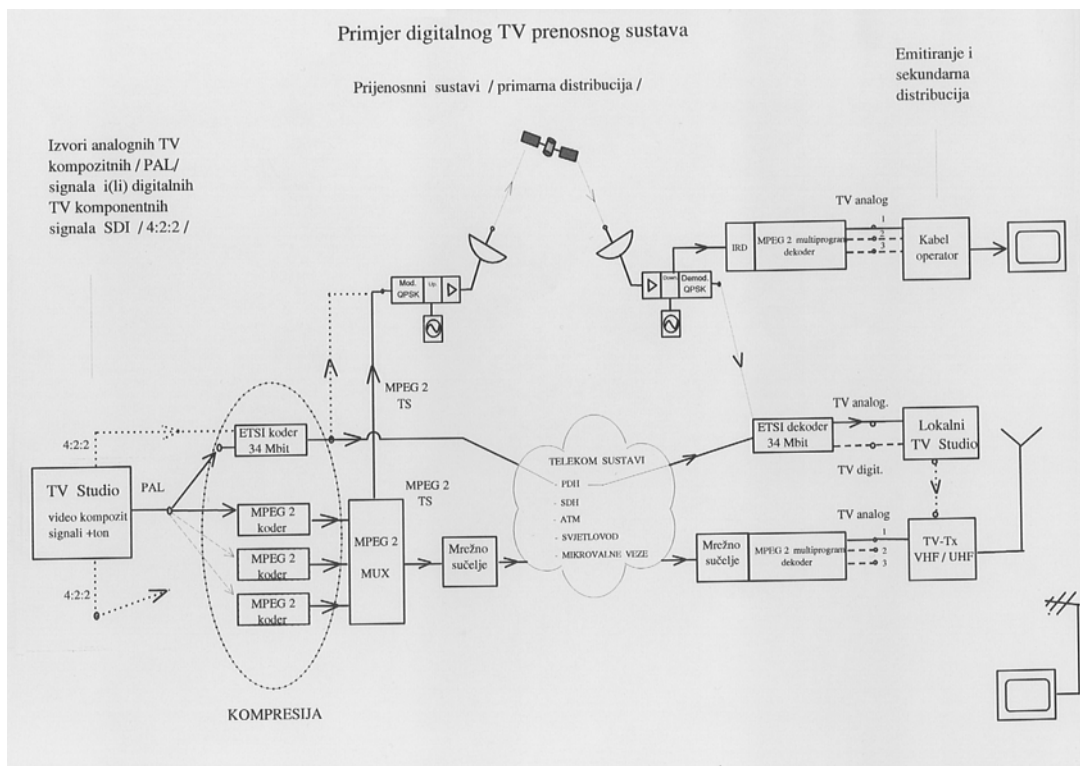


Slika 1.1. Konfiguracija analogne zemaljske TV odašiljačke mreže



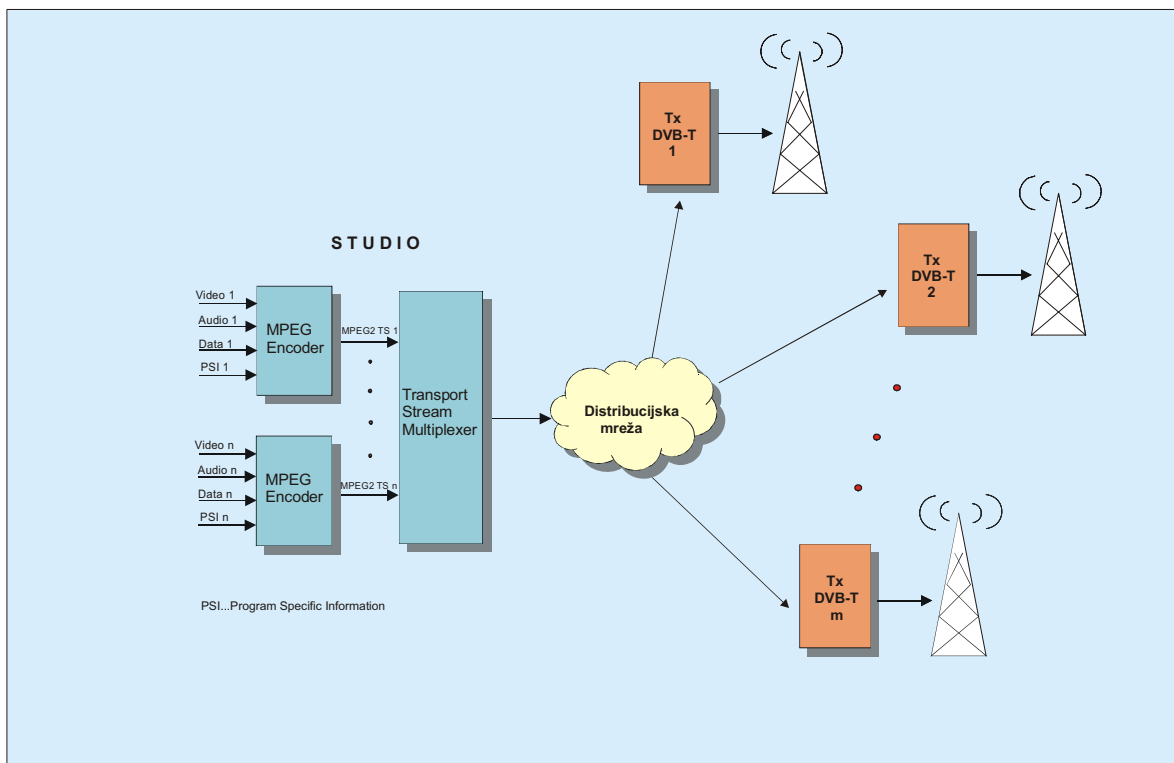
Slika 1.2. Analogni TV prijenosni sustav

Usvajanjem standarda za digitalnu zemaljski radiodifuziju (ETSI EN 300744 *Digital broadcasting systems for television, sound and data services*, DVB-T) 1997. godine započeo je snažni razvoj na području digitalne televizijske tehnologije otklanjajući ne samo postojeće nedostatke analogne zemaljske TV mreže u pogledu iskorištenja frekvencijskog spektra, osjetljivosti na refleksiju i smetnje, već i daleko šire, otvarajući sasvim nove mogućnosti u primjeni multimedijjskih usluga.



Slika 1.3. Digitalni TV prijenosni sustav

Na Slici 1.3. prikazana je konfiguracija digitalne televizijske odašiljačke mreže. U studiju se izvorni analogni signali slike i tona digitalno obrađuju prema preporuci ITU-R BT.601 zajedno s drugim korisničkim informacijama i uslugama. Nakon analogno-digitalne pretvorbe signala, provodi se postupak njihove kompresije u takvim odnosima, koji osigurava tehničku mogućnost prijenosa preko komunikacijske mreže, Slika 1.4., ujedno zadržavajući potrebnu kvalitetu prenesene informacije. Više programa zajednički se multipleksiraju te kao jedan digitalni tok prenose do odašiljačkih stanica. Odašiljačke stanice imaju mogućnost rada na jednom kanalu, odnosno na jednoj frekvenciji, tvoreći tako SFN mrežu, ili na različitim kanalima i različitim frekvencijama u konvencionalnoj MFN mreži. S obzirom na OFDM modulacijski postupak koji se primjenjuje na DVB-T odašiljaču, signal se ne prenosi u serijskom slijedu preko jednog nosioca frekvecnije kao kod analogne televizije već u paralelnom slijedu broja podnosilaca (1705 podnosilaca u modu 2K, odnosno 6817 podnosilaca u modu 8K) pravilno raspoređenih u frekvencijskom pojasu širine 7,61 MHz. Kao posljedica toga, na izlazu iz odašiljača nastaje spektar intermodulacijskih produkata, odnosno intermodulacijskog šuma koji je potrebno po amplitudi i frekvenciji smanjiti unutar granica koje propisuje standard ETSI EN 300744. Metode i načini redukcije intermodulacijskih produkata, šuma digitalnog odašiljača za multimedijjske usluge tema je ove studije. Kratak opis digitalne obrade signala kao i osnovnih funkcionalnih dijelova DVB -T odašiljača upotpunjuju sliku načina prijenosa multimedijjskih informacija kroz cjelokupni lanac zemaljske digitalne odašiljačke mreže.



Slika 1.4. Konfiguracija digitalne zemaljske TV odašiljačke mreže

Kao posebni parametri od interesa javljaju se zahtjevi na linearnost sustava, utjecaj digitalnog TV kanala na analogni TV kanal, te kodiranje videosignala na ulazu u digitalni odašiljač, koje obuhvaća ova studija. Na kraju je dan pregled razvoja digitalnog televizijskog odašiljanja, kao i eksperimentalni rezultati u susjednim zemljama.

2.

Tehnologija digitalnog radiodifuznog odašiljača

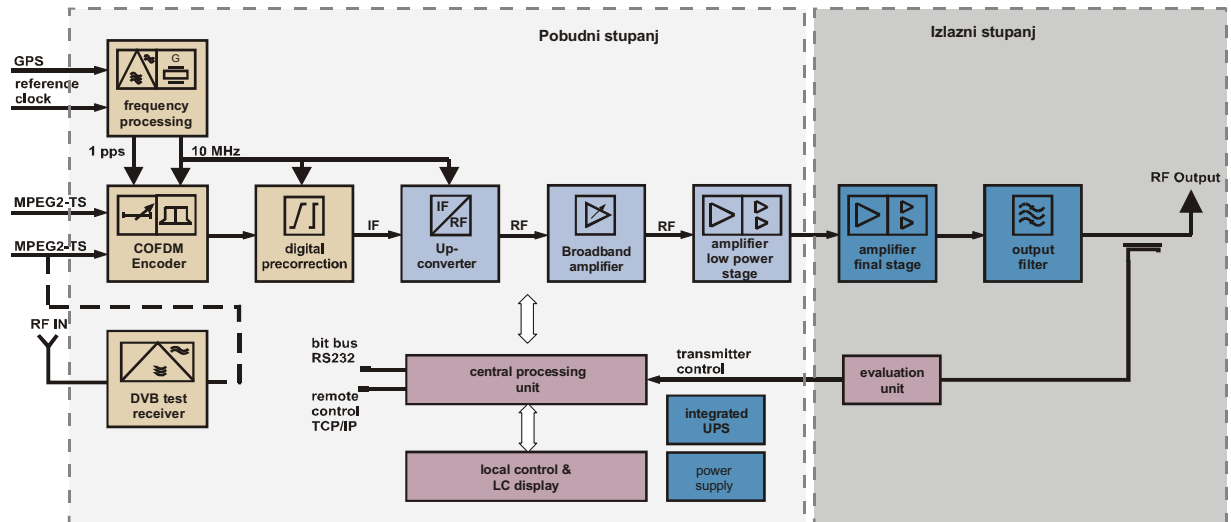
Standard za digitalnu zemaljsku radiodifuziju DVB-T [ETSI EN 300 744] donešen 1997. godine otvorio je novu eru u digitalnoj televizijskoj tehnologiji. Multicarrier postupak, COFDM modulator, digitalna predkorekcija, GPS sinkronizacija, samo su neke značajke digitalnog odašiljača. Nagli razvoj na tom području započeo je početkom 90 godina, kada su se na tržištu pojavili dovoljno snažni procesori koji su mogli kod postupka modulacije odnosno demodulacije konvertirati dovoljno veliku količinu podataka.

2.1. Arhitektura DVB-T sustava

Na Slici 2.1. prikazana je blok shema digitalnog televizijskog odašiljača. U pobudnom stupnju vrši se obrada ulaznog MPEG-2 signala, sinkronizacija sa GPS signalom, COFDM modulacija, linearna predkorekcija signala, konvertiranje signala na željeni RF-kanal te pojačanje signala do nivoa potrebnog za pobudu izlaznog stupnja. Cijeli postupak obrade signala sinkroniziran je s frekvencijom 10 MHz i referentnim taktom 1 pps koji se dobivaju iz frekvencijske jedinice (*Frequency Processing Unit*) u koju je ugrađen GPS prijemnik. Centralna procesorska jedinica vrši nadzor i upravljanje svakog pojedinog dijela sklopa prateći cijeli tok signala kroz odašiljač. Pri tome za daljinsku kontrolu postoji mogućnost korištenja TCP/IP protokola.

Kao rezervni izvor MPEG-2 signala, odnosno u svrhu korištenja odašiljača kao pretvarača, može se u pobudni stupanj ugraditi DVB-T *test receiver*.

U izlaznom stupnju signal se pojačava do potrebne nominalne snage odašiljača, a pomoću filtarske jedinice ograničava se frekvencijski spektar izlaznog signala u propisane granice.



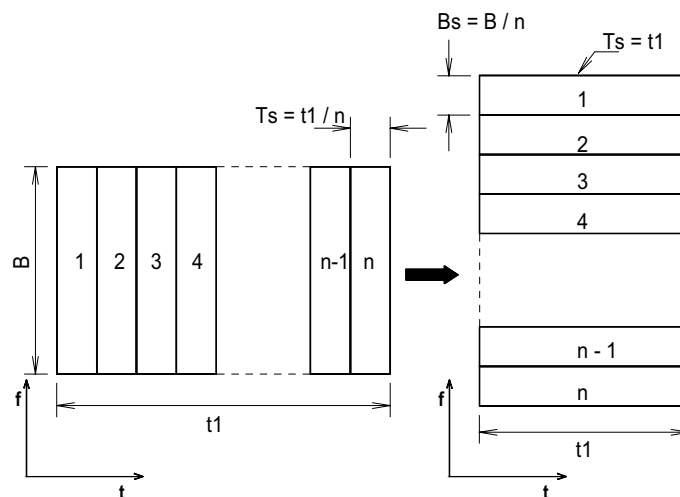
Slika 2.1. Blok shema DVB-T odašiljača

2.1.1. DVB-T odašiljač - pobudni stupanj

Ulazni signal u odašiljač je MPEG-2 *transport stream* s brzinom prijenosa 4,98 Mbit/s - 31,67 Mbit/s u ovisnosti o izabranom prijenosnom modu (2K ili 8K) i vrsti modulacije (QPSK, 16-QAM ili 64-QAM).

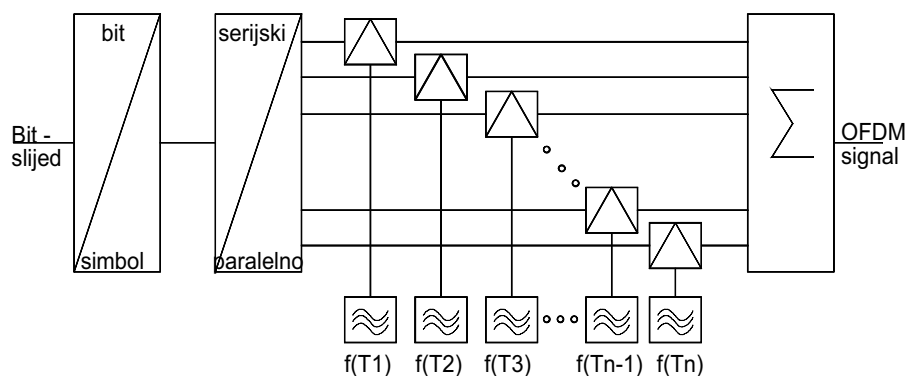
U **COFDM encoderu** dodaju se MPEG-2 signalu redundantni bitovi, a zatim se vrši vremenska i frekvencijska preraspodjela bitova (*interleaving*) u svrhu prethodne korekcije greške (FEC). Pri tome se mogu postaviti različite *code-rate* (npr. $R=1/2$; $R=2/3$; $R=3/4$; $R=5/6$; $R=7/8$). Pri čemu je: $R = (\text{količina bitova informacije}) / (\text{količina bitova informacije} + \text{količina zaštitnih bitova})$.

U svrhu dobivanja OFDM signala vrši se prijelaz sa serijskog na paralelni prijenos simbola. Pri tome se u vremenu t_1 , u kojem se prenese "n" serijskih simbola, nakon serijsko-paralelne pretvorbe, simboli prenesu istovremeno preko "n" paralelnih kanala. Svakom simbolu sada stoji ukupno vrijeme t_1 na raspolaganju.



Slika 2.2. Prijelaz sa serijskog na paralelni prijenos simbola

Pri tome je $B_s = 1 / T_s$, B_s = širina frekvencijskog pojasa pojedinog simbola, T_s = trajanje simbola.



Slika 2.3. Koncept stvaranja OFDM Signala.

Svakom frekvencijskom / vremenskom segmentu pridružen je jedan podnosilac. Za vrijeme svakog vremenskog segmenta, podnosioci su modulirani sa određenim brojem bita, u ovisnosti o primijenjenoj modulaciji.

2.1.2. DVB-T odašiljač - izlazni stupanj

Izlazno pojačalo snage izvedeno je u novoj LDMOS tehnologiji. Odlikuje se vrlo velikim pojačanjem snage (14 dB - 16 dB), a budući da radi u AB klasi i dobrim faktorom iskorištenja. Ulazni *multi-carrier* signal u pojačalo snage dan je izrazom:

$$s_{in}(t) = A_{in} \sum_{n=1}^N [d_n^I(t) \cos \omega_n t + d_n^Q(t) \sin \omega_n t]$$

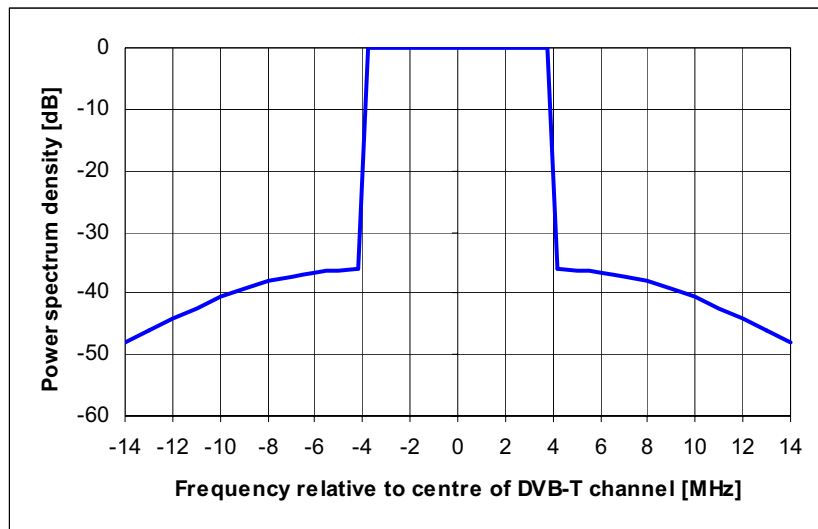
gdje je A_{in} amplituda n -tog podnosioca, N - broj podnosilaca, $d_n(t)$ - *bit stream* I odnosno Q komponente signala, a ω_n - frekvencija n -tog podnosioca.

Prijenosna karakteristika nije linearna funkcija, već se može aproksimirati polinomom trećeg reda. Izlazni signal $s_{out}(t)$ dan je izrazom:

$$s_{out}(t) = a_0 s_{in}(t) + a_1 s_{in}^3(t) + \dots$$

gdje su a_0 , a_1 nelinearni koeficijenti.

Kao posljedica toga, na izlazu iz pojačala pored osnovnih signala javlja se još suma i razlika njihovih frekvencija - intermodulacijski produkti, koji su raspodijeljeni unutar i izvan kanala. Slika 2.4. prikazuje tipičnu raspodjelu frekvencijskog spektra DVB-T signala na izlazu iz pojačala snage.

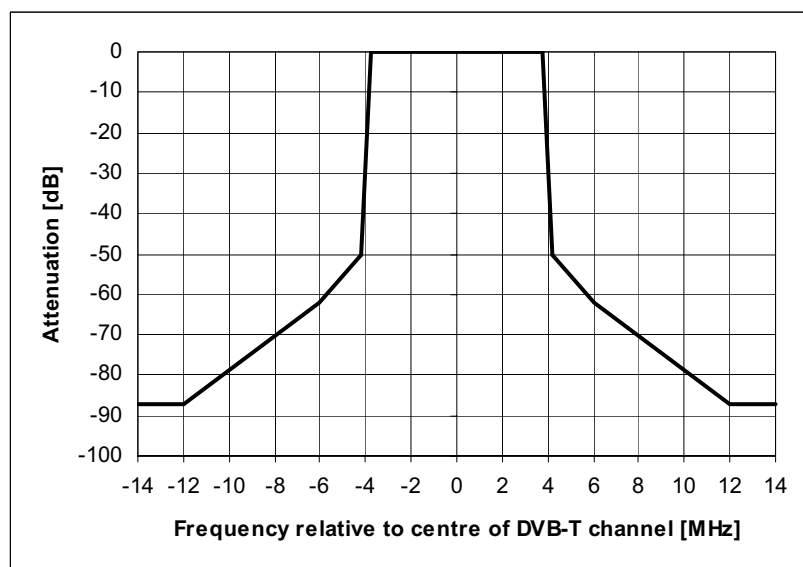


Slika 2.4. Spektar DVB-T signala na izlazu iz pojačala snage.

Standard EN 300 744 propisuje spektralnu masku koju treba ispunjavati digitalni televizijski odašiljač, Slika 2.5. Na osnovu tako zadane maske, kao i karakteristike frekvencijskog spektra DVB-T signala na izlazu iz pojačala, proizlazi potrebna selektivnost filtarske jedinice:

$$f_0 \pm 4,2 \text{ MHz}: \geq 15 \text{ dB}; \quad f_0 \pm 6 \text{ MHz}: \geq 30 \text{ dB}; \quad f_0 \pm 12 \text{ MHz}: \geq 50 \text{ dB},$$

Propusno područje definirano je unutar granice $f_0 \pm 3,8 \text{ MHz}$ u UHF frekvencijskom području od 470-862 MHz (K21-K69).



Slika 2.5. DVB-T maska spektra izlaznog signala.

2.1.3. Glavne karakteristike i prednosti DVB-T sustava

Kao glavne karakteristike DVB-T televizijskog sustava mogu se navesti slijedeće:

- Europski sustav za digitalnu televiziju koji koristi COFDM modulaciju
- Dva prijenosna moda: 2K sa 1705 podnosioca odnosno 8K sa 6817 podnosioca
- Modulacija podnosilaca: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
- Širina frekvencijskog pojasa: 6 MHz, 7 MHz, 8 MHz
- Brzina prijenosa podataka (bit- rate): 4,98 Mbit/s - 31,67 Mbit/s.
- Mogućnost rada na jednom kanalu u cijeloj odašiljačkoj mreži - SFN rad

Prednosti DVB-T u odnosu na analognu TV su višestruke od kojih treba spomenuti:

- Izvrsna rezolucija slike za danu širinu frekvencijskog područja (prijenos jednog HDTV programa - *High Definition TV*)
- Prijenos 4 SDTV programa (*Standard Definition TV*) ili 8 LDTV (*Low Definition TV*) u jednom kanalu
- Upotreba prethodne korekcije greške - FEC (*Forward Error Correction*)
- Kompatibilnost sa kompjuterom i Internetom
- Interaktivnost (realizacija povratnog kanala preko telefona ili GSM-a)
- Izvrsna kvaliteta zvuka
- Konstantna kvaliteta slike na cijelom području prijema

2.2. Parametri koji utječu na kvalitetu izvedbe DVB-T

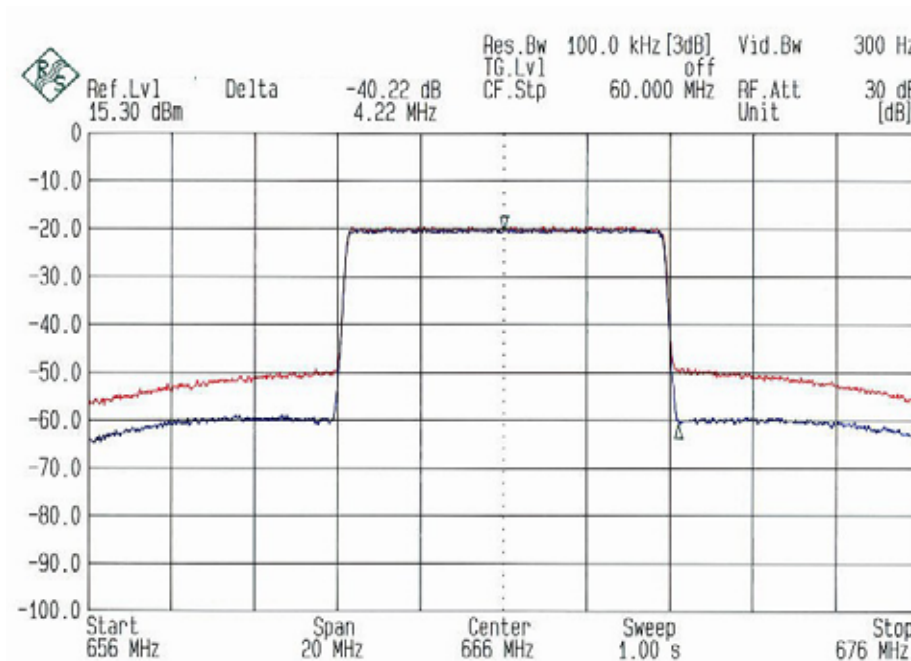
Intermodulacijski produkti uzrokovani nelinearnošću izlaznih pojačala snage mogli bi se u velikoj mjeri smanjiti uz dovoljno veliki iznos *output backoff*-a. To bi značilo znatno smanjenje faktora iskorištenja pojačala, što bi bilo neekonomično. Kao kompromis, *output backoff* smanjuje se do te mjere koliko je potrebno da suma potiskivanja IM produkata od izlaznog pojačala, linearne predkorekcije i izlazne filtarske jedinice postigne iznos propisan standardom EN300744 za izlaznu spektralnu masku.

Važan parametar rada koji određuje iskoristivost pojačala izlaznog stupnja je izlazni faktor izražen kao izlazni *backoff* (OBO), a koji je definiran s jednadžbom

$$OBO = 10 \log \frac{P_{sat}}{P_{out}}$$

gdje je P_{sat} maksimalna izlazna snaga (snaga zasićenja), a P_{out} je srednja snaga odaslanog signala. Poželjno je da se postigne najmanji mogući izlazni OBO kako bi se zadovoljila optimalna raspoloživa snaga izlaznog pojačala. Međutim, rad izlaznog pojačala s manjim faktorom OBO teži da proizvede relativno visoke IM produkte unutar opsega i izvan frekvencijskog opsega rada.

Na Slici 2.6. prikazani su rezultati mjerenja izlaznog stupnja pojačala snage 100 W s isključenom i uključenom predkorekcijom. Kao što je vidljivo, potiskivanje IM produkata kod $f_0 \pm 4,2$ MHz iznosi 10 dB, što predstavlja tipičnu vrijednost koja se postiže linearnom predkorekcijom, dok preostali iznos gušenja IM produkata do nivoa propisanog DVB-T standardom, postiže se upotrebom izlazne filtarske jedinice.



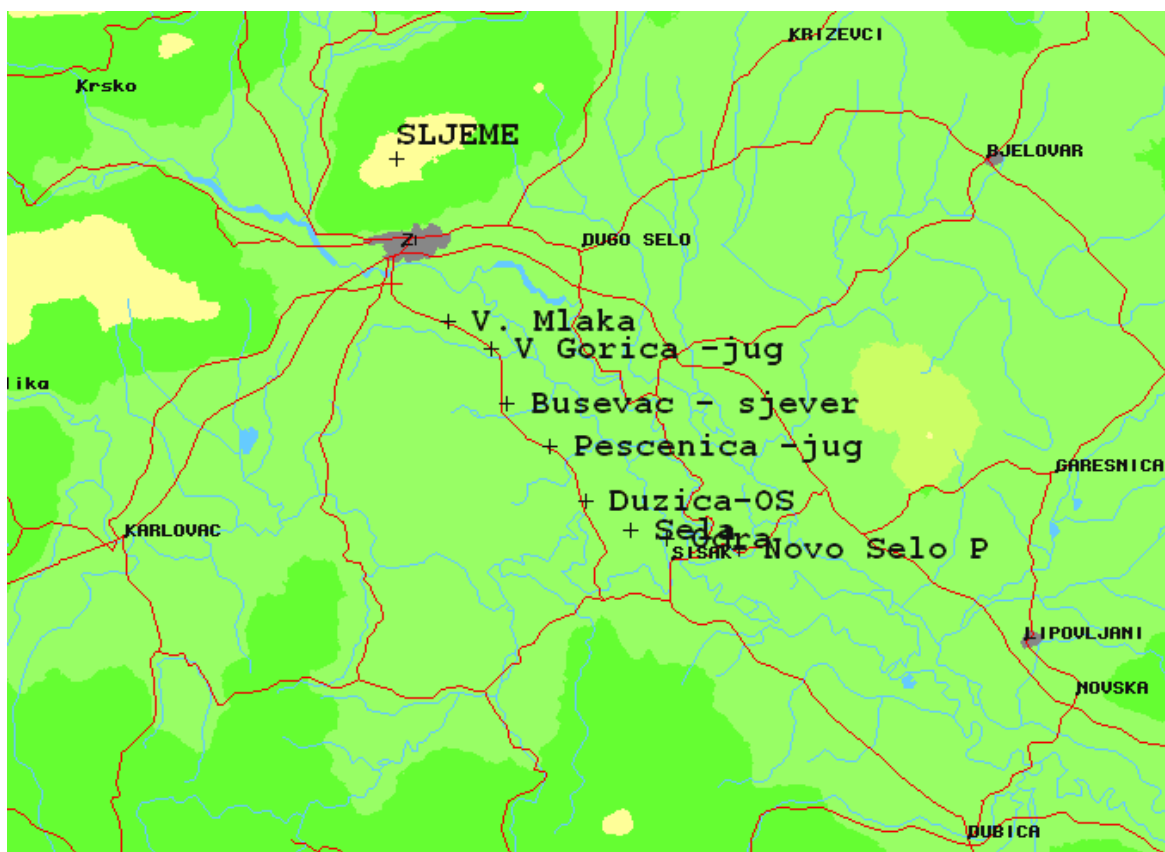
Slika 2.6. Spektar signala izlaznog pojačala snage - rezultati mjerenja (gornja krivulja - bez predkorekcije; donja krivulja - uz predkorekciju)

Iz gornjeg se može zaključiti da su u izvedbi DVB-T sustava važne dvije sklopovske jedinice, a to je sklop koji se koristi u svrhu postizanja linearnosti i sklop izlaznog stupnja s filtarskom jedinicom.

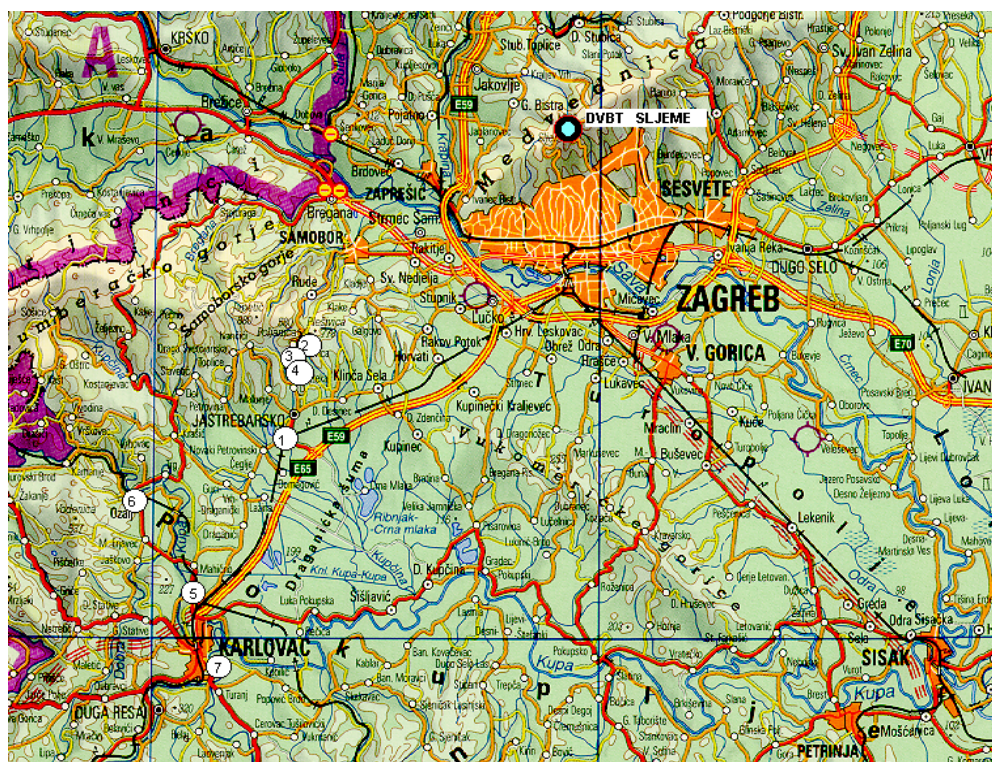
2.3. Rezultati mjerenja polja digitalnog TV odašiljača Sljeme

U Republici Hrvatskoj su 20. svibnja 2003. u eksperimentalni rad puštena dva digitalna odašiljača koji se nalaze na lokacijama Sljeme i Zagreb-HRT Dom. Svaki od odašiljača emitira multipleks sastavljen od tri programa Hrvatske radiotelevizije. MPEG-2 koderi, multiplekser i dodatna oprema potrebna za digitalno kodiranje televizijskih signala i oblikovanje prijenosnog toka podataka (tzv. digitalna platforma) nalaze u objektu HRT Dom. Multipleks sastavljen od tri MPEG-2 komprimirana digitalna televizijska signala prenosi se od HRT Doma do odašiljačke lokacije Sljeme digitalnom prijenosnom vezom putem svjetlovoda. Digitalni odašiljač na Sljemenu zauzima 27. kanal (518-526 MHz) u području UHF IV, s usmjerenjem antenskog sustava prema jugu tj. prema Zagrebu, dok digitalni odašiljač na lokaciji Zagreb-HRT Dom zauzima 56. kanal (750-758 MHz) u području UHF V, s antenskim sustavom koji ima kružno zračenje. Oba digitalna odašiljača imaju snagu 250 W.

U ovom poglavlju će biti prikazana mjerenja elektromagnetskog polja digitalnog odašiljača na Sljemenu gdje se na 27. kanalu prenosi multipleks od tri programa Hrvatske radiotelevizije. Efektivna izračena snaga tog odašiljača iznosi 5 kW. Rabi se 8k sustav sa 6817 podnositelja u kanalu, modulacijski postupak za pojedine podnositelje 64-QAM, omjer koda za unutarnje kodiranje $2/3$ i trajanje zaštitnog intervala $1/4$ ($224 \mu\text{s}$) u odnosu na korisno trajanje OFDM simbola ($896 \mu\text{s}$). Mjerenja polja su provedena u osam točaka u smjeru Siska, Slika 2.7. i u sedam točaka u smjeru Karlovca, Slika 2.8. Vrijednosti elektromagnetskog polja su izmjerene instrumentom Rohde-Schwarz ESVN 40 uz uporabu log-periodičke prijamne antene. Mjerenja su provedena na 800 diskretnih frekvencija (frekvencijski raster 10 kHz) u frekvencijskom području od 518-526 MHz unutar 27. kanala, na kome se emitira digitalni TV signal i na 800 diskretnih frekvencija u frekvencijskom području 526-534 MHz unutar 28. kanala, na kome se s lokacije Sljeme emitira 2. program Hrvatske radiotelevizije. Pored vrijednosti elektromagnetskog polja, za svaku lokaciju je utvrđena vrijednost BER uz pomoć DVB-T prijamnika Thompson DV3. Tablica 2.1. prikazuje srednje vrijednosti elektromagnetskog polja i vrijednosti BER za pojedine lokacije. Slika 2.9. i Slika 2.10. prikazuju rezultate mjerenja elektromagnetskog polja na lokacijama označenim na Slici 2.7. i Slici 2.8.



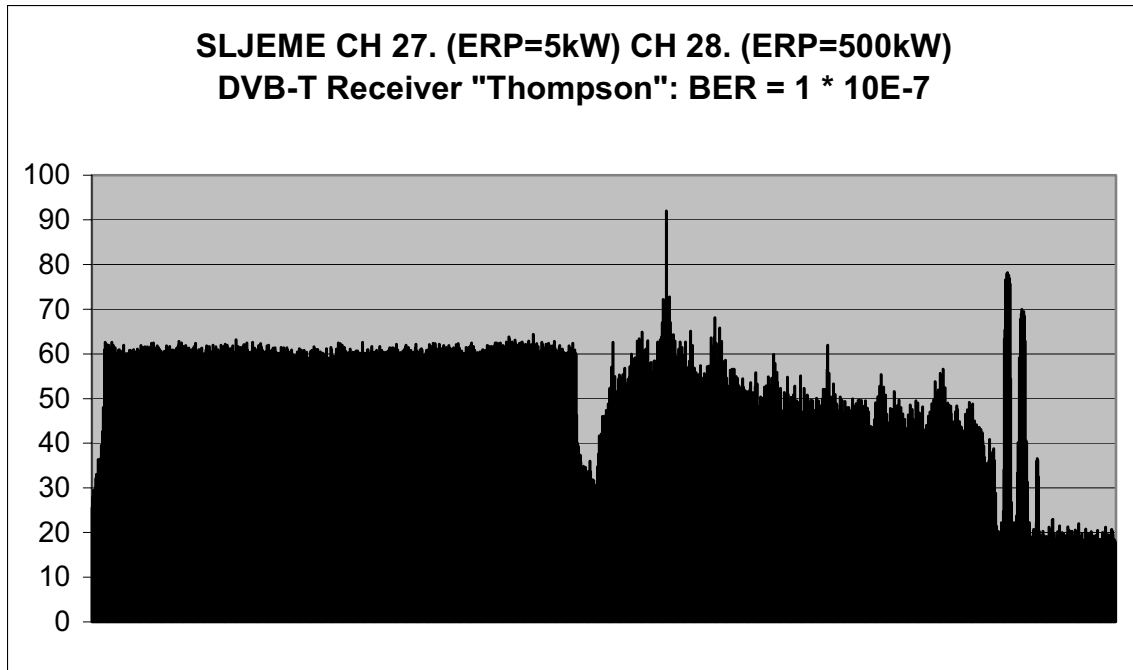
Slika 2.7. Lokacije u kojima je provedeno mjerenje polja DVB-T odašiljača na Sljemenu u smjeru Siska



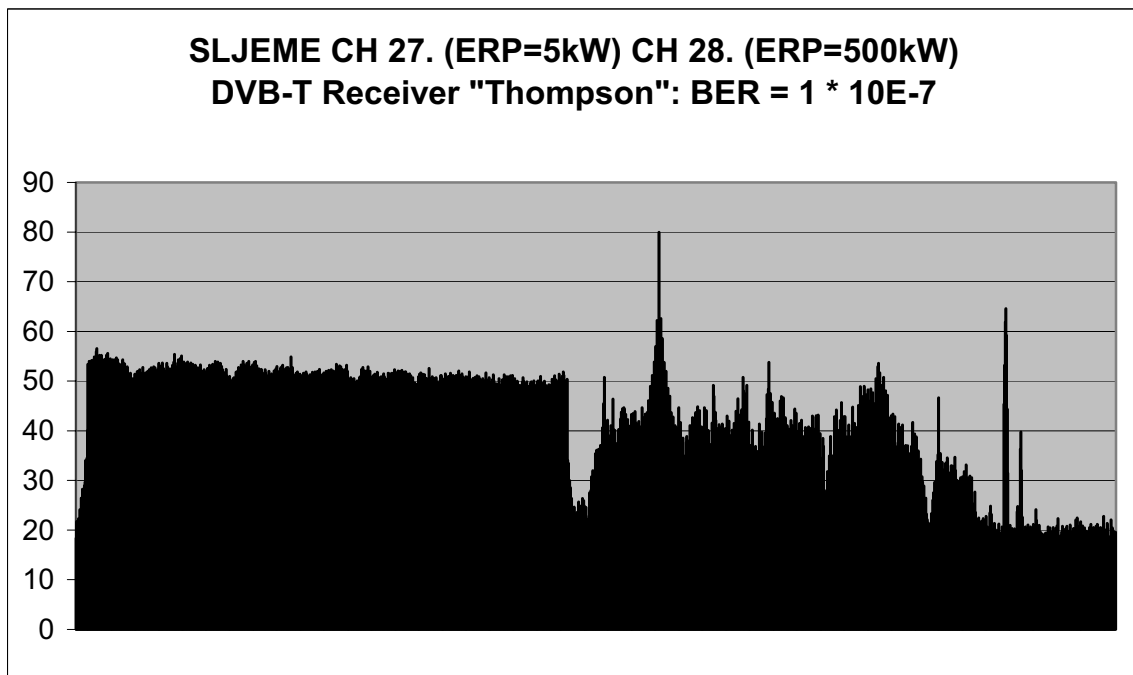
Slika 2.8. Lokacije u kojima je provedeno mjerenje polja DVBT-odašiljača na Sljemenu u smjeru Karlovca

Tablica 2.1. Srednje vrijednosti elektromagnetskog polja i vrijednosti BER za 27. kanal za pojedine lokacije označene na Slici 1. i Slici 2.

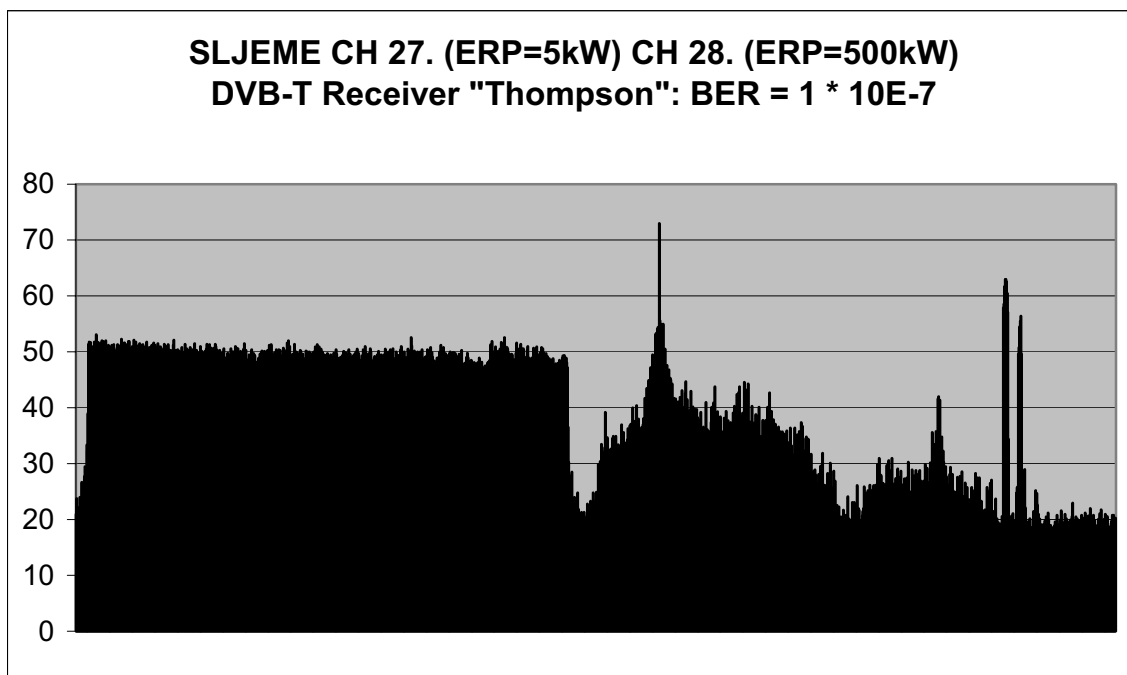
Lokacija	Smjer Sisak		Lokacija	Smjer Karlovac	
	Razine polja (dB μ V/m)	BER		Razine polja (dB μ V/m)	BER
Velika Mlaka	59.28	1×10^{-7}	Jastrebarsko	45.04	1×10^{-7}
Velika Gorica	49.93	1×10^{-7}	Prilipje-Jurjevčani	29.55	nema prijama
Buševac	48.23	1×10^{-7}	Prilipje-VD	29.71	nema prijama
Peščenica	50.69	1×10^{-6}	Plešivica	32.17	5×10^{-4}
Dužica	45.06	2×10^{-6}	Karlovac-O	48.31	5×10^{-6}
Sela	42.03	1×10^{-5}	Ozalj-Općina	32.07	7×10^{-5}
Sisak-Odra	37.70	2×10^{-5}	Karlovac-Korana	47.95	8×10^{-6}
Sisak-N.Selo	46.67	3×10^{-5}			



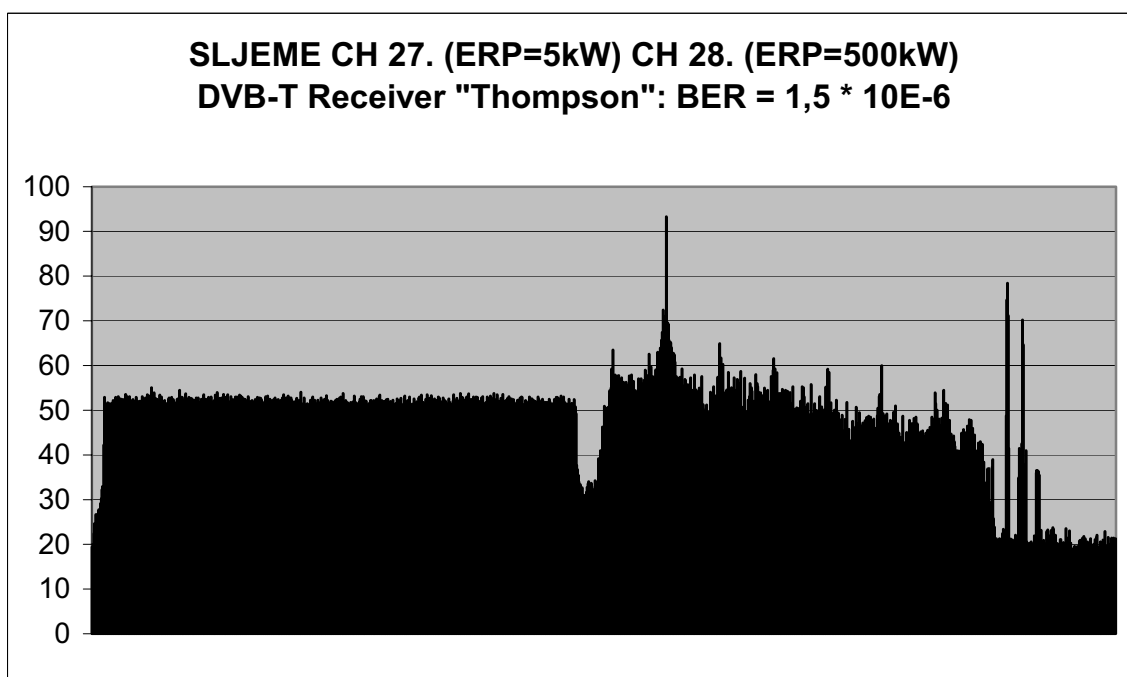
1-VELIKA MLAKA



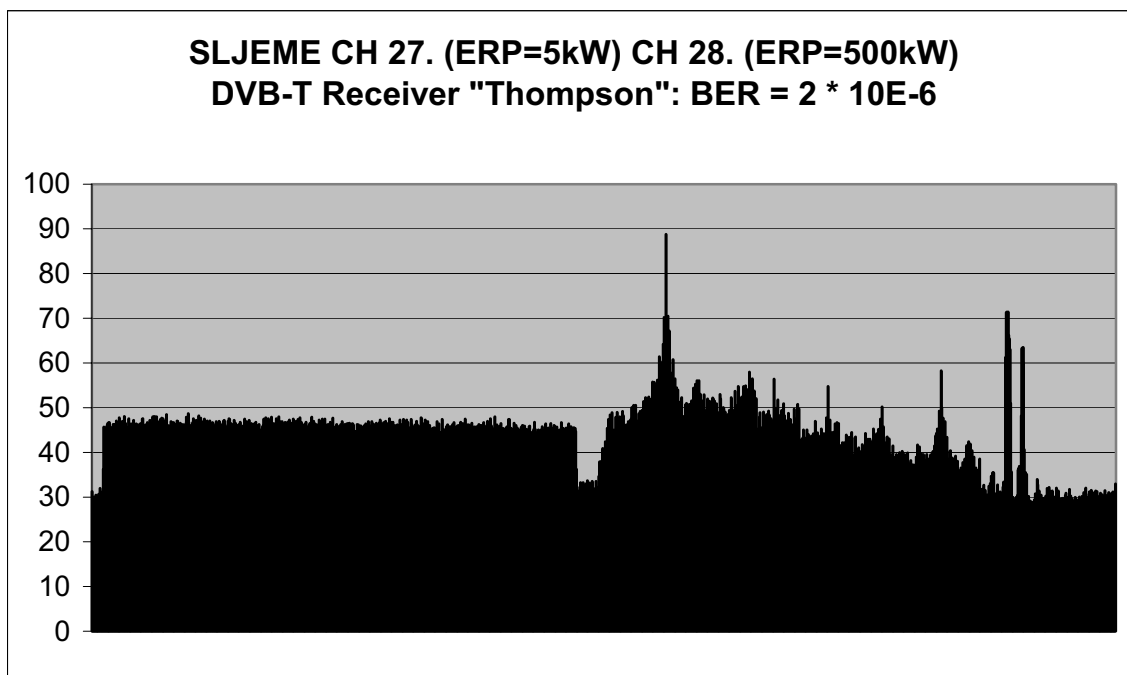
2-VELIKA GORICA



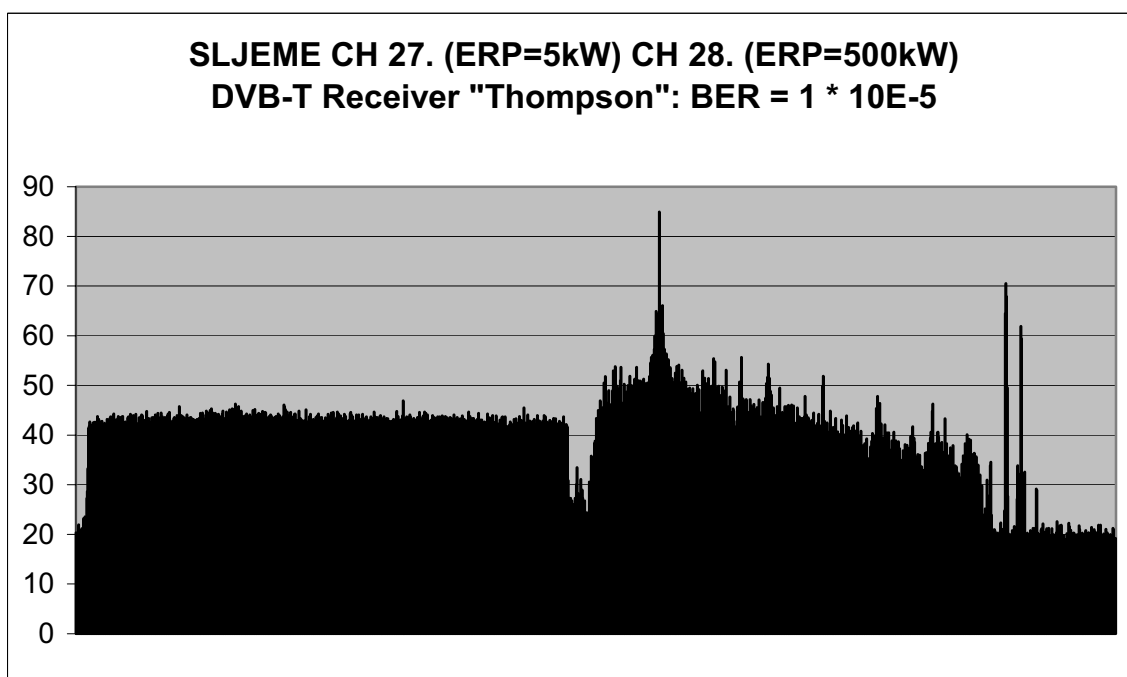
3-BUŠEVAC



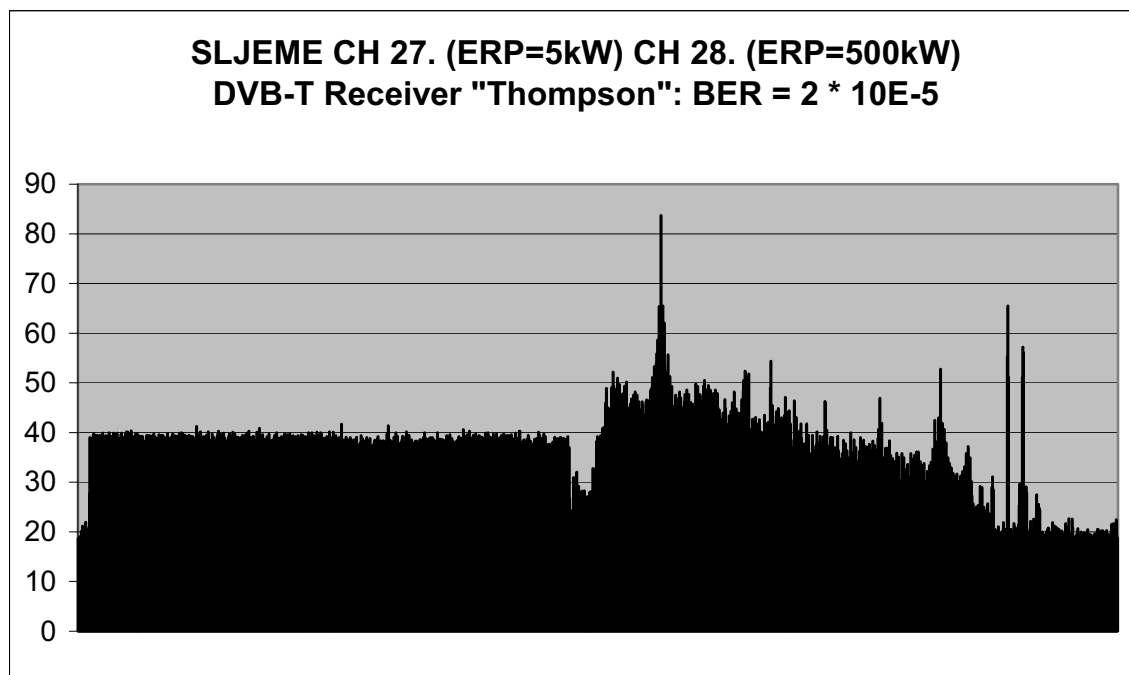
4-PEŠĆENICA



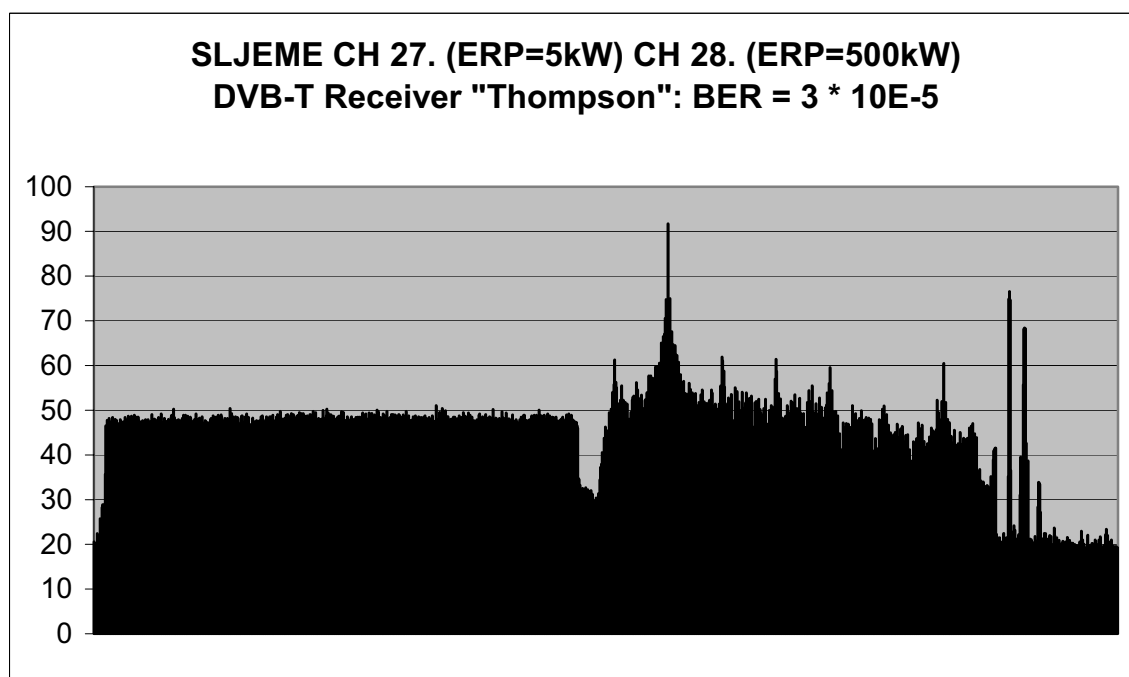
5-DUŽICA



6-SELA

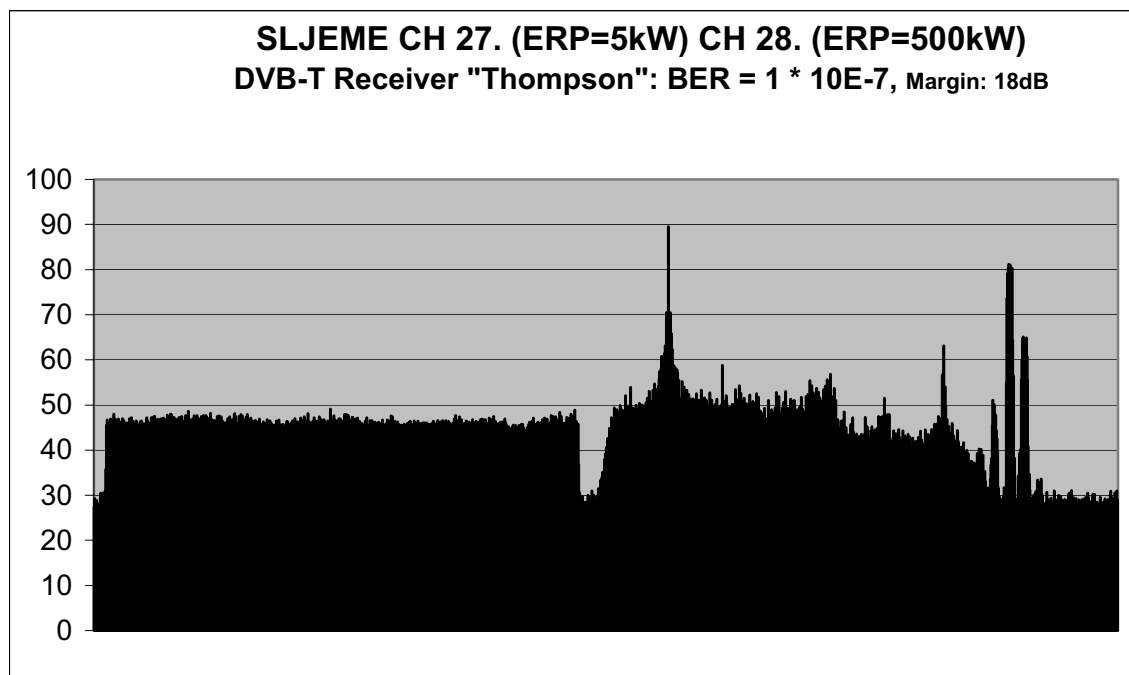


7-SISAK-ODRA

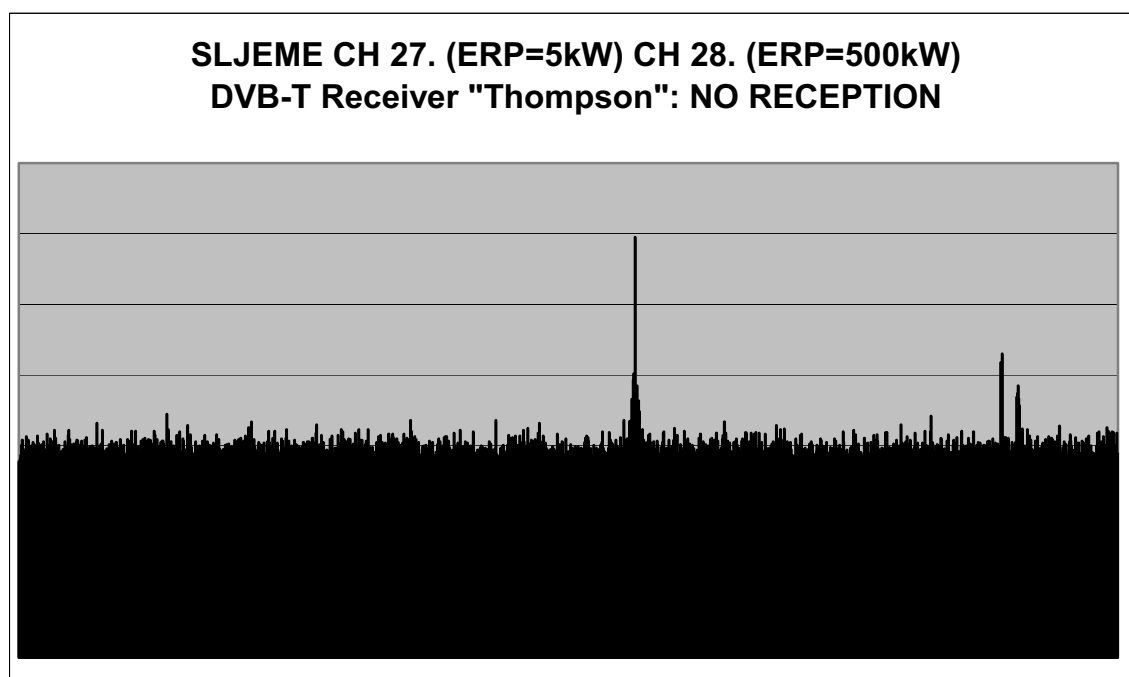


8-SISAK-NOVO SELO

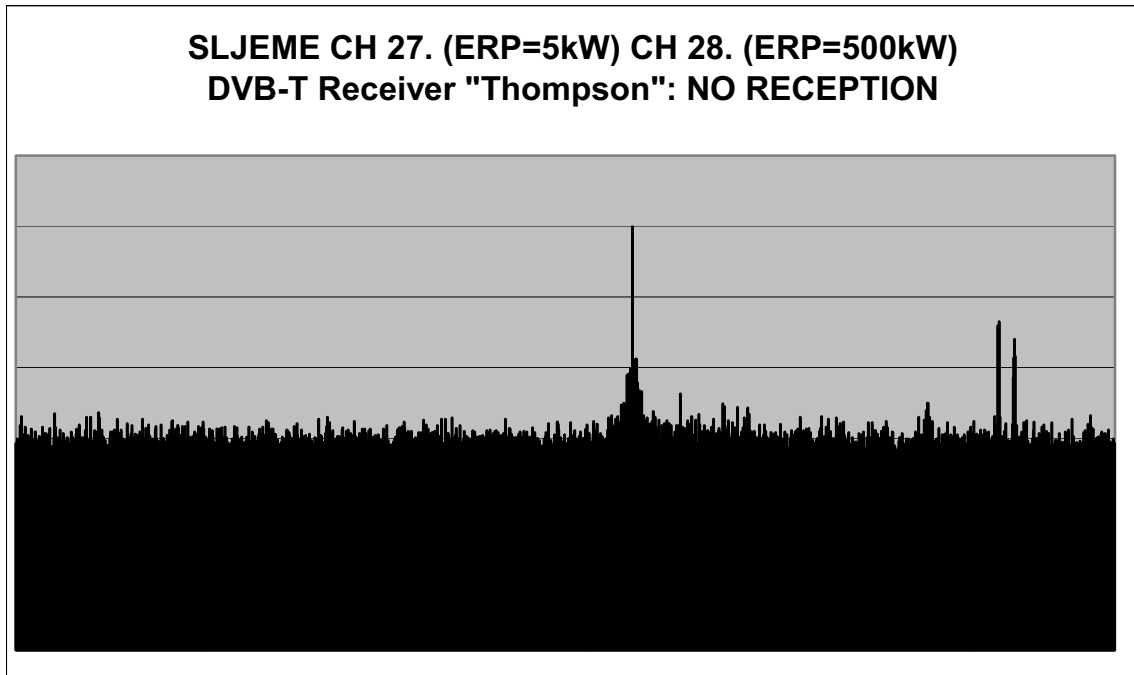
Slika 2.9. Rezultati mjerenja elektromagnetskog polja na lokacijama označenim na Slici 2.7; horizontalna os prikazuje frekvenciju u MHz u frekvencijom području 518-534.5 MHz; vertikalna od prikazuje vrijednosti elektromagnetskog polja iskazane u $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$.



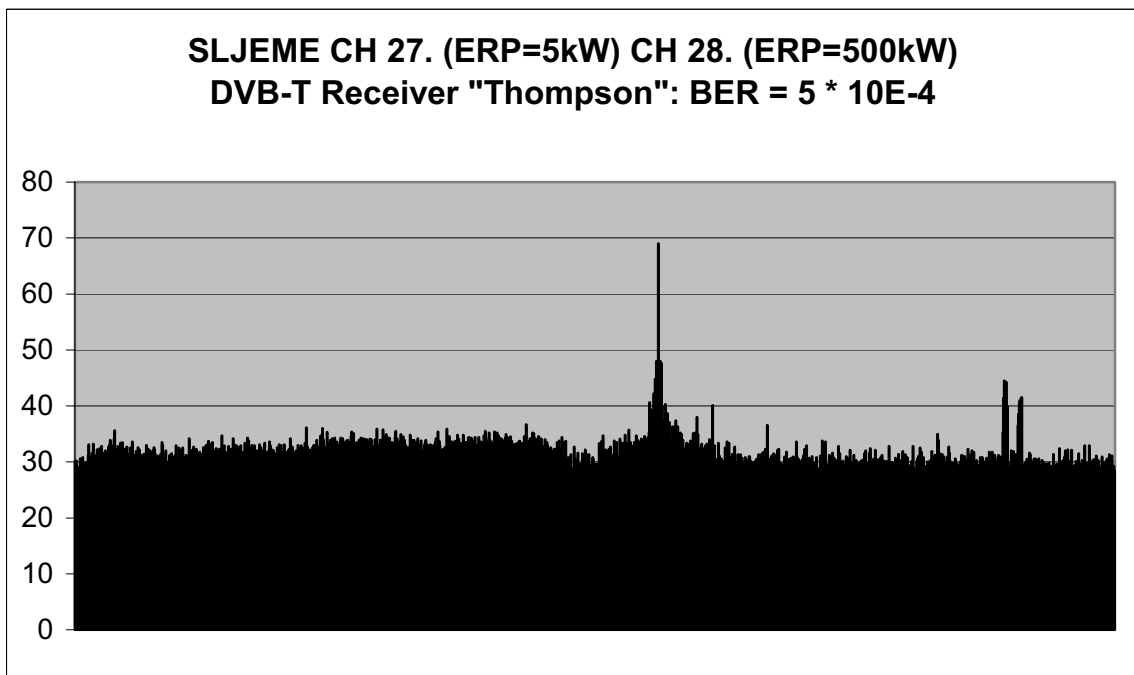
1-JASTREBARSKO



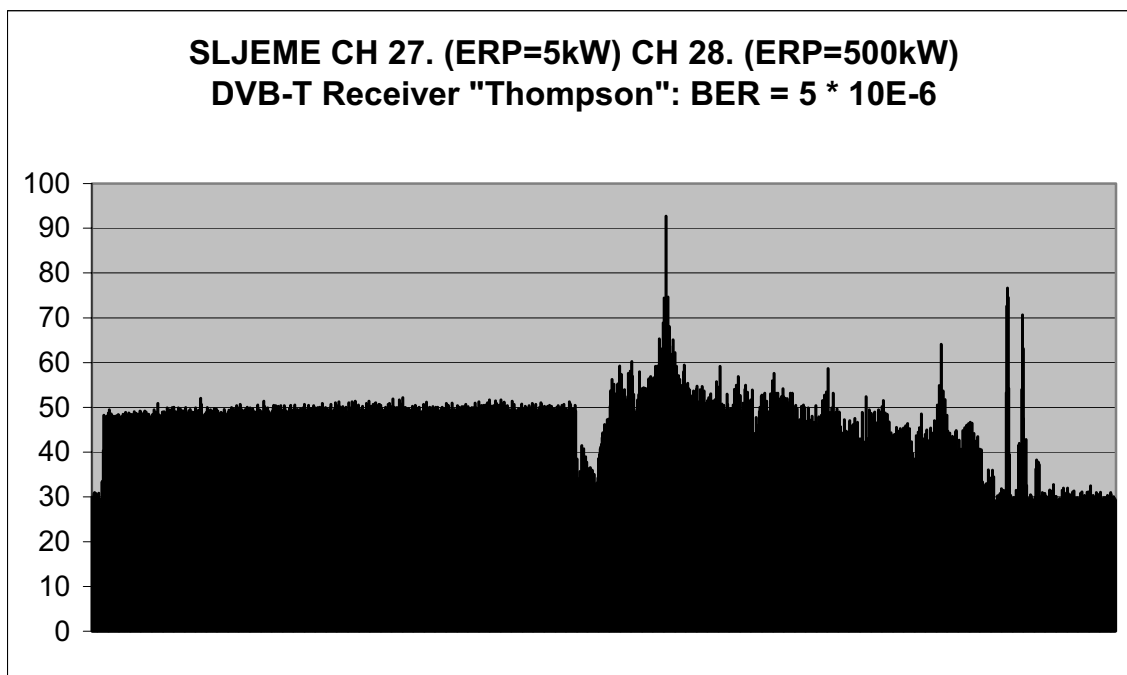
2-PRILIPJE-JURJEVČANI



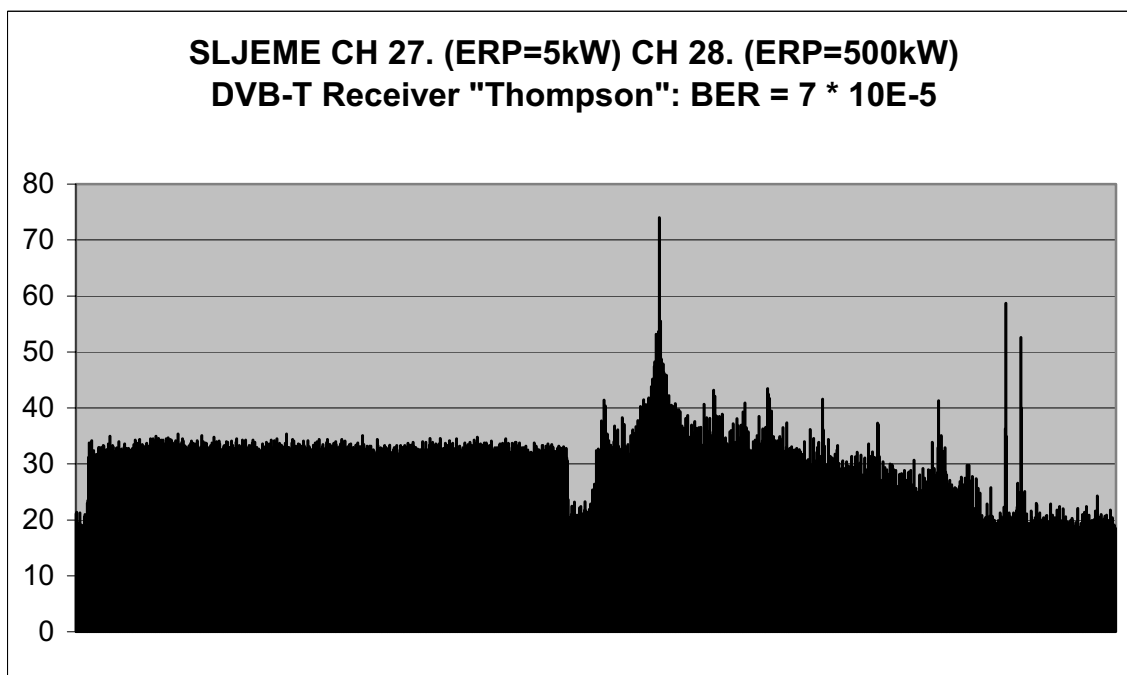
3-PRILIPJE-VD



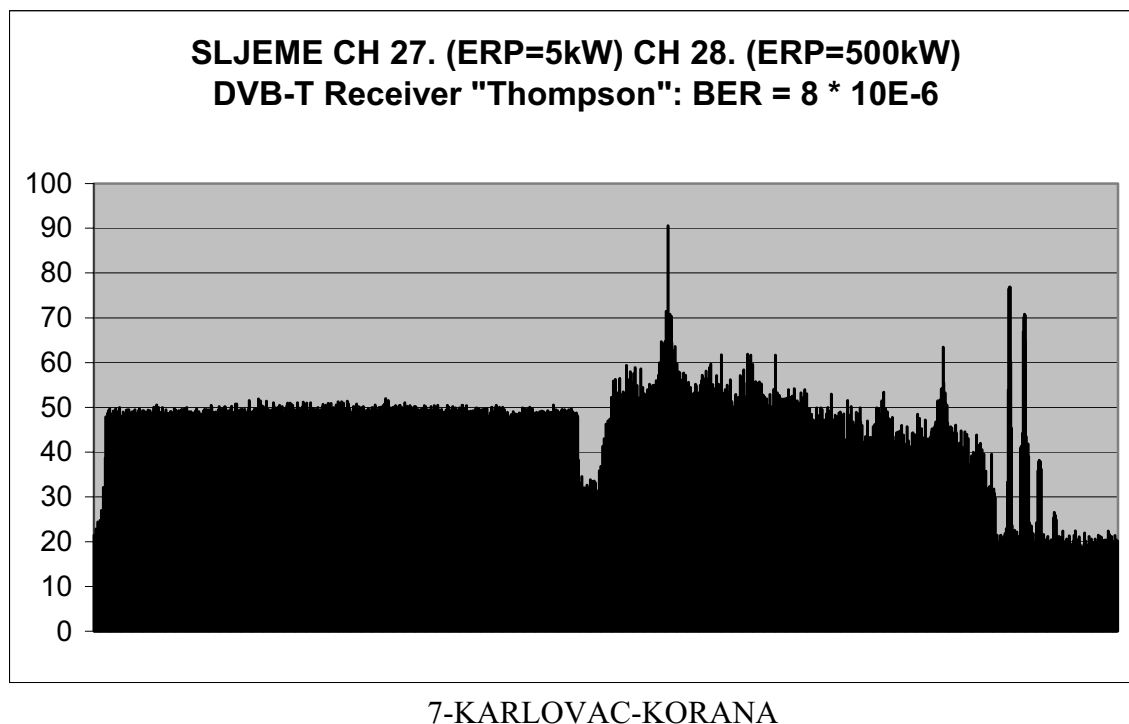
4-PLEŠIVICA



5-KARLOVAC-O



6-OZALJ-OPĆINA



Slika 2.10. Rezultati mjerenja elektromagnetskog polja na lokacijama označenim na Slici 2.8; horizontalna os prikazuje frekvenciju u MHz u frekvencijom području 518-534.5 MHz; vertikalna od prikazuje vrijednosti elektromagnetskog polja iskazane u $\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$

3.

Postupak MPEG kodiranja

3.1. MPEG-2 video kodiranja

3.1.1. Digitalni prikaz videosignala

Radi prikaza analognog videosignala u digitalnom obliku potrebno je provesti analogno-digitalnu pretvorbu koja se sastoji iz tri osnovna koraka: uzorkovanja (diskretizacija po vremenu), kvantiziranja (diskretizacija po amplitudi) i kodiranja (binarni prikaz diskretnih vrijednosti signala). Analogno-digitalna pretvorba je definirana:

- frekvencijom uzorkovanja koja po Nyquistovom kriteriju mora biti barem dvostruko viša od najviše frekvencijske komponente ulaznog videosignala,
- brojem bita za kodni prikaz svakog uzorka u binarnom obliku koji određuje i broj mogućih razina kvantizacije.

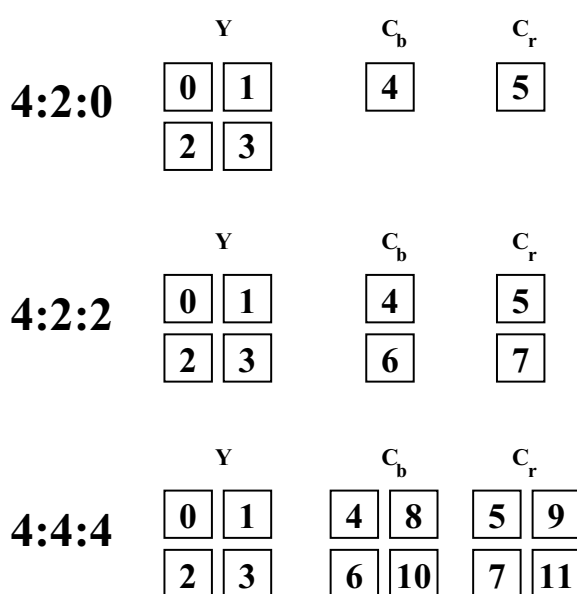
Analogno-digitalna pretvorba videosignala je definirana različitim preporukama međunarodne normizacije ovisno o namjeni videosignala. ITU-R preporuka BT.601: "Parametri kodiranja digitalnog televizijskog signala za studijsku primjenu uz omjer stranica ekrana 4:3 i 16:9" je temeljna norma za digitalno kodiranje televizijskog signala i neovisna je o tome da li se radi o sustavima s 525 linija i 60 Hz ili sa 625 linija i 50 Hz. Ulazni format analognog signala je komponentni sastavljen od luminantnog signala E'_Y i krominantnog signala određenog komponentama $(E'_R - E'_Y)$ i $(E'_B - E'_Y)$.

Signali E'_Y , E'_{CR} i E'_{CB} su analogne komponente televizijskog signala u boji za koje vrijede parametri kodiranja propisani ITU-R preporukom BT.601, Tablica 3.1. Frekvencija uzorkovanja luminantnog signala iznosi 13.5 MHz, a krominantnih 6.75 MHz. U TV sustavima s omjerom stranica ekrana 16:9 frekvencija uzorkovanja luminantnog signala iznosi 18 MHz, a krominantnih 9 MHz. Frekvencije uzorkovanja su vezane omjerom 4:2:2. Struktura uzorkovanja je ortogonalna i ponavlja se po linijama, poluslikama i slikama, a

uzorci se kodiraju ravnomjernom (uniformnom) impulsno kodnom modulacijom s osam ili deset bita po uzorku za luminantni i krominantni signal.

Tablica 3.1. Osnovni parametri kodiranja definirani ITU-R preporukom BT.601

Parametri	(NTSC) 525 linija / 60 Hz	(PAL) 625 linija / 50 Hz
Kodirani signali: Y, C_R, C_B	Ovi signali su dobiveni iz signala: $E'_Y, (E'_R - E'_Y)$ i $(E'_B - E'_Y)$	
Frekvencija uzorkovanja: • luminantni signal • svaki od signala razlike	13.5/18 MHz 6.75/9 MHz	
Broj uzoraka po liniji: • luminantni signal • svaki od signala razlike	858/1144 429/572	864/1152 432/576
Broj uzoraka po aktivnom dijelu linije: • luminantni signal • svaki od signala razlike	720/960 360/480	
Struktura uzorkovanja:	<i>Ortogonalna, ponavlja se u svakoj liniji, poluslici i slici; uzorci za svaki od krominantnih signala se uzimaju na mjestu koje odgovara neparnim uzorcima luminantnog signala u svakoj liniji</i>	
Način kodiranja:	<i>Ravnomjerna impulsno kodna modulacija (PCM) s osam ili deset bita po uzorku za luminantni signal i svaki od krominantnih signala</i>	



Slika 3.1. Strukture uzorkovanja za luminantnu i krominantne komponente

Različite strukture uzorkovanja prikazane su Slikom 3.1. Referentna 4:2:2 struktura uzorkovanja je osnovna norma kojom se postiže kvaliteta televizijske slike zahtijevana u TV studijima. Navedena struktura predstavlja osnovicu jedinstvene skupine međusobno kompatibilnih normi za digitalno kodiranje koji zadovoljavaju različite zahtjeve za kvalitetom signala. 4:2:0 struktura uzorkovanja nije sadržana u ITU-R preporuci BT.601 ali je značajna zbog toga što se primjenjuje u MPEG normi. U njoj se provodi i horizontalno i vertikalno poduzorkovanje krominantnih komponenti, za razliku od 4:2:2 strukture uzorkovanja u kojoj se provodi samo poduzorkovanje u horizontalnom smjeru tako da se smanjuje broj uzoraka po liniji za svaku od krominantnih komponenti.

3.1.2. MPEG postupak za kodiranje videosignala

Prva norma razvijena u okviru MPEG grupe je međunarodna norma ISO/IEC IS 11172: "Kodiranje pokretnih slika i pratećih audiosignala za digitalno pohranjivanje pri brzinama do 1,5 Mbit/s" ("*Coding of Moving Pictures and Associated Audio for Digital Storage Media up to about 1.5 Mb/s*"), tzv. MPEG-1 norma.

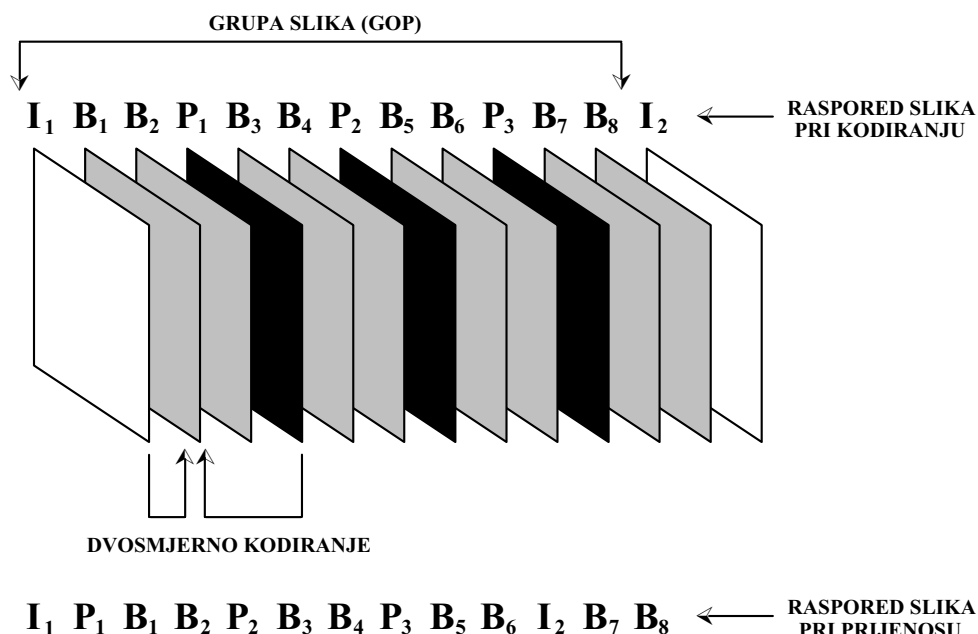
Druga norma razvijena u okviru MPEG grupe je ISO/IEC IS 13818: "Generičko kodiranje pokretnih slika i pratećih audiosignala" ("*Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio*"), tzv. MPEG-2 norma. Riječ *generički* naglašava suštinu norme, koja nije namijenjena jednoj definiranoj primjeni, nego ju je moguće koristiti u cijelom nizu različitih primjena. Norma specificira skup postupaka kodiranja s jezgrom sustava za brzine prijenosa od 4-10 Mbit/s. U tom području brzina prijenosa se može postići kvaliteta prijemnih signala bolja nego u standardnim TV sustavima (4 Mbit/s) ili vrhunska kvaliteta slike kod koje nije moguće zamijetiti razliku između dekodirane i izvorne slike (9 Mbit/s). Predloženi postupci kodiranja posjeduju takva svojstva da ih je moguće primjeniti i na televiziju visoke kvalitete (HDTV, *High Definition Television*) uz brzine prijenosa iznad 10 Mbit/s.

Model kodiranja videosignala u MPEG postupku je organiziran u šest slojeva od kojih svaki podržava određene postupke procesiranja signala ili funkcije sustava:

- BLOK je najmanja jedinica kodiranja sastavljena od 64 elementa slike. To je osnovna jedinica za primjenu diskretne kosinus transformacije. Svaki luminantni element slike odgovara jednom elementu slike. Kromatska informacija se poduzorkuje u omjeru 2:1 u horizontalnom i vertikalnom smjeru tako da se jedna kromatska informacija sastavlja od dvije krominantne komponente izvodi za četiri elementa slike
- MAKROBLOK je osnovna jedinica za kodiranje s nadomještanjem pokreta koja se sastoji od područja 16 elemenata slike u 16 linija za luminantnu komponentu (4 bloka od 8x8 elemenata slike) i prostorno jednakog područja s 8 elemenata slike u 8 linija za svaku od krominantnih komponenata. To znači da makroblok sadrži 4 luminantna bloka i 2 krominantna bloka pri čemu je područje slike pokriveno s 4 luminantna bloka jednako području slike koje je pokriveno pojedinim krominantnim blokom.
- ISJEČAK SLIKE (*Slice*) je horizontalni niz makroblokova koji je temeljna jedinica za uspostavljanje sinkronizacije između postupaka kodiranja koji se provode na razini bloka i makrobloka. Prilikom pojave pogreške unutar slike zbog gubitaka u prijenosu, nije potrebno odbaciti cijelu sliku već je iz postupka dekodiranja moguće izostaviti samo isječak slike i nastaviti dekodiranje sa sljedećim ispravno primljenim isječkom slike.

- SLIKA je osnovna jedinica u MPEG postupku kodiranja. Slike se dijele na: I-slike (*Intra Coded Pictures*) koje su samostalno kodirane unutarnjim kodiranjem, P-slike (*Predictive Coded Pictures*) koje su kodirane s predviđanjem uz nadomještanje pokreta pri čemu se kao polazne slike u postupku predviđanja koriste prethodne I-slike ili P-slike, B-slike (*Bidirectionally Coded Pictures*) koje su kodirane s predviđanjem uz nadomještanje pokreta pri čemu se kao polazne slike u postupku predviđanja koriste i prethodne i buduće I-slike ili P-slike i D-slike (*DC Coded Pictures*) kod kojih se kodira samo istosmjerni (DC) koeficijent diskretne kosinus transformacije.
- GRUPA SLIKA (GOP, *Group of Pictures*) se sastoji od jedne ili više slika a predstavlja najmanju jedinicu koja može biti neovisno dekodirana unutar videosekvence.
- SEKVENCA je najviši sloj u hijerarhijskoj strukturi kodiranja koja se sastoji od zaglavlja i određenog broja grupa slika. Zaglavlje sekvence uspostavlja početno stanje dekodera kako prethodno dekodirane sekvence ne bi imale utjecaja na trenutni proces dekodiranja.

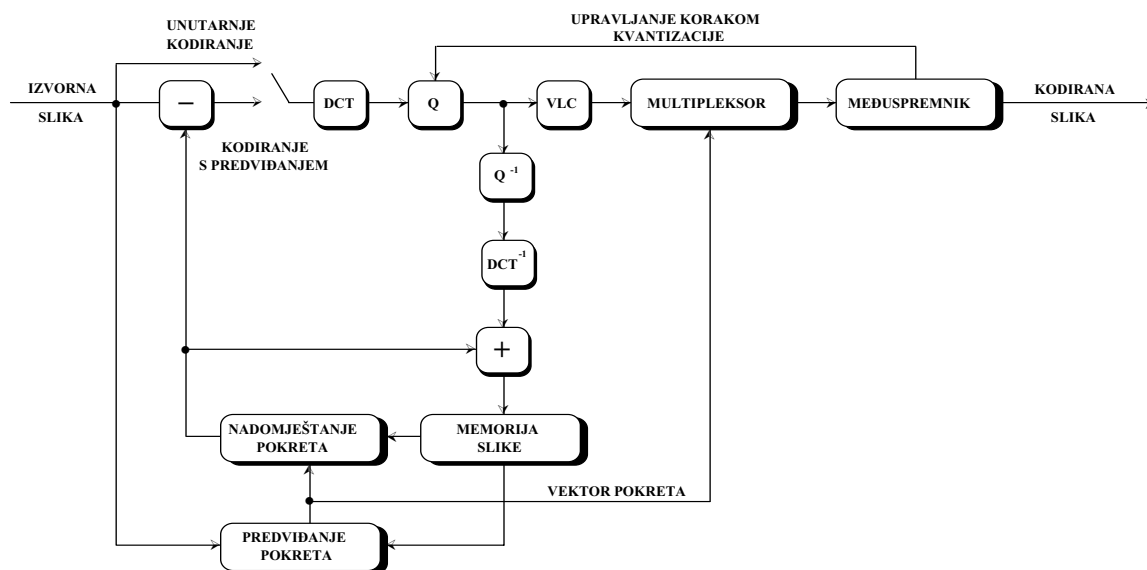
U MPEG normi sekvenca videosignala se dijeli na grupe slika. Svaka grupa slika sadrži određeni broj slika od kojih je prva slika I-slika koja je samostalno kodirana primjenom DCT. P-slika je dobivena predviđanjem iz prethodne I-slike ili P-slike. Između I-slike i P-slike, ili između dvije P-slike, određeni broj slika je preskočen i one se kodiraju naknadno primjenom dvosmjernog predviđanja u kome se kao referente slike u procesu predviđanja koriste najbliže I-slike ili P-slike. Tipična grupa slika je prikazana Slikom 3.2. iz koje je vidljivo da pojedine slike pri kodiranju dolaze u stvarnom rasporedu onako kako se pojavljuju na izlazu iz izvora videosignala. Stvarni raspored se nakon procesa kodiranja mora promijeniti stoga što rekonstrukcija B-slika zahtijeva prisustvo i prošlih i budućih I-slika i P-slika tako da se stvarni raspored u grupi slika mijenja na izlazu iz koda u raspored slika za prijenos.



Slika 3.2. Raspored slika u grupi slika

Na taj se način slike ne prenose u stvarnom rasporedu nego u rasporedu koji je prilagođen postupku dekodiranja (slike dolaze u dekodirani rasporedu potrebnom za dekodiranje). Stvarni raspored se ponovno obnavlja nakon dekodiranja.

MPEG postupak kodiranja videosignala je prikazan Slikom 3.3. On se zasniva na uklanjanju prostorne redundancije primjenom DCT na blokove veličine 8x8 elemenata slike i na uklanjanju vremenske redundancije primjenom kodiranja s predviđanjem uz nadomještanje pokreta na razini makrobloka.



Slika 3.3. MPEG postupak kodiranja

Nastanak I-slika

Pri unutarnjem kodiranju u kome nastaju I-slike, slika se dijeli u blokove veličine 8x8 na koje se primjenjuje dvodimenzijaska diskretna kosinusna transformacija (2-D DCT) koja daje 64 koeficijenta transformacije, Slika 3.4. Diskretna kosinusna transformacija i inverzna diskretna kosinusna transformacija za blok elemenata slike veličine 8x8 su definirane kao:

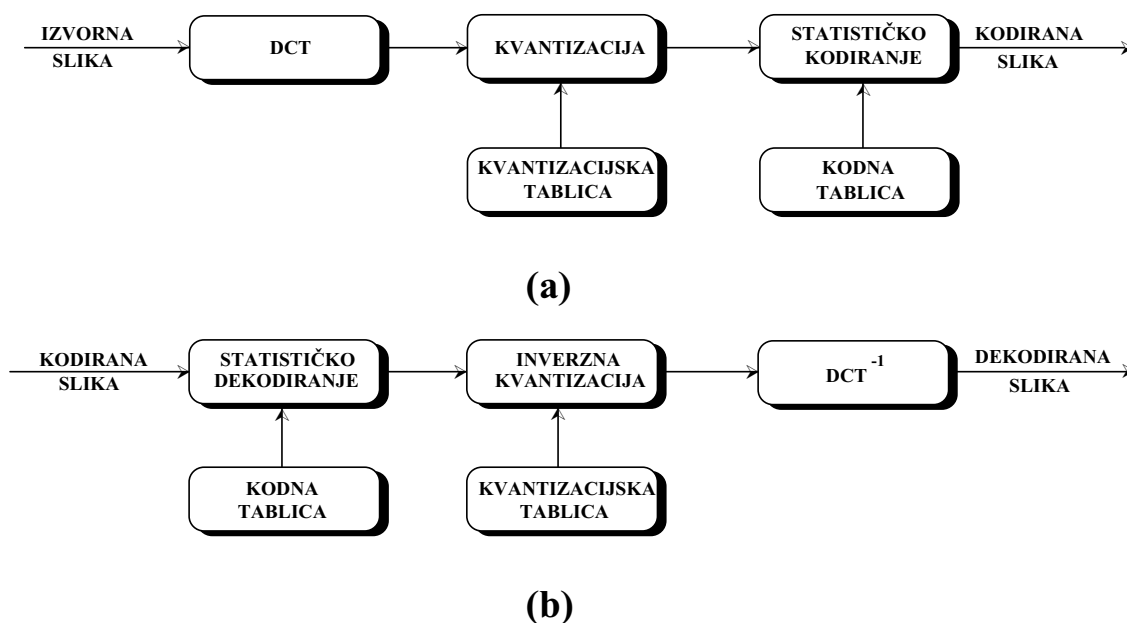
$$F(u,v) = \frac{1}{4} \cdot C_u \cdot C_v \cdot \sum_{i=0}^7 \sum_{j=0}^7 f(i,j) \cdot \cos \frac{\pi \cdot (2 \cdot i + 1) \cdot u}{16} \cdot \cos \frac{\pi \cdot (2 \cdot j + 1) \cdot v}{16}$$

$$f(i,j) = \frac{1}{4} \cdot \sum_{u=0}^7 \sum_{v=0}^7 C_u \cdot C_v \cdot F(u,v) \cdot \cos \frac{\pi \cdot (2 \cdot i + 1) \cdot u}{16} \cdot \cos \frac{\pi \cdot (2 \cdot j + 1) \cdot v}{16}$$

$$C_u = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \text{za } u=0 \\ 1, & \text{inace} \end{cases} \quad C_v = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}}, & \text{za } v=0 \\ 1, & \text{inace} \end{cases}$$

gdje su $f(i,j)$ uzorci u području slike, a $F(u,v)$ koeficijenti transformacijskog bloka.

Koeficijenti transformacije su ravnomjerno kvantizirani u skladu s kvantizacijskom tablicom s 64 elementa koji određuju korak kvantizacije za odgovarajući DCT koeficijent, a mogu biti cjelobrojne vrijednosti između 1 i 255. Cilj kvantizacije je postizanje kompresije prikazom koeficijenata s preciznošću koja nije veća od neophodne za postizanje željene kvalitete slike. Kvantizacijom se odbacuju informacije koje nisu važne za ljudski vizualni sustav. Postupak kvantizacije je osnovni izvor gubitaka pri kodiranju zasnovanom na DCT.



Slika 3.4. Postupak (a) kodiranja i (b) dekodiranja za I-slike

Nakon kvantizacije, dvodimenzijski blok DCT koeficijenata se preoblikuje u jednodimenzionalni niz podataka primjenom cik-cak analiziranja pri kome se očitavaju najprije niskofrekvencijske, a zatim visokofrekvencijske komponente. Visokofrekvencijske komponente, u pravilu, imaju amplitude čija je veličina jednaka ili bliska nuli i stoga ne trebaju biti kodirane, rezultirajući u visokom stupnju kompresije. DC koeficijent s nulom horizontalnom i vertikalnom frekvencijom je srednja vrijednost 64 uzorka slike u izvornom bloku.

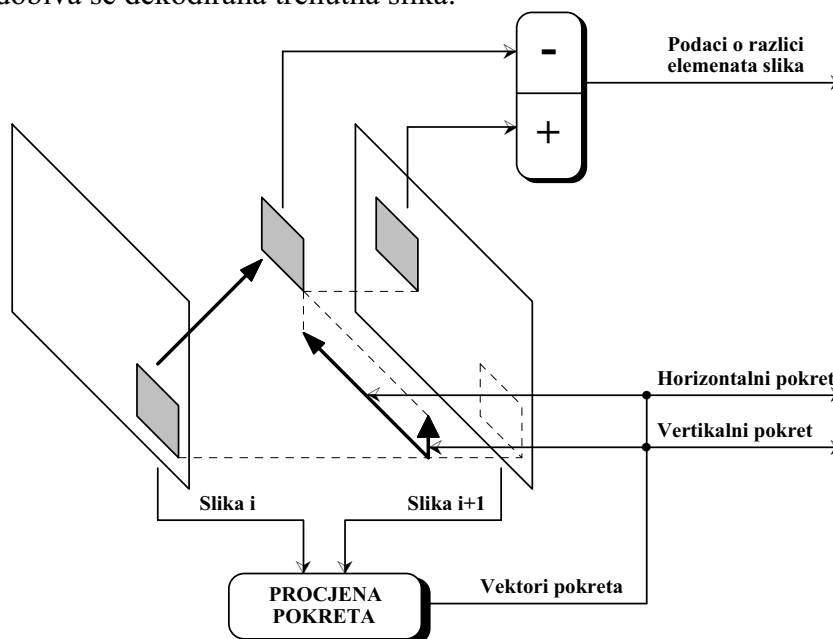
Završni stupanj procesiranja signala je statističko kodiranje kvantiziranih DCT koeficijenata kojim se postiže dodatna kompresija. Cik-cak analiziranje je pripremni korak za statističko kodiranje jer se njime visokofrekvencijske komponente s amplitudama jednakim nuli grupiraju na kraju niza.

Kvantizirani i kodirani blokovi slike su dekodirani u dekoderu koji je sastavni dio koda i pohranjeni u memoriju slike kako bi mogli biti korišteni kao prediktori u procesu kodiranja s predviđanjem, Slika 3.3.

Nastanak P-slika

Pri kodiranju s predviđanjem slike su procesirane na razini makroblokova. Početni korak u postupku kodiranja s predviđanjem se zasniva na procjeni pokreta. Postupkom predviđanja pokreta procjenjuje se kretanje objekata u uzastopnim slikama. Slika 3.5. prikazuje način provedbe postupka nadomještanja pokreta (MC, *Motion Compensation*). Pri kodiranju uz nadomještanje pokreta provodi se usporedba odgovarajućih područja dviju uzastopnih slika kako bi se odredio smjer i udaljenost pomaka tih područja između slika. Smjer i udaljenost iskazuju preko dvodimenzijskog vektora nazvanog vektor pokreta. Koder koristi vektor pokreta za pomak elemenata slike prethodne slike i dobivanje tzv. predviđene slike prije nego što je oduzme od trenutno procesirane slike. Ako su vektori pokreta između dviju uzastopnih slika točno izmjereni, tada će pomak objekata u prethodnoj slici rezultirati u predviđenoj slici u kojoj će pozicije tih objekata biti približno jednake njihovim pozicijama u trenutno procesiranoj slici, tako da je razlika trenutno procesirane slike i prethodne slike s nadomještenim pokretom mala, što rezultira u visokom stupnju kompresije. Vektori pokreta

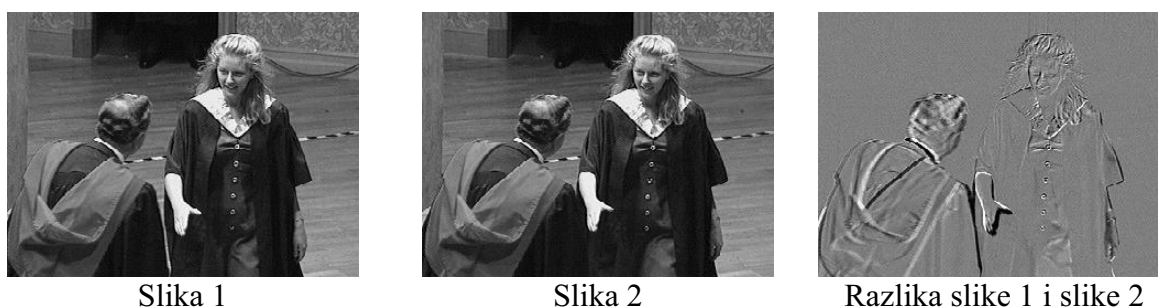
se prenose zajedno s razlikom slika, tako da dekoder može proizvesti vlastitu predviđenu sliku pomakom prethodne slike za vrijednosti definirane vektorima pokreta. Dodavanjem razlike slika dobiva se dekodirana trenutna slika.



Slika 3.5. Postupak nadomještanja pokreta

Makroblok iz prethodne slike translaticiran za vektor pokreta postaje prediktor u postupku DPCM za odgovarajući makroblok u trenutno procesiranoj slici. Razlika između makroblokova (pogreška predviđanja) se kodira primjenom DCT radi uklanjanja preostale prostorne redundancije. Ta razlika je vrlo mala što rezultira i visokim stupnjem kompresije. Slika 3.6. prikazuje razliku dviju susjednih slika u sekvenci videosignala koja se kodira primjenom DCT.

Koeficijenti nastali diskretnom kosinus transformacijom pogreške predviđanja su kvantizirani pri čemu je korak kvantizacije za sve DCT koeficijente uključujući istosmjerni koeficijent jednak i iznosi 16. Kvantizirani koeficijenti su kodirani primjenom kodiranja dužine niza i kodiranja s promjenljivom dužinom kodne riječi.

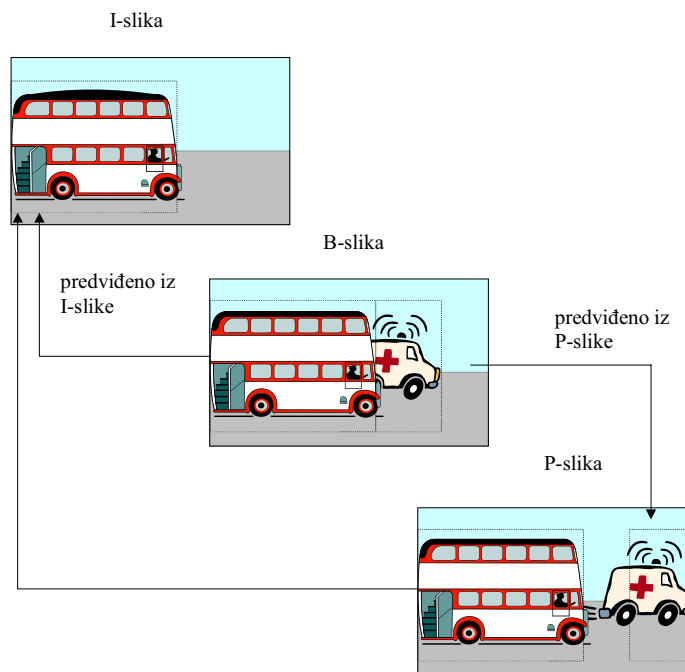


Slika 3.6. Razlika slika

Za P-slike se uvijek kao prediktori u postupku predviđanja koriste prethodne I-slike ili P-slike. Takav način predviđanja se naziva predviđanje prema naprijed jer se slika koja se koristi kao prediktor (referentna slika) nalazi u vremenskom slijedu izvorne sekvence prije slike koja se trenutno procesira.

Nastanak B-slika

Za B-slike je moguće kao prediktore u postupku predviđanja koristiti I-slike ili P-slike koje u vremenskom slijedu izvorne sekvence dolaze iza B-slike. Takav način predviđanja se zove predviđanje prema natrag jer se pri dekodiranju iz budućih I-slika ili P-slika predviđa sadržaj B-slike koja im u izvornom rasporedu prethodi (referentna slika za postupak predviđanja dolazi iza slike čiji sadržaj se predviđa). Postupak dvosmjernog predviđanja pokreta je prikazan na Slici 3.7. B-slike mogu koristiti i predviđanje prema naprijed i predviđanje prema natrag pri čemu se izvode dva vektora pokreta iz kojih se u dekoderu proračunava jedan vektor njihovim usrednjavanjem (interpolacijsko kodiranje).



Slika 3.7. Dvosmjerno predviđanje pokreta

Kodiranje s predviđanjem koje rezultira u P-slikama ili B-slikama povećava djelotvornost kodera u uklanjanju redundancije i veći stupanj kompresije. P-slike sadrže približno $\frac{1}{2}$ količine podataka I-slika dok B-slike sadrže približno $\frac{1}{4}$ količine podataka I-slika. B-slike imaju veću pogrešku rekonstrukcije nego I-slike i P-slike ali B-slike se ne pohranjuju u memoriji slike kodera jer se ne koriste kao referentne slike u postupku predviđanja koji slijedi, tako da ne postoji opasnost od propagacije pogrešaka.

3.1.3. MPEG-2 kodiranje videosignala

3.1.3.1. Opće karakteristike

MPEG-2 norma je optimizirana za ITU-R preporuku BT.601, 4:2:2 format slike, ali može biti primijenjena i na ostale oblike izvornih slika zahvaljujući razrađenoj strukturi profila i razina MPEG-2 videosintakse. *Profil* može biti razmatran kao podskup skupa parametara koji potpuno definiraju videosintaksu, dok je *razina* skup ograničenja koja vrijede za parametre videosintakse.

3.1.3.2. Profili i razine

MPEG-2, kao opća norma za kodiranje videosignala mora biti prilagođena različitim primjenama i formatima izvornih slika što je postignuto primjenom strukture profila i razina. *Profil* je definiran kao skup od jedne ili više osnovnih normi, a vezan je uz utvrđivanje klase, podskupova, opcija i parametara te osnovne norme za provođenje svake posebne funkcije. *Razina* je definirana područjem parametara kao što su veličina slike, frekvencija izmjene slika, brzina prijenosa, veličina međuspremnika i dr. MPEG norma predviđa šest različitih profila:

- osnovni (SP, *Simple Profile*) - najniža kvaliteta, nema mogućnost slojevitog kodiranja, ne uključuje dvosmjerno predviđanje, format slike je 4:2:0
- glavni (MP, *Main Profile*) - nema mogućnost slojevitog kodiranja, ali uključuje dvosmjerno predviđanje, format slike je 4:2:0
- 4:2:2 (*4:2:2P*) - format slike je 4:2:2, dopušta više brzine prijenosa nego MP
- profil sa slojevitošću u odnosu na omjer S/N (SNR) - podržava različite kvalitete slike mjerene odnosom S/N
- profil s prostornom slojevitošću (*Spatial*) - podržava različite prostorne rezolucije slike
- vršni profil (HP, *High Profile*) - podržava potpunu slojevitost

Tablica 3.2. Profili i razine u MPEG normi

Razina		Profil					
		Osnovni	Glavni	4:2:2	SNR	Prostorni	Vršni
Visoka	uzoraka/liniji linija/slici format vrste slika Mbit/s		1920 1152 4:2:0 I,P,B 80	1920 1152 4:2:2 I,P,B 800			1920 1152 4:2:0, 4:2:2 I,P,B 100
Visoka-1440	uzoraka/liniji linija/slici format vrste slika Mbit/s		1440 1152 4:2:0 I,P,B 60			1440 1152 4:2:0 I,P,B 60	1440 1152 4:2:0, 4:2:2 I,P,B 80
Glavna	uzoraka/liniji linija/slici format vrste slika Mbit/s	720 576 4:2:0 I,P 15	720 576 4:2:0 I,P,B 15	720 576 4:2:2 I,P,B 50	720 576 4:2:0 I,P,B 15		720 576 4:2:0, 4:2:2 I,P,B 20
Niska	uzoraka/liniji linija/slici format vrste slika Mbit/s		352 288 4:2:0 I,P,B 4		352 288 4:2:0 I,P,B 4		

MPEG-2 normom su utvrđene četiri razine:

- niska (LL, *Low Level*) - CIF/SIF format slike
- glavna (ML, *Main Level*) - standardni formati TV slike
- visoka razina 1440 (*High-1440*) - TV signal s 1440 uzoraka po liniji
- visoka razina (HL, *High Level*) - TV signal s 1920 uzoraka po liniji.

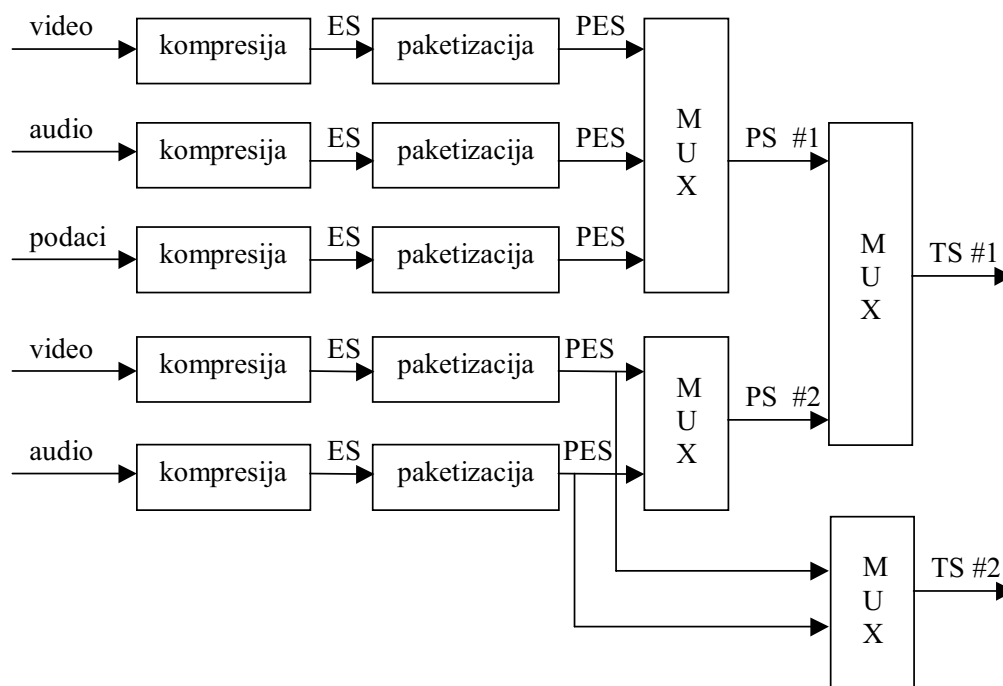
Razine su pridružene svakom profilu, ali nisu moguće sve kombinacije profila i razina. Tablica 3.2. daje gornje granične vrijednosti prostorne rezolucije, kao i najviše brzine prijenosa za moguće kombinacije profila i razina. Prostorna slojevitost, slojevitost u odnosu na signal/šum i vršni profili podržavaju višerezolucijske primjene kao što su npr. kompatibilnost standardnih televizijskih signala i televizijskih signala visoke kvalitete, distribucija videosignala mrežama s asinkronim načinom prijenosa, kompatibilnost prema natrag i druge primjene u kojima se zahtjeva nekoliko razina kodiranja.

3.1.4. MPEG-2 sustav

MPEG-2 sustav je dio MPEG norme koji definira način multipleksiranja tokova podataka audiosignala i videosignala u jedan tok podataka za pohranjivanje ili prijenos. Tok podataka namijenjen prijenosu se naziva prijenosni tok podataka (TS, *Transport Stream*), dok se tok podataka namijenjen pohranjivanju naziva programski tok podataka (PS, *Program Stream*). Multipleksiranjem audio i videosignala omogućava se njihov zajednički prijenos, ispravno dekodiranje i prikazivanje. U programskom toku podataka se multipleksira videosignal s audiosignalima i podacima pri čemu sve vrste podataka pripadaju jednom programu. U prijenosnom toku se mogu multipleksirati videosignali, audiosignali i podaci koji pripadaju različitim programima. U MPEG normi se definira način na koji se provodi spajanje pojedinih dijelova istog programa u cjelinu i način na koji se provodi multipleksiranje različitih programa. To znači da je normom opisan cijeli niz parametara koji se potrebni za uspostavljanje sinkronizacije između pojedinih dijelova programa i multipleksiranje različitih programa u jedan prijenosni tok. Pri tome je cilj MPEG skupine bio stvoriti fleksibilnu specifikaciju kako bi se MPEG kodirani podaci mogli prenositi različitim vrstama mreža, bez obzira na implementirani fizički sloj i neovisno o tome da li se podaci prenose kanalima koji imaju malu vjerojatnost pojavljivanja pogreške ili kanalima lošije kvalitete prijenosa. Zahtijevalo se i da kodirani tok podataka sadrži sve informacije potrebne za dekodiranje svih dijelova programa, odnosno da proces dekodiranja ne ovisi o nekom dodatnom toku podataka koji bi se morao paralelno prenositi.

MPEG-2 norma određuje hijerarhiju multipleksiranja koja se sastoji od tri vrste tokova podataka, Slika 3.8.:

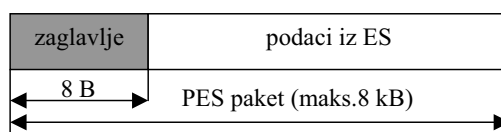
- osnovni tok podataka (ES, *Elementary Stream*);
- paketizirani osnovni tok podataka (PES, *Packetized Elementary Stream*);
- prijenosni ili programski tok podataka (PS ili TS).



Slika 3.8. Multipleksiranje tokova podataka u MPEG-2 normi

Osnovni tok podataka je onaj koji nastaje na izlazu iz kodera i koji sadrži sve što je potrebno dekoderu za rekonstrukciju izvorne slike ili audiosignala. MPEG koder provodi kompresiju slika i komprimirane slike se nazivaju pristupnim jedinicama. Tok podataka koji čine pristupne jedinice naziva se osnovni tok podataka.

Osnovi tokovi podataka koji dolaze iz kodera za audiosignale, videosignale ili podatke vremenski su kontinuirani. Postupkom paketizacije oni se dijele u PES pakete koji mogu imati bilo koju duljinu do maksimalno 8 kB što znači da PES paketi mogu imati stalnu ili promjenljivu duljinu. Slika 3.9. prikazuje izgled PES paketa i dva moguća načina formiranja PES paketa.



Slika 3.9. Izgled PES paketa

Svaki PES paket započinje sa zaglavljem. Zastavice, koje mogu biti postavljene u zaglavlju PES paketa, označavaju prisutnost slijedećih informacija o paketu:

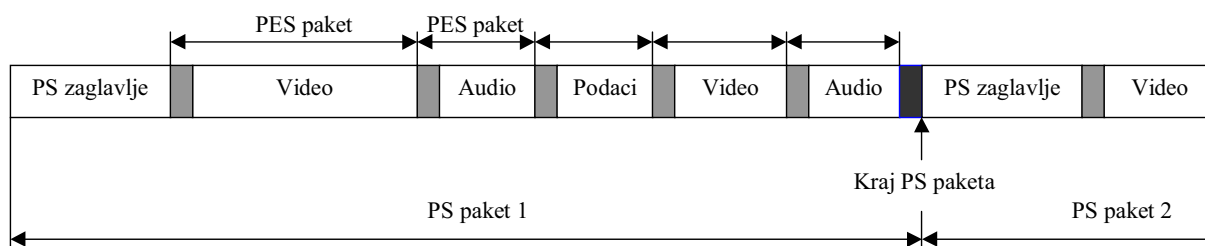
- Vremenske oznake za dekodiranje/prikazivanje (PTS/DTS, *Presentation Time Stamp/Decode Time Stamp*) ;
- Referenca za taktne impulse osnovnog toka (ESCR, *Elementary Stream Clock Reference*) i brzina prijenosa osnovnog toka podataka (*ES rate*) služe za davanje vremenskih informacija dekoderu.
- Informacija o posebnim efektima (*trick mode*) ;
- Informacija o zaštiti autorskih prava može označiti da su podaci u PES pod zaštitom autorskih prava tako da se može onemogućiti kopiranje zaštićenih podataka.

- Informacija o zaštiti od pogreške znači da je moguće implementirati algoritam za zaštitu od pogreške a dodatni podaci potrebni za tu svrhu se prenose u ovom području.
- Informacija o PES proširenju sadrži područja koja služe za upravljanje međupremnicima i za podršku MPEG-1 tokovima podataka.

Za prijenos televizijskog signala od posebnog su značaja vremenske oznake jer one omogućavaju sinkronizaciju audiosignala i videosignala.

3.1.4.1. Oblikovanje paketa programskog toka podataka

Programski tok podataka sadrži pakete koji dolaze iz jednog ili više osnovnih tokova podataka koji imaju jednaku vremensku bazu tj. pripadaju istom programu. Namijenjen je pohranjivanju videosignala npr. na digitalni višenamjenski disk (DVD, *Digital Versatile Disc*). Programski tok može sadržavati jedan tok podataka videosignala i jedan ili više tokova podataka audiosignala, Slika 3.10. Paketi programskog toka imaju promjenljivu duljinu što može izazvati poteškoće u procesu dekodiranja jer dekodier mora prepoznati početak i kraj paketa. Pri tome se dekodier koristi podacima o duljini paketa koji se nalaze u zaglavlju paketa programskog toka.



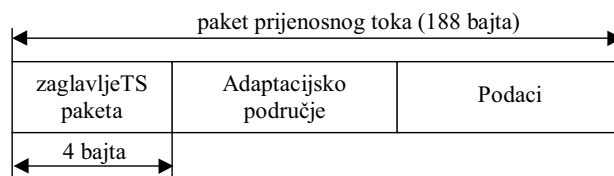
Slika 3.10. Paketi programskog toka podataka

Zaglavlje paketa programskog toka sadrži kod za početak paketa, referenca za sistemske taktne impulse (SCR, *System Clock Reference*) i podatke za multipleksiranje. SCR omogućava sinkronizaciju audiosignala i videosignala u programskom toku. PS paketi su osjetljivi na pogreške u prijenosu i zbog toga je programski tok namijenjen za korištenje u tzv. okruženju bez pogrešaka (*error free environment*) gdje se jamči mala vjerojatnost pojavljivanja pogrešaka.

3.1.4.2. Oblikovanje paketa prijenosnog toka podataka

Za razliku od programskog toka, prijenosni tok je namijenjen prijenosu MPEG kodiranih podataka kroz mrežu, što znači da mora biti oblikovan na takav način da bude otporan na pogreške u prijenosu. Zbog toga se rabe paketi točno određene duljine koji se mogu brzo komutirati u širokopojasnim mrežama. Drugo svojstvo prijenosnog toka je to da prijenosni tok može sadržavati jedan ili više različitih programa. Prijenosni tok može nastati multipleksiranjem više programskih tokova podataka koji imaju različite vremenske baze ili multipleksiranjem PES paketa koji imaju iste ili različite vremenske baze što znači da dolaze iz jednog ili više programa.

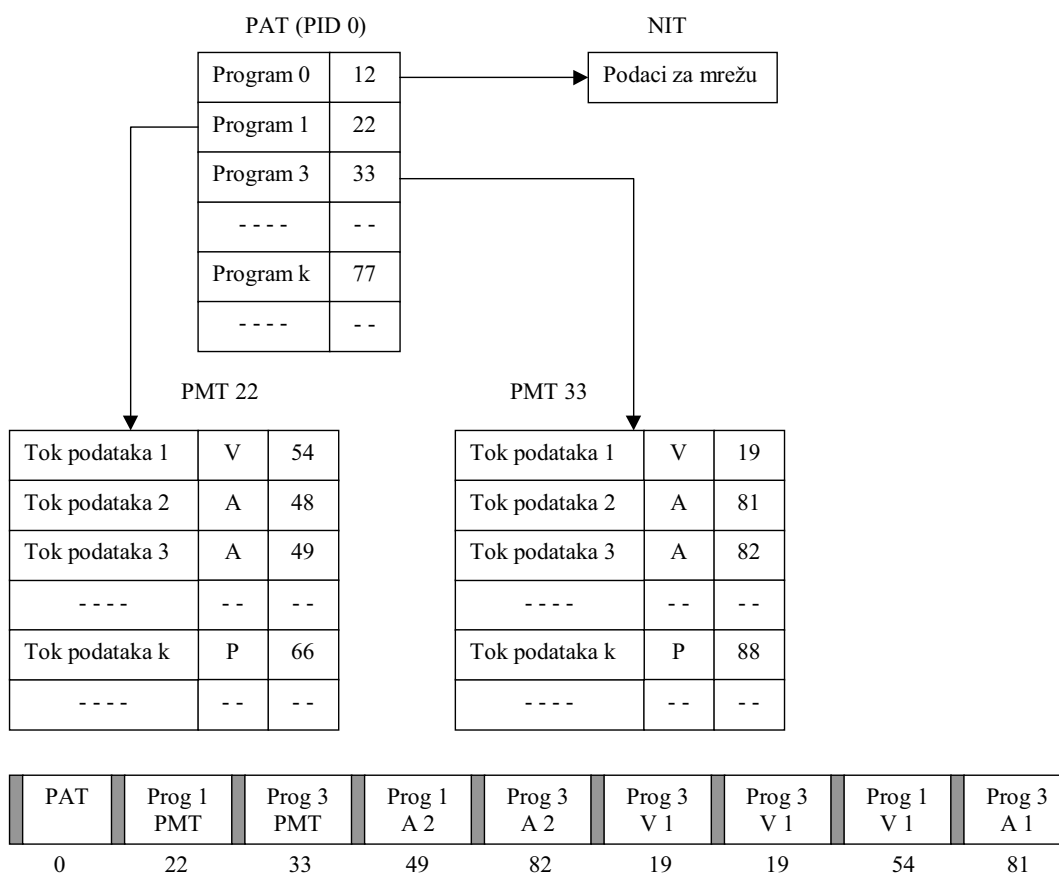
Paketi prijenosnog toka imaju konstantnu duljinu od 188 bajta od čega 4 bajta otpada na zaglavlje, a preostala 184 se dijele na adaptacijsko područje i područje podataka, Slika 3.11.



Slika 3.11. Paket prijenosnog toka podataka

MPEG-2 norma definira dvije vrste prijenosnih tokova podataka:

- prijenosni tok s jednim programom (SPTS, *Single Program Transport Stream*) koji se sastoji od paketiziranih osnovnih tokova koji imaju istu vremensku bazu;
- prijenosni tok s više programa (MPTS, *Multiple Program Transport Stream*) koji se sastoji od multipleksa više programa.



Slika 3.12. Primjer PID 0 i PMT tablica

Jedno od najvažnijih područja u zaglavlju TS paketa je PID. Ono se rabi za identifikaciju paketa prijenosnog toka koji nose PES pakete vezane uz isti program, ali i za određivanje vrste podataka koji se prenose u korisnom području podataka paketa prijenosnog toka. Neke od mogućih vrijednosti PID područja su unaprijed rezervirane i imaju posebno značenje. To su tzv. PID 0 i PID 1 koji se periodički uključuju u programski tok podata. PID 0 znači da se u korisnom dijelu paketa prijenosnog toka prenosi tablica povezivanja programa (PAT, *Program Association Table*) koja omogućava povezivanje ES koji pripadaju istom programu preko tzv. programske tablice (PMT, *Program Map Table*). PID 1 znači da se u korisnom dijelu paketa prijenosnog toka prenosi tablica šifriranih programa (CAT,

Conditional Access Table). Prvi podatak u PAT tablici je "Program 0" koji sadrži oznaku tablice s mrežnim informacijama (NIT, *Network Information Table*) čiji podaci imaju poseban značaj u radiodifuziji digitalnog TV signala. PMT sadrži oznake za osnovne tokove audiosignala, videosignala i podataka koji pripadaju istom programu. Svaka PMT tablica ima svoju vlastitu oznaku u PID tablici. Ako dekoder želi dekodirati točno određeni program mora prvo pronaći PID 0, a zatim PMT tog programa. Iz PMT tablice očita PID vrijednosti svih dijelova programa i izdvoji ih iz prijenosnog toka. Ukoliko je program šifriran dekoder mora pronaći i PID 1. Demultipleksiranje je nemoguće bez PAT tablice. MPEG određuje da je maksimalno vrijeme između pojavljivanja PAT paketa i pripadajućih PMT paketa 0.5 sekundi. Slika 3.12. prikazuje primjer PID 0 i pripadajućih PMT tablica.

3.2. MPEG-2 audio kodiranja

MPEG normom definirani su načini formiranja toka audiopodataka koji mogu pratiti videoinformaciju. Proces MPEG kompresije audiosignala spada u skupinu postupaka s gubitkom informacije. No, zbog vještog korištenja psihoakustičkih efekata, može se postići subjektivna transparentnost gubitka kvalitete signala. To znači da prosječni slušatelj neće moći zamijetiti razliku između izvornog i komprimiranog signala prilikom reprodukcije. Ispitivanja pokazuju da čak i pri korištenju omjera kompresije od 6:1 (stereo-signal, 16-bitna kvantizacija, frekvencija uzorkovanja 48 kHz, rezultirajući tok nakon kompresije oko 256 kbit/s) slušatelji nisu bili u mogućnosti razabrati koji signal je bio izvorni, a koji komprimirani. Pri tom valja naglasiti kako je sadržaj ispitnog signala bio izabran upravo da bi do izražaja došle eventualne pogreške koje se mogu pojaviti u procesu kompresije. Visoke performanse s obzirom na kvalitetu reprodukcije treba zahvaliti iskorištavanju psihoakustičkog efekta maskiranja.

Tok audiopodataka može biti formiran potpuno neovisno od toka videopodataka, tj. MPEG norma pogodna je za samostalnu kompresiju audiopodataka. Cilj kompresije je smanjenje toka audiopodataka na vrijednosti ispod 300 kbit/s, uz očuvanje kvalitete reprodukcije. U usporedbi s nekomprimiranim videopodacima, količina audiopodataka je zanemariva (oko 200 puta manje podataka), no nakon provedene kompresije videopodataka, dva toka postaju sumjerljiva. Zbog toga je potrebno provesti kompresiju audiosignala. Dio MPEG-2 norme vezan uz kodiranje audiosignala striktan je samo u onom dijelu u kojem je potrebno osigurati uniformnost generiranog toka podataka. Njime je utvrđena sintaksa kodiranog toka podataka, definiran je proces dekodiranja i predložena su ispitivanja koja moraju proći MPEG kompatibilni uređaji. Time je osigurano da se, bez obzira na proizvođača opreme i način implementacije kompresije, tok podataka kodiran MPEG normom može uvijek dekodirati s predvidljivim rezultatima. Ovako definirana norma ostavlja proizvođačima široko polje za implementaciju boljih i bržih rutina u koderu, unutar standardom definiranih granica.

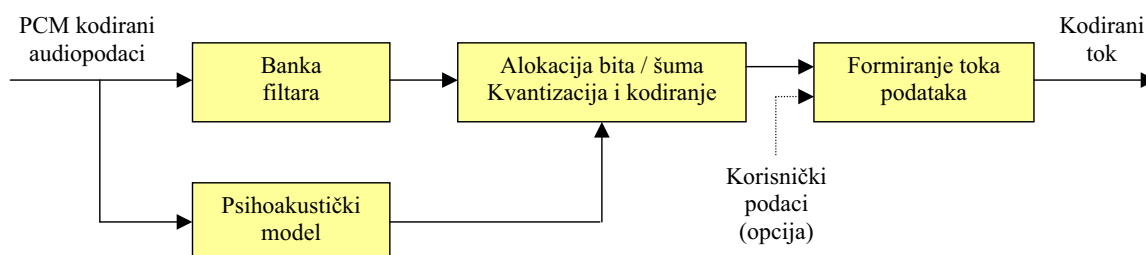
3.2.1. Postupci kodiranja

Slika 3.13. prikazuje blok shemu MPEG koderu audiosignala. U koder ulazi tok uzoraka audiosignala kodiran impulsno kodnom modulacijom (PCM, *Pulse Code Modulation*), koji je uzorkovan jednom od frekvencija uzorkovanja koje su podržane u normi (između 16 kHz i 48 kHz). Zatim se spektar uzorkovanog signala dijelu u 32 podpojasa uporabom banke filtara

koja sadrži 32 jednaka filtra raspoređena na jednakim frekvencijskim razmacima. Za svaki kanal, blok od N uzoraka pretvara se u N novih uzoraka raspodijeljenih po podpojasevima, s tim da se u svakom podpojasu može pojaviti najviše $N/32$ uzoraka. Broj N definiran je za razine I i II i iznosi:

- za razinu I, $N=384$,
- za razinu II, $N=1152$.

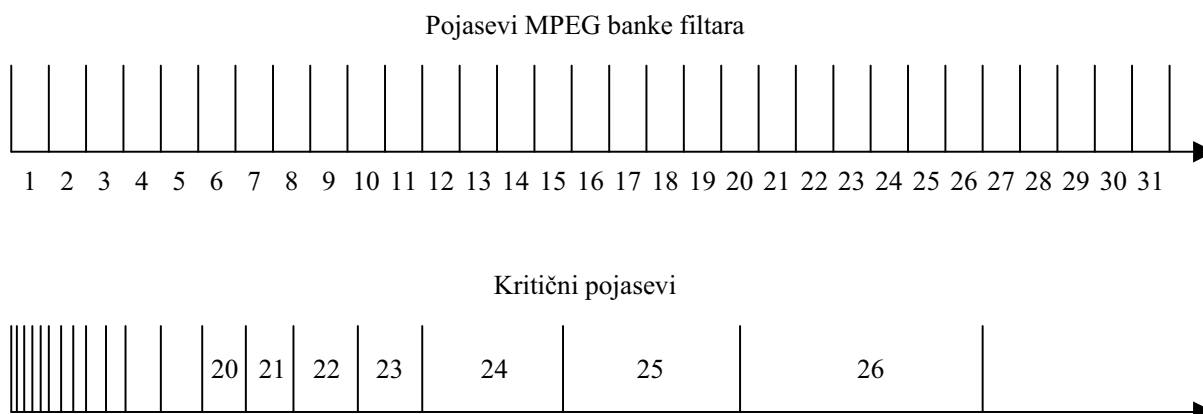
Nakon toga, slijedi proces kodiranja N uzoraka dodjeljivanjem bita i kodiranjem na temelju zahtijevane brzine toka, frekvencije uzorkovanja, te uz uporabu psihoakustičkog modela. Konačni rezultat čitavog procesa je formiranje okvira komprimiranih audiopodataka.



Slika 3.13. Blok dijagram MPEG kodera audiosignala

3.2.1.1. Banka filtera

Banka filtera ključna je komponenta za sve razine u MPEG kompresiji audiosignala. U njoj se ulazni audiosignal dijeli na 32 frekvencijska podpojasa jednake širine. Izvedba banke filtera predstavlja kompromisno rješenje između dva oprečna zahtjeva: jednostavnosti i učinkovitosti. Tri osnovna problema koja se javljaju zbog ovakve konstrukcije banke filtera su slijedeća: prvo, jednake širine podpojaseva ne odgovaraju u potpunosti karakteristikama ljudskog sluha. Širina kritičnog pojasa, unutar kojeg uho provodi analizu tonskog signala, ovisna je o frekvenciji, a ovdje se na svim frekvencijama koristi ista širina pojasa. Na Slici 3.14. prikazana je razlika između kritičnih pojaseva i pojaseva koji se koriste u banci filtera.



Slika 3.14. Razlika između podpojaseva banke filtera i kritičnih pojaseva

Zbog toga što na nižim frekvencijama jedan podpojas prekriva nekoliko kritičnih pojaseva, ne može se precizno dodijeliti broj kvantizacijskih bita pojedinom kritičnom pojasu,

nego je taj broj diktiran vrijednošću maskiranja u kritičnom pojasu na koji maskiranje ima najmanji učinak. Time se u nižim pojasevima gubi na mogućnosti kompresije, jer će svim kritičnim pojasevima koji su obuhvaćeni jednim podpojasom banke filtera biti alociran maksimalan proračunat broj bita.

Drugo, filtriranje i rekonstrukcija nisu postupci bez gubitaka, bez obzira na kvalitetu filtera. Čak i ako se na bi provodila kvantizacija, pri rekonstrukciji će doći do određenih gubitaka u signalu. Filter treba biti tako projektiran da gubici zbog filtriranja budu dovoljno mali, kako se ne bi čuli u procesu reprodukcije.

Treće, susjedni podpojasevi djelomično se preklapaju. Zbog toga signal jedne frekvencije, koji bi inače utjecao samo na jedan podpojas, može imati utjecaja na susjedne podpojaseve.

Rezultat procesa filtriranja je razdvajanje spektra signala u 32 podpojasa, od kojih svaki može sadržavati 12 (za razinu I) ili 36 (za razinu II) uzoraka. Za razinu III proces filtriranja nešto je drukčiji, što će kasnije biti prikazano.

3.2.1.2. Psihoakustički model

Psihoakustički model analizira audiosignal i preračunava koliko je minimalno bita potrebno dodijeliti pojedinom podpojasu za kvantiziranje, a da se još uvijek dobije dozvoljeni odnos signal/šum, odnosno da se jamči kvaliteta reprodukcije. Preraspodjela bita po podpojasevima vezana je uz djelotvorno korištenje raspoložive količine bita (koja je ograničena definiranim omjerom kompresije), kako bi se postigli najbolji rezultati. Nova alokacija bita računa se zasebno za svaki podpojas. Cilj psihoakustičkog modela je proračunavanje utjecaja svih psihoakustičkih efekata na informaciju u pojedinom podpojasu. Na temelju proračuna određuje se odnos maskiranja prema signalu, koji nam daje podatak o tome kolika razina šuma se može tolerirati u pojedinom podpojasu.

Da bi se dobio odnos maskiranja prema signalu, na temelju kojeg se proračunava dozvoljena razina šuma za svaki podpojas, odnosno minimalan potreban broj kvantizacijskih bita, mora se prvo provesti pretvorba signala iz vremenske u frekvencijsku domenu. Taj proces obavlja se neovisno od procesa filtriranja i to na temelju postupka brze Fourierove transformacije (FFT, *Fast Fourier Transform*), koji omogućava prebacivanje u frekvencijsku domenu s boljom spektralnom rezolucijom. Na temelju dobivenih podataka, proračunava se maksimalna snaga signala u svakom podpojasu, te se utvrđuje koji dio signala pripada izvoru, a koji je posljedica šuma. Utvrđuje se prag čujnosti i prag maskiranja za svaki podpojas. Zatim se proračunava ukupni prag maskiranja na temelju zbrajanja pojedinih pragova maskiranja s pragom čujnosti. Sada je moguće za svaki podpojas proračunati razliku između signala i praga maskiranja, čime se određuje odnos signal/maskiranje. U Tablici 3.3. prikazan je primjer utjecaja psihoakustičkog modela na potreban broj bita. U pojasu broj 8 nalazi se najjači signal razine 60 dB. Nakon proračuna dobiveno je da ta razina daje prag maskiranja u susjednim podpojasevima i to: u podpojasu broj 7 prag iznosi 12 dB, a u podpojasu broj 9 prag iznosi 15 dB. Budući da je razina signala u sedmom podpojasu (2 dB) ispod razine maskiranja, informaciju tog pojasa ne treba kodirati. U devetom podpojasu je razina 35 dB, što je veće od praga maskiranja te se ta informacija treba kodirati. No, može se povećati pogreška kvantizacije odnosno smanjiti broj kvantizacijskih bita za dva, jer se time unosi šum od 12 dB (svaki bit manje u kvantizaciji unosi šum od približno 6 dB), što je ispod razine dozvoljenog šuma i neće utjecati na kvalitetu reproduciranog signala.

Tablica 3.3. Primjer psihoakustičkog modela

Podpojas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Razina [dB]	0	8	12	10	6	2	10	60	35	20	15	2	3	5	3	1

3.2.1.3. Proces alokacije bita

Proces alokacije bita usko je vezan uz psihoakustički model. Njime se utvrđuje potreban broj bita za kodiranje svakog od 32 podpojasa, na temelju informacije dobivene iz psihoakustičkog modela. Na temelju dobivenog odnosa signal/maskiranje, određuje se kolika je razina kvantizacijskog šuma dopuštena u pojedinom podpojasu, te se zatim, na temelju toga, svakom podpojasu dodjeljuju raspoloživi bitovi za kvantizaciju.

Za razine I i II proces započinje proračunavanjem odnosa signala maskiranja prema šumu, na temelju slijedeće relacije:

$$M/N = S/N - S/M \text{ [dB]}$$

gdje je, M/N odnos signala maskiranja prema šumu, S/N odnos signal/šum, a S/M odnos signala prema signalu maskiranja, koji se dobiva na temelju psihoakustičkog modela.

MPEG normom definirane su tablice u kojima je naznačen utjecaj broja kvantizacijskih razina na odnos signal/šum koji se dobiva pri reprodukciji. Nakon što se odredi odnos signala maskiranja prema šumu za sve podpojaseve, počinje proces dodjeljivanja bitova. Bitovi se prvo dodjeljuju podpojasevima s najmanjim omjerom signala maskiranja prema šumu. Ako se nakon dodjeljivanja utvrdi da ima još raspoloživih bitova za dodjeljivanje, provodi se preraspodjela preostalih bitova po finijem modelu. Čitav proces ponavlja se dok se ne dodijele svi bitovi.

Koder razine III ne provodi dodjeljivanje bitova, nego dodjeljivanje šuma. Iterativnim procesom mijenja se podjela kvantizacijskih razina, prebrojava se broj potrebnih bitova za kodiranje (gdje je uključeno smanjenje broja bitova entropijskim kodiranjem) te se izračunava šum koji će nastati u reprodukciji. Ako nakon kvantizacije postoje pojasevi faktora skaliranja s većom distorzijom od dozvoljene, koder povećava vrijednost faktora skaliranja u pojedinim podpojasevima i time smanjuje kvantizacijske razine. Proces se nakon toga ponavlja sve dok jedan od tri slijedeća zahtjeva nije ispunjen:

1. Niti jedan od pojaseva faktora skaliranja nema nedozvoljenu distorziju;
2. Slijedeća iteracija izazvala bi povećanje faktora skaliranja preko dozvoljene vrijednosti;
3. Slijedeća iteracija izazvala bi povećanje svih faktora skaliranja.

3.2.1.4. Kodiranje stereo-signalu s uklanjanjem redundancije

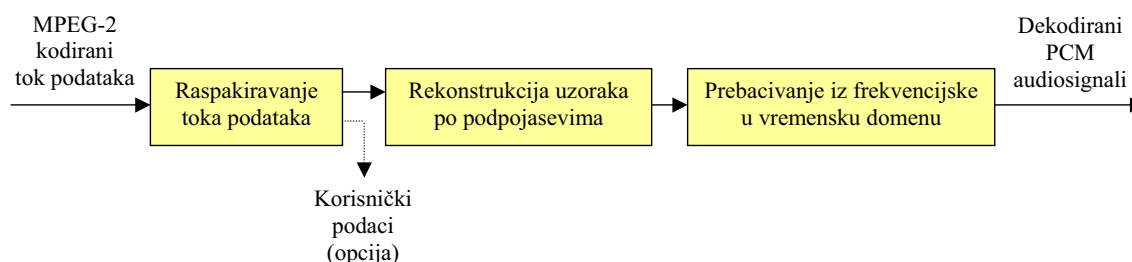
MPEG norma podržava dva postupka uklanjanja redundancije u stereo-signalu: kodiranje intenzitetnog stereo-signalu i kodiranje MS (*Middle/Side*) stereo-signalu. Intenzitetno kodiranje podržano je u svim razinama, a u razini III može se provoditi i kodiranje MS signala. Oba se postupka koriste karakteristikom sluha da se iznad frekvencije 2 kHz, unutar pojedinog kritičnog pojasa, percepcija stereo-efekta temelji pretežno na detekciji fazne razlike ovojnice signala u vremenskoj domeni, a manje na detekciji fazne razlike signala u lijevom i desnom uhu.

U modu rada s intenzitetnim stereo-signalom, zbrajaju se visokofrekventni podpojasevi lijevog i desnog kanala i šalje se samo zbroj, umjesto da se šalju dva kanala odvojeno. Pri tome, da bi se osigurala dovoljna kvaliteta reprodukcije, faktori skaliranja pojedinih podpojaseva ostavljaju se istima i šalju se odvojeno za lijevi i desni kanal. Dekoder iz zbroja rekonstruira lijevi i desni kanal na temelju informacije sadržane u zbroju i na temelju sačuvanih faktora skaliranja za svaki kanal. Rekonstruirani signal ima istu spektralnu strukturu lijevog i desnog kanala u svakom od pojaseva, s tim da su promijenjene amplitude uzoraka. Ovim postupkom postiže se redukcija podataka za 10 do 30 kbit/s.

MS stereo-postupkom kodiranja određeni podpojasevi kodiraju se nakon zbrajanja lijevog i desnog kanala (L+D), a ostali podpojasevi se kodiraju nakon oduzimanja lijevog i desnog kanala (L-D). Nakon kodiranja, jedan kanal prenosi zbroj, a drugi razliku informacija. U ovom modu rada, koder koristi posebne vrijednosti praga maskiranja kako bi se postigla dodatna kompresija tako dobivenih podataka.

3.2.2. Dekodiranje MPEG-2 toka podataka audiosignala

Slika 3.15. prikazuje blok dijagram procesa dekodiranja MPEG-2 toka podataka audiosignala. Prvo se okvir razdvaja na dio koji se odnosi na uzorke zvuka i dio korisničkih podataka. Korisnički podaci zasebno se obrađuju i njihov format i postupak dekodiranja nije utvrđen normom. Uzroci audiosignala rekonstruiraju se po podpojasevima množenjem s faktorom skaliranja te se dobiva izvorna amplituda svakog uzorka. Nakon rekonstrukcije slijedi prebacivanje iz frekvencijske u vremensku domenu. Proces dekodiranja daje PCM kodirane podatke nad kojima se zatim provodi inverzno kodiranje, inverzno kvantiziranje, filtriranje i reprodukcija.



Slika 3.15. Blok dijagram MPEG dekodera audiosignala

3.2.3. Razine kompresije

MPEG normom definirana su tri stupnja kompresije: razina I, II i III. Omjer kompresije, zahtjevi na brzinu procesiranja i kvaliteta reprodukcije povećavaju se proporcionalno s brojem razine. Suprotno tome, broj bita u sekundi smanjuje se s povećanjem razine. To znači da razina III, koja ima najbolju kvalitetu reprodukcije, zahtjeva najmanji pojas prilikom prijenosa. U Tablici 3.4. navedeni su osnovni parametri svih triju razina. Iz tablice se može očitati da pri prijenosu brzinom 64 kbit/s razina III ima subjektivnu kvalitetu reprodukcije za prosječnoj jednu ocjenu bolju od razine II.

Tablica 3.4. Neki od karakterističnih parametara za pojedine razine

Razina	Omjer kompresije	Poželjna brzina prijenosa (kbit/s)	Dozvoljena brzina prijenosa (kbit/s)	Praktično kašnjenje (ms)	Teorijsko kašnjenje (ms)
I	4:1	192	32-448	< 50	19
II	6:1	128	32-384	100	35
III	12:1	64	32-320	150	58

Sve tri razine kompatibilne su u smislu da dekodirani namijenjen za razinu M može dekodirati sve razine ispod M . To znači da dekodirani za razinu II može dekodirati podatke razine I, ali ne može dekodirati podatke razine III. Dekodirani razine III može dekodirati sve razine. Razlog postojanja tri razine je u omjeru kvalitete i cijene. Ako se zahtjeva vrhunska reprodukciju na malim brzinama prijenosa, bez obzira na cijenu, koristit će se razina III. S druge strane, ako kvaliteta nije presudna, a cijena uređaja treba biti niska, koristit će se niže razine.

3.2.3.1. Razina I

Razina I najjednostavnija je od svih razina, te se njome postiže najmanji omjer kompresije. Uklanjanje redundancije provodi se samo na temelju frekvencijskog maskiranja. Uzorci audiosignala kodiraju se u skupinama s 384 uzorka. Budući da se cijeli frekvencijski opseg dijeli na 32 podpojasa, to znači da će se u svakom podpojasu nalaziti 12 uzoraka. Svaka skupina s 12 uzoraka dobiva određeni broj bita za kvantizaciju. Ako je taj broj veći od nula, dodjeljuje se faktor skaliranja. Bitovi se dodjeljuju na temelju psihoakustičkog modela sadržanog u koderu, kojim se određuje utjecaj frekvencijskog maskiranja na svaki od 32 frekvencijska podpojasa. Svakom podpojasu može biti dodijeljeno između 0 i 15 bita za kvantizaciju. Faktor skaliranja, koji se zatim dodjeljuje, predstavlja broj kojim se dijeli razina svakog signala, kako bi se uštedilo na broju potrebnih bitova za prijenos. Veličina faktora skaliranja također se određuje na temelju psihoakustičkog modela i predstavlja je 6 bitnim brojem. Kombinacijom dodjeljivanja bita i uporabe faktora skaliranja može se postići dinamika veća od 120 dB.

3.2.3.2. Razina II

Razina II temeljena je na razini I i predstavlja njeno djelomično proširenje. Audiopodaci kodiraju se u većim skupinama i dodaju se određene restrikcije na moguće vrijednosti dodijeljenih bita za srednje i više pojaseve. Ovakvim postupkom djelomično se štedi na raspoloživom broju bita koji se zatim koriste za poboljšanje kvalitete kvantizacije u ostalim podpojasevima. U razini II se osim frekvencijskog maskiranja koriste i efekti vremenskog maskiranja.

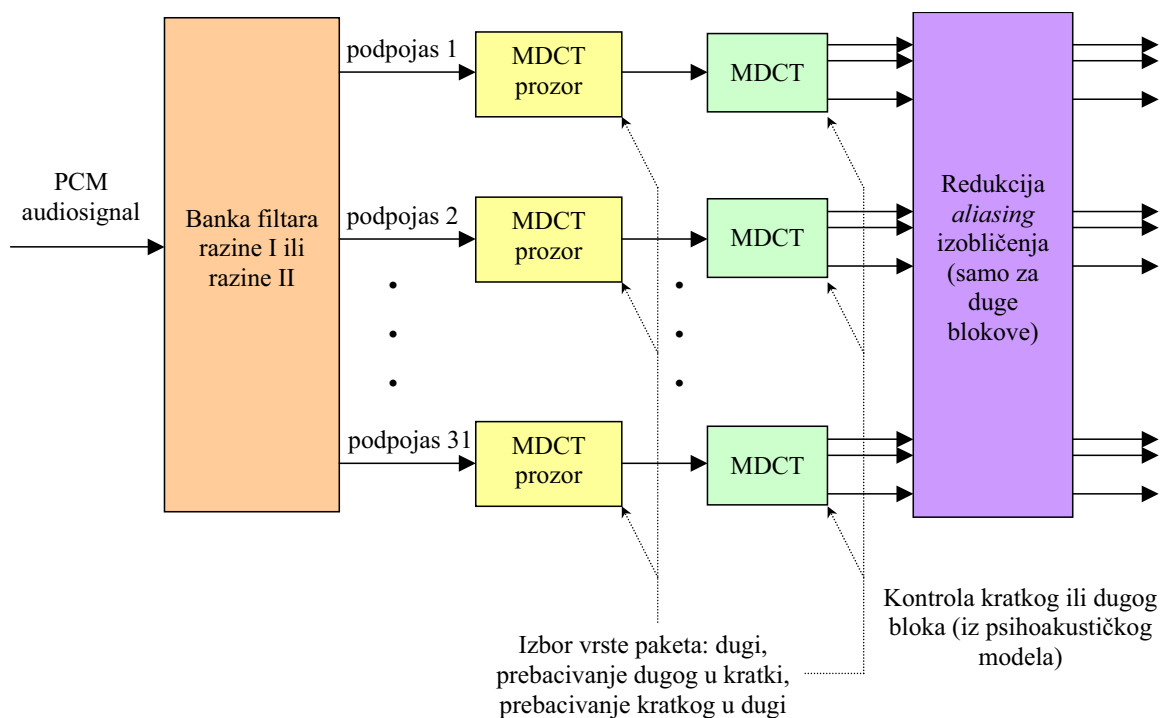
Koder koji kodira tok podataka razine II formira okvire od 1152 uzoraka po jednom kanalu. Uzorci se unutar podpojaseva kodiraju u skupinama s 12 uzoraka. Svaki skup s 3 skupine dobiva istu alokaciju bita, ali se mogu dodijeliti tri različita faktora skaliranja. To će se koristiti u slučajevima kada je potrebno izbjeći čujne distorzije. U ostalim slučajevima cijeli skup od 3 skupine imat će isti faktor skaliranja ili eventualno dva faktora skaliranja.

Jedinstveni faktor skaliranja koristit će se ako su izračunate vrijednosti faktora skaliranja za sve tri skupine jednake ili bliske po vrijednostima. Dva faktora skaliranja za tri skupine koristit će se u slučaju kada koder proračuna, prema psihoakustičkom modelu, mogućnost pojave distorzije zbog korištenja jednog faktora skaliranja. Dodatno poboljšanje dobiva se i uporabom jedne kodne kombinacije za opisivanje tri uzastopne alokacije bita, ako one iznose 3, 5 i 9 bita redom.

3.2.3.3. Razina III

Razina III predstavlja puno sofisticiraniji pristup kodiranju audiopodataka od razina I i II, te koristi sasvim druge postupke od prethodni razina. Koristi se bolji postupak filtriranja, psihoakustički model u potpunosti uključuje i vremensko maskiranje, uklanja se stereo-redundancija i koristi se entropijsko (Huffmanovo) kodiranje. Iako se temelji na istom filtru, u razini III uzorci koji izađu iz procesa filtriranja dodatno se podvrgavaju procesu modificirane diskretne kosinusne transformacije (MDCT, *Modified Discrete Cosine Transform*). Procesom MDCT, podpojasevi se dodatno dijele, kako bi se postigla bolja spektralna rezolucija, čime se djelomično mogu izbjeći *aliasing* izobličenja nastala korištenjem banke filtara.

Definirane su dvije duljine MDCT bloka: dugi blok koji se sastoji od 18 uzoraka i kratki blok od 6 uzoraka. Dulji blok osigurava bolju frekvencijsku rezoluciju za procesiranje stacionarnih signala, dok se kraći blokovi rabe u procesiranju tranzijenata, jer osiguravaju bolju vremensku razlučivost. Prebacivanje između duljeg i kraćeg bloka nije trenutni proces. Postoji poseban dugački blok koji nosi informaciju o tome da treba provesti prebacivanje dugog u kratki ili kratkog u dugi blok. Određivanje s kojim blokovima će se raditi, provodi se na temelju psihoakustičkog modela koji se primjenjuje. Slika 3.16. prikazuje banku filtara koja se koristi u razini III. Kao što se vidi, čitav proces filtriranja temelji se na istoj banci filtara koja se koristi i u nižim razinama, ali se ovdje provodi dodatna obrada uzoraka postupkom MDCT.



Slika 3.16. Blok shema banke filtara za razinu III

Osim postupka MDCT, koriste se i slijedeća poboljšanja u odnosu na razine I i II:

- **redukcija *aliasing* izobličenja** - u razini III specificiran je postupak procesiranja MDCT koeficijenata kojim se dodatno uklanjaju pojave nastale zbog preklapanja pojaseva u banci filtera;
- **nelinearna kvantizacija** - prije kvantiziranja, ulazni podaci dižu se na potenciju $3/4$ kako bi se postigla što uniformnija raspodjela šuma po kvantiziranim vrijednostima, a prema psihoakustičkom modelu. U dekozeru se podaci lineariziraju prema nazad, dizanjem na potenciju $4/3$;
- **pojasevi faktora skaliranja** - za razliku od nižih razina, u razini III koriste se pojasevi faktora skaliranja koji imaju približno širinu kritičnih pojaseva. Vrijednosti faktora skaliranja određuju se u procesu određivanja dopuštenog šuma;
- **entropijsko kodiranje** - rabi se Huffmanov kod za kodiranje kvantiziranih uzoraka, kako bi se postigla bolja kompresija. Nakon kvantiziranja MDCT koeficijenti preraspodjeljuju se (slično cik-cak analiziranju kod kompresije slike), kako bi se postiglo grupiranje vrijednosti jednakih nuli, čime se može dodatno uštediti na potrebnom broju bita;
- **uporaba međusprenjika** - za svaki okvir koji se formira na izlazu iz procesa dekodiranja određena je prosječna količina bita. U razinama I i II svaki okvir sadrži fiksni broj uzoraka bez obzira da li pojedini okviri mogu biti kodirani s manje ili više bita. No, kako u nekim slučajevima okvir treba manje bita za prikaz informacije koja se u njemu nalazi, zbog veće mogućnosti kompresije tog okvira, višak bita pohranjuje se u međusprenjiku. Ako neki budući okvir treba više bita za kodiranje od dodijeljene prosječne vrijednosti, kako bi se postigla bolja kvaliteta reprodukcije, on će preuzeti raspoložive bite iz međusprenjika. Time se postiže ujednačenost brzine generiranja bita i mogućnost kontrole kvalitete kodiranja. Biti se ne mogu posuđivati iz slijedećih okvira.

Format okvira za razinu I

	Zaglavlje	CRC	Alokacija bita	Faktori skaliranja	Uzorci audiosignala	Korisnički podaci
Broj bita	32	0-16	128-256	0-384	Promjenjivo	

Format okvira za razinu II

	Zaglavlje	CRC	Alokacija bita	SCFSI	Faktori skaliranja	Uzorci audiosignala	Korisnički podaci
Broj bita	32	0 ili 16	128-256	0-60	0-1080	Promjenjivo	

Format okvira za razinu III

	Zaglavlje	CRC	Dodatni podaci	Glavni podaci
Broj bita	32	0 ili 16	136 ili 256	0-60

Slika 3.17. Formati okvira za razine I, II i III

3.2.4. Formiranje toka podataka

Podaci dobiveni nakon procesiranja u banci filtara i kvantiziranja grupiraju se u okvire. Slika 3.17. prikazuje glavna polja sadržana u okvirima za razine I, II i III. Različitošć okvira za tri razine razumljiva je iz razloga što sve tri razine imaju svoje specifičnosti.

Glavni dijelovi svakog okvira su zaglavlje, polje za cikličku zaštitu (CRC, *Cyclic Redundancy Check*), polje s audiopodacima i polje za korisničke podatke. U daljnjem tekstu bit će detaljnije razrađena struktura okvira koji se formira iz podataka kodiranih razinom I.

3.2.5. Dodatne mogućnosti sadržane u MPEG-2 normi

Kodiranje audiosignala prema MPEG-2 normi temelji se uglavnom na kodiranju audiosignala prema MPEG-1 normi, no donosi i neke promjene. Navedene su značajnije mogućnosti koje postoje u MPEG-2 normi, a nisu sadržane u MPEG-1 normi:

1. U MPEG-2 normi moguće je koristiti polovične vrijednosti frekvencija uzorkovanja od onih koje se rabe u MPEG-1 normi. To je od posebnog interesa za primjene koje ne zahtijevaju prijenos čitavog pojasa frekvencija između 20 Hz i 20 kHz, kao što su npr. multimedijске primjene. Najveća uporaba polovičnih frekvencija uzorkovanja bila bi za prijenos govorne informacije, kao što je npr. prijenos komentara sportskih događaja. Moguće je koristiti slijedeće frekvencije uzorkovanja: 16 kHz, 22,05 kHz i 24 kHz. Uporabom tih frekvencija uzorkovanja može se smanjiti brzina bita na 8 kbit/s.
2. Mogućnost prenošenja većeg broja kanala. Za prijenos prostornog osjećaja zvuka (*surround*), u MPEG-2 normi predviđena je mogućnost uporabe 5+1 kanala zvuka povezanih uz istu sliku. Ti kanali su: lijevi i desni prednji kanal, središnji kanal, te lijevi i desni stražnji kanal + poseban kanal za prenošenje frekvencija između 15 Hz i 120 Hz. Cijeli sustav poznat je pod imenom 5.1 zato jer se prenosi pet Hi-Fi kanala i jedan dodatni za reprodukciju vrlo niskih frekvencija. Iz navedenih kanala u koderu je moguće sastaviti čitav niz različitih kombinacija kanala. Tablica 3.5. navodi sve moguće kombinacije kanala koje se mogu ostvariti u koderu. Uz sve navedene kombinacije može se kao opcija koristiti i dodatni niskofrekvencijski kanal. U dekoderu se dobivena informacija može također dekodirati i prikazati na nekoliko različitih načina. Tablica 3.6. sadrži popis svih mogućih kombinacija kanala koje se mogu ostvariti u dekoderu.
3. Mogućnost korištenja tonske informacije na više jezika za isti program. U MPEG-2 normi postoji mogućnost korištenja do 7 različitih kanala za prijenos zvuka na više jezika.
4. Mogućnost korištenja manje brzine prijenosa. U MPEG-2 normi mogu se koristiti brzine prijenosa smanjene i do 8 kbit/s.

Tablica 3.5. Moguće kombinacije audiokanala u koderu; * kanali: L-lijevi, D-desni, C-središnji, LS-lijevi stražnji, DS-desni stražnji

Broj kombinacije	Broj kanala	Konfiguracija	Kanali
1	5	3/2	L, D, C, LS, DS*
2	5	3/0 + 2/0	L, D, C programa broj 1 L2, D2 programa broj 2
3	4	3/1	L, D, C, S (jedan stražnji kanal)
4	4	2/2	L, D, LS, DS (bez središnjeg kanala)
5	4	2/0 + 2/0	L, D, L2, D2 (lijevi i desni kanali dva različita programa)
6	3	3/0	L, D, C (bez prostornog zvuka)
7	3	2/1	L, D, S (jedan stražnji kanal)
8	2	2/0	L, D
9	1	1/0	mono

Tablica 3.6. Kombinacije kanala koje dekodeer može reproducirati

Broj kombinacije	Broj kanala	Konfiguracija	Prednji kanali	Stražnji kanali
1	5	3/2	L, D, C	LS, DS
2	4	3/1	L, D, C	S (jedan kanal)
3	4	2/2	L, D	LS, DS
4	3	2/1	L, D	S
5	3	3/0	L, D, C	---
6	2	2/0	L, D	---
7	1	1/0	mono	---

4.

Modulacijski postupak OFDM

Od samog početka radiodifuzije moralo se strogo voditi računa kod planiranja raspodjele frekvencija i odašiljačkih snaga, kako bi se izbjegle interferencije uzrokovane višestrukim pokrivanjem nekog područja odašiljačima iste ili bliske frekvencije. No, to nije jedini izvor interferencije. Različite prepreke, kako npr. reljef područja, gradska urbana područja i sl., sprječavaju direktno rasprostiranje radiodifuznog signala te stvaraju višestruke refleksije koje na prijemu degradiraju kvalitetu osnovnog signala. Na ulaznoj strani prijema imamo slučaj kada se uz direktni signal javlja kao zbroj reflektirani signal. U pojedinim dijelovima amplitudno-frekvencijske karakteristike, signal je uslijed fedinga potpuno prigušen, dok je u drugim primljeno više energije nego što je odaslano.

Zbog toga, uzimajući u obzir karakteristiku kanala na nekom mjestu prijema, ideja je bila da se kod digitalnog prijenosa signala, informacija podijeli na veliki broj nosilaca raspodijeljenih po frekvencijskom spektru kanala (*frequency division multiplex*), pri čemu se minimalni razmak između nosilaca tako izabere da oni međusobno ne utječu jedan na drugoga (ortogonalnost). Da bi postojala mogućnost u prijemniku regeneracije pogrešno primljenih podataka, prije odašiljanja se izvrši zaštitno kodiranje.

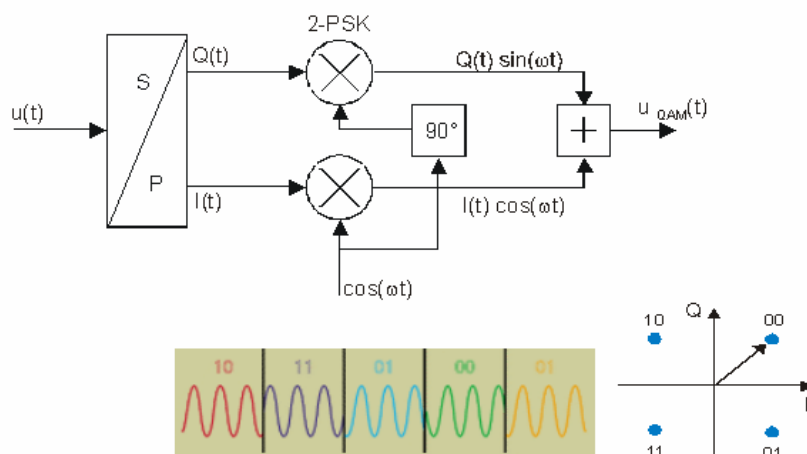
Na osnovu tog koncepta nastala je kodirana modulacija ortogonalnog multipleksiranja signala s frekvencijskom podjelom kanala (COFDM, *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*).

4.1. QAM - kvadratura diskretna modulacija amplitude (digitalna QAM)

To je modulacijski postupak kod kojeg dva međusobno neovisna diskretna signala $I(t)$ i $Q(t)$ moduliraju amplitude dviju kvadraturnih komponenata prijenosnog signala

$$u_{QAM}(t) = I(t) \cos \omega_p t - Q(t) \sin \omega_p t$$

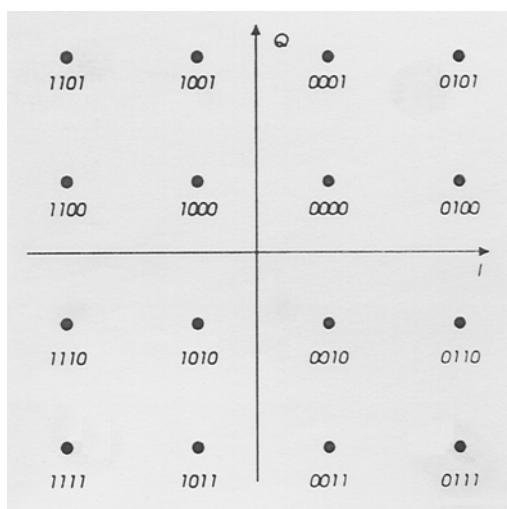
gdje su $I(t)$ i $Q(t)$ predočeni s "N" razina, a QAM signal ima N^2 elementarnih signala ili simbola.



Slika 4.1. Prikaz dobivanja 4-QAM signala

$I(t)$ i $Q(t)$ su binarni signali sa po dvije razine. Na taj način dobije se 4-QAM signal koji je istovjetan QPSK-signalu, Slika 4.1.

U slučaju 16-QAM signala s 4 diskretne razine, dvije pozitivne i dvije negativne, a što je istovjetno kvaternarnom PSK signalu, dan je prikaz na Slici 4.2.

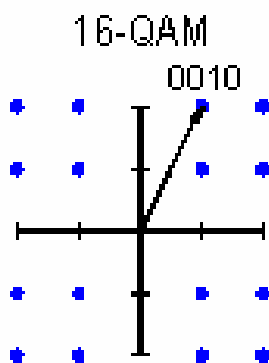


Slika 4.2. Prikaz 16-QAM signala s 4 diskretne razine

QPSK-signal definiran je izrazom:

$$u_{QPSK}(t) = I(t) \cos \omega_p t - Q(t) \sin \omega_p t$$

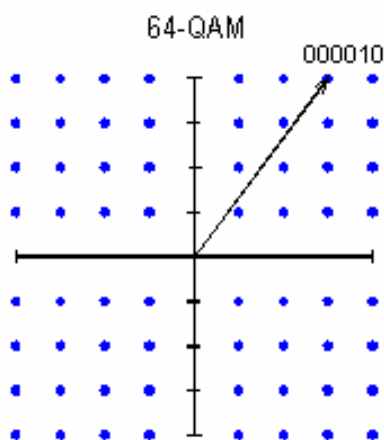
gdje vrh vektora moduliranog signala se nalazi u jednom od 16 mogućih položaja, Slika 4.3.



Slika 4.3. Prikaz 16 mogućih položaja moduliranog signala

Svakom stanju moduliranog signala pridružuju se po 4 binarna znaka uz korištenje Grayevog koda (smanjenje vjerojatnosti pogreške) i u toku modulacije mijenja se amplituda i faza moduliranog signala. Spektralna korisnost 16-QAM signala je 4 bit/s/Hz, a praktično se ostvaruje 3,7 bit/s/Hz.

Ako želimo prikazati 64-QAM signal, onda su na Slici 4.4. prikazani položaju vrha verzora, gdje 6 binarnih znakova je pridruženo svakom simbolu QAM signala. U tom modulacijskom postupku sa 64 različita elementarna stanja, spektralna korisnost je 6 bit/s/Hz.



Slika 4.4. 64-QAM signal

4.2. Postupak dobivanja QAM signala

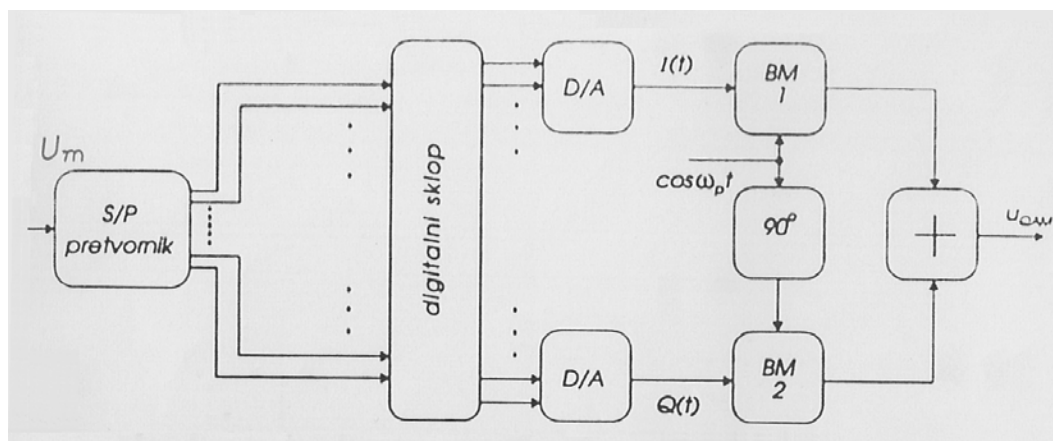
Postupak dobivanja QAM signala osniva se na izrazu:

$$u_{QPSK}(t) = I(t) \cos \omega_p t - Q(t) \sin \omega_p t$$

Iz Slike 4.5. proizlazi da serijski slijed znakova digitalnog modulacijskog signala provodi $\log_2 M$ paralelnih sekvenci i na taj način se određuju koordinate stanja verzora moduliranog signala u ravnini I-Q. Dobivene koordinate pretvaraju se u analogne signale $I(t)$ i

$Q(t)$, koji moduliraju kvadraturne komponente prijenosnog signala. Širina kanala je određena primijenjenom QAM modulacijom:

- 16-QAM , 68 Mbit/s, širina kanala 20 MHz,
- 16 i 64 QAM, 140 Mbit/s, širina kanala 30 odnosno 40 MHz,
- 256-QAM, 140 Mbit/s, širina kanala 20 MHz.



Slika 4.5. Prikaz dobivanja QAM signala

4.3. Modulacija ortogonalnog multipleksiranja signala s frekvencijskom podjelom kanala (OFDM, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*)

OFDM poznat i korišten za zemaljsko radiodifuzno odašiljanje audio signala, za zemaljsku digitalnu televiziju i radiodifuzno odašiljanje (1996. i 1997. godine). Konceptija OFDM je paralelno odašiljanje podataka uz multipleksiranje signala s frekvencijskom podjelom kanala (FDM, *Frequency Division Multiplex*).

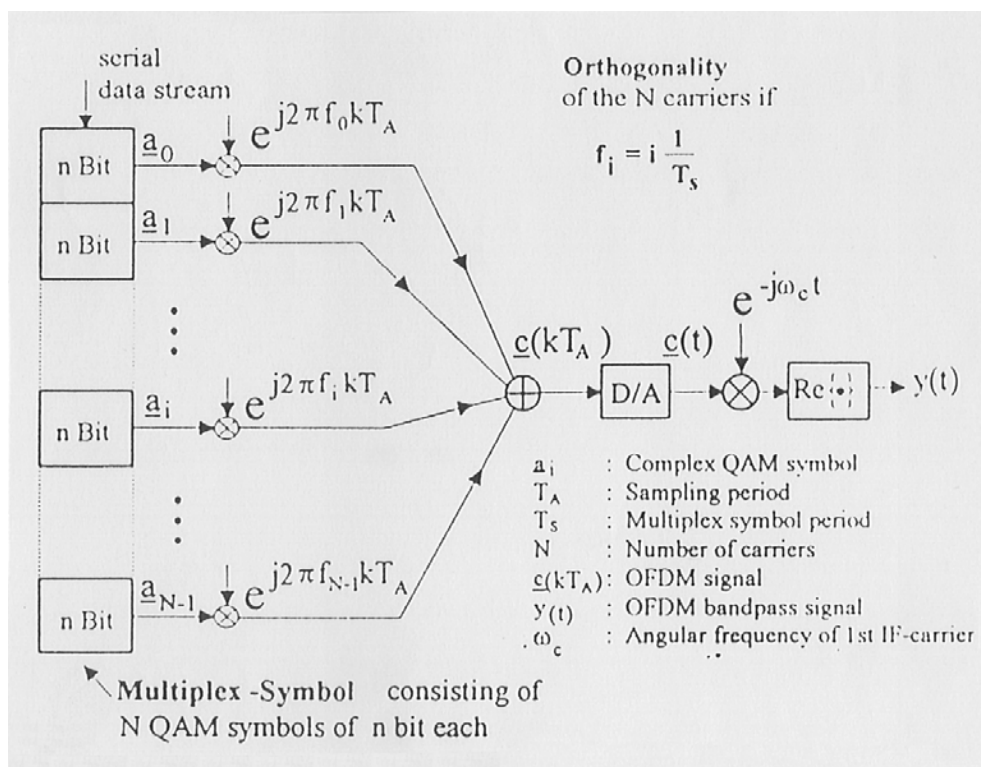
Rezultat je smanjenje intermodulacijskog šuma, smanjenje izobličenja uslijed višestrukog rasprostiranja. Osnovni princip OFDM modulacijskog postupka je modulacija amplitude i faze znatnog broja uskopojasnih prijenosnih signala (nosioca), koji su relativno blizu jedan drugom. Svaki prijenosni signal je ortogonalan na druge prijenosne signale. Zbroj moduliranih prijenosnih signala tvori jedan signal u vremenskoj domeni. Kompleksni simboli a_i su pomnoženi s kompleksnim prijenosnim signalima

$$e^{j2\pi f_i k T_A}$$

i daju:

$$\underline{c}(kT_A) = \sum_{i=0}^{N-1} \underline{a}_i \cdot e^{j2\pi f_i k T_A}$$

gdje je T_A period uzoraka kompleksnih prijenosnih signala.



Slika 4.6. Blok shema prikaza OFDM modulacijskog postupka

Informacijski bitovi su određeni s izrazom $K = N \cdot n$, gdje je N ukupan broj prijenosnih signala. Informacijski bitovi K procesiraju se serijsko/paralelno i pretvaraju se u red za dobivanje blokova podataka.

Svaka grupa blokova podataka formirana je u jedan jedini kompleksni QAM-simbol a_i . Kompleksni QAM-simboli moduliraju svaki prijenosni signal (koji je određen iz ulaznih podataka). Tok podataka podijeljen je u vremenske sektore (multipleksni simboli) u trajanju T_s . Ortogonalnost za N prijenosnih signala je postignuta kada je

$$f_i = \frac{i}{T_s}$$

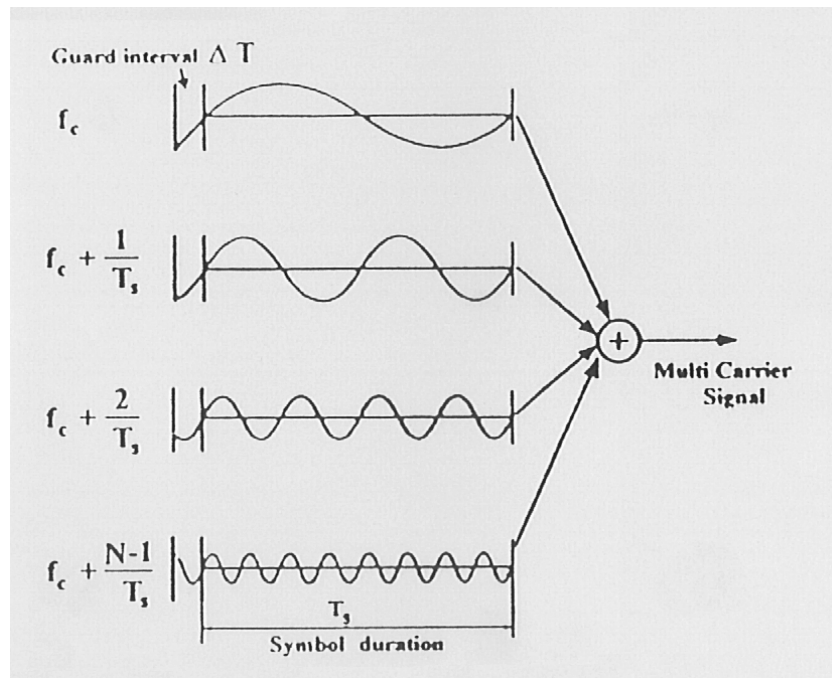
Tada se zbroj signala može pisati u obliku:

$$\underline{c}(kT_A) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cdot e^{j2\pi \frac{i}{T_s} kT_A}$$

$$T_A = \frac{T_s}{N}, \quad \underline{c}(kT_A) = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cdot e^{j2\pi \frac{ik}{N}}$$

Dobiveni izraz je inverzna Fourierova transformacija, osim faktora $1/N$.

Nadalje, iz slike dolazi postupak D/A pretvorbe i vremenski kontinuiran kompleksni signal $c(t)$ je uspostavljen.



Slika 4.7. OFDM signal u vremenskoj domeni

OFDM prikazan je s više prijenosnih signala (nosioca). Za vrijeme trajanja perioda simbola T_S dobije se izraz u vremenskoj domeni

$$\underline{s}(t) = \text{rect}\left(\frac{t}{T_S}\right) \cdot \sum_{i=0}^{N-1} e^{j2\pi f_i t}$$

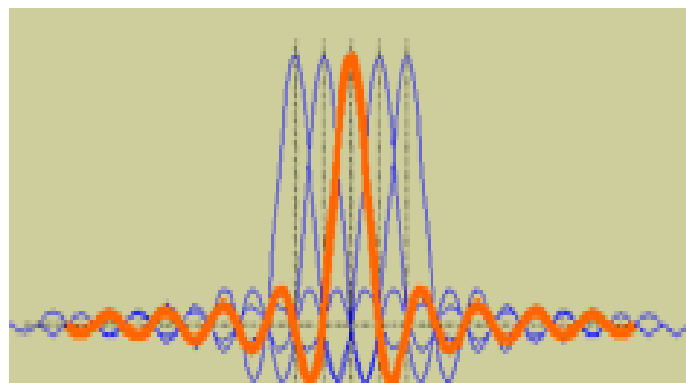
$$f_i = f_c + \frac{i}{T_S}$$

$f_c \rightarrow$ najniža frekvencija

Koristeći Fourierovu transformaciju dobije se u frekvencijskoj domeni

$$\underline{S}(f) = T_S \sum_{i=0}^{N-1} \text{sinc}[\pi \cdot T_S \cdot (f - f_i)]$$

Prikaz OFDM signala u frekvencijskoj domeni dan je na Slici 4.8.

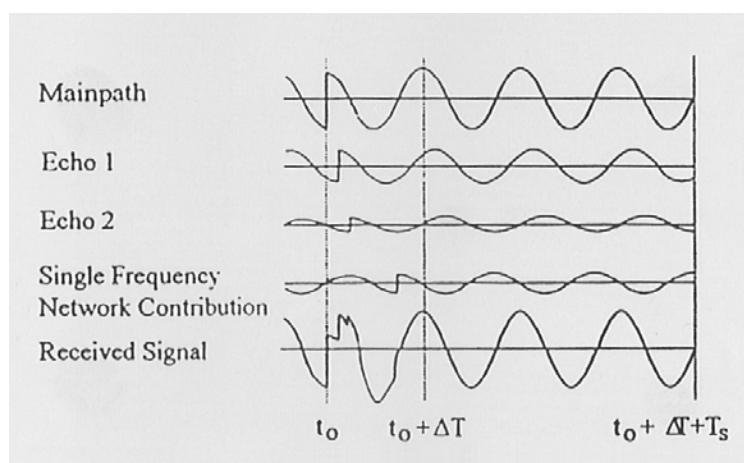


Slika 4.8. OFDM u frekvencijskoj domeni

Prva aproksimacija rezultirajućeg spektra ima pravokutan oblik što osigurava

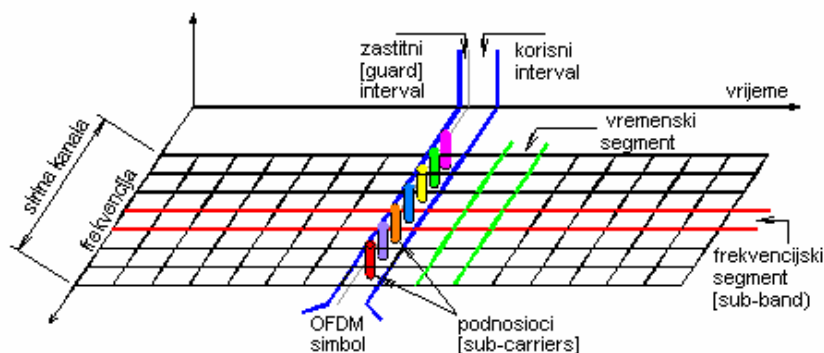
- efikasno iskorištenje raspoloživog frekvencijskog pojasa,
- malo preslušavanje prijenosnih signala,
- otpornost na linearna izobličenja.

U svrhu zaštite OFDM signala od izobličenja uslijed refleksije, uvodi se zaštitni interval između dva simbola koji slijede jedan iza drugog (*guard*), kako je prikazano na Slici 4.9.



Slika 4.9. Princip uvođenja zaštitnog (*guard*) intervala

ΔT se odabere da se izobličenja prouzročena refleksijom i međusimbolnom interferencijom odstrane prije nego je signal analiziran i demoduliran u intervalu T_S .



Slika 4.10. Prikaz OFDM signala u vremensko-frekvencijskoj domeni

OFDM modulacijski postupak se može jednostavnije definirati kao oblik modulacije s više prijenosnih signala (nosioca) kod koje je razmak između prijenosnih signala pažljivo odabran, tako da je svaki podnosilac ortogonalan na drugi podnosilac.

U postupku provedbe OFDM modulacije ulazni serijski podaci se prvo pretvaraju u paralelne i grupiraju zajedno pridružujući svakom x bitova i tako tvore kompleksni broj. Broj x određuje vrstu signala, da li se radi o 16 razina ili 32 razine kvadrature amplitudne modulacije (16-QAM ili 32-QAM). Kompleksni brojevi su modulirani u osnovnom opsegu pomoću inverzne Fourierove transformacije (IFFT) i preoblikovani natrag u tok serijskih

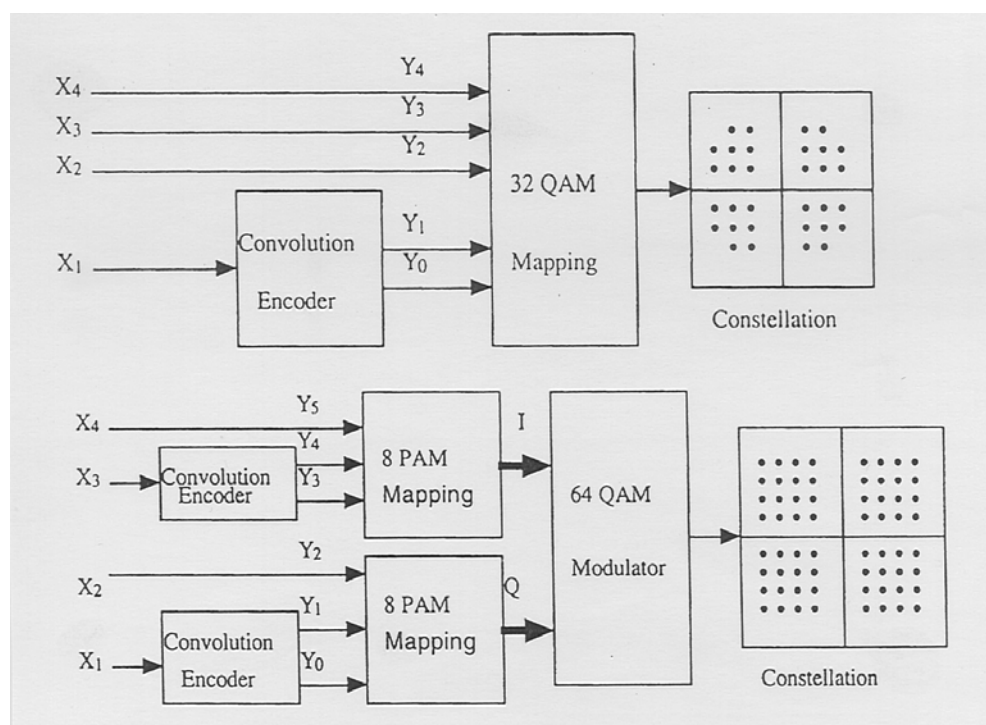
podataka u svrhu prijenosa. Zaštitni interval je uveden između simbola kako bi se izbjegla međusymbolna interferencija prouzročena izobličenjem uslijed višestruke propagacije. Diskretni simboli se pretvaraju u analogne, prolaze kroz niskopropusni filter i nakon toga u područje radiofrekvencijskog odašiljanja. Na strani prijema dešava se inverzni postupak.

4.4. Kodirana ortogonalna modulacija multipleksa s frekvencijskom podjelom kanala (COFDM, *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*)

COFDM se definira parametrima:

- izbor broja individualnih prijenosnih signala po simbolu (korisno vrijeme trajanja simbola),
- izbor zaštitnog vremenskog intervala ΔT (*guard*),
- izbor modulacijskog postupka za individualne prijenosne signale,
- kodiranje kanala,
- izbor postupka sinkronizacije.

Izbor parametara za COFDM modulaciju ovisi o koncepciji rješenja pojedinih proizvođača i koncepciji pojedinih dijelova svijeta (Kanada, Evropa, Japan), a što se vidi u rješenjima sustava digitalne radiodifuzije (audio+video, DAB, DVB-T). Korisno vrijeme trajanja simbola rezultira u povećanju broja prijenosnih signala i veličini izraza za FFT. Raspored prijenosnih signala i stabilnost faze utječu na međusobnu blizinu dva nosioca. Nakon odabira frekvencijskog pojasa i vremena trajanja simbola određuje se broj podnosioca.



Slika 4.11. Prikaz 32-QAM COFDM i 64-QAM COFDM

Broj prijenosnih signala odgovara broju kompleksnih točaka koji su procesirani u FFT:

$$Y_m = \sum_{n=0}^{N-1} (a_n \cos 2\pi f_n t_m + b_n \sin 2\pi f_n t_m) \quad m = 0, 1, \dots, N-1$$

Postupak kodiranja u prijenosnom kanalu (*channel-coding*) koristi *Trellis* modulaciju (TCM, *Trellis-Coded Modulation*) kombiniranu s frekvencijskim i vremenskim ispreplitanjem (interleaving). Donosi poboljšanje odnosa signal/šum. U postupku TCM dekodiranja koristi se Viterbi algoritam dekodiranja.

Pri usporedbi 32-QAM COFDM i 64-QAM COFDM modulacijskih postupaka vidi se da oba sustava imaju iste parametre osim shemu modulacije i omjer trellisovog kodiranja, Slika 4.11.

U zemaljskom prijenosu smetnje su:

- u frekvencijskoj domeni: fading, Dopplerov efekt (mobilni prijem),
- u vremenskoj domeni: prirodni odjeci (višestruka propagacija) i umjetni odjeci (iz odašiljača više frekvencijske komponente).

Nakon odašiljanja nekoliko podnosioca, unutar svakog OFDM simbola, mogu biti s greškama i prouzročiti gubitak osnovnih podataka.

COFDM daje prijemnicima slijedeće mogućnosti:

- u frekvencijskoj domeni: da obnove izgubljene bitove podataka zbog fadinga, zahvaljujući zaštitnom kodiranju i frekvencijskom ispreplitanju,
- u vremenskoj domeni: da su dorasli dupliciranim signalima uslijed odjeka, zahvaljujući postojanju zaštitnog intervala.

Svaki "frekvencijski podopseg" sadrži jedan podnosilac. Za vrijeme svakog "vremenskog segmenta" taj podnosilac je moduliran s nekoliko bitova podataka (broj bitova ovisi o primijenjenoj modulaciji podnosioca). Niz "podnosioca" za vrijeme "vremenskog segmenta" određuje jedan OFDM simbol. Unutar OFDM simbola podnosioci su poredani kako bi mogli biti ortogonalni. To sprečava interferencije prijenosnih signala: $\Delta F = 1/T_S$ (tj. razmak između prijenosnih signala inverzan je trajanju simbola).

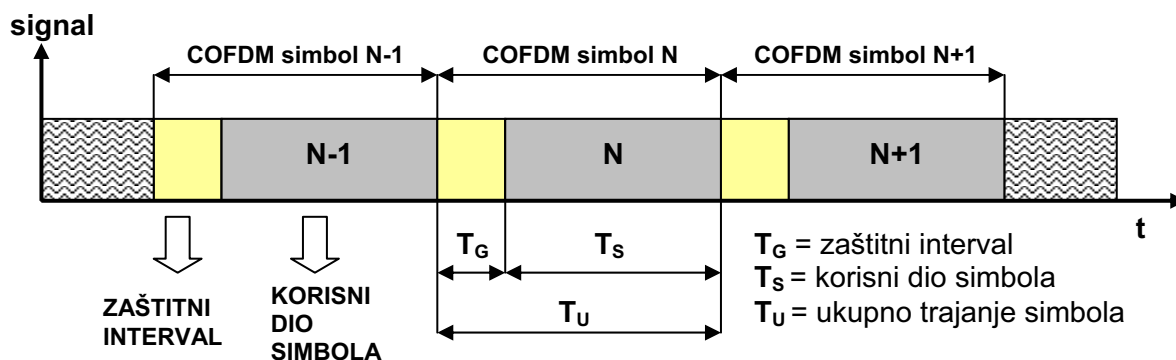
Za rješavanje ovih izobličenja, COFDM sadrži nekoliko značajki:

- servisni bitovi podataka su korelirani korištenjem konvolucijskih kodova (na račun korisne brzine prijenosa),
- u frekvencijskoj domeni: kontinuirani bitovi podataka se rašire na udaljene podnosiocce (ispreplitanje frekvencija tvori raznolikost frekvencija),
- u vremenskoj domeni: zaštitni intervali su ubačeni između OFDM simbola (na račun kapaciteta kanala).

Uz COFDM, podijeljenost prijenosnog kanala ostvarena je i u vremenskoj i u frekvencijskoj domeni:

- frekvencijska domena je podijeljena na niz iskih "frekvencijskih podpojaseva",
- vremenska domena je podijeljena na niz malih vremenskih segmenata.

Umetanjem zaštitnog intervala između svakog OFDM simbola kako je prikazano na Slici 4.9. sprečava se u prijemniku pojava interferencije između susjednih simbola, koja bi nastala kao rezultat kašnjenja signala uslijed višestrukog rasprostiranja, refleksije, prijema istog signala u SFN pogonu od dva ili više odašiljača koji su različito udaljeni od mjesta prijemnika. Za vrijeme trajanja zaštitnog intervala prijemnici ne demoduliraju primljeni signal. Trajanje zaštitnog intervala definirano je s vrijednostima 1/4, 1/8, 1/16 i 1/32 vremena trajanja korisnog signala.



Slika 4.12. Prikaz COFDM signala u vremenskoj domeni

U Tablici 4.1. prikazani su najvažniji prijenosni parametri COFDM-signal. U Tablici 4.2 navedene su netto-bitrate za različite vrste modulacije, code rate i trajanja zaštitnog intervala. Pokazuje se u ovisnosti o izabranim parametrima da su moguće bit rate za korisni signal između 4,98 Mbit/s - 31,67 Mbit/s. Izbor leži razumljivo od željenog zaštitnog intervala i planiranog razmaka između odašiljača. Vrijednosti za još dozvoljeni odnos razine signala i planiranog razmaka prema razini šuma C/N (*Carrier/Noise*) ovise o tome pod kojim uvjetima je izvršen prijenos. Za teoretska razmatranja utvrđeni su različiti "modeli kanala" rasprostiranja i prijema signala, koji nose naziv zaslužnih osoba na tom području rada.

Tablica 4.1. Parametri DVB-T signala za kanal širine 8-MHz.

Parametar	Mod 2k				Mod 8k			
	Trajanje simbola T_s - korisni dio (μs)	224				896		
Razmak između podnosilaca (kHz)	4,4643				1,116			
N (podnosilaca) teoretski	2048				8192			
N_r (podnosilaca) realno	1705				6817			
Širina pojasa (MHz)	7,609				7,612			
Ukupno trajanje simbola $T_U = T_s + T_G$, (μs)	280	252	238	231	1120	1008	952	924
Zaštitni interval T_G (μs)	56	28	14	7	224	112	56	28
T_G / T_s	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Max. razmak između odašiljača (km)	16,8	8,4	4,2	2,1	67,2	33,6	16,8	8,4

Tablica 4.2. Netto bit rate i min. poreban C/N u DVB-T sustavu

Konstalacija		Min. potreban C/N za BER = 2×10^{-4} poslije Viterbi			Kanal 8 MHz
Modulacija	Code rate	Gauss kanal	Rice kanal	Rayleigh kanal	Bitrate (Mbit/s) GI = $\frac{1}{4} \dots \frac{1}{32}$
QPSK	1 / 2	3,1	3,6	5,4	4,98 - 6,03
QPSK	2 / 3	4,9	5,7	8,4	6,64 - 8,04
QPSK	3 / 4	5,9	6,8	10,7	7,46 - 9,05
QPSK	5 / 6	6,9	8,0	13,1	8,29 - 10,05
QPSK	7 / 8	7,7	8,7	16,3	8,71 - 10,56
16-QAM	1 / 2	8,8	9,6	11,2	9,95 - 12,06
16-QAM	2 / 3	11,1	11,6	14,2	13,27 - 16,09
16-QAM	3 / 4	12,5	13,0	16,7	14,93 - 18,10
16-QAM	5 / 6	13,5	14,4	19,3	16,59 - 20,11
16-QAM	7 / 8	13,9	15,0	22,8	17,42 - 21,11
64-QAM	1 / 2	14,4	14,7	16,0	14,93 - 18,10
64-QAM	2 / 3	16,5	17,1	19,3	19,91 - 24,13
64-QAM	3 / 4	18,0	18,6	21,7	22,39 - 27,14
64-QAM	5 / 6	19,3	20,0	25,3	24,88 - 30,16
64-QAM	7 / 8	20,1	21,0	27,9	26,13 - 31,67

5.

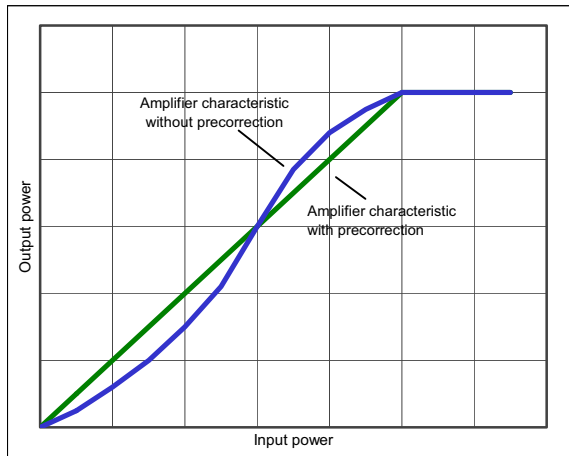
Zahtjevi za linearnost DVB-T sustava

Linearnost DVB-T sustava osigurava linearna predkorekcija koja može biti u analognoj i digitalnoj izvedbi, kao i sklop filtarske jedinice.

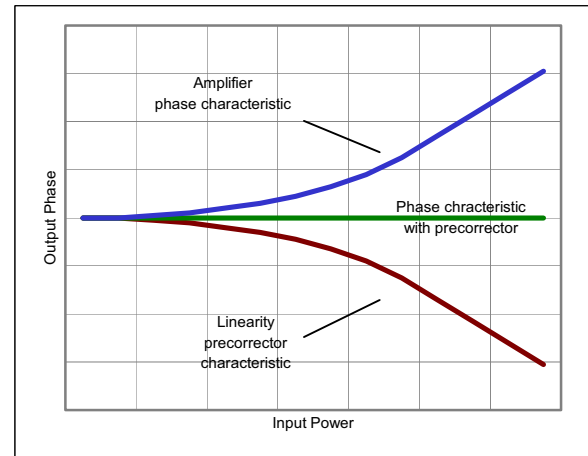
Linearna predkorekcija ima zadatak da kompenzira izobličenja uzrokovana nelinearnošću amplitudne (AM-to-AM) i fazne (AM-to-PM) prijenosne karakteristike pojačala snage do točke zasićenja, Slika 5.1. i Slika 5.2. Vršne vrijednosti DVB-T signala koje prelaze područje zasićenja pojačala kompenziraju se dodatnim metodama, koje se u ovisnosti o izvedbi nazivaju *peak reduction*, *peak preconditioning* i sl. Odnos vršne prema srednjoj vrijednosti signala izražava se pomoću crest-faktora

$$\xi = 20 \log \frac{U_{\max}}{U_{\text{eff}}} = 10 \log N$$

U 8K-modu (6817 podnosilaca) teoretska vrijednost crest-faktora iznosi 38 dB. Limitiranjem vršnih vrijednosti signala postiže se poboljšanje *out-of-band* distorzije, dok se istovremeno pogoršava C/N odnos unutar kanala. Budući da je standardom EN 300744 propisan minimalni odnos C/N od 29,6 dB na ulazu u prijemnik uz upotrebu 64-QAM modulacije, jačim limitiranjem vršnih vrijednosti signala došlo bi do prekoračenja tog minimalnog odnosa C/N. Iz toga razloga, standardna vrijednost poboljšanja *out-of-band* distorzije koja se postiže limitiranjem vršnih vrijednosti signala iznosi tipično oko 3 dB. U tolikoj mjeri je otprilike i pogoršanje *in-band* distorzije signala.

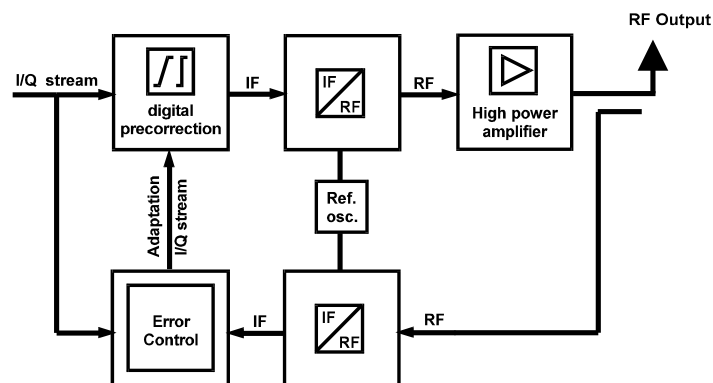


Slika 5.1. AM/AM prijenosna funkcija izlaznog pojačala



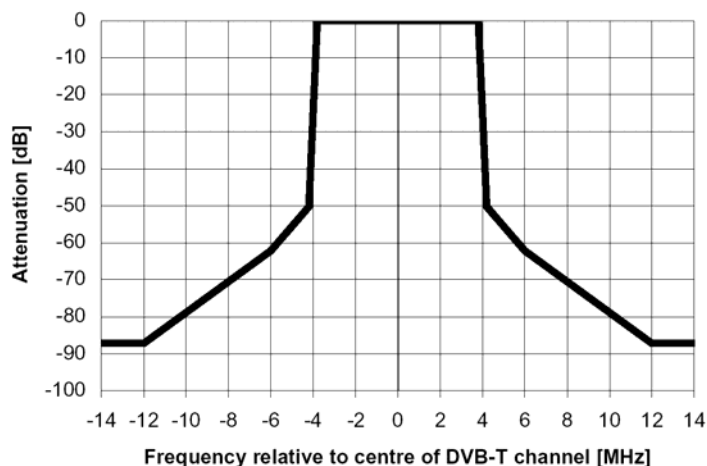
Slika 5.2. AM/PM prijenosna funkcija izlaznog pojačala

Po svojoj izvedbi linearna predkorekcija može biti analogna odnosno digitalna. Analogna predkorekcija ima ograničeno djelovanje i zahtjeva mnoga podešavanja, koja se obično u određenim vremenskim razmacima moraju kontrolirati odnosno podešavati. Digitalna predkorekcija je mnogo preciznija i stabilnija u vremenu. Ako se izvede kao adaptivna, onda ona automatski uzima u obzir i promjene na pojačalu uslijed starenja odnosno temperature, Slika 5.3. Kod suvremenih izlaznih stupnjeva DVB-T odašiljača izvedenih u LDMOS tehnologiji, kod kojih je vremenska i temperaturna stabilnost vrlo dobra, a u cilju smanjenja cijene koštanja odašiljača kao i same pouzdanosti u radu, izbjegava se upotreba vrlo kompleksne adaptivne predkorekcije. Umjesto nje, koristi se digitalna predkorekcija koja koristi adaptivni postupak samo za početnu inicijalizaciju. Prijenosna funkcija izlaznog stupnja pojačala kao i svi relevantni parametri precizno se izmjere te se unesu u linearnu predkorekciju kao referentne vrijednosti, na osnovu kojih se tada vrši linearizacija pojačala snage.



Slika 5.3. Adaptivna predkorekcija

Standard EN 300 744 propisuje spektralnu masku izlaznog signala digitalnog TV odašiljača prikazanog na Slici 5.4.



Slika 5.4. DVB-T spektralna maska

Bazirajući se na propisanoj standardnoj maski i frekvencijskoj karakteristici DVB-T signala, na izlazu pojačala potrebna selektivnost filtarske jedinice je proračunata. Gušenje iznosi:

$$f_0 \pm 4,2 \text{ MHz}: \geq 15 \text{ dB}$$

$$f_0 \pm 6 \text{ MHz}: \geq 30 \text{ dB}$$

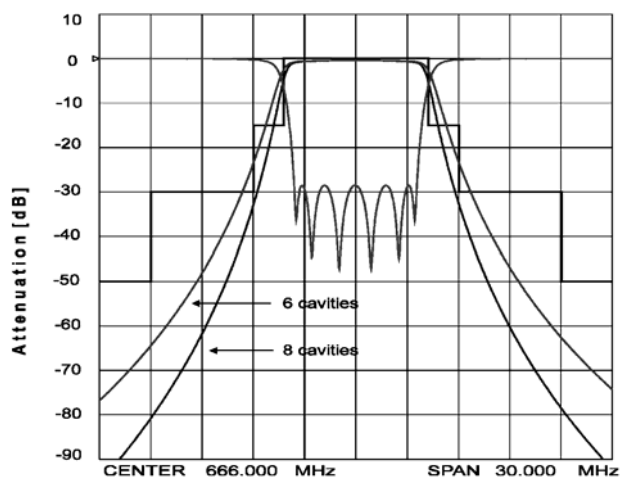
$$f_0 \pm 12 \text{ MHz}: \geq 50 \text{ dB}$$

Područje odašiljanja definirano je u granicama $f_0 \pm 3,8 \text{ MHz}$ UHF frekvencijskog područja 470-862 MHz.

Kod DVB-T odašiljača od 1 kW izlazne snage označeni maksimalni gubici filtarske jedinice na frekvenciji f_0 propisani su da budu manji ili jednaki 0,7 dB.

Za dane parametre, izbor filtera se izvodi. U tom slučaju, koriste se Čebiševljevi pojasnopropusni filtri. Koristeći program sinteze filtera određuje se red filtera, te neopterećen faktor kvalitete rezonatora Q , za koji gubici filtera ne prelaze vrijednost od 0,7 dB.

Na osnovi provedene simulacije na Slici 5.5., pokazana je frekvencijska karakteristika pojasnopropusnog izlaznog filtera sa 6 i 8 kavitacionih filtera.



Slika 5.5. Amplitudno-frekvencijska karakteristika od 6 i 8 kavitacionih filtera

Iz slike je vidljivo da oba kavitaciona filtra ne zadovoljavaju željenu selektivnost zbog gubitaka koje donose. Za faktor kvalitete $Q=5000$ uneseni gubici 6-kavitacioni filtar iznosi 0,6 dB, a za 8-kavitacioni filtar iznosi 0,85 dB. Te vrijednosti mogu se smanjiti povećanjem dijametara rezonatora, ali to ne zadovoljava izvedbu koja mora biti ekonomska i konkurentna na tržištu.

Korištenjem izraza za faktor kvalitete:

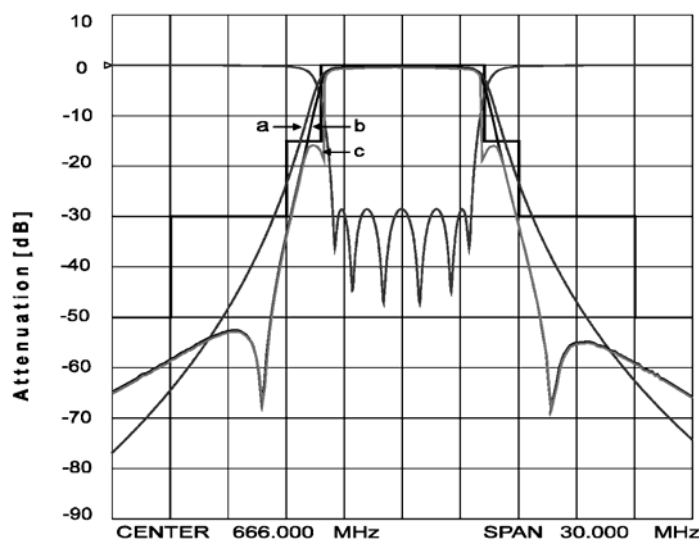
$$Q = \frac{\lambda}{2\delta \left(2 + \frac{\lambda(1+d/D)}{4d(\ln(D/d))} \right)},$$

gdje se

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f \cdot \chi \cdot \mu}}$$

izražava kao skin-efekt i optimalni odnos d/D iznosi 0,278, proračunava se dijametar rezonatora (kavitacioni filtar).

Na osnovi provedene simulacije, na Slici 5.6., dobiva se za 6 rezonatorskih šupljina dijagram (a), a za 6 kavitacionih šupljina uz premoštenje, koje se postiže spajanjem izvana dvije kavitacione šupljine, dijagram (b). Dijagram (c) dobiven je uz 6 kavitacionih šupljina uz premoštenje i 2 *notch cavities*.

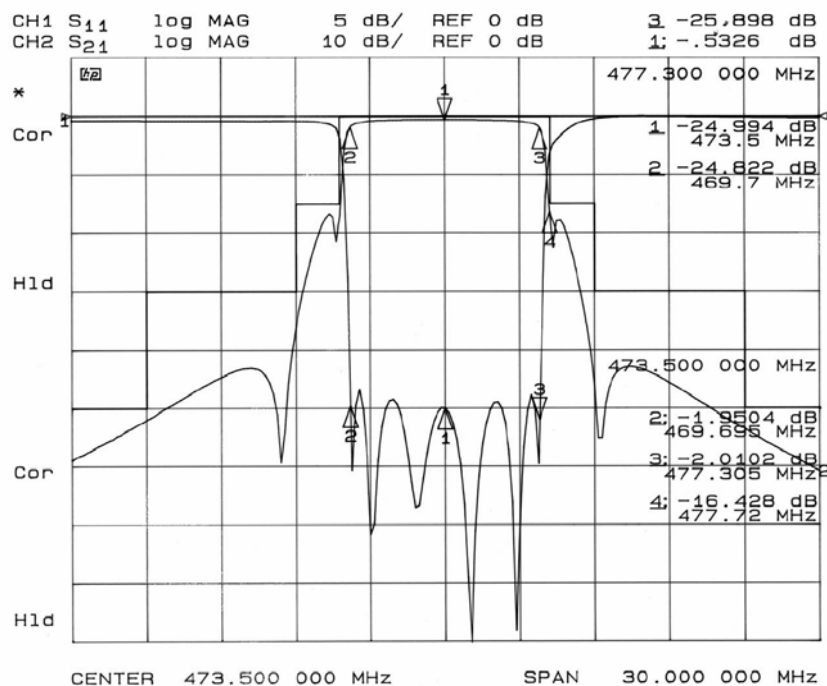


Slika 5.6. Simulacija filtra

U svrhu povećanja selektivnosti filtra bez mijenjanja dimenzija i broja rezonatora, može se realizirati sa dodatnom spregom između rezonatora 2 i 5, te se može aproksimirati s izrazom:

$$K_{25} \approx -K_{23}^2 K_{34} \left(\frac{1}{\Omega_2^2} + \frac{1}{\Omega_4^2} \right), \quad \Omega = 2 \frac{f - f_0}{B}$$

gdje je K_{ij} vrijednost sprege između rezonatora, Ω je normalizirana frekvencija polova, a B je širina kanala.



Slika 5.7. Izmjerene vrijednosti DVB-T filtra

Korišten je program ADS (*Advanced Design System*) za izračunavanje filtra s 6 rezonantnih šupljina, s dodatnim povezivanjem između rezonatorske šupljine 2 i 5, te je provedena analiza. Kod $f_0 \pm 6$ MHz, povećala se selektivnost za oko 7 dB i širina karakteristika u području postaje ista kao i za filtar s 8 kavitacionih šupljina. Dodatni gubici u području odašiljanja smanjeni su za oko 0,1 dB. Za realizaciju željene selektivnosti na frekvenciji $f_0 \pm 4,2$ MHz (≥ 15 dB), bilo je potrebno dodati dvije rezonantne šupljine (*notch*). S time se, konačno, ponovno dobio "filtar s 8 rezonatorskih šupljina", ali i ispunila se propisana spektralna maska sa smanjenim dodatnim gubicima za oko 25 dB, uspoređujući s 8 rezonatorskih šupljina. Podešavanje je time pojednostavljeno.

Bazirano na rezultatima simulacije, dimenzije rezonatora su izračunate, faktor sprege, minimalna naponska izolacija za vršnu vrijednost snage od 10 dB iznad nominalne snage, temperaturna stabilnost izabranog materijala, na osnovi čega se realizirala filtarska jedinica DVB-T. Dobivene su slijedeće vrijednosti:

- frekvencija: 470-861 MHz (K21-K69)
- dodatni gubici: ≥ 0.6 dB
- gušenje: $f_0 \pm 4,22$ MHz ≥ 15 dB, $f_0 \pm 6,00$ MHz ≥ 30 dB, $f_0 \pm 12,00$ MHz ≥ 50 dB
- povratni gubici: ≥ 23 dB
- izlazna snaga (DVB): 500W
- dimenzije filtra (širina×visina×dubina): 265×330×560 mm
- težina: približno 22 kg.

Kao što je vidljivo, izmjerene vrijednosti zadovoljavaju vrlo dobro simulirane vrijednosti, pokazujući dobar izbor faktora redukcije između idealne i praktične vrijednosti u kvaliteti rezonatora, električkoj vodljivosti, grubosti površine i proračunatim povezivanjima rezonatora.

Intermodulacijski produkti prouzročeni od nelinearnosti izlaznog pojačala snaga mogu se znatno smanjiti koristeći dovoljno veliki OBO faktor. To će značiti znatno smanjenje faktora efikasnosti pojačala. Kao kompromis smanjenju izlaznog OBO faktora, sugestija je za povećanjem potrebe zbroja intermodulacijskih produkata izlaznog pojačala, linearne predkorekcije i izlazne filtarske jedinice, kako bi se postigla propisana vrijednost EN 300744 standarda za izlaznu spektralnu masku. Na Slici 5.8. dana je izvedba DVB-T filtra.



Slika 5.8. Izvedba DVB-T filtra

6.

Optimizacija analogne TV mreže u RH sukladno Zakonu o telekomunikacijama

6.1. Uvod

Sustavi za zemaljsku radiodifuziju analognih televizijskih signala imaju još uvijek određene prednosti pred digitalnim televizijskim sustavima kako za korisnike (gledatelje), tako i za inženjere koji rade na projektiranju, izgradnji i održavanju TV sustava. Analogni TV sustavi su visoko razvijeni i usavršeni, cijene uređaja i opreme su relativno niske, široko su rasprostranjeni i još uvijek pružaju uslugu zadovoljavajuće kakvoće. Pored toga, postupci mjerenja kakvoće signala dobro su definirani, a rezultati mjerenja su u izravnoj korelaciji s kakvoćom slike.

Ograničenja sustava za zemaljsku radiodifuziju analognih televizijskih signala, koja daju razloge za uvođenje digitalne televizije, su nedjelotvorno iskorištenje frekvencijskog spektra namijenjenog radiodifuziji te visoki zahtjevi koji postoje u analognim televizijskim sustavima radi zaštite od šuma, interferencije i izobličenja. Analogni televizijski sustavi su posebno osjetljivi na istokanalnu interferenciju s drugim analognim i digitalnim televizijskim signalima. Stoga su u takvim sustavima zahtijevani visoki istokanalni zaštitni omjeri (30-45 dB) koji trebaju osigurati zaštitu od istokanalne interferencije. Pored toga, na istoj odašiljačkoj lokaciji ne mogu se rabiti susjedni televizijski kanali. Pojedini televizijski kanal, koji se rabi na određenoj odašiljačkoj lokaciji, ne može biti ponovno iskorišten na susjednim odašiljačkim lokacijama čija područja pokrivanja se preklapaju. Taj kanal može biti ponovljen

tek na udaljenoj odašiljačkoj lokaciji kako bi se izbjegla istokanalna interferencija. Stoga su sustavi za radiodifuziju analognog televizijskog signala karakterizirani niskom djelotvornošću u iskorištenju radiofrekvencijskog spektra jer samo ograničeni broj televizijskih programa može biti odašiljan u određenom području. Ako zahtjevi za kakvoćom televizijskog signala rastu tada broj televizijskih programa koji se mogu odašiljati opada.

Od ukupno 61 televizijskog kanala, koji su na raspolaganju za radiodifuziju TV programa, teorijski bi se 5-7 programa (nacionalni + regionalni) moglo distribuirati na određenom području, poštujući zaštitne omjere protiv interferencije, što bi značilo djelotvornost od 8,2% - 11,5% u odnosu na ukupan broj kanala (61). U većini europskih zemalja na nacionalnoj razini moguće je prenositi 3-4 televizijska programa koja se mogu pratiti na cijelom području određene zemlje. U nekim zemljama je uporaba radiofrekvencijskog spektra namijenjenog radiodifuziji intenzivnija, ali u tim slučajevima često vrijedi da je kakvoća televizijskog signala niska zbog utjecaja interferencije.

Optimizacija analogne televizijske mreže može se provesti na taj način da se utvrde preklapanja područja pokrivanja pojedinih televizijskih odašiljača kako bi se odredilo koji odašiljači višestruko pokrivaju isto geografsko područje, te da se utvrdi koji odašiljači su suvišni kako bi se kanali koje su oni rabili za svoj rad iskoristili za razvoj budućeg sustava za radiodifuziju digitalnih televizijskih programa.

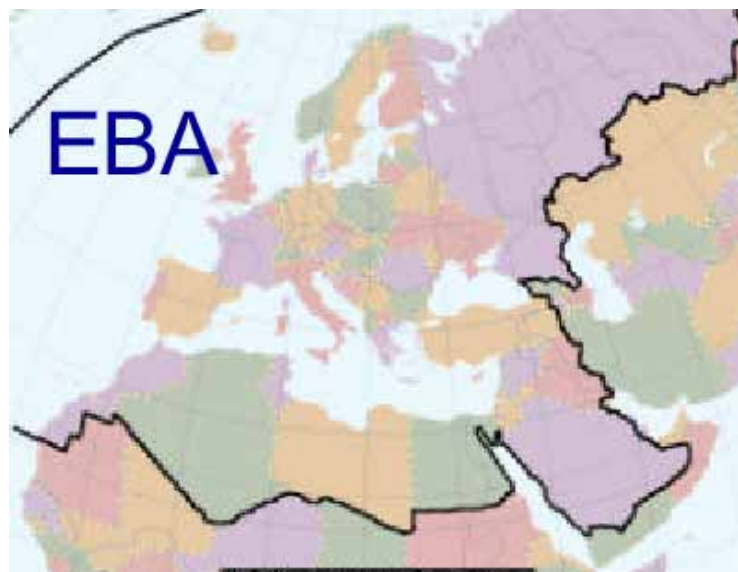
6.2. Frekvencijska područja za radiodifuziju televizijskih programa

U skladu s Radijskim pravilima (*Radio Regulations*), a u odnosu na podjelu radiofrekvencijskog područja na frekvencijske pojaseve i namjenu tih pojaseva za pojedine radijske službe, svijet je podijeljen u tri regije:

Regija I - obuhvaća Europu, dio Azije i Afriku,
Regija II - obuhvaća Ameriku,
Regija III - obuhvaća preostali dio Azije i Australiju.

Hrvatska se nalazi u tzv. Europskom radiodifuzijskom području (EBA, *European Broadcasting Area*), koje pripada Regiji I, i prikazano je na Slici 6.1.

Namjena frekvencijskih pojaseva u Republici Hrvatskoj te tehnički uvjeti za dodjelu radijskih frekvencija utvrđeni su u *Pravilniku o namjeni radio-frekvencijskog spektra i dodjeli radijskih frekvencija*, Narodne novine br. 14. od 1. ožujka 1995. Primjena ovog Pravilnika omogućava djelotvornu uporabu radiofrekvencijskog spektra koji obuhvaća frekvencije od 9 kHz do 3000 GHz. U tom Pravilniku su određeni i frekvencijski pojasevi za radiodifuziju televizijskih signala. U pripremi je novo izdanje pravilnika koje će obuhvatiti promjene nastale u svijetu na tom području.



Slika 6.1. Europsko radiodifuzijsko područje

Za odašiljanje televizijskog signala mrežom zemaljskih odašiljača (radijska služba radiodifuzije televizijskog signala) rabe se četiri frekvencijska pojasa koja se označavaju kao:

- VHF I (*Very High Frequency*),
- VHF III,
- UHF IV (*Ultra High Frequency*),
- UHF V.

Granice frekvencijskih pojaseva za radiodifuziju televizijskog signala razlikuju se za različite regije, a za regiju I su utvrđene na Europskoj VHF/UHF radiodifuzijskoj konferenciji (European VHF/UHF Broadcasting Conference) održanoj u Stockholmu 1961. godine i Afričkoj VHF/UHF radiodifuzijskoj konferenciji (African VHF/UHF Broadcasting Conference) održanoj u Genevi 1963. godine. Tada utvrđene granice frekvencijskih pojaseva namijenjenih radiodifuziji televizijskog signala u Regiji I su:

- 41 – 68 MHz za VHF I,
- 162 – 230 MHz za VHF III,
- 470 – 582 MHz za UHF IV,
- 582 – 960 MHz za UHF V.

U skladu s Radijskim pravilima iz 1982. godine frekvencijsko područje VHF I započinje s 47 MHz, a frekvencijsko područje VHF III sa 174 MHz tako su granice frekvencijskih pojaseva koje se danas rabe:

- 47 – 68 MHz za VHF I,
- 174 – 230 MHz za VHF III,
- 470 – 582 MHz za UHF IV,
- 582 – 862/960 MHz za UHF V.

U većini europskih zemalja, pa tako i u Hrvatskoj, ovi frekvencijski pojasevi nisu isključivo namijenjeni samo radiodifuziji televizijskog signala već ih rabe i ostale fiksne, mobilne i neke druge mreže. Na primjer, u većini europskih zemalja, pa tako i u Hrvatskoj,

frekvencijski pojas UHF V između 862 MHz i 960 MHz nije moguće rabiti za radiodifuziju televizijskog signala jer ga rabe druge civilne i vojne radijske službe.

U skladu s *Pravilnikom o namjeni radio-frekvencijskog spektra i dodjeli radijskih frekvencija*, Narodne novine br. 14. od 1. ožujka 1995. frekvencijski pojas 47-68 MHz (VHF I) namijenjen službi radiodifuzije za prijenos analognog televizijskog signala može se rabiti do 2008. godine. Nakon te godine frekvencijski pojas namijenjen VHF I svodi se na pojas od 54-68 MHz.

6.3. Tehničke norme za analogne televizijske sustave

Temeljne tehničke norme analognih televizijskih sustava na međunarodnoj razini utvrđuje preporuka Međunarodne telekomunikacijske unije ITU-R br. BT.470: Konvencionalni televizijski sustavi (*Conventional Television Systems*). U skladu s tom preporukom, danas je u svijetu u uporabi 12 analognih televizijskih sustava koji se rabe u zemaljskoj radiodifuziji, a nose slijedeće oznake: B, B1, D, D1, G, H, I, K, K1, L, M i N. Oni se međusobno razlikuju u odnosu na:

- osnovna svojstva videosignala (broj linija u slici, vertikalna frekvencija, razine videosignala, oblik i trajanje horizontalnih i vertikalnih potisnih i sinkronizacijskih impulsa),
- svojstva krominantnog signala (kromatske koordinate primarnih boja TV prijamnika i referentnog bijelog, komponente krominantnih signala, modulacijski postupak za prijenos krominantnog signala, frekvencija podnositelja boje, širina pojasa krominantnog signala, oblik i trajanje referentnog podnositelja boje),
- svojstva izračenih signala (ukupna širina kanala, udaljenost nositelja slike i nositelja tona, oblik televizijskog kanala, modulacijski postupci za audiosignal i videosignal, omjer efektivno izračenih snaga nositelja slike i tona).

Od navedenih 12 analognih televizijskih sustava, 8 se rabi u Europi (B, B1, D, G, H, I, K i L). U području VHF u Europi rabe se sustavi: B, B1, D, D1, I i L, a u području UHF: G, H, I, K i L.

Temeljne značajke TV sustava koji su u uporabi u Europi prikazane su u Tablici 6.1. U normi B nazivna širina radiofrekvencijskog kanala iznosi 7 MHz, a u ostalim normama 8 MHz. Norma B1 se u odnosu na normu B razlikuje upravo po nazivnoj širini radiofrekvencijskog kanala koja u normi B1 iznosi 8 MHz. Norma B1 se pojavila u procesu postepenog prijelaza sa sustava D/SECAM i K/SECAM na sustave B1/PAL i G/PAL, koji je proveden u nekim zemljama srednje i istočne Europe. U sustavu D širina kanala je bila 8 MHz pa je stoga nastala modifikacija norme B u B1. Raspored kanala je zadržan isti rasporedu koji se rabio za normu D/SECAM. Iz sličnih razloga je uvedena i norma D1 koja se pojavila u procesu prijelaza sa sustava D/SECAM na sustav D1/PAL. Područje VHF je stoga karakterizirano različitim granicama i širinama kanala u različitim europskim zemljama što dovodi do preklapanja kanala u različitim sustavima. U području UHF u svim europskim zemljama rabi se isti raspored kanala i širina kanala.

Tablica 6.1. Temeljne značajke TV sustava koji su u uporabi u Europi

Značajka	B, B1, G	H	I	D, D1, K	L
Broj linija	625	625	625	625	625
Nazivna širina radiofrekvencijskog kanala (MHz)	B:7 B1, G:8	8	8	8	8
Razmak između prvog nositelja tona i nositelja slike (MHz)	+ 5,5	+ 5,5	+ 5,9996	+ 6,5	+ 6,5
Najbliži rub kanala u odnosu na nositelj slike (MHz)	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25	-1,25
Nazivna širina osnovnog pojasa videosignala (MHz)	5	5	5,5	D, K: 6 D1: 5	6
Nazivna širina djelomično reduciranog bočnog pojasa (MHz)	0,75	1,25	1,25	0,75	1,25
Vrsta i polaritet modulacije slike	C3F neg.	C3F neg.	C3F neg.	C3F neg.	C3F poz.
Vrsta modulacije prvog nositelja tona	F3E (FM)	F3E(FM)	F3E(FM)	F3E(FM)	A3E(AM)
Vrsta modulacije drugog nositelja tona	A2/NICAM	NICAM	NICAM	NICAM	NICAM
Razmak između drugog nositelja tona i nositelja slike (MHz)	5,74/5.85	5,85	6,55	D, K: 6,55 D1:5,85	6,55

Republika Hrvatska u potpunosti je prihvatila preporuku ITU-R br. BT.470 i propisane parametre ugradila u *Pravilnik o tehničkim uvjetima i uvjetima uporabe radijskih postaja za odašiljanje televizijskog programa u frekvencijskim područjima I, III i IV/V*, Narodne novine br. 66 od 10. 08.1996. godine. Ovaj pravilnik određuje tehničke značajke radijskih postaja za odašiljanje televizijskih programa u prijenosnom sustavu crno-bijele televizije i televizije u boji u frekvencijskim područjima VHF I, VHF III, UHF IV i UHF V u skladu s normama PAL/G i PAL/B. Širina televizijskog kanala u VHF području iznosi 7 MHz, a u UHF području iznosi 8 MHz, dok je razmak između nositelja slike i nositelja tona u oba slučaja 5,5 MHz.

U sustavima za zemaljsku radiodifuziju televizijskih signala pored odašiljača televizijskog signala rabe se i radiofrekvencijski pretvarači. Tehničke značajke, norme u uvjeti uporabe radiofrekvencijskih pretvarača u mrežama za prijenos televizijskih signala u frekvencijskim područjima VHF I, VHF III, UHF IV i UHF V u normama PAL/B i PAL/G u Republici Hrvatskoj su utvrđene u *Pravilniku o tehničkim uvjetima i uvjetima uporabe radiofrekvencijskih pretvarača za prijenos televizijskog programa u frekvencijskim područjima I, III i IV/V*, Narodne novine br. 88 od 18.10.1996. godine.

Prijenos više tonskih signala u sustavima za zemaljsku radiodifuziju televizijskih signala je određen preporukom ITU-R BS.707-4: Prijenos više tonskih signala u zemaljskim televizijskim sustavima PAL B, D1, G, H i I, i SECAM D, K, K1 i L (*Transmission of Multisound in Terrestrial Television Systems PAL B, D1, G, H and I, and SECAM D, K, K1 and L*). U takvim sustavima za prijenos dodatnog tonskog nositelja može se rabiti postupak frekvencijske modulacije (A2) ili se može rabiti digitalni prijenos više tonskih nositelja (NICAM).

U Hrvatskoj se za prijenos drugog tonskog nositelja rabi postupak frekvencijske modulacije (A2). Prvi tonski nositelj se nalazi na udaljenosti od 5,5 MHz od nositelja slike, dok se drugi tonski nositelj nalazi na udaljenosti 5,7421875 MHz od nositelja slike.

6.4. Televizijski kanali u Republici Hrvatskoj

Tablica 6.2. prikazuje raspored televizijskih kanala za zemaljsku radiodifuziju televizijskih programa koji se rabi u Republici Hrvatskoj. U Tablici 6.2. navedeni su brojevi kanala, granice svakog kanala te frekvencije nositelja slike f_s i nositelja tona f_T pridružene pojedinom kanalu.

Širina televizijskog kanala je 7 MHz u području VHF te 8 MHz u području UHF. Broj kanala u pojedinim frekvencijskim pojasima je:

- 3 kanala u VHF I,
- 8 kanala u VHF III,
- 49 kanala u UHF IV/V,

što čini ukupno 61 kanal. Svi kanali u frekvencijskim pojasevima namijenjenim za zemaljsku radiodifuziju televizijskog signala nisu stvarno raspoloživi za tu radijsku službu. U mnogim europskim zemljama postoje ograničenja koja su specifična za pojedinu zemlju, ali postoje i neka ograničenja koja su zajednička u većini zemalja. Npr. U Republici Hrvatskoj je frekvencijsko područje 606-614 MHz (38. kanal u UHF) namijenjeno radioastronomiji, a frekvencijsko područje 223-230 MHz (12. kanal u VHF III) namijenjeno zemaljskoj radiodifuziji digitalnih audiosignala (T-DAB, *Terrestrial-Digital Audio Broadcasting*). Kanali iznad kanala 60. u UHF V frekvencijskom pojasu (frekvencije iznad 790 MHz) se u nekim europskim zemljama rabe u vojne svrhe tako da je i njihova uporaba ograničena. Po preporukama Europske konferencije poštanskih i telekomunikacijskih administracija (CEPT, *European Conference of Postal and Telecommunications Administrations*) preporučuje se da se ti kanali oslobode za zemaljsku radiodifuziju TV signala i da se ti novi kanali rabe za digitalnu televiziju.

Tablica 6.2. Televizijski kanali u Republici Hrvatskoj

Kanal	Frekvencijski pojas - granice kanala (MHz)		Nositelj slike (MHz)	Nositelj tona (MHz)
VHF - PODRUČJE (širina kanala 7 MHz)				
I. frekvencijsko područje (Band I)				
2	47	54	48,25	53,75
3	54	61	55,25	60,75
4	61	68	62,25	67,75
III. frekvencijsko područje (Band III)				
5	174	181	175,25	180,75
6	181	188	182,25	187,75
7	188	195	189,25	194,75
8	195	202	196,25	201,75
9	202	209	203,25	208,75

10	209	216	210,25	215,75
11	216	223	217,25	222,75
12	223	230	224,25	229,75
UHF - PODRUČJE (širina kanala 8 MHz)				
IV. frekvencijsko područje (Band IV)				
21	470	478	471,25	476,75
22	478	486	479,25	484,75
23	486	494	487,25	492,75
24	494	502	495,25	500,75
25	502	510	503,25	508,75
26	510	518	511,25	516,75
27	518	526	519,25	524,75
28	526	534	527,25	532,75
29	534	542	535,25	540,75
30	542	550	543,25	548,75
31	550	558	551,25	556,75
32	558	566	559,25	564,75
33	566	574	567,25	572,75
34	574	582	575,25	580,75
35	582	590	583,25	588,75
36	590	598	591,25	596,75
37	598	606	599,25	604,75
UHF - PODRUČJE (širina kanala 8 MHz)				
V. frekvencijsko područje (Band V)				
38	606	614	607,25	612,75
39	614	622	615,25	620,75
40	622	630	623,25	628,75
41	630	638	631,25	636,75
42	638	646	639,25	644,75
43	646	654	647,25	652,75
44	654	662	655,25	660,75
45	662	670	663,25	668,75
46	670	678	671,25	676,75
47	678	686	679,25	684,75
48	686	694	687,25	692,75
49	694	702	695,25	700,75
50	702	710	703,25	708,75
51	710	718	711,25	716,75
52	718	726	719,25	724,75
53	726	734	727,25	732,75
54	734	742	735,25	740,75
55	742	750	743,25	748,75
56	750	758	751,25	756,75
57	758	766	759,25	764,75
58	766	774	767,25	772,75
59	774	782	775,25	780,75
60	782	790	783,25	788,75

61	790	798	791,25	796,75
62	798	806	799,25	804,75
63	806	814	807,25	812,75
64	814	822	815,25	820,75
65	822	830	823,25	828,75
66	830	838	831,25	836,75
67	838	846	839,25	844,75
68	846	854	847,25	852,75
69	854	862	855,25	860,75

6.5. Planiranje sustava za radiodifuziju analognih televizijskih programa

Planiranje sustava za radiodifuziju televizijskih signala treba provesti na taj način da se uspostavi mreža odašiljača u kojoj će se pokrivanje željenog geografskog područja postići uz uporabu minimalnog broja televizijskih kanala. Područje pokrivanja svakog odašiljača u mreži ovisi o brojnim tehničkim parametrima kao što su npr. snaga odašiljača, minimalna potrebna jakost polja, radiofrekvencijski zaštitni omjeri, udaljenost između odašiljača koji rade na istom ili na susjednim kanalima, razmještaj kanala, širina pojasa te faktori koji određuju propagaciju. Prilikom planiranja sustava za radiodifuziju analognih televizijskih programa frekvencijskim područjima VHF I, VHF III, UHF IV i UHF V, koji primjenjuju amplitudnu modulaciju s djelomično reduciranim donjim bočnim pojasom (AM-VSB, *Amplitude Modulation-Vestigial Sideband*), rabe se uvjeti propisani u sljedećim ITU-R preporukama:

- ITU-R BT.417: Minimalne jakosti polja za koje se može osigurati zaštita u planiranju usluge televizije (*Minimum Field Strengths for which Protection may be Sought in Planning a Television Service*);
- ITU-R BT.419: Usmjerenost i polarizacija antena za prijam radiodifuzijskog televizijskog signala (*Directivity and Polarization Discrimination of Antennas in the Reception of Television Broadcasting*);
- ITU-R BT.655: Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za zemaljske televizijske sustave s AM s djelomično reduciranim bočnim pojasom koji su pod utjecajem interferencije s drugim neželjenim signalima slike i njima pridruženim tonskim signalima (*Radio-Frequency Protection Ratios for AM Vestigial Sideband Terrestrial Television Systems Interfered with by Unwanted Analogue Vision Signals and their Associated Sound Signals*);
- ITU-R BT.804: Značajke televizijskih prijamnika važne za frekvencijsko planiranje PAL/NTSC/SECAM televizijskih sustava (*Characteristics of TV Receivers Essential for Frequency Planning with PAL/SECAM/NTSC Television Systems*);
- ITU-R BT.1123: Postupci planiranja za 625-linijsku zemaljsku televiziju u područjima VHF/UHF (*Planning Methods for 625-line Terrestrial Television in VHF/UHF Bands*).

Planiranje sustava za radiodifuziju treba biti provedeno u skladu s Regionalnim sporazumom o dodjelama frekvencija za televiziju-Stockholm 1961. (*Regional Agreement for the European Broadcasting Area-Stockholm 1961*) koji je za područje Europe utvrđen na Europskoj VHF/UHF radiodifuzijskoj konferenciji (*European VHF/UHF Broadcasting*

Conference) održanoj u Stockholmu 1961. Taj sporazum naziva se često Stockholmski plan 1961. Njime je utvrđena dodjela kanala (assignment) televizijskim odašiljačima na točno određenim lokacijama za područje Europe. Stockholmski plan sadrži slijedeće podatke, koje treba uzeti u obzir u svakoj pojedinoj zemlji za svaki dodijeljeni kanal na određenoj lokaciji: broj dodijeljenog kanala, nazivna frekvencija nositelja slike u MHz, nazivna frekvencija nositelja tona u MHz, pomak od frekvencije nositelja slike, naziv odašiljačke postaje, skraćenica naziva zemlje, zemljopisna dužina i širina odašiljačke postaje, televizijski sustav, maksimalna prividna izračena snaga nositelja slike (kW), maksimalna prividna izračena snaga nositelja tona (kW), smjer maksimalnog zračenja, maksimalna efektivna visina odašiljačke antene i polarizacija zračenja.

6.5.1. Minimalne propisane jakosti elektromagnetskog polja

Preporuka ITU-R BT.417 propisuje potrebne razine korisnoga elektromagnetskog polja za koje se planira zaštita od interferencije u usluzi televizije u frekvencijskim područjima VHF I, VHF III, UHF IV i UHF V. Te vrijednosti ne smiju biti manje od vrijednosti propisanih Tablicom 6.3.. Vrijednosti se odnose na visinu od 10 metara od tla. Postotak vremena u kojemu postoji zaštita od interferencije treba biti između 90% i 99%.

Ako nema interferencije s drugim televizijskim odašiljačima te šuma za čiji nastanak je odgovoran čovjek, a prisutan je šum prijamnika, kozmički šum, pojačanje antene i gubici u prijenosnom sustavu od antene do prijamnika, minimalne jakosti polja na prijamnoj anteni koje će dati zadovoljavajuću kakvoću slike su +47 dB(μ V/m) u VHF I, +53 dB u VHF III, +62 dB u UHF IV i +67 dB u UHF V. Te vrijednosti se rabe u ITU-R preporuci BT.804 za utvrđivanje osjetljivosti prijamnika ograničene šumom, Tablica 6.4.

Tablica 6.3. Minimalne potrebne jakosti korisnoga elektromagnetskog polja za koje se planira zaštita od interferencije s drugim televizijskim odašiljačima

Područje	I	III	IV	V
dB(μ V/m)	+48	+55	+65	+70

Tablica 6.4. Minimalne potrebne jakosti korisnoga elektromagnetskog polja ukoliko nema interferencije s drugim televizijskim odašiljačima

Područje	I	III	IV	V
dB(μ V/m)	+47	+53	+62	+67

Kada se radi o prijamu televizijskog signala u rijetko naseljenim područjima u kojima se mogu postići bolji uvjeti prijama signala, minimalne potrebne jakosti elektromagnetskog polja za koje se planira zaštita od interferencije mogu biti kao one navedene u Tablici 6.5.. Vrijednosti se odnose na visinu od 10 metara iznad tla.

Tablica 6.5. Minimalne jakosti polja za rijetko naseljena područja

Područje	I	III	IV	V
dB(μ V/m)	+46	+49	+58	+64

U odsustvu druge interferencije osim šuma mogu se rabiti jakosti polja od 40 dB(μ V/m) u području VHF I, 43 dB(μ V/m) u području VHF III, 52 dB(μ V/m) u području UHF IV i 58 dB(μ V/m) u području UHF V koje će dati sliku zadovoljavajuće kakvoće.

U područjima UHF IV i UHF V gdje je industrijski šum i šum od kućanskih uređaja manji, jakosti polja navedene za rijetko naseljena područja mogu se primijeniti i u urbanim područjima.

6.5.2. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri

Radiofrekvencijski zaštitni omjer (A) definiran je kao minimalna vrijednost omjera željenog i smetajućeg signala na ulazu u prijammnik, obično izražen u dB i određen pod takvim uvjetima da se na izlazu iz prijammnika postigne specifična kakvoća prijama. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri koji se trebaju rabiti u planiranju zemaljskih radiodifuzijskih sustava za prijenos TV signala definirani su u preporuci ITU-R BT.655. Vrijednosti zaštitnog omjera vrijede za interferenciju koju proizvodi jedan izvor. Pri određivanju zaštitnih omjera uzima se u obzir: troposferska interferencija (T) koja odgovara uvjetima malo smetajućih izobličenja i kontinuirana interferencija (C).

Pojava izobličenja zbog troposferske interferencije je prihvatljiva samo ako se ona pojavljuju u malom postotku vremena, koje nije točno definirano, ali se obično uzima između 1% i 10%. Kontinuirana interferencija pojavljuje se iznosu vremena do 50%. Za kontinuiranu interferenciju (C) trebaju se rabiti viši zaštitni omjeri. Ako oni nisu točno određeni, definiraju se na taj način da se troposferska interferencija poveća za 10 dB.

Kada se rabe zaštitni omjeri u planiranju radiodifuzijskih sustava, treba odrediti koja interferencija se može smatrati troposferskom, a koja kontinuiranom u danim okolnostima. To se može učiniti usporedbom smetajućih polja za dva slučaja interferencije, pri čemu se pod smetajućim poljem smatra jakost polja smetajućeg odašiljača (na njegovoj dodijeljenoj ERP) uvećana za zaštitni omjer. Smetajuće polje za kontinuiranu interferenciju (E_C) je:

$$E_C = E(50, 50) + P + A_C$$

dok je smetajuće polje za troposfersku interferenciju (E_T):

$$E_T = E(50, t) + P + A_T$$

gdje je:

- $E(50, t)$ – jakost polja (dB(μ V/m)) smetajućeg odašiljača normalizirana na 1 kW i premašena na t % vremena
- P – ERP (dB(1 kW)) smetajućeg odašiljača
- A – zaštitni omjer (dB)

Zaštitni omjer za kontinuiranu interferenciju primjenjuje se kada je odgovarajuće smetajuće polje jače nego smetajuće polje za troposferske interferencije tj. kada je $E_C > E_T$. To znači da se A_C treba rabiti u svim slučajevima za koje vrijedi:

$$E(50, 50) + A_C > E(50, t) + A_T$$

Ako vrijednost zaštitnog omjera za kontinuiranu interferenciju nije poznata, tada se može rabiti zaštitni omjer koji se dobije tako da se vrijednost zaštitnog omjera za troposfersku interferenciju poveća za 10 dB. Vrlo jaki ulazni signali mogu zahtijevati veće zaštitne omjere zbog pojave nelinearnih izobličenja u prijammiku.

Za 625-linijske sustave razine referentnih izobličenja su one koje odgovaraju istokanalnim zaštitnim omjerima od 30 dB za troposfersku interferenciju i 40 dB za kontinuiranu interferenciju uz frekvencijski pomak između nositelja slike približno 2/3 horizontalne frekvencije. Ovi uvjeti odgovaraju ocjenama izobličenja slike 3 (malo smetajuće) za troposfersku interferenciju i 4 (zamjetljivo ali ne smetajuće) za kontinuiranu interferenciju. Ocjene slike se dobiju na temelju subjektivnog ispitivanja kakvoće televizijske slike koje se u TV sustavima treba provoditi u skladu s preporukom ITU-R BT.500: Postupci za subjektivnu ocjenu kakvoće televizijskih slika (*Methods for the Subjective Assessment of the Quality of Television Pictures*). Smanjenje kakvoće slike i vidljivost izobličenja se procjenjuje usporedbom izobličene i izvorne slike, a iskazuje se preko ljestvice za ocjenu izobličenja slike sa sljedećim značenjem: 5-nezamjetljivo izobličenje, 4-tek zamjetljivo izobličenje, 3-zamjetljivo izobličenje, 2-jako zamjetljivo izobličenje i 1-potpuno izobličenje slike.

Zaštitni omjer ovisi o frekvencijskom odnosu željenog i smetajućeg signala te njihovim tolerancijama frekvencije. U sustavima za radiodifuziju televizijskog signala može se rabiti unaprijed određen mali frekvencijski pomak frekvencije nositelja slike (i tona) koji se iskazuje u višekratnicima od dvanaestina horizontalne frekvencije, a čija svrha je smanjenje interferencije odašiljača koji rade na istom kanalu (istokanalna interferencija). Pri tome je rezultirajuća frekvencija nositelja slike zbroj nazivne frekvencije nositelja slike i frekvencijskog pomaka iskazanog u dvanaestinama horizontalne frekvencije pri čemu pomak može pozitivan ili negativan ($\pm n/12f_H$, $n=1-36$). Posebno dobra svojstva se mogu postići uoliko je $n=4$ ili $n=6$ ($1/3 f_H$ ili $1/2f_H$).

Frekvencijski pomak može biti normalni i precizni. Pri normalnom pomaku frekvencija izračenog signala odašiljača ne smije odstupati za više od ± 500 Hz od dodijeljene frekvencije, dok je kod preciznog pomaka taj iznos je ± 1 Hz.

6.5.2.1. Istokanalna interferencija

Zaštitni omjeri za istokanalnu interferenciju primjenjuju se na dva televizijska signala koji se odašilju na istom kanalu. Pod istokanalnom interferencijom se smatra samo interferencija između moduliranih nositelja slike željenog i smetajućeg kanala. Ako je i tonski signal željenog kanala zahvaćen interferencijom, potrebna je dodatna zaštita. U vrijednostima koje su navedene za istokanalnu interferenciju treba učiniti korekciju od +2 dB ako željeni signal ima negativnu modulaciju, a smetajući pozitivnu, tj. -2 dB ako željeni signal ima pozitivnu modulaciju, a smetajući negativnu.

Najveći zaštitni omjeri za istokanalnu interferenciju zahtijevani su u uvjetima gdje se upravlja frekvencijama nositelja željenog i smetajućeg signala. Ako je u takvim sustavima razmak između nositelja manji 1 000 Hz, zahtijeva se zaštitni omjer od 45 dB pri čemu se uzima u obzir samo troposferska interferencija.

Ukoliko je razlika nositelja željenog i smetajućeg signala iskazana u dijelovima horizontalne frekvencije, a oba sustava rade s normalnim pomakom frekvencije, zaštitni omjeri za 625-linijske sustave navedeni su u Tablici 6.6. za pomake do $\pm 36/12 f_H$ (oko ± 50 kHz).

Tablica 6.6. Zaštitni omjeri uz troposfersku interferenciju i razmake frekvencija nositelja željenog i smetajućeg signala do $\pm 36/12 f_H$

Pomak od f_H	1/2, 3/2, 5/2, ...	1/3, 2/3, 4/3, ...
625-linijski sustav	27 dB	30 dB

Tablica 6.7. prikazuje zaštitne omjere od istokanalne interferencije u 625-linijskim sustavima. Razmak između nositelja iskazuje se u višekratnicima dvanaestine horizontalne frekvencije od 0 do $\pm 36/12 f_H$ (oko ± 50 kHz), tako da se vrijednosti u Tablici 6.7. ponavljaju od $\pm f_H$ do $\pm 2 f_H$ i od $\pm 2 f_H$ do $\pm 3 f_H$.

Tablica 6.7. Zaštitni omjeri od istokanalne interferencije u 625-linijskim sustavima uz razmake nositelja željenog i smetajućeg signala iskazane u dvanaestinama horizontalne frekvencije

Pomak frekvencije (višekratnik od $1/12 f_H$)		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Normalni pomak	Troposferska interferencija	45	44	40	34	30	28	27	28	30	34	40	44	45
	Kontinuirana interferencija	52	51	48	44	40	36	33	36	40	44	48	51	52
Stabilnost frekvencije odašiljača ± 500 Hz	Granica zamjetljivosti (1)	61	60	57	54	50	45	42	45	50	54	57	60	61
Precizni pomak	Troposferska interferencija	32	34	30	26	22	22	24	22	22	26	30	34	38
	Kontinuirana interferencija	36	38	34	30	27	27	30	27	27	30	34	38	42
Stabilnost frekvencije odašiljača ± 1 Hz	Granica zamjetljivosti (1)	42	44	40	36	36	39	42	39	36	36	40	44	48

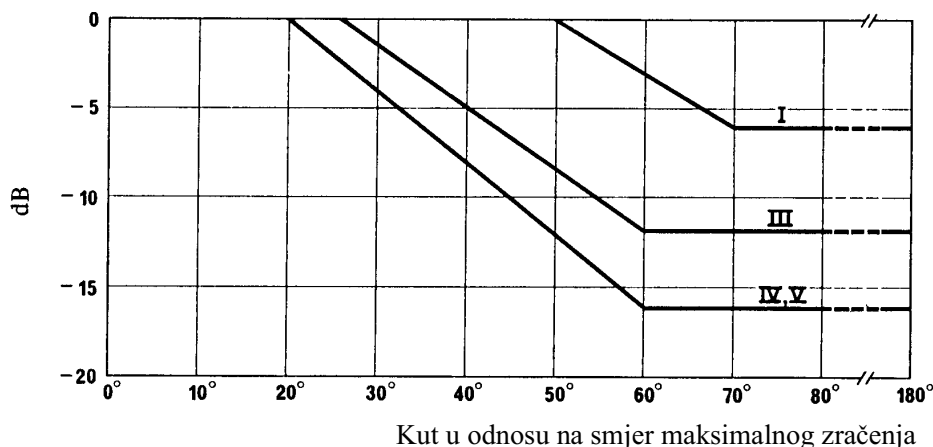
(1) Samo za informaciju

6.5.2.2. Interferencija sa susjednim kanalima

Ako se razmatra interferencija sa susjednim kanalima, najveći utjecaj na željeni kanal ima tonski signal nižeg susjednog kanala. Zaštitni omjer s nižim susjednim kanalom se stoga definira kao odnos nositelja slike željenog kanala i nositelja tona smetajućeg kanala. Zaštitni omjer od interferencije s nižim susjednim kanalom iznosi -9 dB, a od interferencije s višim susjednim kanalom iznosi -12 dB (vrijedi za VHF i UHF područja za sustave B i G). Navedeni zaštitni omjeri vrijede za troposfersku interferenciju, a za kontinuiranu interferenciju treba na te vrijednosti dodati 10 dB.

6.5.3. Svojstva prijemnog antenskog sustava

Usmjerenost prijemnih antena za prijam televizijskih programa u frekvencijskim područjima VHF I, VHF III, UHF IV i UHF V određena je preporukom ITU-R BT.419. Vrijednosti iz Slike 6.2. vrijede za vertikalnu i za horizontalnu polarizaciju kada su željeni i smetajući signal iste polarizacije. Vrijednosti vrijede za gradska područja, a za slabije naseljena područja mogu se malo povećati.



Slika 6.2. Usmjerenost prijemnih antena za prijam TV programa

6.5.4. Značajke referentnog televizijskog prijamnika

Značajke TV prijamnika koje su važne za planiranje radiodifuzijskih sustava navedene su u preporuci ITU-R BT.804. Kako bi se postigli zaštitni omjeri iz preporuke ITU-R BT.655 i minimalne jakosti polja iz preporuke ITU-R BT.417 TV prijamnik treba biti izveden u skladu s vrijednostima navedenim u Tablici 6.8., koje definiraju značajke referentnog prijamnika za B/G TV sustave.

Tablica 6.8. Značajke referentnog prijamnika za B/G TV sustave

Broj	Značajka	B, G	
		VHF	UHF
1	Osjetljivost ograničena šumom (dBm)	- 61	- 58
2	Potiskivanje nositelja slike susjednog kanala (dB) ⁽¹⁾	40	40
3	Potiskivanje nositelja tona susjednog kanala (dB) ⁽¹⁾	40	40
4	Potiskivanje videofrekvencija (dB)	40	40
5	Potiskivanje međufrekvencije (dB)	35	50
6	Položaj oscilatora u odnosu na prijamni kanala	Iznad	Iznad
7	Maksimalne razine lokalnog oscilatora prijamnika (dBm) na antenskoj priključnici		
	– osnovni signal	- 49	- 43
	– harmonici	- 57	
8	Maksimalna ulazna razina (dBm) ograničena intermodulacijskim izobličenjima ⁽²⁾	- 10	- 10

⁽¹⁾ Pretpostavljena ulazna razina u prijamnik je 3 mV.

⁽²⁾ Pretpostavljene granične vrijednosti: - 30 dB za sliku u tonu i - 40 dB za ton u slici

Vrijednosti u Tablici 6.8. za osjetljivost vrijede uz minimalne jakosti polja navedene u preporuci ITU-R BT.417 (+47 dB(μV/m) u VHF I, +53 dB u VHF III, +62 dB u UHF IV i +67 dB u UHF V) te dobitke antena, gubitke u kabelu i gubitke zbog faktora pretvorbe dipola i neprilagođenja navedene u Tablici 6.9.

Tablica 6.9. Dobitak prijamne antene i gubici u kabelu

	VHF I	VHF III	UHF IV	UHF V
Minimalna jakost polja (dB(μ V/m))	47	53	62	67
Dobitak antene (dB)	3,5	7,5	10	12
Faktor pretvorbe dipola ⁽¹⁾ i neprilagođenje (dB)	2	13	20.5	25
Gubici u kabelu (dB)	1	1,5	3	4,5

⁽¹⁾ $20 \log 2\pi/\lambda$

6.6. Analiza i optimizacija analogne TV mreže u RH

U Hrvatskoj sa na nacionalnoj razini za radiodifuziju televizijskih programa trenutno rabe četiri mreže: tri mreže za radiodifuziju televizijskih programa državne televizije (Hrvatska radiotelevizija, oznake koncesije: HRT1, HRT2, HRT 3) i jedna mreža za radiodifuziju televizijskog programa privatnog koncesionara NOVA TV, d.d. (oznaka koncesije: DR-1), Tablica 6.10. U vrijeme izrade ove studije koncesija za obavljanje djelatnosti televizije na državnoj razini odlukom Vijeća za radio i televiziju na sjednici koja je održana 16. rujna 2003. dodijeljena je tvrtki HRTL d.o.o., međutim koncesijski ugovor s tvrtkom HRTL još nije sklopljen. Sklapanjem koncesijskog ugovora s tvrtkom HRTL treća mreža Hrvatske radiotelevizije prestat će sa svojim radom, a dio televizijskih kanala koje je ona rabila započet će rabiti HRTL (oznaka koncesije: DR-2). Za koncesiju DR-2 predviđena je osnovna mreža koja se sastoji od 48 odašiljača snage veće ili jednake 1000W te dopunska mreža koja uključuje odašiljače snage manje od 1000W.

Tablica 6.10. Pregled radiodifuzijskih mreža za obavljanje djelatnosti televizije na državnoj razini

Naziv i sjedište koncesionara	Naziv mreže (oznaka koncesije)
Hrvatska radiotelevizija Prisavlje 3, 10 000 Zagreb	Hrvatska radiotelevizija, 1. program (HRT1) Hrvatska radiotelevizija, 2. program (HRT2) Hrvatska radiotelevizija, 3. program (HRT3)
NOVA TV d.d. Oporovečka 12, 10000 Zagreb	NOVA TV (DR-1)

Analiza stanja sustava za radiodifuziju analognih televizijskih programa u Hrvatskoj, koja će biti prikazana u ovom poglavlju temelji se na podacima iz Frekvencijskog plana za televiziju koji su dostupni od strane Hrvatskog zavoda za telekomunikacije (www.telekom.hr). U Prilogu A nalazi se Frekvencijski plan za televiziju za radiodifuzijske TV mreže na nacionalnoj razini. U Prilogu B nalazi se popis 48 odašiljača predviđenih za rad u DR-2 mreži za obavljanje djelatnosti televizije na državnoj razini.

U skladu s frekvencijskim planom ukupan broj odašiljača u četiri radiodifuzijske TV mreže koje trenutno rade na nacionalnoj razini iznosi 879. Od toga broja 606 (68.94%) odašiljača radi (O, *Operating*), dok 273 (31.06%) odašiljača nisu u funkciji (N, *Not operating*). Raspodjela broja odašiljača po pojedinoj radiodifuzijskoj mreži prikazana je u Tablici 6.11.

Tablica 6.11. Raspodjela broja odašiljača po radiodifuzijskim mrežama na nacionalnoj razini

Oznaka koncesije	Radi ?	Broj odašiljača
HRT1	N	89
	O	198
	Ukupno	287
HRT2	N	94
	O	205
	Ukupno	299
HRT3	N	62
	O	184
	Ukupno	246
DR-1	N	28
	O	19
	Ukupno	47
Ukupno odašiljača		879

Tablica 6.12. Raspodjela broja odašiljača i snaga odašiljača u pojedinoj mreži na nacionalnoj razini na odašiljače snage manje 1000 W (NE) i odašiljače snage jednake ili veće od 1000 W (DA), uz podjelu na odašiljače koji rade (O) i koji ne rade (N)

Oznaka koncesije	Snaga ≥ 1000 W	Radi ?	Broj odašiljača	Snaga[W]
HRT1	DA	N	4	211.526,23
		O	47	1.683.618,71
		Ukupno	51	1.895.144,94
	NE	N	85	3.672,09
		O	151	19.945,52
		Ukupno	236	23.617,61
HRT2	DA	N	2	302.995,17
		O	54	8.671.701,57
		Ukupno	56	8.974.696,74
	NE	N	92	4.406,46
		O	151	21.334,22
		Ukupno	243	25.740,68
HRT3	DA	N	3	502.521,40
		O	52	8.761.469,48
		Ukupno	55	9.263.990,88
	NE	N	59	3.402,19
		O	132	19.653,65
		Ukupno	191	23.055,84
DR-1	DA	N	10	278.154,34
		O	17	2.179.190,47
		Ukupno	27	2.457.344,81
	NE	N	18	3.113,33
		O	2	498,11
		Ukupno	20	3.611,44

Tablica 6.12. prikazuje raspodjelu broja odašiljača i snaga odašiljača u pojedinoj mreži na nacionalnoj razini na odašiljače snage manje 1000 W i odašiljače snage jednake ili veće od 1000 W, uz podjelu na odašiljače koji rade (O) i koji ne rade (N). Broj odašiljača snage manje od 1000W iznosi 690 tj. 78,5% u odnosu na ukupan broj odašiljača (879), međutim ti odašiljači imaju zanemarivu snagu u odnosu na odašiljače snage jednake ili veće 1000W. 189 odašiljača, koji pripadaju u skupinu odašiljača čija snaga je jednaka ili veća od 1000W, sudjeluju u ukupnoj snazi po frekvencijskom planu s 99.66%, dok preostalih 690 odašiljača sudjeluju u ukupnoj snazi s 0.34%. Odašiljači snage manje od 1000W sudjeluju s 1.23% u ukupnoj snazi dodijeljenoj mreži HRT1, 0.28% u ukupnoj snazi dodijeljenoj mreži HRT2, 0.25% u ukupnoj snazi dodijeljenoj mreži HRT3 i 0.15% u ukupnoj snazi dodijeljenoj mreži DR-1.

U postupku uvođenja digitalne televizije Hrvatska treba definirati vlastitu strategiju uvođenja digitalne televizije te pristupiti izradi hrvatskog digitalnog plana. U tu svrhu treba provesti optimizaciju frekvencijskog spektra koji sada rabi analogna televizija, jer novih kanala za DVB-T nema. Dugoročni ciljevi u tom postupku bili bi provođenje međunarodne koordinacije radijskih postaja iz hrvatskog digitalnog plana te ulazak hrvatskog digitalnog plana u regionalni plan koji će biti utvrđen na Regionalnoj radiokomunikacijskoj konferenciji 2004/2005. godine (RRC-04/05, *Regional Radiocommunication Conference*). Na toj konferenciji provest će se revizija Plana Stockholm 1961., kako bi se osigurala djelotvorna uporaba radiofrekvencijskog spektra kroz uvođenje digitalne televizije i radija te izrada novog, digitalnog, Plana za Europu, Afriku i dio Azije u postojećem frekvencijskom području analogne televizije. Područja pokrivanja odašiljača proračunata su na osnovi ITU metoda uz uporabu digitalnog modela terena (ITU-R preporuka P.370-6 i difrakcija).

U ovom poglavlju biti će prikazani rezultati analize analogne TV mreže za radiodifuziju prvog i drugog programa Hrvatske radiotelevizije. Kako će treći program Hrvatske radiotelevizije uskoro prestati s radom, analiza za njega nije načinjena.. U postupku analize pokušat će se utvrditi koji odašiljači, koji trenutno rade u mrežama za radiodifuziju prvog i drugog programa Hrvatske radiotelevizije, mogu biti izdvojeni iz navedenih mreža, a da to nema bitne posljedice na smanjenje pokrivanja TV signalom odgovarajućeg programa. To se može načiniti jer u određenim područjima Hrvatske postoji višestruko pokrivanje tj. pokrivanje istog područja TV signalom određenog programa s različitih odašiljačkih lokacija. Kanali na kojima rade ti odašiljači mogli bi se rabiti u postupku uvođenja digitalne televizije.

Područja pokrivanja odašiljača proračunata su na temelju postupaka koji su predloženi od strane ITU-R uz uporabu digitalnog modela terena. Analiza je rađena na 50 m rasteru modela terena uz uporabu ITU-R preporuke P.1546: *Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz* i ITU-R preporuke P.370-6: *VHF and UHF propagation curves for the frequency range from 30 MHz to 1000 MHz*. Područja pokrivanja svakog odašiljača prikazana su u dvije boje s vrijednostima elektromagnetskog polja $>75\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$ i $>70\text{dB}(\mu\text{V}/\text{m})$. U proračunu su korišteni parametri odašiljača navedeni u Frekvencijskom planu za televiziju. Pokrivanje je prikazano za odašiljače snage jednake ili veće od 1000W. Uključivanjem odašiljača snage manje od 1000W mogla bi se načiniti točnija analiza te točnije odrediti broj odašiljača koji se mogu izdvojiti iz pojedine mreže. U postupku donošenja konačne odluke o izdvajanju pojedinog odašiljača iz mreže trebalo bi provesti mjerenja elektromagnetskog polja na terenu kako bi se utvrdilo stvarno stanje pokrivanja s uključenim određenim odašiljačem i nakon njegova isključivanja.

Analiza načinjena za HRT 1 pokazuje da bi se iz HRT1 mreže mogli izuzeti odašiljači Bučje, Mandićevac, Kalnik, Kupjački Vrh i Pelješac¹. Slika 6.3.(a) prikazuje područja pokrivanja odašiljača Pšunj, Virovitica, Rajić, Koprivnica, Đurđevac, Zlatorovac, Županja, Mandićevac, Bučje, Slavonski Brod, Papuk, Drenovci, Borinci i Belje, a Slika 6.3.(b) istu skupinu odašiljača iz koje su izuzeti odašiljači Bučje i Mandićevac. Slike 6.3.-6.8. nalaze se u Prilogu C. Isključivanjem ta dva odašiljača pokrivanje programom HRT1 ostaje približno jednako jer se područja pokrivanja tih odašiljača preklapaju s područjima pokrivanja njima susjednih odašiljača. Slika 6.4.(a) prikazuje područja pokrivanja odašiljača Boflan, Zagreb TV Dom, Virovitica, Unčani, Sveta Nedjelja, Sveta Gera, Sljeme, Rajić, Moslavačka Gora, Koprivnica, Kalnik, Ivančica, Đurđevac, Pšunj, dok Slika 6.4.(b) prikazuje područja pokrivanje iste skupine odašiljača iz koje je isključen odašiljač Kalnik. Slika 6.5(a) prikazuje područja pokrivanja odašiljača Vis, Sveti Ilija, Zadvarje, Vrgorac, Ugljan, Srđ, Promina, Pelješac 1, Murter, Lastovo, Labištica, Čelavac, Biokovo i Brač, a Slika 6.5(b) prikazuje područja pokrivanje iste skupine odašiljača iz koje je isključen odašiljač Pelješac¹.

Analiza načinjena za HRT 2 pokazuje da bi se iz HRT2 mreže mogli izuzeti odašiljači Papuk, Kalnik, Kupjački Vrh i Pelješac¹. Slika 6.6.(a) prikazuje područja pokrivanja odašiljača Pšunj, Virovitica, Rajić, Sljeme, Zlatorovac, Županja, Mandićevac, Veleč, Unčani, Bučje, Slavonski Brod, Papuk, Drenovci, Kalnik, Borinci i Belje, a Slika 6.6.(b) istu skupinu odašiljača iz koje je izuzet odašiljač Papuk. Isključivanjem tog odašiljača pokrivanje programom HRT2 ostaje približno jednako jer se područja pokrivanja tog odašiljača preklapaju s područjima pokrivanja njemu susjednih odašiljača. Slika 6.7.(a) prikazuje područja pokrivanja odašiljača Sljeme, Moslavačka Gora, Kalnik, Ivanščica i Pšunj, dok Slika 6.7.(b) prikazuje područja pokrivanja iste skupine odašiljača iz koje je isključen odašiljač Kalnik. Slika 6.8(a) prikazuje područja pokrivanja odašiljača Učka, Velebitska Plješivica, Sljeme, Razomir, Hrvatska Plješivica, Pag, Mirkovica, Mali Lošinj i Kupjački Vrh, a Slika 6.8(b) prikazuje područja pokrivanje iste skupine odašiljača iz koje je isključen odašiljač Kupjački Vrh.

U ovoj analizi pokrivanje je prikazano za odašiljače snage jednake ili veće od 1000W. Uključivanjem odašiljača snage manje od 1000W mogla bi se načiniti točnija analiza te povećati broj odašiljača koji bi se mogli izdvojiti iz pojedinih radiodifuzijskih mreža. Na taj način oslobođeni televizijski kanali mogli bi stvoriti temelj za uvođenje buduće DVB-T radiodifuzijske mreže.

7.

Moguće metode planiranja digitalne TV mreže

U pripremi je revizija postignutog Sporazuma iz Stockholma 1961. godine (ST61) i Sporazuma iz Geneve 1989. godine (GE89) koji su se odnosili na planiranje frekvencijskog područja analognog televizijskog radiodifuznog odašiljanja i to u UHF frekvencijskom opsegu od 174 do 230 MHz i VHF frekvencijskom opsegu od 470 do 862 MHz. U taj frekvencijski Plan bila je uključena Europa, dio Azije i Afrike.

1997. godine Plan Chester propisuje tehničke kriterije i postupke koordinacije za digitalno radiodifuzno odašiljanje televizijskog signala DVB-T (*Terrestrial Digital Video Broadcasting*) u istim frekvencijskim opsezima kao i za analognu radiodifuziju TV signala, te proceduru pri transformiranju analogne radijske postaje u digitalnu postaju.

ITU-R Grupa 6/8 dobila je zadatak da priredi rješenje do 2004. godine odnosno 2005. godine (RRC 04/05, *Regional Radiocommunication Conference*) da se u istim frekvencijskim opsezima koje koristi analogna radiodifuzija TV programa predvidi metoda ili metode prikladne za planiranje digitalnog televizijskog radiodifuznog odašiljanja.

Zapravo taj zadatak odnosno taj Plan unaprijed ograničava mogućnost planiranja digitalno televizijskog radiodifuznog odašiljanja, jer će biti još teže ispuniti dodatne zahtjeve za prijenos i drugih usluga (OS).

Do sada je bila obaveza za Hrvatsku da Hrvatski zavod za telekomunikacije pri planiranju frekvencija za Republiku Hrvatsku vrši koordinaciju sa susjednim zemljama za svaku novu slobodnu frekvenciju i koju nakon izvršene koordinacije treba nakon postizanja suglasnosti izvršiti prijavu u Plan Stockholm 1961 godine.

Krajnji cilj takve prijave novih radijskih postaja je njihovo uvrštenje u ITU "Master Register", gdje dobivaju potpunu zaštitu.

Na konferenciji RRC-04/05 provesti će se revizija Plana Stockholm 1961, kako bi se osigurala efikasna usporedba frekvencijskog spektra, kroz uvođenje digitalnog televizijskog i radijskog odašiljanja.

- izraditi će se novi digitalni plan za Europu, Afriku i dio Azije u frekvencijskom području 174 MHz do 230 MHz i od 470 MHz do 862 MHz postojeće analogne televizije.
- definirat će se period prelaska na digitalnu radiodifuznu tehnologiju "all digital future".
- odredit će se rok za gašenje analognih radijskih postaja .

Pri tome se mora voditi računa da sve postojeće ili planirane analogne radijske postaje moraju biti zaštićene od novih digitalnih zahtjeva u budućnosti .

Za sve postavljene uvjete svaka administracija ima pravo odlučivanja za sebe i to naročito kada novi digitalni TV odašiljači budu uključeni u rad.

Posebno nema potrebe za bilo kakve sporazume u budućnosti sa susjednim zemljama i administracijama obzirom da datum puštanja u pogon digitalnih odašiljača ovisi o svakoj zemlji samostalno.

Međutim ono što je naročito važno potrebno je provesti međunarodnu koordinaciju koordinaciju frekvencija radijskih postaja iz hrvatskog digitalnog plana.

7.1. Ograničenja pri planiranju digitalnih radiodifuznih veza

Postoji mogućnost planiranja digitalnih radiodifuznih veza uz izvjesna ograničenja pri uvođenju odašiljačkih sustava i mreža.

Tako se može pri uvođenju digitalnog televizijskog radiodifuznog odašiljanja imati sljedeća ograničenja:

- najveća ograničenja,
- manja ograničenja,
- mala ograničenja,
- bez ograničenja.

a što će biti detaljnije prodiskutirano.

7.1.1. Način planiranja s najvećim ograničenjem

U ovom slučaju potrebno je da se sva postojeća ili planirana analogna mreža mora zaštititi od novih digitalnih zahtjeva za budući zajednički rad.

To znači da analogni odašiljači mogu nastaviti svoje korištenje bez bilo kakvih promjena u pogledu površine pokrivanja. O tome mora odlučiti svaka administracija sama i to kada će bilo koje od novih digitalnih uređaja biti pušteni u rad. Ovdje se mora ponovno istaći da u ovom slučaju nema potrebe za sporazume u budućnosti sa susjednim zemljama a što je u vezi sa uvođenjem digitalne tehnologije. U tom slučaju dvije različite metode planiranja se mogu primjeniti pri rješenju.

Prva metoda za planiranja je proširenje postojećeg G analognog plana, koja se ustvari odnosi na latice pokrivanja i koja dozvoljava digitalnim sustavima na kanalima koji imaju točan odnos sa kanalima analognih uređaja. Snaga pokrivanja digitalnih sustava možda bi trebala biti modificirana od slučaja do slučaja kako bi se osigurala od interferencija koje nisu uzrokovane analognim radiodifuznim odašiljanjem.

Druga metoda planiranja je odvojeni plan za digitalnu mrežu. To zahtjeva provedbu jedne analize koja bi dala informaciju za budućnost tog procesa.

Ova analiza i sinteza analogne i digitalne mreže osigurat će jedan plan koji će biti prihvatljiv za sve administracije i kao podloga za buduće koordinacije. To se zapravo odnosi i daje pravo administracijama koje su u dogovoru s planovima ST 61 i GE 89 iz razloga što još uvijek postoje analogni radiodifuzni sustavi.

7.1.2. Način planiranja sa manjim ograničenjima

Prva pretpostavka za ovo rješenje je da svi postojeći ili planirani radiodifuzni sustavi moraju biti zaštićeni od svih novih digitalnih zahtjeva uz to što sami analogni radiodifuzni sustavi budu pretvoreni u digitalne sustave i činiti će dio budućih svih digitalnih planova.

Proces planiranja također mora uzeti u račun potencijalno međusobno djelovanje između digitalnih i analognih radiodifuznih sustava, a što će rezultirati uslijed pretvorbe analognih sustava na druge digitalne sustave.

Ovi uvjeti moraju uzeti u obzir stajališta i koordinaciju sa susjednim zemljama u odnosu na buduću pretvorbu njihovih analognih sustava

Svaka administracija mora odlučiti kada će bilo koji od njenih novih digitalnih sustava započeti sa radom ili kada će bilo koji od njenih analognih sustava biti pretvoreni u digitalne sustave.

Varirajući ove postavke mogu se formirati pravila koja osiguravaju rad digitalnih sustava sa smanjenim nivoom snage radijacije tako dugo dok neki analogni sustavi u susjednoj zemlji ne budu također pretvoreni u digitalne.

Obzirom da ovo rješenje sa manjim ograničenjima uključuje dugi vremenski razmak pretvorbe postojećih sustava u digitalne sustave, a koji će biti odabran odgovarajućim administracijama, konačni rezultat je digitalni plan koji sadrži znatno više ulaza nego koji će biti mogući pri opisanom planiranju. sa najvećim ograničenjima. Ovo rješenje isto tako vrijedi samo za administracije koje potpadaju pod frekvencijske planove ST61 i GE89.

7.1.3. Način planiranja sa malim ograničenjima

U ovom slučaju planiranje se može izvesti za vrijeme procesa koji osigurava zaštitu postojećih ili planiranih analognih sustava. Međutim, pretpostavlja se da će analogni sustavi biti pretvoreni u digitalne sustave i da će tvoriti dio konačnog potpunog ili cjelovitog digitalnog plana. Iz razloga što digitalni plan mora biti kompatibilan sa analognim sustavima biti će potrebno da sporazum zadrži postupak koji će zadovoljiti jednu ispravnu pretvorbu svih digitalnih planova bez prouzročenja neželjenih interferencija samih radiodifuznih odašiljača koji su u radu. U tom slučaju svaka administracija mora odlučiti sama za sebe.

Kada bilo koji od novih digitalnih sustava bude pušten u rad mora biti osigurano da neželjene interferencije nisu prouzročene od bilo kojeg analognog sustava susjednih administracija (država).

Kada će bilo koji od njihovih analognih sustava biti pretvoren u digitalni mora se osigurati da neželjene interferencije nisu prouzročene od bilo kojeg analognog sustava susjednih administracija.

Ako su bilo koje neželjene interferencije prouzročene od analognih sustava u susjednim zemljama biti će potrebno da se postigne dogovor i sporazum između administracija odgovarajućeg datuma.

7.1.4. Način planiranja bez ograničenja

Osnova za ovo rješenje je da nema potrebe zadržati postojeću ili planirane analogne sustave. To znači da nema potrebe da ih se zaštiti i da nema potrebe da ih se pretvori u digitalne sustave.

Kod ove metode planiranja mora se koristiti jedino zaštita od digitalnog radiodifuznog odašiljanja. To se osigurava sa procesom efikasnosti planiranja ali mora predvidjeti ograničenja u odnosu na tipove pokrivanja i usluga koje se moraju planirati iako promjenjivost strukture pokrivanja može reducirati neke od tih ograničenja.

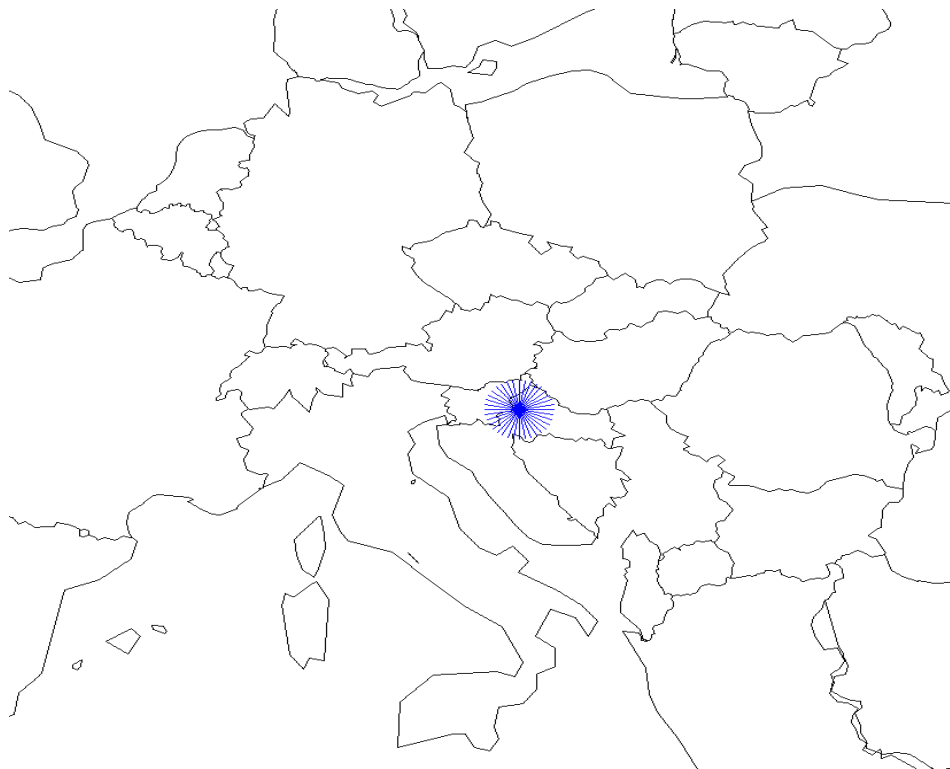
Analize i sinteze metode planiranja moraju osigurati efikasnost upotrebe frekvencijskog spektra dozvoljavajući potpunu slobodu administracijama da odluče tipove pokrivanja i usluga koje one zahtijevaju u bilo kojim uvjetima.

Zbog prednosti u ovoj metodi koja daje veliku efikasnost korištenja spektra možda bi moglo biti od interesa razmatrati prilagođenje ove metode planiranja za ograničene geografske površine gdje se javlja mala ili nikakva upotreba koja dolazi od grupe kanala. Kao jedan primjer može se razmatrati kanali iznad 60 u velikom dijelu Europe.

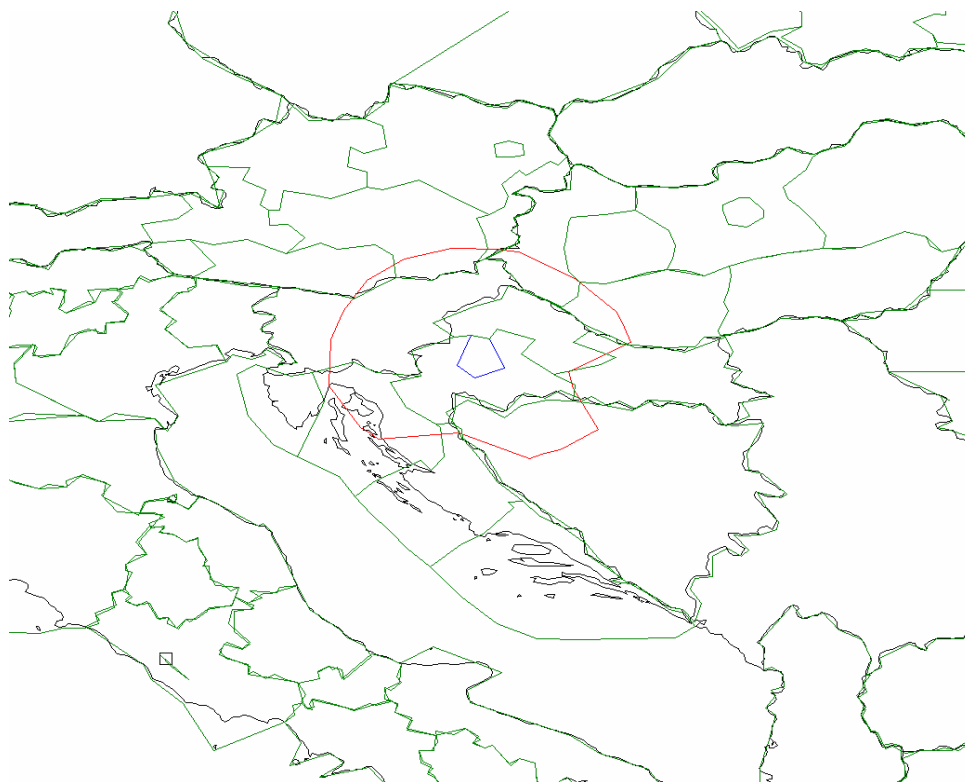
7.2. Metode pri planiranju DVB-T

Radiodifuzna zemaljska digitalna televizija može se planirati korištenjem dva postupka:

assignments i/ili allotments, Slika 7.1. i Slika 7.2.



Slika 7.1. Primjer dodjele frekvencije radijskoj postaji na određenoj lokaciji za zemaljsku digitalnu televiziju (assignments)



Slika 7.2. Primjer dodjele frekvencije radijskoj postaji na određenom geografskom području za zemaljsku digitalnu televiziju (allotments)

Objekti metode mogu se koristiti na konferenciji pri priređivanju internacionalnog planiranja. Unutar Europe bilo je odlučeno da se koristi samo metoda assignments planiranja. Te dvije metode razlikuju se u pristupu. Jedna metoda se zasniva na pokrivanju određene područja (teritorija) dok se druga metoda zasniva na pokrivanju određenog broja stanovnika.

7.2.1. Planiranje po metodi dodjele frekvencije radijskoj postaji na određenoj lokaciji (assignments) za zemaljsku digitalnu televiziju

U toj metodi planiranja znatan iznos individualnih postaja koje je potrebno planirati moraju se prirediti za razmatranje na konferenciji za planiranje. Propozicije koje donose Stockholm 1952. i Stockholm 1961. su bile dvije konferencije koje su se odnosile na zemaljsku televiziju i Evropski odašiljački centri kao i stručnjaci postigli su veliko iskustvo u assignments planiranju, naročito jer metode planiranja i kriteriji konferencije 1961 su i sada u primjeni u planiranju analogne televizije.

Assignments planiranje za zemaljsku digitalnu televiziju vrlo je prikladno gdje:

- radiodifuzni planer želi koristiti postojeću odašiljačku infrastrukturu na osnovi ekonomskih uvjeta i uvjeta okoline
- se javlja potreba da se frekvencijski spektar dijeli s postojećim analognim televizijskim odašiljanjem u istoj zemlji
- gdje se planira digitalno rješenje po postupku dodjele frekvencije radijskoj postaji na određenoj lokaciji (assignments).

Kako bi se takav tip planiranja kompletirao, lokacije i karakteristike odašiljača u području planiranja su poznati, i odašiljači se mogu pustiti u pogon bez neke daljnje koordinacije.

7.2.2. Planiranje po metodi dodjele frekvencije određenom geografskom području (allotments) za zemaljsku digitalnu televiziju

Ova mogućnost za rješenje planiranju po pitanju dodjele frekvencije određenom geografskom području (allotments) bila je u razmatranju na konferencijama prošlih godina, osobito jer je dala mogućnost koja je ponuđena s SFNs (*Single Frequency Networks*). Planiranje po principu allotments za SFN vjerojatno se je primjenjivala gdje je frekvencijski spektar na raspolaganju i gdje se može naći pogodno rješenje za velika područja za određenu zemlju.

Ovaj tip planiranja također je prilagodljiv za MFN (*Multiple Frequency Network*) planiranje gdje dotična zemlja ne planira korištenje određenih odašiljača i želi da zadrži neke fleksibilnosti za budućnost.

U planiranju dodjele frekvencije određenom geografskom području kanal se daje jednoj administraciji da osigura pokrivanje cijele ili djelomične svoje teritorije ali kako nisu usuglašene definicije riječi kao što su "Nacionalna" ili "Regionalna", potrebna je velika pažnja u toj primjeni. U tom tipu planiranja u pravilu ništa nije poznato o stvarnoj lokaciji televizijskog odašiljača niti specifične odašiljačke karakteristike koje se moraju koristiti. Jedini parametar koji je na raspolaganju je određena površina koja se mora pokriti i kanal koji se mora koristiti. Tako da bi se proveo ovaj tip planiranja potrebno je definirati razložne i realne karakteristike uvjeta odašiljanja tako da se bilo koja potrebna kompatibilnost može izvršiti.

7.2.3. Planiranje koje podliježe koordinaciji

Provođenje koordinacije je isto i za allotments i za assignments postupak planiranja. Koordinacija se provodi na osnovi:

- kompatibilnosti s postojećim analognim televizijskim sustavima
- kompatibilnost s drugim sustavima
- zajednička zaštita digitalne televizije ili po principu allotments-a ili na principu assignments-a.

Digitalno zemaljsko radiodifuzno planiranje u Europi u skoroj budućnosti osnivati će se na kombinaciji assignments i allotments planiranja.

Moraju se zadovoljiti pri planiranju slijedeći kriteriji:

- zaštitni odnosi,
- postotak vremena u kojem se zahtjeva zaštita,
- postotak lokacija za koje se zaštita zahtjeva,
- nivoi signala i vrijednost odnosa C/N.

Područje odnosa C/N podliježe razmatranju za razne digitalne sisteme i njihove varijante. Planiranje uvođenja DVB-T u Europi voditi će računa o potrebnim vrijednostima C/N.

Zemaljska radiodifuzna digitalna televizija biti će smještena u isti frekvencijski opseg sa analognom televizijom. Izračunavanje kompatibilnosti je potrebno pri izradi studija planiranja, a koja zahtjeva da se u memoriju podataka uključe:

- analogne odašiljačke postaje
- digitalne odašiljačke postaje predviđene na temelju assignments planiranja
- u planu allotments treba naznačiti koja površina se mora pokriti
- detalji drugih postaja

7.2.4. Parametri zaštite analognih televizijskih postaja

Potrebno je osigurati da postojeći planirani analogni televizijski sustavi moraju biti zaštićeni. Taj postupak je potrebno provesti u oba slučaja planiranja assignments i allotments za digitalnu televiziju.

U oba slučaja prije nego se izabere kanal za digitalnu postaju potrebno je ustanoviti veličinu površine koja se želi pokriti za svaku koordiniranu analognu postaju. To se može učiniti procesom izračunavanja ili putem određenih graničnim mjernih točaka u specijalnom slučaju. Npr. u slučaju da izračunana površina koja se želi pokriti presjeca nacionalne granice ili u brdovitom terenu gdje uvjeti propagacije temeljeni na preporuci 370 se ne mogu očekivati da daju točan rezultat.

7.3. Definicije mjernih točaka

Potrebne su dvije kategorije mjernih točaka. jedna kategorija predstavlja površinu pokrivanja za danu postaju ili SFN, dok druga predstavlja granice zemlje. Sve mjerne točke su definirane geografskim uvjetima.

Mjerne točke koje predstavljaju površinu pokrivanja normalno će se nalaziti unutar kontura područja opisanim mjernim točkama, međutim u posebnim slučajevima odašiljač može biti lociran izvan tih površina.

Za male postaje kod kojih postaja pokriva površinu manju od 5 km, jedna mjerna točka smještena na strani odašiljača biti će dovoljna. Međutim 36 mjernih točaka može se definirati ako je potrebno. Ako je dana samo jedna točka mjerenja ne pretpostavlja se usmjerenost prijemne antene.

Za postaje koje pokrivaju površinu čija širina je 5 km ili više 36 mjernih točaka se koristi. Te ispitne točke mogu se smjestiti radijalno u razmacima od 10 stupnjeva.

Ako konture površine koja se pokriva presjecaju državnu granicu, mjerne točke u toj površini su smještene na mjestima presjecišta između radijalnog i graničnog presjecanja, dok se druge točke dogovaraju sa susjednim administracijama.

Maksimum od 499 mjernih točaka može koristiti se i smještaju se na granicu države.

Lokacija mjernih točaka na granici mora se usuglasiti sa državama koje dijele tu granicu i mogu se uzeti kao granične mjerne točke za sve države.

7.3.1. Izračun položaja mjernih točaka koje predstavljaju određenu pokrivenu površinu

Potrebno je promatrati dva parametra pri izračunavanju površine koju je potrebno pokriti s televizijskom postajom i danim kanalom:

- određeni parametri za svaku individualnu odašiljačku postaju (koordinate, visina antena izračena snaga, itd.) koje se koriste za izračunavanje željenog signala
- parametri sustava kao što su zaštitni odnosi, koji se izračunavaju za svaku pojedinu jakost polja.

Ta proračunavanja moraju uzeti u obzir:

- utjecaj interferencije od analognih televizijskih sustava
- utjecaj interferencije od digitalnih televizijskih sustava.

Proračun se provodi na slijedeći način:

$$E_n = E + PR + C + A$$

gdje su:

- E - jakost polja neželjenog signala
- PR - odgovarajući zaštitni omjer
- C - propagacijski korekcijski faktor
- A - parametri prijemne antene

Sve veličine izražavaju se u dB ili dB ($\mu\text{V}/\text{m}$).

Isto tako je potrebno za mjerne točke koje predstavljaju pokrivenu površinu provesti izračun šuma koji ograničava površinu koja se pokriva, signale koji prouzrokuju interferenciju, izračunavanje mjernih točaka koje su ograničene interferencijom.

7.3.2. Metode planiranja za digitalne sustave na principu dodjele frekvencije određenoj postaji na određenoj lokaciji (assignments)

U ovom slučaju mora se naći potencijalno raspoloživi kanali za individualne digitalne televizijske odašiljače u slučaju MFN planiranja. Osnovna ideja je da se odredi iznos snage koji može biti izračen u svakom kanalu bez da prouzroči interferenciju (što znači u prethodnom slučaju 0,3 dB) postojećih analognih sustava ili jedno ekvivalentno povećavanje za digitalne sustave. Kanal ili kanali koji moraju biti korišteni moraju se izabrati isto postupkom koordinacije između digitalnih televizijskih odašiljača koji mogu koristiti isti kanal.

U slučaju identificiranja kanala i karakteristika postaja za grupu digitalnih uređaja koji rade u minimalnom području SFN. Osnovni koncept ostaje za slučajeve koji su do sada opisani međutim stvarno planiranje je mnogo kompleksnije. Naravno karakteristike postaja koje su određene i dogovorene u ko-ordinaciji mogu se koristiti kao baze za uvođenje minimalnog rada SFN, koji je osiguran da kasnije ne prouzroči veće interferencije. Potrebno je za dane odašiljače postaviti karakteristike za digitalne televizijske postaje:

- kanali,
- polarizacija,
- efektivna visina odašiljačke antene iznad geografskog terena,
- maksimalni iznos ERP-a,
- horizontalna putanja zračenja.

Pri uspostavljanju veličine površine koja se pokriva digitalnom televizijom pri planiranju mora se uzet u obzir:

- interferencija od analognih stanica u odnosu na potencijalne digitalne stanice
- interferencija od drugih digitalnih sustava
- interferencija od drugih usluga

Od institucije CEPT propisani su parametri analognih i digitalnih televizijskih odašiljača koji se nalaze u bazi podataka.

8.

Utjecaj digitalnih TV kanala na analogni TV kanal

8.1. Uvod

U većini europskih zemalja mreže za zemaljsku radiodifuziju analognih televizijskih signala su visoko razvijene i omogućavaju distribuciju 3-4 televizijska programa na nacionalnoj razini (gdje je pokrivenost barem 98% od ukupnog broja stanovnika), te 2-3 lokalna ili regionalna programa, obično u gusto naseljenim područjima. U Europi je danas u uporabi više od 58 000 analognih TV odašiljača, a broj televizijskih prijamnika je veći od 300 milijuna. Te činjenice treba uzeti u obzir pri planiranju uvođenja digitalne televizije.

U većini europskih zemalja scenariji za uvođenje digitalne televizije dijele se u tri skupine: kratkoročni scenariji, dugoročni scenariji i scenariji za prijelaznu fazu između kratkoročnih i dugoročnih rješenja.

Kratkoročni scenariji se odnose na idućih nekoliko godina. U toj fazi distribucija digitalnih televizijskih signala predviđena je u frekvencijskim područjima VHF III i UHF, na kanalima koji su ostali neiskorišteni za analognu televiziju, tako da će se digitalni televizijski signali prenositi zajedno s postojećim analognim televizijskim signalima, a rabiće se iste odašiljačke lokacije. U toj fazi potrebno je osigurati uklapanje digitalne televizije u postojeću strukturu kanala te zaštitu analognih televizijskih signala od utjecaja digitalnih televizijskih signala.

Dugoročni scenariji odnose se na konačnu implementaciju digitalne televizije. U toj fazi predviđeno je postepeno isključivanje analognih odašiljača i potpuna zamjena analogne televizije digitalnom. U ovoj fazi je moguće kanale koje prestane rabiti analogna televizija iskoristiti za povećanje pokrivenosti digitalnim signalima. Kratkoročni i dugoročni scenariji se razlikuju u svojim ciljevima tako da je uloga scenarija za prijelaznu fazu omogućiti povezivanje ove dvije skupine scenarija. Sadašnje analize pokazuju da će u ukupno trajanje perioda od početka uvođenja digitalne televizije do potpune zamjene analogne televizije

digitalnom biti između 10 i 20 godina, ovisno o situaciji u svakoj pojedinoj zemlji. To znači da će u dugom vremenskom periodu koegzistirati analogna i digitalna televizija, tako da je analiza utjecaja digitalnog televizijskog kanala na analogni od velikog značaja za provođenje scenarija uvođenja digitalne televizije na način koji neće degradirati uslugu analogne televizije. Upravo će utjecaj digitalnih televizijskih signala na analogne biti razmatran detaljnije u ovom poglavlju.

8.2. Zaštita postojećih analognih TV kanala

Puštanjem u rad bilo kojeg odašiljača, bilo analognog bilo digitalnog, dolazi do porasta interferencije za postojeće televizijske signale i smanjenja područja pokrivanja. Stoga kod određivanja snage novih digitalnih odašiljača, treba razmotriti da li je porast interferencije za postojeće analogne TV signale prihvatljiv ili neprihvatljiv i za koji postotak vremena. Potreba za zaštitom postojećih analognih TV kanala od utjecaja digitalnog kanala vodi ograničenju efektivne izračene snage odašiljača digitalnog televizijskog signala, a kao posljedica dolazi do ograničenja područja pokrivanja digitalnim TV signalom.

Zaštita postojećih analognih televizijskih kanala od utjecaja digitalnih televizijskih kanala kontrolirana je preko tri temeljna parametra:

- zaštitni omjeri koji određuju dopuštene razine izobličenja analognog signala zbog interferencije s digitalnim signalom. Dopuštene razine izobličenja za digitalni TV signal određene su ocjenom 3 ITU-R BT.500 ljestvice za ocjenu izobličenja slike u slučaju troposferske interferencije i ocjenom 4 ITU-R BT.500 ljestvice za ocjenu izobličenja slike u slučaju kontinuirane interferencije. Razina interferencije se mjeri preko potrebnog povećanja jakosti polja za održavanje propisane kvalitete slike, tako da npr. porast u jakosti polja od 3 dB znači da je došlo do porasta izobličenja koje bi izazvalo smanjenje od približno pola ocjene na ITU-R BT.500 ljestvici za ocjenu izobličenja slike;
- postotak vremena tijekom kojeg vrijedi zaštita analognog kanala od utjecaja digitalnog kanala (obično se zahtijeva 99% vremena);
- postotak lokacija na kojima je prijam analognog signala zaštićen od utjecaja digitalnog signala (obično se zahtijeva 50% lokacija na rubu područja pokrivanja analognog signala).

Promjenom navedenih parametara može se odrediti stupanj zaštite analognih TV kanala od utjecaja digitalnih TV kanala. U kratkoročnim scenarijima za uvođenje digitalne televizije, predviđa se potpuna zaštita analognih TV kanala od utjecaja digitalnih TV kanala, dok u scenarijima za prijelaznu fazu prema potpunom uvođenju digitalne televizije, stupanj zaštite analognih kanala treba postepeno smanjivati, kako bi se omogućio porast pokrivenosti digitalnim televizijskim signalom, koji se iskazuje u postotku stanovništva koje ima zadovoljavajući prijam digitalnog televizijskog signala. Međutim, studije provedene u Francuskoj od strane TDF, pokazuju da se dopuštanjem porasta interferencije za analogne televizijske signale mogu postići relativno mala poboljšanja u pokrivenosti digitalnim signalom. Npr. porastom interferencije od 1 do 3 dB porast pokrivenosti digitalnim televizijskim signalom porastao je za horizontalnu polarizaciju s 63% na 66%, a za vertikalnu s 53% na 58%. Smanjenje zaštitnih omjera za više od 3 dB značilo bi snižavanje kvalitete slike za više od pola ocjene, tako da bi kvaliteta slike analognog televizijskog signala bila neprihvatljivo niska. Stoga je za prijelaznu fazu bolje rješenje smanjenje broja analognih odašiljača za koje se predviđa zaštita od utjecaja digitalnih TV signala. Mogućnosti

implementacije digitalne televizije značajno ovise o skupu analognih odašiljača za koje se predviđa zaštita od utjecaja digitalnih TV signala. Npr. u Francuskoj je utvrđen skup od 1173 analogna odašiljača. U taj skup su razvrstani odašiljači s visokim izračenim snagama, na visokim lokacijama, od kojih svaki u području pokrivanja imaju više od 30 000 stanovnika. Provedena je analiza koja je trebala utvrditi mogućnost uvođenja digitalne televizije ako se provodi zaštita svih analognih odašiljača od utjecaja digitalnih TV signala ili ako se provodi zaštita odabranog skupa od 1173 analogna odašiljača. Studija se temeljila na fiksnom prijemu s antenom na krovu i omjerom C/N za digitalni TV signal od 14 dB. Ukoliko se predviđa zaštita za sve analogne odašiljače moguće je uvesti jednu digitalnu mrežu koja će imati pokrivanje od 15% stanovništva. Ukoliko se predviđa zaštita za odabrani skup od 1173 odašiljača moguće je uvesti četiri digitalne mreže s pokrivanjem 60%-70% stanovništva. Iz navedenog je vidljivo da je u prijelaznoj fazi potrebno reducirati broj analognih odašiljača za koje se predviđa zaštita.

8.3. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za nositelj slike analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije s digitalnim TV kanalom

Radiofrekvencijski zaštitni omjeri koji se trebaju rabiti u planiranju zemaljskih radiodifuzijskih sustava za prijenos digitalnih TV signala definirani su u preporuci ITU-R BT.1368: Kriteriji planiranja za usluge digitalne zemaljske televizije u područjima VHF/UHF (*Planning Criteria for Digital Terrestrial Television Services in the VHF/UHF Bands*).

Ova preporuka propisuje:

- zaštitne omjere za slučaj kada je željeni signal digitalni TV signal;
- zaštitne omjere za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, a smetajući signal digitalni TV signal;
- zaštitne omjere za slučaj kada je željeni signal tonski signal analognog TV signala, a smetajući signal digitalni TV signal;
- minimalne jakosti polja u zemaljskim digitalnim televizijskim sustavima;
- dodatne faktore u planiranju zemaljskih digitalnih televizijskih sustava;
- postupke za subjektivnu usporedbu koji se rabe u ispitivanju zaštitnih omjera za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal;
- zaštitne omjere za slučaj kada je željeni signal digitalni radiodifuzijski audiosignal, a smetajući signal digitalni TV signal.

Mjerenja zaštitnih omjera za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, provode se subjektivnim ispitivanjima pri čemu je referentni smetajući signal sinusni signal. Vrijednosti zaštitnih omjera koje se navode u preporuci ITU-R BT.1368 odnose se na interferenciju s jednim izvorom smetajućeg signala. Pored toga, osim ako je drukčije navedeno, vrijednosti se odnose na troposfersku interferenciju, T , i odgovaraju uvjetima tek zamjetljivog ili malo smetajućeg izobličenja. Takva izobličenja su prihvatljiva samo ako se interferencija pojavljuje u malom postotku vremena, koje nije točno propisano ali se obično pretpostavlja između 1% i 10%. Ukoliko se radi o smetajućem signalu koji se pojavljuje u većem postotku vremena (do 50%), potrebno je rabiti viši stupanj zaštite i zaštitne omjere koji vrijede za kontinuiranu interferenciju C . Ukoliko se radi o smetnji koja postoji neprestano (100% vremena) govori se

o stalnoj interferenciji (*steady interference*). U tom slučaju potrebno je rabiti još više zaštitne omjere nego u slučaju kontinuirane interferencije, a koji trebaju osigurati ocjenu 4.5 ITU-R BT.500 ljestvice za ocjenu izobličenja slike. Vrijednosti zaštitnih omjera za stalnu interferenciju nisu još konačno utvrđene u preporuci ITU-R BT.1368.

Vrlo jaki željeni ulazni signali mogu zahtijevati veće zaštitne omjere zbog pojave nelinearnih efekata u prijammiku. Za 625-linijske sustave razine referentnih izobličenja su one koje odgovaraju istokanalnim zaštitnim omjerima od 30 dB za troposfersku interferenciju i 40 dB za kontinuiranu interferenciju uz frekvencijski pomak između nositelja slike približno 2/3 horizontalne frekvencije, kako je navedeno u preporuci ITU-R BT.655. Ovi uvjeti odgovaraju ocjenama izobličenja slike 3 (malo smetajuće) za troposfersku interferenciju i 4 (tek zamjetljivo ali ne smetajuće) za kontinuiranu interferenciju.

8.3.1. Postupak za subjektivnu usporedbu koji se rabi u mjerenju zaštitnih omjera za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal

Mjerenja zaštitnih omjera za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, provode se postupkom subjektivne usporedbe (SCM, *Subjective Comparison Method*) pri čemu je referentni smetajući signal sinusni signal. Mjerenja se provode sa samo jednom ispitnom slikom, a u ispitivanju kvalitete slike sudjeluje samo nekoliko promatrača (3-5 stručnjaka ili nestručnjaka). Za mjerenje zaštitnih omjera rabe se tri vrste izobličenja koja trebaju dati ocjenu izobličenja slike 3 (malo smetajuće) za troposfersku interferenciju, ocjenu izobličenja slike 4 (tek zamjetljivo ali ne smetajuće) za kontinuiranu interferenciju i ocjenu izobličenja slike 4.5 (na granici zamjetljivosti) za stalnu interferenciju, Tablica 8.1.

Ispitivanja su pokazala da za slučaj kada je smetajući signal digitalni televizijski signal, uporaba šuma kao smetajućeg signala može poboljšati odluku o ocjeni koju promatrač treba donijeti. Uporaba šuma kao smetajućeg signala pokazuje jednake rezultate kao uporaba sinusnog signala. Nedostatak uporabe šuma kao smetajućeg signala je složeniji postupak mjerenja koji treba primijeniti.

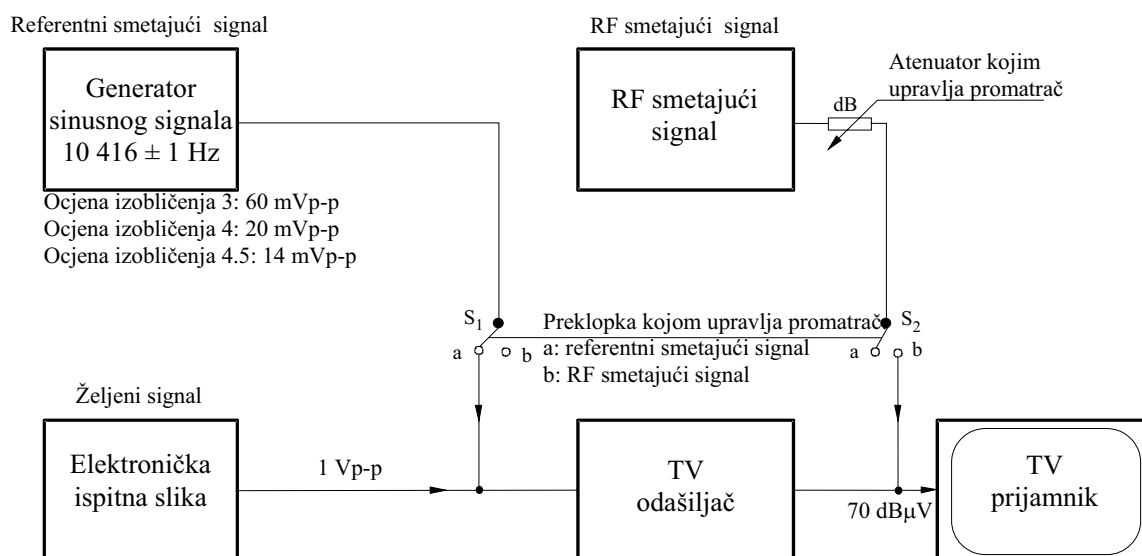
Tablica 8.1. Parametri postupka za subjektivnu usporedbu

Mjerni parametri	Ocjena 3	Ocjena 4	Ocjena 4.5*
Vrsta interferencije	Troposferska	Kontinuirana	Stalna
Vremenska raspoloživost	1% do 5% vremena	50% vremena	100% vremena
Subjektivna ocjena izobličenja	Malo smetajuće	zamjetljivo ali ne smetajuće	na granici zamjetljivosti
Smetajući signal	60 mVp-p	20 mVp-p	14 mVp-p
RF zaštitni omjer	30 dB	40 dB	43 dB

* Zaštitni omjer za stalnu interferenciju nije još definiran

Slika 8.1. prikazuje način provođenja postupka subjektivne usporedbe gdje se kao smetajući signal rabi sinusni signal. Put željenog signala uključuje izvor željenog videosignala, televizijski odašiljač i TV prijammnik. Referentni smetajući signal je sinusni signal čija amplituda se može mijenjati u ovisnosti o vrsti interferencije koja se ispituje. RF

smetajući signal se dodaje u put željenog signala. Amplituda i frekvencija smetajućeg signala se proračunavaju kao što je prikazano za RF referentni smetajući signal u Preporuci ITU-R BT.655, Annex 1, § 2.3. Jakost RF smetajućeg signala može se mijenjati attenuatorom kojim upravlja promatrač. RF smetajući signal se mijenja dok se ne postigne ista ocjena izobličenja kao s referentnim smetajućim signalom što se utvrđuje uspoređivanjem izobličenih slika (zbog djelovanja interferencije) na ekranu TV prijamnika. RF zaštitni omjer je razlika između razine željenog signala i razine smetajućeg signala na ulazu u prijamnik. Mjerni sustav može biti tako kalibriran da iznos gušenja koji pokazuje attenuator kojim upravlja promatrač, izravno pokazuje iznos zaštitnog omjera.



Slika 8.1. Postupak subjektivne usporedbe za mjerenja zaštitnog omjera

U 625-linijskim sustavima razina referentnog smetajućeg signala je ona koja odgovara zaštitnom omjeru od 30 dB i 40 dB uz frekvencijski pomak između nositelja slike željenog i smetajućeg signala približno 2/3 horizontalne frekvencije koji je ugođen tako da izazove najveće izobličenje. Točna razlika u frekvenciji je 10.416 kHz. Ti uvjeti aproksimiraju ocjenu izobličenja 3 (malo smetajuće) i 4 (zamjetljivo ali ne smetajuće) i vrijede za troposfersku interferenciju (1% vremena) i kontinuiranu interferenciju (50% vremena). Ocjena izobličenja za referentni smetajući signal koji djeluje na u osnovni pojas videosignala ne ovisi o sustavu analogne televizije i RF parametrima modulacije kao što su polaritet modulacije, preostali nositelj i sl.

Referentni smetajući signal može biti realiziran kao sinusni signal frekvencije 10.416 kHz ta 625-linijske sustave i s amplitudama 60 mV_{p-p} i 20 mV_{p-p}. Videosignal treba biti crno-bijeli videosignal s razlikom između razine bijelog i razine crnog 700 mV_{p-p} i ukupnom amplitudom videosignala 1 V_{p-p}. Ove amplitude odgovaraju RF zaštitnim omjerima 30 dB i 40 dB (uz frekvencijski pomak 2/3 horizontalne frekvencije). Stabilnost frekvencije generatora sinusnog signala treba biti ±1 Hz.

Uvjeti promatranja trebaju biti u skladu s preporukom ITU-R BT.500, a udaljenost promatrača treba biti pet puta visina slike. Kao ispitni prijamnici treba biti korišteno pet prijamnika za kućnu uporabu koji nisu stariji od 5 godina. Razina signala na ulazu u prijamnik treba biti 70 dBμV. U mjerenju treba sudjelovati 5 promatrača koji mogu ali i ne moraju biti stručnjaci iz područja televizije. U svakom pojedinom ispitivanju sudjeluje samo po jedan promatrač.

Rezultati ispitivanja trebaju sadržavati:

- srednju vrijednost i standardnu devijaciju vrijednosti zaštitnih omjera,
- opis mjerne konfiguracije, vrste ispitnih slika i vrste izvora signala,
- informaciju o broju promatrača,
- informaciju o vrsti referentnog smetajućeg signala,
- izgled spektra RF smetajućeg signala uključujući područje izvan kanala,
- razine RF željenog signala na ulazu u prijamnik,
- informaciju o vrsti TV prijamnika, veličini ekrana i godini proizvodnje.

8.3.2. Istokanalni zaštitni omjeri

Tablice 8.2. i 8.3. prikazuju istokanalne zaštitne omjere za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, a smetajući signal digitalni TV signal, i to za širine kanala 8 MHz i 7 MHz. Vrijednosti zaštitnih omjera se odnose na uvjete u kojima smetajući digitalni DVB-T odašiljač ima izvankanalno gušenje od 40 dB.

Tablica 8.2. Istokanalni zaštitni omjeri za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, a smetajući signal digitalni TV signal uz širinu kanala 8 MHz

Željeni analogni signal	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
B, D, G, H, K/PAL	34	40
I/PAL	37	41
B, D, K, L/SECAM*	34 to 37	41

* Približne vrijednosti jer točne još nisu konačno utvrđene

Tablica 8.3. Istokanalni zaštitni omjeri za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, a smetajući signal digitalni TV signal uz širinu kanala 7 MHz

Željeni analogni signal	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija	Ocjena interferencije 4.5
B/PAL	35	41	
B/SECAM*	34 to 37	41	

* Približne vrijednosti jer točne još nisu konačno utvrđene

8.3.3. Zaštitni omjeri od interferencije sa susjednim donjim (N-1) i gornjim (N+1) kanalom

Tablica 8.4 prikazuje vrijednosti zaštitnih omjera za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal na kanalu N, a smetajući signal digitalni TV signal koji se emitira na donjem susjednom kanalu (N-1) sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz.

Tablica 8.5. prikazuje vrijednosti zaštitnih omjera za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal na kanalu N, a smetajući signal digitalni TV signal koji se emitira na gornjem susjednom kanalu (N+1) sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz.

Tablica 8.4. Zaštitni omjeri za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, a smetajući signal digitalni TV signal koji se emitira na donjem susjednom kanalu sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz

Željeni analogni signal	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
B, D, G, H, I, K/PAL	-9	-5
B, D, K, L/SECAM	-9	-5

Tablica 8.5. Zaštitni omjeri za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal, a smetajući signal digitalni TV signal koji se emitira na gornjem susjednom kanalu sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz

Željeni analogni signal	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
B, D, G, H, I, K/PAL	-9	-5
L/SECAM*	-1	-1
B, D, K/SECAM	-9	-5

* Približne vrijednosti jer točne još nisu konačno utvrđene

Tablica 8.6. Zaštitni omjeri za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal na kanalu N, a kao smetajući signal pojavljuje se kanal slike (*image channel*) digitalnog TV kanala sa širinom kanala 8 MHz

Željeni analogni signal	Smetajući DVB-T kanal	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
G/PAL	N+9	-19	-15
I/PAL	N+9		
L/SECAM*		-25	-22
D, K/SECAM*	N+8	-16	-11
D, K/SECAM*	N+9	-16	-11
D, K/PAL	N+8		
D, K/PAL	N+9		

* Približne vrijednosti jer točne još nisu konačno utvrđene

8.3.4. Zaštitni omjeri od interferencije s kanalom slike

Tablice 8.6. i 8.7. prikazuju vrijednosti zaštitnih omjera za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal na kanalu N, a kao smetajući signal pojavljuje se kanal slike (*image channel*) digitalnog TV kanala sa širinom kanala 8 MHz i s širinom kanala 7 MHz.

Tablica 8.7. Zaštitni omjeri za 625-linijske televizijske sustave za slučaj kada je željeni signal analogni TV signal na kanalu N, a kao smetajući signal pojavljuje se kanal slike (*image channel*) digitalnog TV kanala sa širinom kanala 7 MHz

Željeni analogni signal	Smetajući DVB-T kanal	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
B/PAL	N+10	-22	-18
B/PAL	N+11	-21	-18
B/SECAM			

8.3.5. Zaštitni omjeri od interferencije s digitalnim kanalom koji se preklapa s željenim analognim kanalom

Tablice 8.8. i 8.9. prikazuju vrijednosti zaštitnih omjera za B, D, G, H, K/PAL željeni signal koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim DVB-T kanalom širine 7 MHz i 8 MHz koji se preklapa s željenim kanalom.

Tablica 8.8. Zaštitni omjeri za B, D, G, H, K/PAL željeni signal koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim DVB-T kanalom širine 7 MHz koji se preklapa s željenim kanalom

Središnja frekvencija smetajućeg DVB-T kanala minus frekvencija nositelja slike željenog analognog televizijskog signala (MHz)	Zaštitni omjer (dB)	
	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
-7.75	-16	-11
(N-1) - 4.75	-9	-5
-4.25	-4	3
-3.75	13	20
-3.25	23	30
-2.75	30	37
-1.75	34	41
-0.75	35	41
(N) 2.25	35	41
4.25	35	41
5.25	31	38
6.25	26	33
7.25	21	30
8.25	4	9
(N+1) 9.25	-9	-5
12.25	-9	-5

Tablica 8.9. Zaštitni omjeri za B, D, G, H, K/PAL željeni signal koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim DVB-T kanalom širine 8 MHz koji se preklapa s željenim kanalom (vrijednosti su dobivene proračunom iz prethodne tablice koja se odnosi na širinu kanala 7 MHz)

Središnja frekvencija smetajućeg DVB-T kanala minus frekvencija nositelja slike željenog analognog televizijskog signala (MHz)	Zaštitni omjer (dB)	
	Troposferska interferencija	Kontinuirana interferencija
-8.25	-16	-11
(N-1) -5.25	-9	-5
-4.75	-5	2
-4.25	12	19
-3.75	22	29
-3.25	29	36
-2.25	33	40
-1.25	34	40
(N) 2.75	34	40
4.75	34	40
5.75	30	37
6.75	25	32
7.75	20	29
8.75	3	8
(N+1) 9.75	-9	-5
12.75	-9	-5

8.4. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za nositelj tona analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim digitalnim TV kanalom

Zaštitni omjeri u ovom poglavlju odnose se na razinu FM, AM i NICAM nositelja tona željenog analognog TV kanala. Referentna razina nositelja tona je efektivna vrijednost nemoduliranog nositelja tona. Kakvoća tona za troposfersku interferenciju odgovara ocjeni 3, a za kontinuiranu interferenciju ocjeni 4.

Referentne vrijednosti omjera signal/šum za AM i FM tonske signale su:

- 40 dB za troposfersku interferenciju što odgovara ocjeni izobličenja 3;
- 48 dB za kontinuiranu interferenciju što odgovara ocjeni izobličenja 4.

Referentne vrijednosti omjera signal/šum su izmjerene kao ponderirane vrijednosti od vrha do vrha (*peak-to-peak weighted*) u skladu s preporukama ITU-R BS.468 i ITU-R BS.412. Referentna razina FM tonskog signala odgovara maksimalnoj frekvencijskoj devijaciji od ± 50 kHz. Za NICAM digitalni tonski signal referentne vrijednosti omjera pogrešno primljenih bita i ukupnog broja bita (bit-error rate) iznose:

- $BER = 10^{-4}$ za troposfersku interferenciju što odgovara ocjeni izobličenja 3;
- $BER = 10^{-5}$ za kontinuiranu interferenciju što odgovara ocjeni izobličenja 4.

U slučaju prijenosa dva nositelja tona, svaki od njih treba razmatrati odvojeno. Tablica 8.10. prikazuje vrijednosti istokanalnih zaštitnih omjera za FM, AM i NICAM nositelje tona željenog analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim digitalnim TV kanalom.

Tablica 8.10. Istokanalni zaštitni omjeri za FM, AM i NICAM nositelje tona željenog analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim digitalnim TV kanalom

Zaštitni omjer (dB) u odnosu na željeni nositelj tona		Smetajući signal	
		DVB-T 7 MHz	DVB-T 8 MHz
Željeni tonski signal			
FM	Troposferska interferencija	6	5
	Kontinuirana interferencija	16	15
AM	Troposferska interferencija		
	Kontinuirana interferencija		
NICAM	Troposferska interferencija	5	4
PAL B/G	Kontinuirana interferencija	6	5
NICAM	Troposferska interferencija		
Sustav I	Kontinuirana interferencija		

Tablica 8.11. prikazuje vrijednosti zaštitnih omjera za FM nositelje tona željenog analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim digitalnim TV kanalom širine 7 MHz, koji se preklapa s željenim analognim TV kanalom.

Tablica 8.11. Zaštitni omjeri za FM nositelje tona željenog analognog TV kanala koji je pod utjecajem interferencije sa smetajućim digitalnim TV kanalom širine 7 MHz, koji se preklapa s željenim analognim TV kanalom

Zaštitni omjer (dB) u odnosu na željeni nositelj tona	Frekvencija 3 dB točaka na granicama DVB-T minus frekvencija nositelja tona	-500 kHz	-250 kHz	-50 kHz	0.0 kHz	50 kHz	250 kHz	500 kHz
Troposferska interferencija	Gornja granica	0	0	0	5	5	6	6
Kontinuirana interferencija	Gornja granica	9	9	9	14	14	15	16
Troposferska interferencija	Donja granica	5	5	4	3	-9	-22	-32
Kontinuirana interferencija	Donja granica	15	15	14	12	-6	-16	-27

Primjedba: Zaštitni omjeri se odnose na izvankanalno gušenje u spektru u iznosu od 40 dB. Sve vrijednosti u tablici su još u fazi ispitivanja.

8.5. Radiofrekvencijski zaštitni omjeri za digitalni TV kanal koji je pod utjecajem interferencije s analognim TV kanalom

Zaštitni omjeri za sustave digitalne zemaljske televizije uključuju kontinuiranu i troposfersku interferenciju. Zaštitni omjeri se odnose na središnju frekvenciju željenog digitalnog televizijskog kanala. Zbog toga što digitalni prijammnik treba uspješno raditi i u prisustvu visokih razina analognih televizijskih signala na susjednim kanalima, zahtijeva se visoka linearnost prijammnika. Za DVB-T sustav, zaštitni omjeri se mjere između unutarnjeg i vanjskog koda prije Reed-Solomonovog dekodiranja pri čemu BER treba biti 2×10^{-4} , što odgovara vrijednosti $BER < 10^{-11}$ na ulazu u MPEG-2 demultiplekser. U većini kućnih prijammnika nije moguće mjeriti BER prije Reed-Solomon ovog dekodiranja, tako da je određivanje BER vrijednosti u takvim slučajevima još u fazi razmatranja. Kako bi se smanjio broj tablica sa zaštitnim omjerima za DVB-t sustav, propisane su vrijednosti zaštitnih omjera za tri načina rada koja su navedena u Tablici 8.12. Vrijednosti zaštitnih omjera za ostale načine rada za fiksne, mobilne i prijenosne prijammnike mogu su proračunati iz vrijednosti koje su propisane za tri načina rada opisana u Tablici 8.12. Formula za proračunavanje je još u fazi utvrđivanja.

Tablica 8.12. Načini rada DVB-T sustava za mjerenje zaštitnih omjera

Vrsta modulacije	Omjer koda	C/N ¹⁾	Brzina prijensa ²⁾
QPSK	2/3	8 dB	≈7 Mbit/s
16-QAM	2/3	13 dB	≈12 Mbit/s
64-QAM	2/3	17 dB	≈20 Mbit/s

1) BER < 10⁻¹¹ na ulazu u MPEG-2 demultiplekser za Gaussov kanal

2) Zaštitni interval je 1/4

Tablica 8.13. prikazuje istokanalne zaštitne omjere za DVB-T sustave sa širinom kanala 7 MHz i 8 MHz u slučaju kada je smetajući signal 625-linijski analogni TV signal u uvjetima nekontroliranih frekvencija. Isti zaštitni omjeri se mogu primijeniti za 2k i 8k sustave. Uvođenjem preciznog frekvencijskog pomaka između analognog i digitalnog signala moguće je značajno smanjiti istokanalne zaštitne omjere, ali je u tu svrhu potrebno provesti dodatna razmatranja tako da vrijednosti još nisu propisane.

Tablica 8.13. Istokanalni zaštitni omjeri za DVB-T sustave sa širinom kanala 7 MHz i 8 MHz u slučaju kada je smetajući signal analogni TV signal

Modulacija	Zaštitni omjer														
	QPSK					16QAM					64QAM				
Omjer koda	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8	1/2	2/3	3/4	5/6	7/8
PAL/SECAM*	-12	-8	-4	3	9	-8	-3	3	9	16	-3	3	10	17	24

* s teletekstom i nositeljima tona

Tablice 8.14. i 8.15. prikazuju zaštitne omjere za DVB-T signale sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz u slučaju kada je smetajući signal 625-linijski analogni TV signal na donjem susjednom kanalu (N-1) ili gornjem susjednom kanalu (N+1)

Tablica 8.14. Zaštitni omjeri za DVB-T signale sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz za slučaj kada je smetajući signal analogni TV signal koji se emitira na donjem susjednom kanalu

Željeni signal		Smetajući signal	
Modulacija	Omjer koda	PAL B	PAL I
QPSK	2/3	-44	
16QAM	1/2		-43
16QAM	2/3	-42	
64QAM	1/2		-38
64QAM	2/3	-35	-34

Tablica 8.15. Zaštitni omjeri za DVB-T signale sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz za slučaj kada je smetajući signal analogni TV signal koji se emitira na gornjem susjednom kanalu

Željeni signal		Smetajući signal
Constellation	Omjer koda	PAL/SECAM
QPSK	2/3	-47
16QAM	2/3	-43
64QAM	2/3	-38

Tablice 8.16. i 8.17. prikazuju vrijednosti zaštitnih omjera za DVB-T signale sa širinama kanala 7 MHz i 8 MHz koji su pod utjecajem interferencije sa smetajućim analognim TV kanalom koji se preklapa s željenim kanalom. Razlika frekvencije Δf je razlika između frekvencije nositelja slike analognog TV kanala i središnje frekvencije DVB-T signala.

Tablica 8.16. Zaštitni omjeri za DVB-T signale sa širinom kanala 8 MHz koji su pod utjecajem interferencije sa smetajućim analognim TV kanalom koji se preklapa s željenim kanalom

DVB-T 8 MHz 64 QAM omjer koda 2/3													
$\Delta f(\text{MHz})$	-9.75	-9.25	-8.75	-8.25	-6.75	-3.95	-3.75	-2.75	-0.75	2.25	3.25	4.75	5.25
Zaštitni omjer	-37	-14	-8	-4	-2	1	3	3	3	2	-1	-29	-36

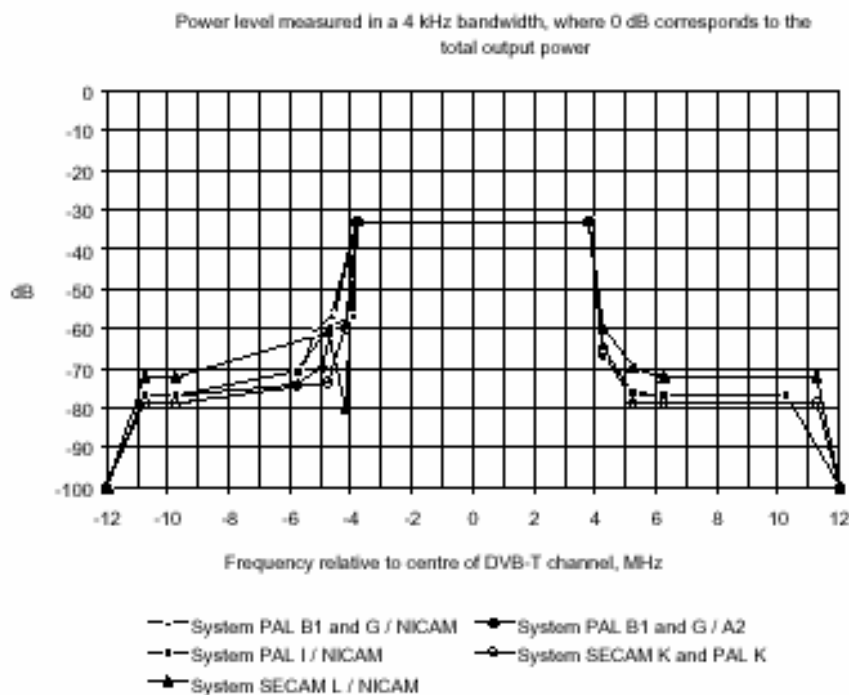
Tablica 8.17. Zaštitni omjeri za DVB-T signale sa širinom kanala 7 MHz koji su pod utjecajem interferencije sa smetajućim analognim TV kanalom koji se preklapa s željenim kanalom

DVB-T 7 MHz 64 QAM omjer koda 2/3													
$\Delta f(\text{MHz})$ za PAL B1	-9.25	-8.75	-8.25	-7.75	-6.25	-3.45	-3.25	-2.25	-1.25	-1.75	2.75	4.25	4.75
$\Delta f(\text{MHz})$ za PAL D	-10.25	-9.75	-9.25	-8.75	-7.25	-3.45	-3.25	-2.25	-1.25	-1.75	2.75	4.25	4.75
Zaštitni omjer	-37	-14	-8	-4	-2	1	3	3	3	2	-1	-29	-36

8.6. Spektralne maske i potiskivanje neželjenih emisija

U početnoj fazi uvođenja digitalne televizije rabit će se kanali koji su već u uporabi u analognim televizijskim sustavima. U nekim slučajevima rabit će se susjedni kanali postojećim analognim televizijskim kanalima. Kako bi se izbjegla interferencija i izobličenje analognog TV signala u područjima gdje se preklapa pokrivanje analognim i digitalnim TV signalom, digitalni televizijski odašiljač koji radi na kanalu koji je susjedni kanal analognom TV odašiljaču, treba osigurati ograničenje izvankanalnih emisija, što se postiže definiranjem odgovarajućih spektralnih maski za digitalni televizijski odašiljač. Ukoliko analogni i digitalni televizijski odašiljač koji rade na susjednim kanalima imaju zajedničku odašiljačku

lokaciju i približno jednaka područja pokrivanja, tada se moraju ograničiti i izvankanalne emisije analognog TV odašiljača uporabom odgovarajućih spektralnih maski.



Točke loma Vidi *	G / PAL / NICAM		G / PAL / A2		I / PAL / NICAM		K SECAM / K PAL		L / SECAM / NICAM	
	rel. f MHz	rel. razina dB	rel. f MHz	rel. razina dB	rel. f MHz	rel. razina dB	rel. f MHz	rel. razina dB	rel. f MHz	rel. razina dB
1	-12	-100	-12	-100	-12	-100	-12	-100	-12	-100
2	-10.75	-76.9	-10.75	-76.9	-10.75	-76.9	-10.75	-78.7	-10.75	-72.4
3	-9.75	-76.9	-9.75	-76.9	-9.75	-76.9	-9.75	-78.7	-9.75	-72.4
4	-5.75	-74.2	-5.75	-74.2	-5.75	-70.9	-4.75	-73.6	-4.75	-60.9
5	-5.185	-60.9	-5.185	-	-4.685	-59.9	-4.185	-59.9	-4.185	-79.9
6	-	-	-4.94	-69.9	-	-	-	-	-	-
7	-4.65	-56.9	-	-	-3.925	-56.9	-	-	-	-
8	-3.8	-32.8	-3.8	-32.8	-3.8	-32.8	-3.8	-32.8	-3.8	-32.8
9	+3.8	-32.8	+3.8	-32.8	+3.8	-32.8	+3.8	-32.8	+3.8	-32.8
10	+4.25	-64.9	+4.25	-64.9	+4.25	-66.9	+4.25	-66.1	+4.25	-59.9
11	+5.25	-76.9	+5.25	-76.9	+5.25	-76.2	+5.25	-78.7	+5.25	-69.9
12	+6.25	-76.9	+6.25	-76.9	+6.25	-76.9	+6.25	-78.7	+6.25	-72.4
13	+10.25	-76.9	+10.25	-76.9	+10.25	-76.9	+11.25	-78.7	+11.25	-72.4
14	+12	-100	+12	-100	+12	-100	+12	-100	+12	-100

*Točke loma:

1. Donji kraj nižeg susjednog kanala
2. Nositelj slike u donjem susjednog kanalu
3. Nositelj slike + 1 MHz u donjem susjednog kanalu
4. Gornji kraj bočnog pojasa videosignala u donjem susjednog kanalu
5. Gornji kraj RF pojasa prvog podnositelja tona u donjem susjednog kanalu
6. Gornji kraj RF pojasa A2 drugog podnositelja tona u donjem susjednog kanalu
7. Gornji kraj RF pojasa NICAM signala u donjem susjednog kanalu
8. Donji kraj RF pojasa DVB-T signala
9. Gornji kraj RF pojasa DVB-T signala
10. Donji bočni pojas videosignala (nositelj slike - 1 MHz) u gornjem susjednog kanalu
11. Nositelj slike u gornjem susjednog kanalu
12. Nositelj slike + 1 MHz u gornjem susjednog kanalu
13. Gornji kraj bočnog pojasa videosignala u gornjem susjednog kanalu
14. Gornji kraj gornjeg susjednog kanala

Slika 8.2. Spektralna maska za digitalni TV odašiljač koji radi na susjednog kanalu analognog TV odašiljaču pri čemu su odašiljači smješteni na istoj lokaciji; širina kanala 8 MHz

Primjeri spektralnih maski za digitalni televizijski odašiljač koji će biti prikazani u ovom poglavlju vrijede u uvjetima kada se digitalni TV odašiljač nalazi na zajedničkoj lokaciji s analognim televizijskim odašiljačem, rabi istu polarizaciju kao analogni TV odašiljač i ima jednaku izračenu snagu (e.r.p.) kao analogni odašiljač. Spektralne maske izvode se iz zahtijevanih vrijednosti zaštitnih omjera koji vrijede za pojedine dijelove analognog TV signala. Spektralne maske trebaju biti korigirane ukoliko se efektivne izračene snage digitalnog i analognog odašiljača ne podudaraju ili im se polarizacije razlikuju. Zaštitni omjeri koji se rabe u primjerima spektralnih maski vrijede za ocjenu izobličenja slike 4.5, a proračunati su iz vrijednosti zaštitnih omjera koje su preuzete iz EBU publikacije BPN 003 "Technical Bases for T-DAB Services Network Planning and Compatibility with Existing Broadcasting Services" uz pretpostavku da na vrijednosti zaštitnih omjera nema utjecaja da li je OFDM signal T-DAB signal ili DVB-T signal. Snaga je mjerena u širinama pojasa 4 kHz od središnje frekvencije DVB-T kanala do ± 12 MHz od središnje frekvencije. 0 dB odgovara ukupnoj izlaznoj snazi.

Spektralna maska prikazana na Slici 8.2. temelji se na zaštitnim omjerima koji su izvedeni za donji susjedni kanal. U gornjem susjednom kanalu nositelji tona zahtijevaju manju zaštitu od nositelja slike. To bi vodilo spektralnoj masci koja bi imala manje gušenje na većoj udaljenosti od DVB-T kanala nego neposredno izvan njega. Zbog toga se zaštitni omjeri za nositelj slike ponavljaju na frekvencijama koje odgovaraju gornjem kraju bočnog pojasa videosignala u gornjem susjednom kanalu. To vodi pretjeranoj zaštiti od približno 5 dB na tim frekvencijama. Tablica 8.18. prikazuje primjer proračuna zaštitnih omjera za DVB-T spektralnu masku koja vrijedi za sustav PAL B1 i G /A2 i širinu kanala 8 MHz.

Tablica 8.18. Proračun zaštitnih omjera za DVB-T spektralnu masku prikazanu na Slici 8.2. za slučaj kada je željeni signal G/PAL/A2 signal

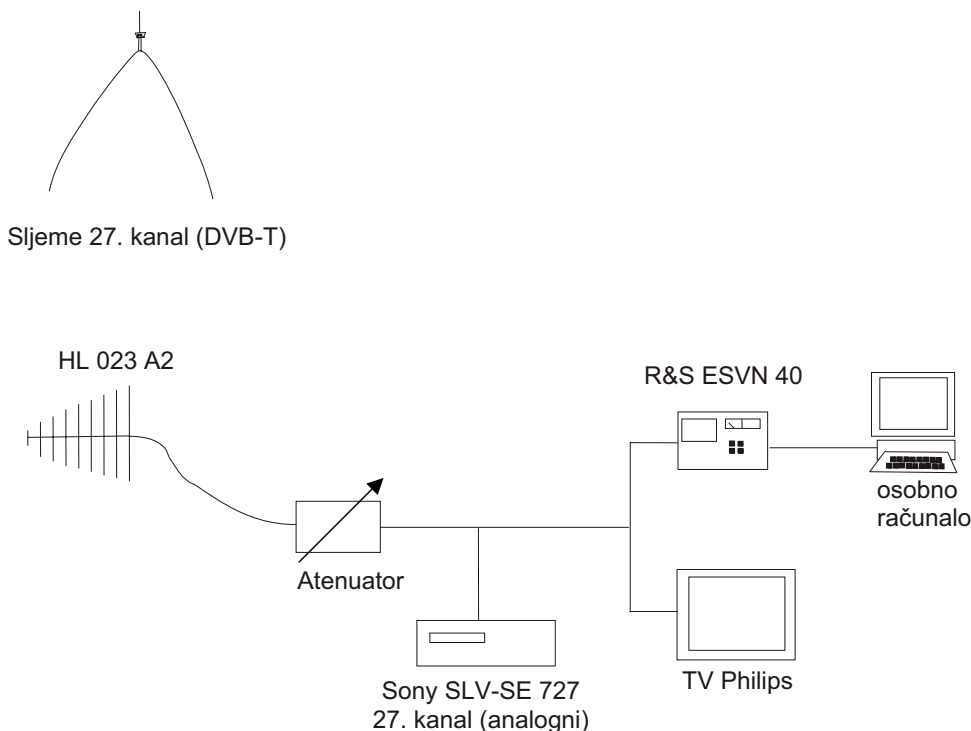
<p>Frekvencija nositelja slike u donjem susjednom kanalu Frekvencija: 1.25 MHz, što odgovara frekvenciji -10.75 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 51 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(51 + 25.9)$ dB = -76.9 dB</p>
<p>Frekvencija nositelja slike + 1 MHz u donjem susjednom kanalu Frekvencija: 2.25 MHz, što odgovara frekvenciji -9.75 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 51 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(51 + 25.9)$ dB = -76.9 dB</p>
<p>Gornji kraj bočnog pojasa videosignala u donjem susjednom kanalu Širina pojasa: 5 MHz Frekvencija gornjeg bočnog pojasa: $(1.25+5)$ MHz = 6.25 MHz, što odgovara frekvenciji -5.75 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 48.3 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(48.3 + 25.9)$ dB = -74.2 dB</p>

<p>Analogni mono FM nositelj tona u donjem susjednom kanalu Širina pojasa: 130 kHz Frekvencija: 5.5 MHz iznad nositelja slike Gornji kraj bočnog pojasa: $(1.25+5.5+(0.130/2))$ MHz=6.815 MHz što odgovara frekvenciji -5.185 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 35 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(35 + 25.9)$ dB = -60.9 dB Ova vrijednost je niža nego vrijednost za drugi tonski nositelj, te se stoga zanemaruje.</p>
<p>Drugi analogni FM nositelj tona u donjem susjednom kanalu Širina pojasa: 130 kHz Frekvencija: 5.742 MHz iznad nositelja slike Gornji kraj bočnog pojasa: $(1.25+5.742+(0.130/2))$ MHz=7.06 MHz što odgovara frekvenciji -4.945 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 44 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(44 + 25.9)$ dB = -69.9 dB</p>
<p>Donji bočni pojas videosignala u gornjem susjednom kanalu Frekvencija: $(1.25-1)$ MHz = 0.25 MHz što odgovara frekvenciji 4.25 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 39 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(39 + 25.9)$ dB = -64.9 dB</p>
<p>Nositelj slike u gornjem susjednom kanalu Frekvencija: 1.25 MHz, što odgovara frekvenciji 5.25 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 51 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(51 + 25.9)$ dB = -76.9 dB</p>
<p>Nositelj slike +1 MHz u gornjem susjednom kanalu Frekvencija: 2.25 MHz, što odgovara frekvenciji 6.25 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Zaštitni omjer za ocjenu izobličenja 4.5: 51 dB Korekcija za širinu pojasa 4 kHz: $10 * \log(1540 / 4) = 25.9$ dB Najveća relativna razina u 4 kHz: $-(51 + 25.9)$ dB = -76.9 dB</p>
<p>Gornji kraj bočnog pojasa videosignala u gornjem susjednom kanalu Frekvencija: $(1.25+5)$=6.25 MHz, što odgovara frekvenciji 10.25 MHz relativno u odnosu na središnju frekvenciju DVB-T kanala Najveća relativna razina u 4 kHz uzima se jednaka vrijednosti za nositelj slike: -76.9 dB</p>

8.7. Rezultati mjerenja utjecaja istokanalne smetnje signala digitalne televizije na signal analogne televizije

Cilj mjerenja je izmjeriti zaštitni omjer željenog analognog televizijskog signala ometanog od strane neželjenog digitalnog TV signala. Kao izvor neželjenog digitalnog signala korišten je digitalni TV signal koji se odašilje na 27. kanalu (518-526 MHz) s

odašiljačke lokacije Sljeme, u horizontalnoj polarizaciji i s efektivnom izračenom snagom 5 kW. Kao prijamna antena korištena je Rohde & Schwarz log-periodička antena HL-023 A2 koja pokriva frekvencijski opseg od 80 do 1300 MHz i ima dobitak je 6.5 dB. Izvor željenog analognog signala dobiven je iz kućnog magnetoskopa Sony SLV-SE 727 čiji je RF izlaz ugođen na 27. kanal. U grani sa smetajućim digitalnim signalom spojen je promjenjivi atenuator Rohde & Schwarz DPU (0-2000 MHz, 0-140 dB). Mjerenja su provedena uz pomoć mjernog prijmnika Rohde & Schwarz ESVN 40 koji je spojen na osobno računalo s programskom podrškom za pohranjivanje rezultata mjerenja Rohde & Schwarz ArgusMon ver 3.6. Ocjenjivanje slike je provedeno na TV prijmniku Philips. Slika 8.3. prikazuje blok-shemu mjerenja.



Slika 8.3. Blok-shema mjerenje utjecaja digitalnog TV signala na analogni

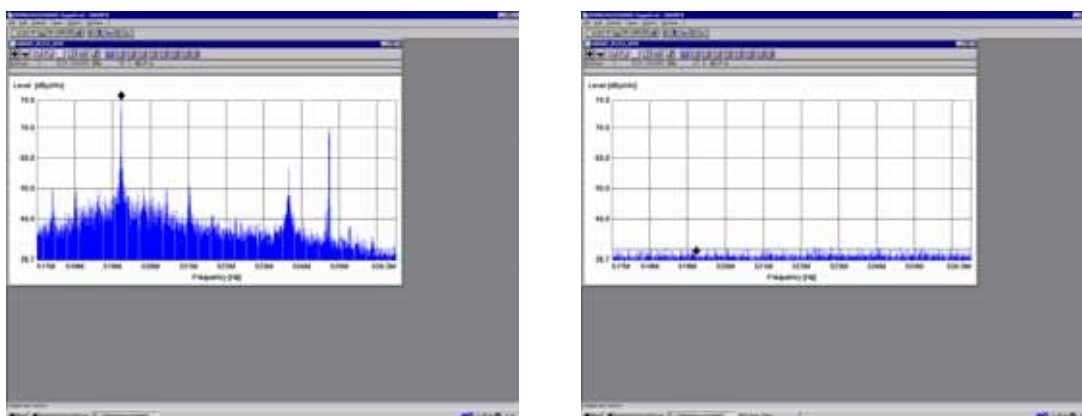
Signal smetajućeg digitalnog signala na 27. kanalu primljen je antenom i kabelom doveden do atenuatora nakon čega se zbraja sa analognim signalom iz magnetoskopa. Pomoću atenuatora mijenja se razina smetajućeg digitalnog TV signala i pri tome se ocjenjuje kvaliteta slike na televizijskom prijmniku. Pomoću mjernog prijmnika i računala izmjerena je razina signala u cijeloj širini 27. kanala za slučaj zajedničkog prijama analognog i digitalnog signala te za slučaj kada je izvor analognog signala ugašen kako bi se utvrdile razine digitalnog TV signala. Razine signala su izmjerene za različite stupnjeve degradacije slike koje su postignute različitim stupnjevima prigušenja digitalnog TV signala. Za nekoliko stupnjeva izobličenja željenog analognog signala provedena je subjektivna ocjena kvalitete slike te su snimljene razine za slučaj zajedničkog prijama korisnog analognog i smetajućeg digitalnog signala te za slučaj kada je prisutan samo digitalni TV signal bez analognog TV signala.

Slika 8.4.(a) prikazuje rezultate mjerenja polja za analogni TV signal pod utjecajem smetajućeg digitalnog TV signala, Slika 8.4.(b) rezultate mjerenja polja za digitalni TV signal koji se rabi kao smetajući signal (izvor analognog signala je isključen), dok Slika 8.4.(c) prikazuje izgled slike na ekranu TV prijmnika. Smetajući signal ima vrlo niske razine i stoga

nema nikakvog utjecaja na degradaciju slike promatrane na TV prijammniku, kojoj se može dati ocjena 5 (nezamjetljivo izobličenje) na ljestvici za ocjenu izobličenje slike u skladu s ITU-R preporukom BT.500.

Ukoliko se gušenje smetajućeg digitalnog TV signala smanji, povećat će se njegov utjecaj na analogni TV kanal, te će se kao posljedica toga pojaviti izobličenje slike na ekranu TV prijammniku. Slika 8.5. prikazuje uvjete u kojima izobličenje slike postaje zamjetljivo (ocjena 3).

Daljnje povećanje razine smetajućeg digitalnog TV signala dovodi do izobličenja koje se može ocijeniti kao jako zamjetljivo izobličenje (ocjena 2). Rezultati mjerenja polja za analogni TV signal pod utjecajem digitalnog TV signala, te mjerenja polja smetajućeg digitalnog TV signala prikazani su na Slici 8.6. Iz Slike 8.6.(c) vidljivo je da je djelovanje digitalnog TV signala na izobličenje slike analognog TV signala istovjetno djelovanju šuma na analogni TV signalu.



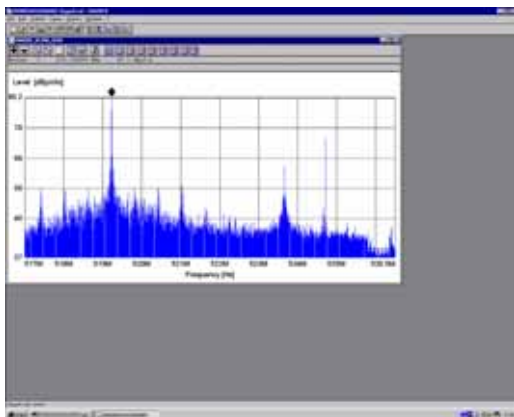
(a)

(b)

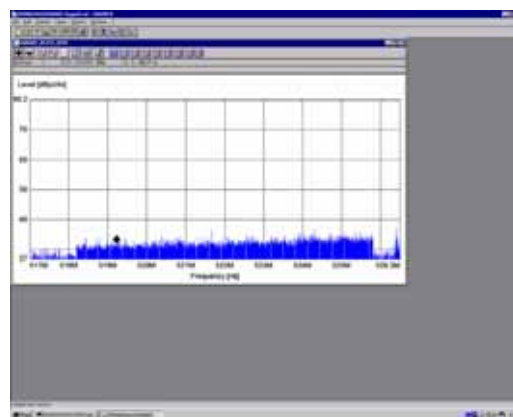


(c)

Slika 8.4. (a) Rezultati mjerenja polja za analogni TV signal pod utjecajem smetajućeg digitalnog TV signala, (b) rezultati mjerenja polja za digitalni TV signal koji se rabi kao smetajući signal (izvor analognog signala je isključen), (c) izgled slike na ekranu TV prijammnika (ocjena 5)



(a)

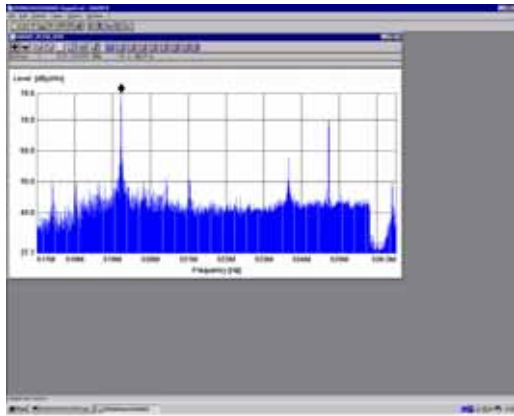


(b)

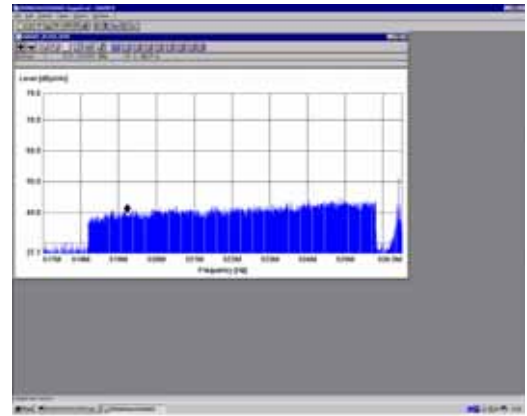


(c)

Slika 8.5. (a) Rezultati mjerenja polja za analogni TV signal pod utjecajem smetajućeg digitalnog TV signala, (b) rezultati mjerenja polja za digitalni TV signal koji se rabi kao smetajući signal (izvor analognog signala je isključen), (c) izgled slike na ekranu TV prijammnika (ocjena 3)



(a)



(b)



(c)

Slika 8.6. (a) Rezultati mjerenja polja za analogni TV signal pod utjecajem smetajućeg digitalnog TV signala, (b) rezultati mjerenja polja za digitalni TV signal koji se rabi kao smetajući signal (izvor analognog signala je isključen), (c) izgled slike na ekranu TV prijammnika (ocjena 2)

9.

Eksperimentalni rezultati u europskim zemljama

9.1. Projekt VALIDATE

Europski projekt VALIDATE (*Verification And Launch of Integrated Digital Advanced Television in Europe*) započeo je u studenom 1995. godine sa zadatkom da verificira DVB-T specifikaciju i postavi temelje za uvođenje digitalnog emitiranja TV programa preko zemaljskih odašiljača. To je bio jedan od ACTS (*Advanced Communication Technologies and Services*) projekata, sponzoriranih od Europske komisije. Svi zadaci su bili ispunjeni i projekt je završen u lipnju 1998. godine. Iako mobilni prijam nije bio glavni zadatak istraživanja prema DVB-T specifikaciji, ustanovljeno je da mobilna TV i multimedijske usluge mogu biti uključene uz korištenje određenih modova DVB-T specifikacije. Deutsche Telekom AG bio je vodeći u istraživanju takvih mogućnosti i započeo je novi projekt nazvan MOTIVATE, koji je pokrenut u svibnju 1998. godine. Taj projekt treba istražiti nove mogućnosti mobilnog DVB-T prijama, topologije mreža, planiranje novih usluga i svojstva prijamnika potrebna za prijam u mobilnim uvjetima.

U VALIDATE projektu bilo je uključeno 19 partnera iz 10 europskih zemalja: Velike Britanije, Njemačke, Francuske, Španjolske, Finske, Nizozemske, Irske, Italije, Danske i Švedske. Mnogi od njih bili su uključeni i u MOTIVATE projekt.

V*M	BBC	UK
V M	Robert Bosch GmbH	D
V M	CCETT	F
V M*	Deutsche Telekom AG	D
V	Deutsche Thomson Brandt	D
V M	European Broadcasting Union	
V M	IRT	D
V M	ITIS	F
V M	Mier Comunicaciones	E

M	Nokia	SF
V M	NOZEMA	NL
V	Radio Telefís Éireann	IRL
V M	RAI	I
V M	Retevisión	E
V M	Rohde & Schwarz GmbH	D
V M	TDF	F
V	Tele Danmark	DK
V M	Televisión	E
V M	Teracom	S
V M	Thomcast	F

V - VALIDATE partneri, * - Koordinator

M - MOTIVATE partneri, * - Koordinator

Ovi su partneri formirali europski "virtualni laboratorij" za ispitivanje DVB-T sustava. Dogovorili su se koja će se ispitivanja izvoditi i prema kojim postupcima, kako bi se rezultati testova različitih partnera mogli međusobno uspoređivati i razmjenjivati.

Prvi testovi provedeni do kraja 1996. godine rezultirali su time, da je DVB-T specifikacija prihvaćena kao ETSI standard. Pokazalo se da DVB-T specifikacija osim što zadovoljava sva očekivanja radiodifuznih organizacija, otvara i nove mogućnosti mobilnog prijama.

Provedeni laboratorijski testovi bili su osnova za međunarodni dogovor o koordinaciji digitalnih TV odašiljača između 32 države u Chesteru (Velika Britanija) u srpnju 1997. godine.

Veliki broj mjerenja na terenu trebao je potvrditi rezultate mnogobrojnih laboratorijskih ispitivanja i istražiti svojstva DVB-T sustava za različite modove prijenosa i različite uvjete prijama, pri čemu prijamni signal može biti izložen raznim smetnjama koje se ne mogu simulirati u laboratorijskim uvjetima.

VALIDATE projekt istraživao je i mnoštvo drugih parametara za planiranje usluga, distribucijskih mreža i parametara odašiljača. Ta su istraživanja obuhvaćena dokumentom "Implementation Guidelines for DVB Terrestrial Services" pripremljenom za DVB projekt i publiciranom u ETSI Technical Reportu TR 101 190. U publiciranom dokumentu daju se objašnjenja DVB-T specifikacije i osnovne karakteristike prijenosnih mreža, odašiljača, kao i smjernice za planiranje mreže.

U lipnju 1998. godine u okviru projekta VALIDATE organizirana je demonstracija DVB-T opreme različitih proizvođača unutar i izvan Projekta. Prezentirano je 7 različitih modulatora, uključujući i prvu generaciju prototipova, kao i industrijske proizvode raznih proizvođača, 9 različitih prijamnika uključujući i prvu generaciju prototipova, profesionalne prijarnike, kao i prijarnike za široku potrošnju.

Testirana je 61 kombinacija različitih DVB-T modova rada, što je uključilo primjere svih mogućnosti i opcija koje nudi DVB-T specifikacija.

Po prvi puta je uspješno demonstrirana mogućnost hijerarhijskog moda rada i daljinska sinkronizacija rada sustava odašiljača različitih proizvođača u mreži s jednom frekvencijom.

Uspješni rezultati svih testova pokazali su da DVB-T uređaji različitih proizvođača međusobno dobro funkcioniraju, tako da operateri mogu slobodno kombinirati opremu od raznih proizvođača.

U okviru projekta morale su se posebno usuglasiti i dogovoriti specifikacije za digitalne odašiljače, budući da se radi o novoj tehnologiji za koju još nije bilo prijašnjih iskustava. Sugerirano je koji se parametri moraju mjeriti, te su dane okvirne vrijednosti koje bi se morale zadovoljiti. Također su definirane specifikacije za sučelja za ispitivanje, te mjerne metode i postupci za ispitivanje performansi odašiljača.

Specifikacije za DVB-T sustav nude širok spektar mogućih primjena. Parametri odašiljanja DVB-T signala koji se mogu mijenjati prikazani su u Tablici 9.1.

Tablica 9.1. Parametri DVB-T signala

Širina pojasa	8 MHz, 7 MHz, 6 MHz
Modulacija nositelja	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Hijerarhija	QPSK u 16-QAM ili u 64-QAM
Broj nositelja	6817 (8K-FFT), 1705 (2K-FFT)
Razmak	1116 Hz (8K), 4464 Hz (2K)
Trajanje simbola	896 μ s (8K), 224 μ s (2K)
Zaštitni interval (GI)	1/4, 1/8, 1/16, 1/32 trajanja simbola
Trajanje zaštitnog intervala	224, 112, 56, 28, 14, 7 μ s
Konvolucijski kod (R)	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8

Operater može odabrati parametre sustava kao npr. broj OFDM nositelja, trajanje zaštitnog intervala, razinu zaštite od pogrešaka i modulacijski postupak. Zadnja dva parametra omogućavaju postizanje kompromisa između najvećeg broja prenošenih kanala i pouzdanosti prijena. Ove kombinacije rezultiraju sa 120 nehijerarhijskih modova, prikladnih za različite strukture mreža i različite uvjete prijama uz ostvarive brzine prijena od 4,98 Mbit/s do 31,67 Mbit/s.

Moguća su dva pristupa u planiranju DVB-T mreža: uobičajene MFN (*Multi Frequency Network*) - višefrekvencijske mreže s pojedinačnim odašiljačima na različitim frekvencijama i sa "zabranjenim" kanalima, te SFN (*Single Frequency Network*) - jednofrekvencijska mreža. Klasične mreže koriste individualne frekvencije za svaki odašiljač (MFN) kako bi se izbjegle međusobne interferencije. Jedan emitirani program na taj način zauzima veći broj radijskih frekvencija.

Velika je prednost DVB-T prijena je da omogućava pokrivanje velikog teritorija korištenjem više odašiljača na jednoj frekvenciji, uz uvjet da svi relevantni signali različitih odašiljača stignu na područje prijama unutar trajanja zaštitnog intervala. Ovakve SFN mreže imaju značajnu prednost pri planiranju sustava. Efikasnost korištenja frekvencijskog spektra SFN mreže može biti i do 4 puta veća od MFN mreže. Isto tako je i efikasnost emitirane snage signala povoljnija, jer se pokrivenost signalom povećava uslijed dolaska istog signala iz različitih smjerova. U SFN mreži svi odašiljači moraju biti sinkronizirani kako bi njihovi odašiljački signali imali identične prijenosne frekvencije i modularane signale. Za vremensku referencu sinkronizacije se koristi univerzalno vrijeme koje emitiraju GPS sateliti.

Dodatna prednost jednofrekvencijskih SFN mreža je iskoristiva na područjima na kojima se zbog konfiguracije terena i uvjeta rasprostiranja signala pojavljuju sjene bez

prijama. Na tim se područjima mogu koristiti aktivni deflektori, tzv. dopunski odašiljači (gap-filler) koji rade na istoj frekvenciji. Takvi uređaji postoje i u profesionalnoj izvedbi, koje postavljaju operateri da poboljšaju prijam na određenom području i kao uređaji za kućnu uporabu koji se postavljaju u stanu ili kući da se popravi mobilni prijam signala.

Profesionalni dopunski odašiljači ispitivani su u području Berlina u Njemačkoj, gdje su pokrivali dijelove grada koji su zasjenjeni brdima oko glavnog odašiljača smještenog u središtu Berlina.

Prva ispitivanja s dopunskim odašiljačima za kućnu uporabu provedena u Londonu pokazala su da se sa izlaznom snagom manjom od 200 μ W može postići prijam u svim sobama po cijeloj kući, čak i u područjima vrlo slabog prijama dolaznog signala.

U nepune tri godine VALIDATE projekt je verificirao DVB-T specifikacije i dobiveni rezultati mnogobrojnih ispitivanja mogu se uspješno primijeniti pri planiranju sustava i međunarodnoj koordinaciji. Veliki uspjeh VALIDATE projekta za uvođenje DVB-T tehnologije bio je postignut zahvaljujući izvrsnoj suradnji svih partnera koji su radili na projektu i njihovih rezultata ispitivanja provedenih praktički po cijeloj Europi.

9.2. Projekt MOTIVATE

MOTIVATE projekt započeo je u svibnju 1998. godine. Zadatak je bio da se prvenstveno analizira mogući razvoj novih mobilnih usluga u DVB-T sustavu. U nekim zemljama, kao npr. u Velikoj Britaniji gdje je zemaljski prijam televizijskih signala najzastupljeniji, uvođenje DVB-T tehnologije trebalo bi prvenstveno omogućiti ponudu većeg broja TV kanala. U drugim državama gdje je vrlo velika zastupljenost domaćinstava orijentiranih na prijam TV signala preko satelita ili s priključkom na sustav kabelaške televizije, za veći uspjeh DVB-T tehnologije morat će se ponuditi nove usluge koje bi mogle privući korisnike i povećati dohodak radiodifuznim organizacijama i operaterima. Mobilni prijam televizijskih signala, priključak na Internet i multimedijske usluge mogle bi privući veći broj novih korisnika. Mobilni prijam DVB-T signala mogao bi omogućiti pristup novim uslugama svakomu, bilo gdje i bilo kada, kako za poslovne, tako i za privatne svrhe. Uskopojasni povratni kanal mogao bi se ostvariti preko GSM mreže.

U okviru MOTIVATE projekta predviđeno je ispitivanje velikog broja novih usluga, ispitivanja emitiranja iz vozila u pokretu, prijam u vozilima u pokretu i slično. Treba ispitati utjecaj Dopplerovog efekta, fadanga i prijama u zonama sa zasjenjenjem. Ponašanje sustava u graničnim situacijama i uz kritične veličine za DVB-T specifikacije trebalo je ispitati i u laboratorijskim uvjetima i na terenu, uz mnogobrojne kompjuterske simulacije i teoretske analize. Razmatrat će se aspekti pokrivenosti sa signalom uz različite konfiguracije mreža (MFN, SFN, gap-fillers) za mobilni prijam, kako bi se dobila optimalna topologija mreže, odabir prave polarizacije antene i izbor najprikladnijih DVB-T modova rada.

Također se trebaju specificirati minimalni tehnički zahtjevi za prijamnike koji će osigurati odgovarajuću kvalitetu usluge, efikasni algoritmi za sinkronizaciju prijavnika i korekcije pogrešaka uslijed mobilnih uvjeta prijama.

U MOTIVATE projektu osim koordinatora Deutsche Telekom AG i partnera navedenih na početku poglavlja, sudjeluje i veći broj sponzora koji su zainteresirani za projekt. MOTIVATE projekt je otvoren za sve radiodifuzne organizacije i mrežne operatere

zainteresirane za nove usluge DVB-T sustava. Zajednički projekt, istraživanja i razvoj nužni su kad se traži zajednička europska specifikacija i norma za digitalni prijenos. MOTIVATE projekt bi mogao imati utjecaj na odluke i na nacionalnoj i na europskoj razini.

Rezultati europskih VALIDATE i MOTIVATE projekata bit će izvrsna polazna osnova za proizvođače, radiodifuzne organizacije i mrežne operatere koji se uključuju u DVB-T tehnologiju.

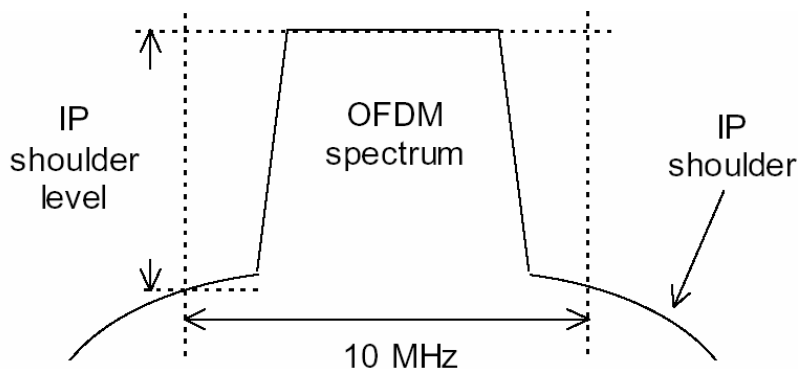
U slijedećem dijelu teksta obradit će se detaljnije pojedini rezultati istraživanja, testiranja i mjerenja provedenih u okviru spomenutih projekata.

9.3. Rezultati ispitivanja DVB-T parametara

U Velikoj Britaniji je BBC-jeva razvojno istraživačka skupina izvodila veliki broj laboratorijskih testova i ispitivanja na terenu, kako bi se pripremili za početak digitalnog emitiranja. Testovi su potvrdili prikladnost DVB-T specifikacija i utvrdili neke od ključnih parametara za planiranje sustava, te neosjetljivost sustava na pojavu odjeka i interferencija u kanalu. Također su utvrđeni zaštitni omjeri za izbjegavanje interferencije s analognim PAL odašiljačima. Testovi na terenu pokazali su da je pokrivenost sa signalom DVB-T odašiljača čak i bolja od kompjuterski simulirane pokrivenosti.

DVB-T specifikacije prema kojima su obavljena ispitivanja koriste OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) s 1705 nosilaca (2K) ili 6817 nosilaca (8K).

Ispitivanja smetnji u istom kanalu, kao i u susjednim kanalima između analognog PAL i digitalnog DVB-T signala provedena su u laboratorijskim uvjetima. Smetnje u slici procijenjene su metodom subjektivne usporedbe. Referentni uvjeti postavljeni su dodavanjem Gaussovog šuma u PAL signal ekvivalentno stupnju 3,5 prema (Oliphant, A., Taylor, K.J. and Misson N. T., 1989. The visibility of noise in System I PAL colour television. Electronics and Communication Engineering Journal, Vol 1, No. 3. May / June 1989. pp. 139 to 148) i uspoređivani su sa smetnjom u ispitivanoj slici uz istu subjektivnu degradaciju. Frekvencijski pomak smetajućeg DVB-T signala mijenjao se od istog kanala (N) do susjednih kanala ($N \pm 1$). Mjerenja su obavljena samo s DVB-T signalom na nižem kanalu (N-1), jer je to najnepovoljniji slučaj. Zaštitni omjer između PAL signala i DVB-T signala je funkcija potiskivanja izvankanalnih signala kod digitalnog odašiljača (*IP shoulder*), kako je prikazano na Slici 9.1.



Slika 9.1. Spektar OFDM signala i razina izvankanalnog gušenja

Rezultati ispitivanja su pokazali da za vrijednosti izvankanalnog gušenja (*IP shoulder*) manje od 40 dB smetnja ulazi u frekvencijsko područje PAL kanala i izaziva interferenciju u kanalu, pa selektivnost TV prijamnika ne igra nikakvu ulogu za zaštitni omjer. S bojim potiskivanjem *IP shouldera* selektivnost TV prijamnika ima sve veći utjecaj, pa je zaštitni omjer ovisan o kvaliteti prijamnika.

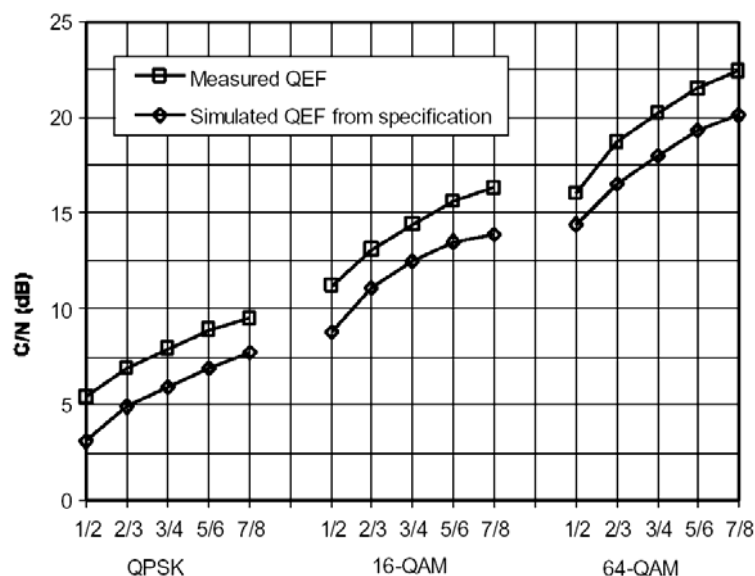
Također je ispitivan i utjecaj analognog signala na digitalni signal DVB-T s prijenosom 2K. Interferencija unutar kanala ispitivana je s PAL test signalom, kao i s dodavanjem Gaussovog bijelog šuma u RF kanal, te uz simulaciju višestrukog puta (*multipath*).

Uobičajeno je da se kvaliteta prijama digitalnog signala mjeri pri pragu koji se naziva *Quasi-Error-Free* (QEF). Kod tog kriterija u dekodiranom toku podataka moguća je otprilike jedna pogreška na sat. Kako se u digitalnom toku podataka prenosi veći broj programa, vjerojatnost da se primijeti smetnja u primljenom signalu je vrlo mala. Ovakav mali broj pogrešaka ne može se izravno mjeriti. Zato se QEF kriterij definira u prijamniku na izlazu Viterbi dekodera prije glavne korekcije pogrešaka, a QEF je definiran kao BER (Bit Error Rate) od 2×10^{-4} .

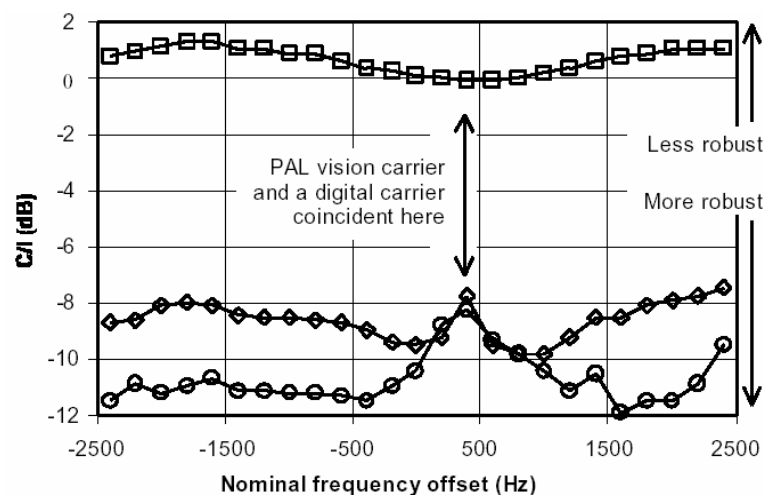
Alternativni kriterij za ispitivanje karakteristika digitalnog sustava definira prag vidljivosti smetnje TOV (*Threshold of Visibility*) u dekodiranoj slici. Vidljivost smetnje ovisi o složenosti izvornog sadržaja slike. TOV je definiran kao BER od 3×10^{-6} , mjeren na dekodiranom izlazu. To korespondira s iznosom BER od približno 3×10^{-3} nakon Viterbi dekodera.

Razlika između mjernih rezultata dobivenih prema ova dva kriterija ovisi o DVB-T modu rada koji se koristi, kao i o prirodi degradacije signala. U 64-QAM sa konvolucijskim kodom 2/3 uz Gaussov šum razlika može biti 1 do 2 dB, dok za unutarkanalnu interferenciju možemo dobiti razlike do čak 4 dB. Kako se za planiranje mreže mora definirati područje pokrivenosti u kojem sustav "još funkcioniра", odabran je kriterij QEF koji se koristio za sva mjerenja.

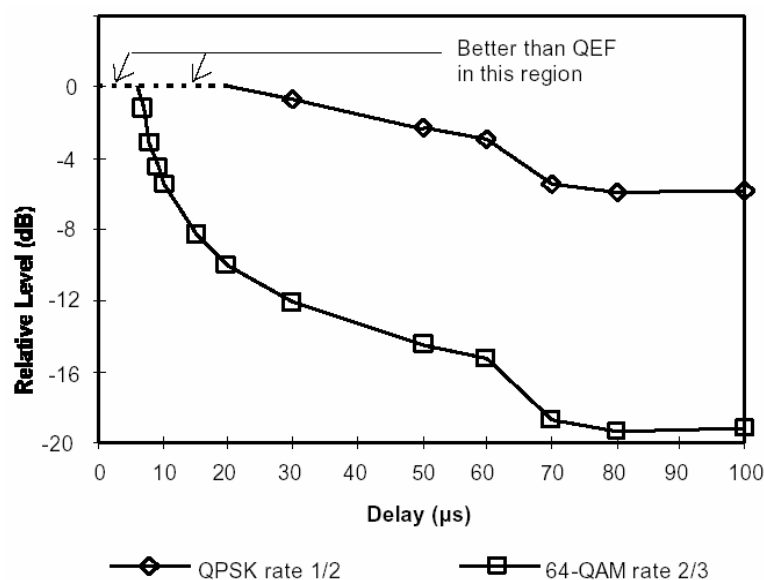
Ispitivana je veličina BER nakon Viterbi dekodera. Prikazani su rezultati za degradaciju BER od 2×10^{-4} , što predstavlja QEF stanje na izlazu Reed Solomon dekodera.



Slika 9.2. Utjecaj aditivnog bijelog šuma



Slika 9.3. Utjecaj PAL signala na istom kanalu



Slika 9.4. Maksimalna razina pojedinačnog odjeka za QEF, uz zaštitni interval 7 μs

Rezultati pokazuju da je DVB-T signal vrlo robusan i imun na interferencije unutar kanala.

Planiranje digitalne mreže zemaljskih odašiljača temelji se uglavnom na kompjuterskim predviđanjima pokrivenosti, stoga je bilo nužno utvrditi koliko se kompjuterske simulacije slažu s mjerenjima na terenu. Važno je poznavati minimalnu veličinu odnosa nositelj/šum (C/N) kod koje će sustav još raditi. Provedeno je mnogo mjerenja u okolici Londona i sjeveroistočnom dijelu Engleske. Mjerenja su izvedena koristeći 16-QAM, mod 3/4 s zaštitnim intervalom 7 μs. Prema DVB-T specifikaciji teoretske vrijednosti za taj mod rada su 12,5 dB za Gaussov kanal, 13,0 dB za Riceov kanal i 16,7 dB za Rayleighjev kanal. Osim minimalne vrijednosti omjera C/N važno je utvrditi i moguća odstupanja u jačini signala na određenom području ovisno o lokaciji. Mjerena je pokrivenost signalom unutar kvadrata površine 1 km² i izračunavan je postotak pokrivenosti. Mjerenja su obavljena na 10 do 15 slučajno odabranih pozicija unutar svakog kvadrata, da se utvrdi postotak točaka sa zadovoljavajućim prijamom. Rezultati mjerenja uspoređeni su s predviđenim vrijednostima za pokrivenost dobivene simulacijom. Pokazalo se da je u 80 % kvadrata pokrivenost bolja od predviđene. Većina područja unutar kojih je mjerenje pokrivenosti dalo lošije rezultate od

predviđenih bila su već poznata po lošem prijemu signala analognih odašiljača, što je posljedica utjecaja visokih zgrada koje nisu uzete u obzir u propagacijskom modelu pri simulaciji. Područja za koje je simulacija pokazala problematičnu pokrivenost, bila su potpuno pokrivena signalom. Izmjerena pokrivenost signalom zadovoljavajuće kvalitete bolja je od predviđanja.

Jedna od glavnih prednosti zemaljskog prijenosa je prijam s prijenosnim uređajima. Provedena su mjerenja parametara gušenja signala uslijed prolaska kroz zgrade, jačine prijamnog signala u ovisnosti o visini, te mogućnosti prijama sa sobnim antenama. Mjerenja su obavljena u različitim prostorijama u kućama čiji su zidovi klasično izvedeni od cigle i uspoređena s jačinom signala s vanjske strane zgrade na visini od 10 m. Dobivene su prosječne vrijednosti gušenja od 22 dB za sobe na katu i 29 dB za sobe u prizemlju. Minimalni potrebni odnos C/N za prijam u prostorijama na katu bio je prosječno 17 dB, što je identično veličini dobivenoj s dobrom usmjerenom antenom na visini od 10 m. Za prostorije u prizemlju minimalni C/N bio je od 18 dB za sobe najbliže odašiljaču do 21 dB za sobe najudaljenije od odašiljača. Povećanje minimalnog odnosa C/N može se protumačiti problemom rasprostiranja signala s višestrukim putom. Na temelju ovih veličina C/N minimalne veličine polja na prijamnoj anteni su 42 dB μ V/m za sobe na katu, a 44-46 dB μ V/m u prizemlju. Uzevši u obzir gušenje signala uslijed prolaska kroz zidove, minimalna vanjska jakost polja mjerena na visini od 10 m koja će osigurati prijam u prizemnim stanovima je od 77-82 dB μ V/m. Mjerenja kod kojih bi se ispitivalo gušenje prijamnog signala u prostorijama i izvan zgrade (pokraj prozora) uz istu visinu antene, naziva se gušenje rasprostiranja u zgradi, a rezultati pokazuju da se u tim uvjetima dobiva gušenje signala manje od 10 dB. Rezultati svih raspoloživih provedenih mjerenja prikazani su u Tablici 9.2.

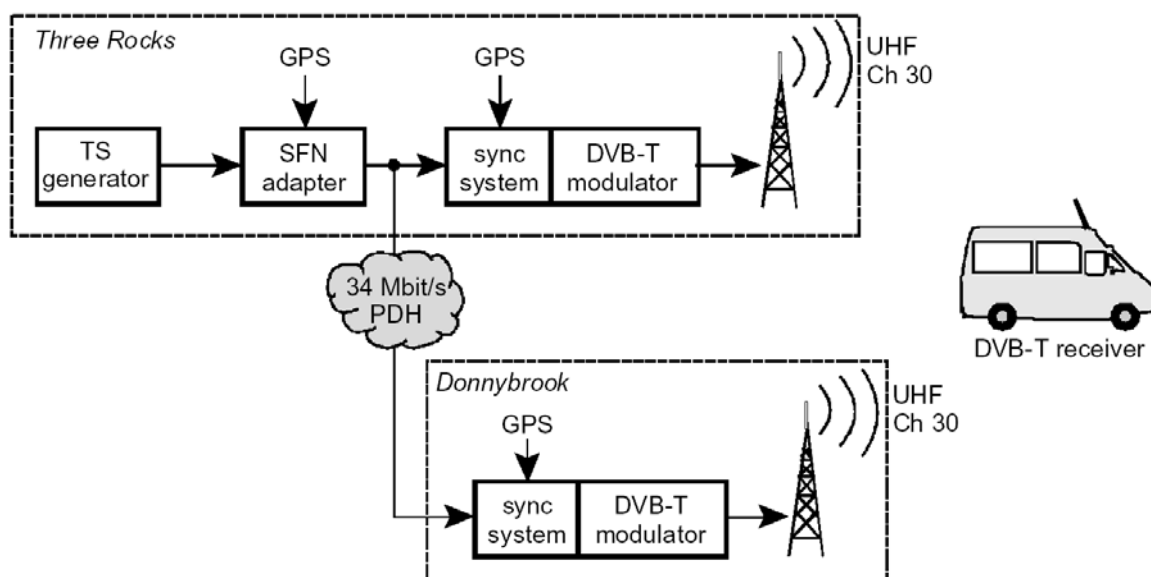
Tablica 9.2. Izmjerene vrijednosti gušenja signala u zgradama

Lokacija	Prosječno gušenje rasprostiranja u zgradi (u odnosu na vanjski signal na istoj visini)
IRT, München, Njemačka	8,5-9,1 dB (VHF) 7,0-8,5 dB (UHF)
TERACOM, Stockholm, Švedska	6,4 dB (UHF)

Lokacija	Gušenje u zgradi (u odnosu na signal s vanjskom antenom na visini 10 m)
BBC, London, Velika Britanija	21-23 dB (1. kat, UHF) 28-30 dB (prizemlje, UHF)
CCETT, TDF, Rennes, Francuska	10-17 dB (individualna kuća)

Rezultati ispitivanja potvrdili su valjanost DVB-T specifikacija i postavili ključne parametre za planiranje sustava.

Prvo ispitivanje jednofrekvencijskog SFN načina rada odašiljača provedeno je u Irskoj u okolici Dublina. Korištena su dva odašiljača na UHF kanalu 30, a blok shema sustava odašiljača prikazana je na Slici 9.5.

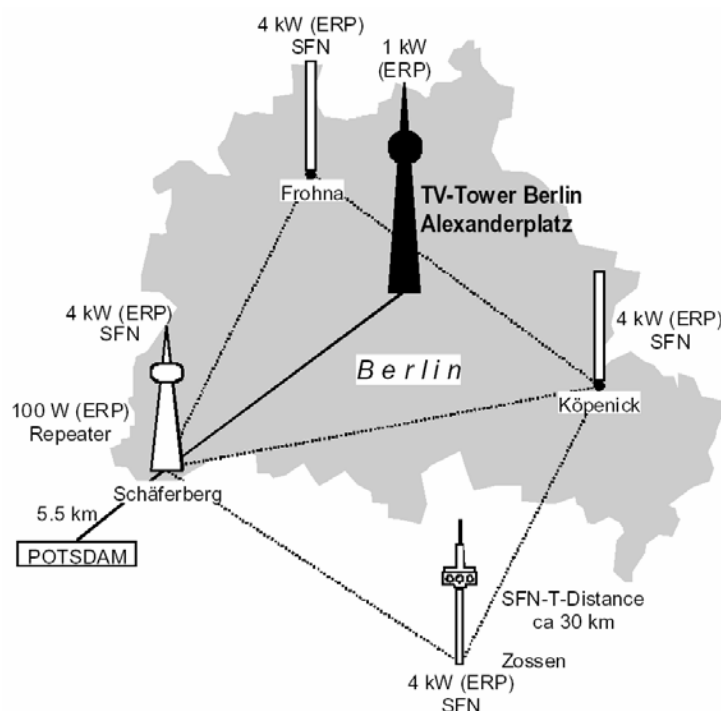


Slika 9.5. Blok shema mjernog sustava za ispitivanja SFN rada odašiljača

Za ispitivanje sustava koristio se odašiljački mod rada 8K, 64-QAM, $R = 2/3$, zaštitni interval = $1/4$. Jedan televizijski odašiljač na lokaciji Three Rock snage radio je sa izlaznom snagom 50 W, a drugi odašiljač u Donnybrook s izlaznom snagom 25 W. Kako svi odašiljači u SFN načinu rada moraju sinkrono emitirati svaki pojedini bit, potrebno je međusobno sinkronizirati modulacijske signale svakog od odašiljača. Izvor signala bio je generator MPEG-2 toka podataka, koji je preko SFN adaptera i sustava za sinkronizaciju napajao DVB-T modulator odašiljača u Three Rocku, a preko PDH (Plesiosynchronous Digital Hierarchy) linka brzine 34 Mbit/s signal je dolazio na DVB-T modulator odašiljača u Donnybrook. Sinkronizacija se bazira na centralnom SFN adapteru koji ubacuje MIP pakete (*Mega-frame Initialisation Packets*) u MPEG-2 tok podataka. Za sinkronizaciju rada oba odašiljača koristila se vremenska referenca dobivena preko GPS satelita, koja je MPEG-2 tok podataka modulirala u svakom odašiljaču u sinkronizirani mega-okvir. Na poziciji blizu Donnybrooka bili su signali oba odašiljača približno jednakih razina, a prijam pomoću profesionalnog DVB-T prijmnika uz korištenje male neusmjerene antene dobar.

Dodatna prednost SFN načina rada leži u mogućnosti da se sva područja sa zasjenjenjem pokrivenosti uslijed konfiguracije terena mogu pokriti korištenjem dopunskih odašiljača (*gap-filler*) koji rade na istoj frekvenciji. Prvi prototipovi dopunskih odašiljača napravljeni u Španjolskoj uspješno su testirani u Njemačkoj na području Berlina. DVB-T signal primljen je na udaljenosti od 21 km od odašiljača i reemitiran sa snagom od 100 W ERP kako bi pokrio područje Potsdama, koje je udaljeno 26 km od glavnog odašiljača i zaklonjeno planinama. Postignuta je vrlo velika izolacija antena od 105 dB između prijamne i odašiljačke antene.

Mjerenja koja je proveo Deutsche Telekom u području Berlina u mreži sa 3 SFN odašiljača pokazala su da je standardna devijacija snage primljenog signala 2,6 dB u odnosu na 3,3 dB za signal primljen od jednog odašiljača. Pokrivenost signalom na području između odašiljača bila je znatno bolja, uz izmjereni dobitak od 4-6 dB zahvaljujući SFN načinu rada. Slika 9.6. prikazuje raspored odašiljača s njihovim međusobnim udaljenostima i snagama emitiranja.



Slika 9.6. Raspored odašiljača u području Berlina

Portabl prijam jedna je od glavnih prednosti DVB-T prijenosa u odnosu na satelitski prijenos i sustave kableske televizije. Korištenjem kućnih *gap-fillera*, koji rade kao repetitori signala na istoj frekvenciji, moguće je znatno poboljšanje prijama DVB-T signala unutar zgrada.

Za testiranje su korištena dva različita prototipa razvijena u firmi Televés u Španjolskoj. Jedan od njih radio je kao širokopojasni uređaj, dok je drugi pojačavao samo tri odabrana kanala. DVB-T signali primani su pomoću usmjerene vanjske krovne antene ili iz zajedničkog antenskog sustava i reemitirani unutar zgrada, te u vrlo nepovoljnim laboratorijskim okruženjima. Ustanovljeno je da je dovoljna izlazna snaga kućnog *gap-fillera* manja od 250 μW , da bi se osigurao prijam DVB-T signala uz 64-QAM rad na prijenosnom prijammniku u bilo kojoj prostoriji u kući.

U Španjolskoj su ispitivali svojstva DVB-T sustava, inovativne aspekte i glavne prednosti za odašiljanje TV programa i podataka. Prezentirana je eksperimentalna DVB-T mreža izgrađena u okviru španjolskog projekta VIDITER (*Terrestrial Digital Video*), europskog ACTS VALIDATE projekta (*Verification And Launch of Integrated Digital Advanced Television in Europe*) i ACTS MOTIVATE projekta (*Mobile Television and Innovate Receivers*).

U Njemačkoj su također provedena mnoga mjerenja i ispitivanja u okviru ACTS projekta VALIDATE. Rezultati velikog broja različitih mjerenja rasprostiranja signala prikazani su kako za pojedinačne odašiljače, tako i za mrežu odašiljača. Ispitivano je i rasprostiranje signala i prijam u zatvorenom prostoru. Prolazak signala kroz zgrade je mjereno u cilju analize poboljšanja prijama na prijenosnim prijammnicima u zgradama. Istraživane su i mogućnosti mobilnog prijama za različite modove COFDM-a.

Za mjerenje pokrivenosti signalom nije dovoljno mjeriti samo jačinu signala, jer to nije dovoljan uvjet za dobar prijam DVB-T signala, već treba uzeti u obzir i parametre modulacije i kodiranja kanala, kao i vrstu prijenosnih kanala.

Utvrđivanje pokrivenosti na nekoj lokaciji može se temeljiti na ispitivanju kvalitete slike na mjestu prijama ili na mjerenju veličine BER prijamnog signala. Veličina BER od 2×10^{-4} mjerena nakon Viterbi dekodera (unutarnji kod) prihvaćena je kao referentna vrijednost koja osigurava QEF (*Quasi-Error Free*) rad. Mjerenje veličine pogreške BER-a nakon Reed Solomon RS(204,188) dekodera ne bi dalo točne rezultate. Pogreške postaju vidljive ili čujne ako se odnos C/N kod kojeg je BER barem 2×10^{-4} smanji za 1 dB. U DVB-T specifikaciji postoje formule za izračunavanje potrebnog odnosa C/N, uz kojeg bi se dobio traženi BER. One se temelje na rezultatima simulacije za tri tipa prijenosnih kanala:

- 1) Gaussov kanal - direktna vidljivost, bez višestrukog puta
- 2) Riceov kanal ($k = 10$ dB) - za stacionarni prijam s usmjerenom antenom
- 3) Rayleighov kanal - za prijenosne uređaje s neusmjerenom antenom.

Za razliku od analognog prijama sa postupnim kvarenjem kvalitete slike na rubu prijamne zone, kod digitalnog signala postoji vrlo brza degradacija prijama na rubu zone pokrivanja. Za DVB-T prijam u Gaussovom kanalu granica od uočavanja degradacije do potpunog ispada je samo 1-2 dB, a u Rayleighovom kanalu može biti znatno veća zbog efekta fedinga. Zbog toga za određivanje pokrivenosti signalom nije dovoljno utvrditi samo srednje vrijednosti veličine prijamnog polja, nego treba uvesti granice od npr. 50% do 90% pokrivenih lokacija. Tablica 9.3. prikazuje izmjerene granične vrijednosti koje su za digitalni signal manje nego za analogni.

Tablica 9.3. Granične veličine za povećanje pokrivenosti od 50 do 99%

Lokacija	Vrsta terena	Granica za 50 - 99% pokrivenih lokacija	
		analogna TV	digitalna TV
CCETT, TDF, Rennes, Francuska	ruralni	11,7 dB	9,7 dB
	suburbani	16,0 dB	12,0 dB
	urbani	16,7 dB	11,8 dB

Za ispitivanja u okolici Münchena provedena su mjerenja signala za stacionarni prijam s usmjerenom antenom na 10 m visine i portabl prijam s neusmjerenom antenom na 1,5 m visine uz tri moda modulacije:

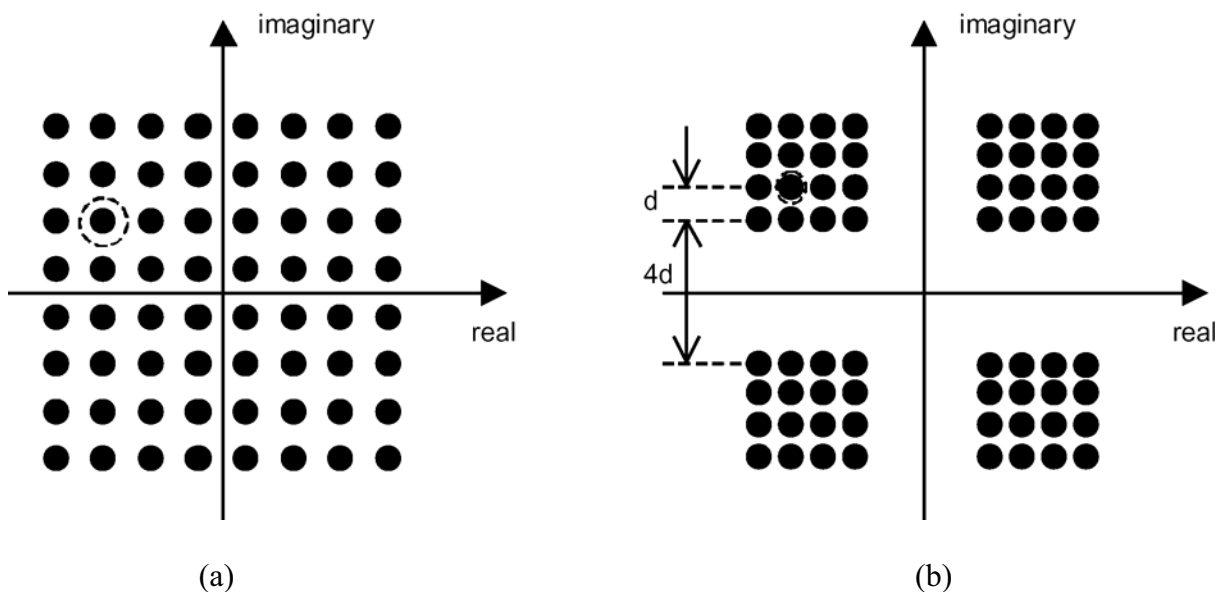
- 64 QAM, code rate $R = 2/3$, zaštitni interval $GI = 1/8$, 8k-FFT
- 16 QAM, code rate $R = 3/4$, zaštitni interval $GI = 1/32$, 8k-FFT
- QPSK, code rate $R = 1/2$, zaštitni interval $GI = 1/4$, 8k-FFT.

U stvarnom prijenosnom kanalu odnos C/N se može utvrditi na temelju faktora šuma prijavnika i izmjerene jačine prijamnog signala. Faktor šuma prijavnika bio je 8 dB, što odgovara razini šuma od -97 dBm. Na temelju te vrijednosti može se utvrditi stvarni odnos C/N za svaku lokaciju.

9.3.1. Moguće prednosti hijerarhijskih modova u DVB-T specifikaciji

Hijerarhijski modovi u DVB-T specifikaciji omogućuju razdvajanje MPEG-2 transportnog toka na dva dijela. Jedan tok je visoko prioritetan HP (*High Priority*), koji je jako učinkovito zaštićen od šuma i interferencija, a drugi tok niskog prioriteta LP (*Low*

Priority) je slabije zaštićen od smetnji. Vrlo često je brzina prijenosa HP toka niža nego za LP tok podataka. Na slici dijagrama stanja najlakše se mogu usporediti hijerarhijski i nehijerarhijski mod rada, što se vidi na Slici 9.7.



Slika 9.7. Dijagram stanja 64-QAM signala za nehijerarhijski (a) i hijerarhijski mod rada (b)

Slika 9.7. a) prikazuje nehijerarhijski mod sa 64 stanja jednakog razmaka točaka koje su jednako tretirane. Sve točke u dijagramu stanja koriste se za prijenos jednog toka podataka. Na Slici 9.7. b) prikazan je hijerarhijski mod s grupiranim točkama u dijagramu stanja. HP tok podataka za visokoprioritetni signal određuje kvadrant, a LP tok podataka koristi se za utvrđivanje određene točke u dijagramu stanja. Prijamnik bi u slučaju niske razine prijamnog signala mogao dekodirati samo HP tok podataka i odrediti kvadrant, bez mogućnosti određivanja individualne točke unutar kvadranta, čime se LP tok podataka ne bi dekodirao. U uvjetima kvalitetnijeg prijama mogli bi se dekodirati oba toka podataka.

Konstelacijski omjer α koristi se za utvrđivanje razmaka između grupa konstelacijskih točaka u odnosu na razmak između pojedinačnih točaka unutar grupe. Dozvoljene vrijednosti za α su 1, 2 i 4. Na Slici 9.7. b) je prikazan primjer dijagrama stanja za $\alpha = 4$. Fleksibilnost koju nudi hijerarhijski mod rada omogućava veliki broj primjena. Jedna od mogućih primjena hijerarhijskog moda rada je emitiranje HDTV programa u LP toku podataka, dok se u HP toku emitira program standardne kvalitete. Tako bi za prijenosne prijavnike bio omogućen prijam TV programa standardne kvalitete, a za stacionarne (HDTV) prijavnike prijam visoke kvalitete.

Pokrivenost signalom preko HP toka podataka veća je od pokrivenosti za ekvivalentni nehijerarhijski mod. To je potvrdilo ispitivanje u okolici Londona, gdje je na kanalu 25 emitiran DVB-T signal sa odašiljača Crystal Palace. Pokazalo se da se pokrivenost signalom uz HP tok podataka povećala za 8,4 % u odnosu na nehijerarhijski mod, dok se za LP mod rada pokrivenost smanjila samo za 2,7 %.

9.4. Problemi kod mobilnog prijama DVB-T signala

Za postizanje zadovoljavajućeg prijama DVB-T signala u mobilnim uvjetima postoje dodatni problemi koje treba riješiti:

- 1) Prijamnik treba za procjenu kanala pratiti promjene u kanalu po vremenu i frekvenciji.
- 2) Prijamnik treba podnijeti izobličenje u obliku šuma koje se naziva FFT curenje, koje nastaje u vremenski promjenjivom kanalu unutar vremena trajanja simbola T_u .
- 3) Jačina prijamnog polja, kao i minimalni odnos C/N, moraju biti zadovoljavajući na dovoljno velikom broju lokacija, da se osigura pouzdani mobilni prijam.
- 4) Prijamnik se mora ispravno sinkronizirati po vremenu i frekvenciji u mobilnom kanalu.

Ako promatramo OFDM signal u frekvencijski selektivnom ali vremenski nepromjenjivom kanalu, za trajanja intervala T_u svaki primljeni podnositelj je čisti sinusni signal s određenom amplitudom i fazom. Kako su ovi sinusni signali razmaknuti po frekvencijskoj osi za $1/T_u$, oni su ortogonalni unutar vremenskog intervala T_u i neovisni o vrijednostima amplitude i faze. Ortogonalnost omogućava demodulaciju pojedinog podnositelja bez interferencije sa susjednim nositeljima. Međutim, u vremenski promjenjivim kanalima nositelji nisu više čiste sinusoidne, tako da njihova ortogonalnost više nije zadovoljena. Demodulirani nositelj će u tom slučaju biti pod djelomičnim utjecajem svih ostalih nosilaca. Dolazi do intrasimbolne interferencije nositelja, što dovodi do izobličenja amplitude i faze. Taj se efekt naziva FFT curenje. Kako amplituda i faza vektora pogreške ovise o slučajnoj amplitudi i fazi velikog broja susjednih nositelja, vektor pogreške također ima slučajnu vrijednost amplitude i faze.

Za postizanje pokrivenosti mora biti zadovoljena minimalna jačina polja na mjestu prijama. Jačina polja može varirati od mjesta do mjesta zbog dva efekta: spori fading zbog zasjenjenosti i brzi fading (Rayleighev fading). Za sve mobilne sustave mora se već pri planiranju uzeti u obzir utjecaj sporog fadinga. Utjecaj brzog fadinga ovisi izravno o parametrima sustava. Za prijam DVB-T signala jačina polja mora biti dovoljno velika za svaki primljeni simbol kako bi se izbjegle pogreške u prijemu, budući da svaki simbol s nedovoljnom snagom prijama dovodi do dugačkih skupova pogrešnih bitova u MPEG-2 toku podataka. To zahtjeva dodavanje nove granične vrijednosti za jakost polja u usporedbi sa slučajem kad se uzima u obzir samo spori fading. Ta granična vrijednost ovisi o nekoliko faktora kao npr. topografiji terena, raznolikosti mreže, vrsti prijavnika, kao i vrsti usluge (TV ili podaci). Dosadašnja mjerenja na terenu u Švedskoj u okolini Stockholma pokazala su slijedeće standardne devijacije za brzi fading: za urbano područje 2,2 dB, suburbano područje 2,3 dB, otvoreno polje 1,7 dB, i za šumu 2,6 dB. U projektu ACTS/MOTIVATE dodatno će se istraživati utjecaj brzog fadinga.

Za ispitivanja mobilnog prijama u okviru MOTIVATE projekta su na simulatoru kanala definirana tri različita profila kanala. Ispitivanja su provedena na 9 različitim prijavnika (profesionalni, za široku potrošnju i eksperimentalni). Laboratorijska ispitivanja pokazala su da je mobilni prijam DVB-T moguć sa svim ispitivanim prijavnima. Za mobilni prijam prikladno je 6 modova rada, po tri za 2k mod i tri za 8k mod. Svi koriste konvolucijski kod 1/2. U Tablici 9.4. su prikazane ostvarive brzine kretanja za prosječni prijamnik, kao i potrebni odnos C/N za brzine od 100 km/h uz 2k i 8k modove rada.

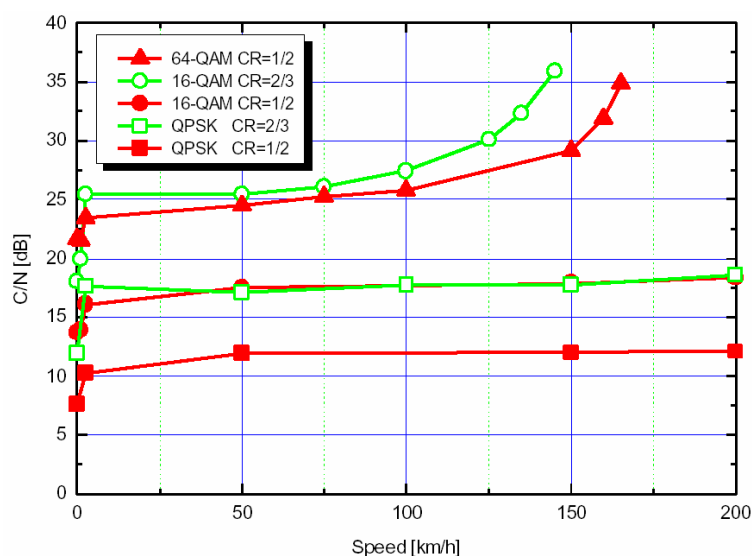
Iz tablice se vidi da se ostvariva brzina kretanja smanjuje za faktor 4 u slučaju 8k moda rada. To bi se moglo popraviti optimizacijom karakteristika prijavnika za mobilni prijam.

Provedena su i ispitivanja mobilnog prijama uz korištenje hijerarhijskog moda rada. Trebalo je provjeriti da li hijerarhijska modulacija dozvoljava mobilni prijam HP toka podataka čak i kad nema prijama LP toka, kakva su smanjenja performansi pri prijemu LP toka u usporedbi s performansama konvencionalnog nehijerarhijskog moda sa 16-QAM ili 64-QAM modulacijom, koje su razlike u potrebnom odnosu C/N i u pokrivenosti za mobilni prijam HP toka u usporedbi sa stacionarnim prijmom LP toka. Rezultati su pokazali veliku robusnost za mobilni prijam HP toka podataka, čak i u slučaju jako izraženog šuma u signalu. Pogoršanje performansi za prijam LP toka u hijerarhijskom modu bilo je prosječno oko 1,4 dB u odnosu na nehijerarhijski mod rada.

Tablica 9.4. Mjerni rezultati za mobilni prijam DVB-T signala na kanalu 43

Modulacija	Brzina prijenosa [Mbit/s]	Prosječna brzina [km/h]	C/N pri 100 km/h [dB]
2k QPSK $\frac{1}{2}$	4,98	400	9
2k 16-QAM $\frac{1}{2}$	9,95	250	15
2k 64-QAM $\frac{1}{2}$	14,92	190	21
8k QPSK $\frac{1}{2}$	4,98	100	10 (pri 50km/h)
8k 16-QAM $\frac{1}{2}$	9,95	70	17 (pri 50km/h)
8k 64-QAM $\frac{1}{2}$	14,92	50	-

Iako DVB-T standard nije razvijen za mobilni prijam, dobiveni su ohrabrujući rezultati ispitivanja koje je proveo Deutsche Telekom u Kölnu. Testovi na UHF kanalu 40 (626 MHz) pokazali su, posebno u QPSK modu uz $R=1/2$ i 2k-FFT, da nema prekida u prijemu ako se prijamnik kreće. Ispitna brzina bila je 170 km/h. Testovi s 16-QAM signalom s brzinama od 60 km/h bili su također uspješni. Jedini prekidi u prijemu nastupili su u područjima gdje nije bila dovoljna jačina signala čak ni za stacionarni prijam.



Slika 9.8. Potrební odnos C/N za različite DVB-T modove u ovisnosti o brzini kretanja

Ispitivanja su provedena i u drugim državama. Rezultati pokazuju da QPSK i 16-QAM signali, za brzine kretanja od 200 km/h, trebaju oko 6-7 dB veći odnos C/N nego u Gaussovom kanalu. Signal 64-QAM treba pri brzini kretanja od 150 km/h 10 dB veći odnos C/N. U svim slučajevima mobilnog prijama treba odabrati kod $R=1/2$. Može se pretpostaviti da Dopplerov pomak posebno kod QPSK i 16-QAM signala uz $1/2$ kod nije osnovno

ograničenje DVB-T specifikacije. Ograničenja bi mogao predstavljati nedostatak vremenskog ispreplitanja i dugački odjeci, posebno u 2k modu. Mod 8k nudi dulje zaštitne intervale kako bi se izbjegli efekti međusimbolne interferencije. Laboratorijski testovi kao i ispitivanja na terenu pokazuju da je uz korištenje 16-QAM moguć prijenos brzinama do 15 Mbit/s. U tom je slučaju potreban odnos C/N od 27 dB za brzine kretanja do 100 km/h. Slika 9.8. prikazuje potreban minimalni odnos C/N za različite brzine kretanja.

9.5. Počeci DVB-T prijenosa u Europi

Velika Britanija:

U Velikoj Britaniji je BBC zajedno s ostalim radiodifuznim organizacijama započeo s digitalnim prijenosom TV signala prema DVB-T specifikaciji preko mreže zemaljskih odašiljača u studenom 1998. godine. Još u 1996. godini utvrđen je frekvencijski plan za šest nacionalnih multipleks frekvencija, a svaki operater trebao je dobiti posebno licencu za pojedini kanal. Jedan cijeli multipleks predviđen je za BBC, po pola multipleksa za ITV i Channel 4, jedan nacionalni kanal za Channel 5 i jedan regionalni za S4C. Četiri multipleksa je ostavljeno za licenciranje za ITC i neovisne operatere.

Tablica 9.5. Raspored Britanskih operatera u multipleksu

Multipleks	Operater	Kanali
1	BBC	BBC1, BBC2, BBC Choice, BBC News24, BBC Knowledge, BBC Parliament
2	ITV i Channel 4	ITV, ITV2, ITN News, Channel 4, E4, Film Four
A	S4C Digital Network	Channel 5, S4C, ITV Select (ppv)
B, C i D	ITV Digital	22 kanala s naplatom (pay-tv)

Iako službena Britanska politika ne favorizira niti jednu prijenosnu tehnologiju (analognu niti digitalnu), predviđeno je da se u Velikoj Britaniji sa analognim prijenosom televizijskih signala prekine između 2006 i 2010. godine.

Švedska:

U proljeće 1997. godine Švedski Parlament odobrio je uvođenje digitalnog prijenosa TV signala u nekoliko faza prema geografskim regijama. U lipnju 1998. godine dodijeljene su u prvom krugu licence za tri multipleksa za period do kraja 2002. godine slijedećim kompanijama: Sveriges Television AB, Sveriges Utbildningsradio AB, TV4 AB, TV3 AB, Kanal 5 AB, Canal+ Television AB, TV8 AB, Kunsaps-TV AB, Cell Internet Commerce Development AB, TV Linköping Länkomedia AB, Landskrona Vision AB. U drugom krugu dodijeljen je četvrti multipleks u siječnju 2000. godine za operatere: Modern Timems Group MTG AB, DTU Television AB, Stockholm 1 Lokaltelevision i Stockholm AB i TV 4 AB. Ove su licence dodijeljene do kraja 2002. godine. U travnju 2001. godine ovlaštena su još dva četverokanalna multipleksa.

U studenom 2001. godine Digital Television Committee je u svom izvješću odredio budućnost digitalnog zemaljskog prijenosa televizijskih signala u Švedskoj. Glavne točke izvješća odnose se na ciljanu pokrivenost s DVB-T signalom od 99,8 % za kanale s javnom

uslugom, na produljenje trajanja licenci sa tri na deset godina i na predviđeni termin za isključivanje analognih odašiljača u fazama do 2007. godine.

Španjolska:

Službeni plan za razvoj digitalnog zemaljskog prijenosa tv signala Španjolska vlada predstavila je u listopadu 1998. godine. U ožujku 2000. godine Ministarstvo javnih radova i ekonomskog razvoja obnavlja licence za dotadašnje nacionalne privatne operatere i daje Tender za dvije digitalne mreže.

Tablica 9.6. Dodjela multipleksa u Španjolskoj

Multipleks	Operater	Status
3 1/2 nacionalne SFN mreže	Quiero TV	licenca za 14 kanala s početkom emitiranja u svibnju 2000.
1/2 nacionalne SFN mreže	novi FTA kanali Veo TV i Net TV	početak emitiranja u lipnju 2002.
1 nacionalna MFN mreža	postojeći zemaljski kanali TVE1, La 2, Antena 3, Tele 5, Canal+	početak emitiranja u travnju 2002.
1 SFN mreža po regiji	Madrid: Telemadrid, Onda Seis, Quiero La Rioja: Correo, COPE	samo Madrid i La Rioja imaju licencirane kanale
do 3 regionalne MFN i 2 lokalne SFN mreže po regiji	-	-

Do siječnja 2012. godine trebaju biti isključeni svi analogni televizijski odašiljači, te bi do tada svaki od 5 dosadašnjih analognih nacionalnih kanala dobio cijeli multipleks.

Finska:

U svibnju 1996. godine Finska Vlada donijela je odluku o digitalizaciji prijenosa TV programa. U ljeto 1997. godine formirana je Ekspertna grupa za istraživanje digitalne tehnologije prijenosa, koja je razvila osnovna načela na kojima se treba temeljiti uvođenje digitalnog emitiranja tv signala u Finskoj. U svibnju 2001. godine predloženi su preduvjeti za optimiziranje razvoja digitalnog emitiranja.

U rujnu 1997. godine počinje prvo eksperimentalno emitiranje DVB-T programa s odašiljačem u Espoo Kivenlahti. U svibnju 1999. firma Digita počinje konstruirati DVB-T mrežu, za koju su dodijeljene licence za tri multipleksa na rok od 10 godina. U rujnu 2000. godine Finska kompanija YLE počinje emitiranje programa TV1, TV2, TV3, MTV3 i C4. Do kraja 2000. godine više od polovine populacije Finske može primati digitalne programe. Do kraja 2001. godine pokrivenost je narasla na 70 %. Predviđeno je da se do 2006. godine isključe analogni televizijski odašiljači.

Nizozemska:

U veljači 2002. godine Nizozemska Vlada dodijelila je licencu za nacionalnu platformu za emitiranje digitalnih televizijskih signala firmi Digitenne. Dobili su četiri nacionalna multipleksa, a peti je predviđen za tri nacionalna i 13 regionalnih TV kanala za javnu

televiziju, kao i za radio kanale. Komercijalno emitiranje počelo je u listopadu 2002. godine, a pokrivenost signalom bila je koncentrirana samo na veće gradove. Do ožujka 2003. godine pokrivenost se trebala povećati na 70 % domaćinstava. Daljnje proširenje pokrivenosti zahtijeva gašenje analognih odašiljača i ne može se očekivati prije 2004. godine. Za sada još nema preciznih planova do kada će u Nizozemskoj raditi analogni televizijski odašiljači.

Portugal:

Nacionalna licenca za digitalni zemaljski prijenos TV signala dodijeljena je u kolovozu 2001. godine na rok od 15 godina. Platforma ima 5 nacionalnih multipleksa, od kojih će jedan morati emitirati 4 dosadašnja programa. Zahtijevalo se da pokrivenost signalom godinu dana nakon početka emitiranja mora premašiti 85 % populacije, a nakon 3 godine 99,2 %. Nova platforma treba proraditi do kraja 2003. godine.

Kako se u Portugalu koristi i LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) sustav prijenosa, postojat će dvije platforme koje će zajedno pokriti oko 60 % populacije koncentrirane u urbanim dijelovima. Platforme će emitirati preko 60 televizijskih kanala i interaktivne usluge koristeći i LMDS i DVB-T frekvencije. DVB-T frekvencije primat će se klasičnom krovnom televizijskom antenom, a LMDS frekvencije dodatnom bidirekcijskom paraboličnom antenom veličine 30 cm. Oba signala vodit će se na isti "Set top box" prijamnik.

Francuska:

U 1998. godini državno tijelo Agence Nationale des Fréquences istražilo je kapacitete frekvencijskog spektra i predvidilo šest multipleksa za Francusku. Četiri multipleksa trebala bi pokriti 80 % domaćinstava, a dva multipleksa pokrila bi 60 %. Tako je predviđeno da bi oko 20 % francuskih domaćinstava bilo bez prijama digitalnih TV signala. Ova su se predviđanja temeljila na korištenju 110 postojećih lokacija odašiljača. U prvo vrijeme predviđeno je da bi digitalni i analogni odašiljači emitirali sa istih lokacija. Predviđa se paralelni rad barem još 10 godina do gašenja analognih odašiljača.

U kolovozu 2000. godine postavljeni su temelji za uvođenje digitalnog zemaljskog emitiranja u Francuskoj. Vlada je odlučila da licence izdaje za individualne kanale, a ne za cijelu platformu. Nova javna televizijska kuća Francetélévisions dobila je licencu za programe France 2, France 3 i France 5, kulturni kanal Arte i novi parlamentarni kanal. Od siječnja 2001. Francetélévisions može emitirati još tri nova kanala. Tri postojeća privatna kanala TF1, M6 i Canal+ dobili su licence svaki za po dva kanala, a ostali slobodni kanali dodijelit će se uz davanje prednosti "free-to-air" kanalima.

Njemačka:

Do ljeta 2003. godine predviđeno je da u području Berlin-Potsdam u potpunosti zamijene analogni zemaljski prijenos TV programa s digitalnim sustavom. To bi trebalo biti prvo područje u Njemačkoj u kojem bi se uveo samo digitalni prijenos TV signala.

Prema planu, oba TV odašiljača u Berlinu na kanalima 5 i 44 počela su emitirati digitalne televizijske programe po DVB-T normi. Do kraja 2010. godine predviđa se da se svi analogni zemaljski TV odašiljači u Njemačkoj zamijene digitalnima. Prelaskom sa analognog prijenosa TV signala na digitalni najviše će profitirati gledaoci, jer će DVB-T omogućiti prijenos većeg broja programa, za čiji prijam više neće biti nužno koristiti vanjske antene. DVB-T signal moći će se primiti s jednostavnim štap antenama na samim prijammicima.

Mnogi TV programi koji su se do sada prenosili samo u sustavima kabelaške televizije (KTV) ili preko satelita, moći će se emitirati preko DVB-T odašiljača. Gledaoci neće imati dodatne troškove naplate KTV priključka, niti visoke troškove nabavke opreme za prijam satelitskih programa u svojim domovima.

Digitalizacijom TV prijenosa proširit će se mogućnosti prijama na prijenosnim prijammnicima u automobilima, u autobusima i vlakovima. Prelazak s analognog emitiranja zemaljskih TV programa na digitalno emitiranje obaviti će se postupno, u nekoliko koraka:

- 1) Već u prvoj fazi trebaju se pokazati prednosti digitalnog prijenosa preko odašiljača velike snage. Od 01.11.2002. godine analogni program Pro7 prelazi na kanal 47, a na kanalu 44 sa snažnijim odašiljačem prelazi se na digitalni prijenos programa RTL, Pro7, SAT1 i RTL II s vrlo dobrim pokrivanjem u području Berlin - Potsdam.
- 2) 28.02.2003. prekida se emitiranje analognih programa SAT1, VOX, Pro7, RTL i RTL II na području Berlina i odašiljačke frekvencije oslobađaju se za digitalni prijenos. Time se omogućava prijam 20 digitalnih TV programa na čitavom području Berlina.
- 3) Do ljeta 2003. godine programi ARD, ORB, SFB i ZDF emitiraju se još paralelno u analognoj tehnici, ali na kanalima koji imaju slabije odašiljačke snage, s manjim dometom i slabijom kvalitetom.

Činjenica je da analogni TV prijenos preko zemaljskih odašiljača nije više konkurentan niti u odnosu na broj mogućih programa, niti u odnosu na mogućnosti razvoja za nove sadržaje i primjene. Tehničko unaprjeđenje je nužno, a to je osigurano digitalnim prijenosom signala.

Irska:

U ožujku 2001. godine Irski Parlament je izglasao zakon o radiodifuziji, po kojemu ministar kulture treba licencirati korištenje šest nacionalnih multipleksa privatnim kompanijama za period od 15 godina. Jedan od 6 multipleksa namijenjen je mreži RTÉ koja se privatizira, po pola multipleksa namijenjen je javnim Gaelic stanicama TG4 i privatnoj stanici TV3, a jedan multipleks predviđen je za Ulster kanale. Preostala tri multipleksa bit će slobodna za kanale licencirane u Europskoj Uniji. Maksimalno 15 % kapaciteta moći će se koristiti za usluge prijenosa podataka.

Norveška:

Početkom 2002. godine Ministarstvo kulture propisuje generalnu okosnicu za uvođenje digitalnog emitiranja TV signala u Norveškoj. Predvidjeli su tri multipleksa i sve kapacitete će dodijeliti jednom operateru. Jedna trećina kapaciteta trebala bi imati nacionalnu pokrivenost. Ostatak kapaciteta može pokrivati dio populacije na bazi komercijalnih razmatranja. Kapacitet mreže trebao bi biti prije svega namijenjen za prijenos televizijskih signala, a samo dio za telekomunikacijske svrhe i prijenos podataka. Mreža će se također moći koristiti za dvosmjernu vezu sa širokopojasnim pristupom Internetu. U Norveškoj još nema konkretnijih planova za gašenje analognih TV odašiljača, ali Parlament najavljuje da gašenje neće biti dopušteno prije nego veći dio domaćinstava bude u mogućnosti primiti digitalne DVB-T signale.

Danska:

U svibnju 2002. godine Ministar kulture prezentira prijedlog za novi Media Accord koji uključuje i načela uvođenja digitalnog emitiranja TV programa. U međuvremenu je koordiniran i frekvencijski plan za šest nacionalnih multipleksa.

U siječnju 2003. godine Parlament odobrava amandmane i u ožujku starta natječaj. Nakon odabira najboljih ponuda, predviđa se početak uvođenja digitalne platforme u 2004. godini. Javne radiodifuzijske organizacije DR i TV2 imat će zagarantirano po 2 kanala u digitalnoj platformi. Preliminarni rok za gašenje analognih televizijskih odašiljača predviđen je za 2007. godinu.

Italija:

Smjernice za uvođenje digitalnog emitiranja TV programa u Italiji donesene su u travnju 2001. godine. Predviđeno je da do 2006. godine svi zemaljski televizijski odašiljači počnu emitirati digitalne DVB-T programe.

Austrija:

Austrijski parlament je u 2001. godini donio odluku da dodijeli treću nacionalnu zemaljsku mrežu analognom komercijalnom kanalu, umjesto da se frekvencija dodijeli za digitalni prijenos. Prema zakonskim odredbama treći kanal treba ostvariti pokrivenost do 70 % domaćinstava. Za digitalni multipleks prijenos ostao bi mali broj slobodnih frekvencija preko kojih bi se mogla postići pokrivenost od 50 %. Zakon o odašiljanju iz 2001. godine uvjetuje da se do 2008. godine mora postići prijam digitalnog TV signala u 80 % austrijskih domaćinstava. Da bi se to moglo postići, morat će se neke od frekvencija analognih odašiljača prebaciti na rad s digitalnim DVB-T odašiljačima.

Austrijska televizijska kuća ORF je najznačajnija u austrijskoj televizijskoj industriji. Jedini domaći rivali su joj regionalni kablanski kanali. Najveća konkurencija ORF-u su njemački programi privatnih TV stanica koji se primaju izravno preko satelita i u sustavima kablanske televizije.

Budući da je prijam TV signala samo preko zemaljskih odašiljača u Austriji marginalan i samo u 19 % domaćinstava nema drugih mogućnosti prijama, to bi se moglo nepovoljno odraziti na atraktivnost uvođenja DVB-T tehnologije.

Belgija:

Tri govorna područja u Belgiji čine tri različita televizijska tržišta. Svaka od tri populacijske grupe karakterizirane dominantnim jezikom ima vlastitu javnu radiodifuzijsku organizaciju koji emitira program na njihovom jeziku.

U francuskom dijelu kompanija RTBF (*Radio-Télévision Belge Francophone*) je u jesen 2001. godine dobila licencu za emitiranje jednog multipleksa s tri javna kanala za šire područje Brüssela. Do kraja godine trebalo je proširiti broj kanala za dodatna tri Canal+ Belgique privatna programa, kao i za RTL-TVi.

U flamanskom sjevernom dijelu Belgije ima najveći broj domaćinstava koja su spojena na sustav kablanske televizije. Samo je kompanija VRT emitirala programe preko zemaljskih

odašiljača. Početkom 2002. godine dobili su licencu da se uključe u pilot projekt zajedno s telekomunikacijskom firmom Belgacom i preko 4 odašiljača oko Antwerpena počnu digitalno emitiranje programa. Pilot projekt trebao je trajati godinu dana. Za to vrijeme trebalo je nuditi digitalne usluge sa interaktivnim sadržajima i pažljivo pratiti kolika je "gledanost" kod 100 obitelji uključenih u pilot projekt, da se vidi koliko je flandrijska populacija zainteresirana za usluge interaktivne digitalne televizije.

Švicarska:

U Švicarskoj preko 90 % domaćinstava ima mogućnost prijama oko 50 televizijskih programa preko priključka kabelske televizije, tako da uvođenje nove tehnologije nije od primarnog interesa.

Federalni ured za komunikacije (OFCOM) imat će najveći utjecaj na razvoj digitalnog emitiranja TV programa u Švicarskoj. Do sada vlada nije donijela nikakve odredbe o digitalnom emitiranju, a predviđa se do kraja 2004. godine donošenje amandmana u Zakonu o radio i televiziji koji se trebaju odnositi na digitalnu televiziju i DVB-T.

Oformljena je organizacija DVB-T Platform Switzerland koja okuplja sve zainteresirane partnere uključujući komercijalne radio i televizijske stanice i industrijske grupe. Oni bi trebali razmotriti tehničku i političku stranu uvođenja digitalne platforme u Švicarskoj i dati upute vladi za donošenje amandmana.

10.

Zaključak

Studija obrađuje analizu uvođenja digitalnog radiodifuznog odašiljanja TV signala u radiodifuznu mrežu Hrvatske.

Digitalna tehnologija u radiodifuznom odašiljanju televizije prisutna je u svijetu, te se i u Hrvatskoj javlja tendencija uvođenja i razvoja digitalne radiodifuzije TV signala. Razlog za takvo razmišljanje je dvojak. Prvo, već susjedne zemlje imaju ili u eksperimentalnom ili u normalnom radu digitalno odašiljanje TV signala. Drugo, očekuje se da će formirana grupa ITU-R 6/8 na regionalnoj radiokomunikacijskoj konferenciji 2004./2005. godine donijeti plan uvođenja digitalne radiodifuzije za Europu, dio Azije i Afriku.

Hrvatska u tu svrhu mora biti pripremljena, mora imati koncepciju rješenja, kombinacije analognog i digitalnog radiodifuznog odašiljanja, uz ograničenje da analogni sustav ne smeta digitalnom sustavu i obratno.

Slijedeći važan parametar je koordinacija sa susjednim državama po pitanju usklađivanja postavki i mogućnosti na kojim digitalnim kanalima odnosno frekvencijama će se provoditi odašiljanje TV signala, s obzirom da je frekvencijsko područje već zaposjednuto analognim sustavima. Hrvatski zavod za telekomunikacije započeo je rad na koordinaciji u području digitalnog radiodifuznog televizijskog odašiljanja i već su postignuta neka usuglašavanja.

Studija je dala tehnologiju rješenja digitalnog radiodifuznog odašiljača, postupak MPEG-2 kodiranja TV signala (propisanog standardom), a koji se koristi kao izvor TV signala na ulazu u odašiljač. Obraden je postupak OFDM modulacije koji omogućuje da se u istom kanalu širine 7 ili 8 MHz na istoj frekvenciji može odašiljati veći broj TV programa (4-6). Izneseni su eksperimentalni rezultati korištenja digitalne radiodifuzije televizijskog signala u europskim zemljama.

Provedena je analiza optimizacije analogne TV mreže u Republici Hrvatskoj sukladno Zakonu o telekomunikacijama, navedene su TV postaje koje rade na nacionalnoj-državnoj razini i dan je broj odašiljača pojedinih koncesionara iznad 1 kW.

U postupku uvođenja digitalne televizije Hrvatska treba definirati vlastitu strategiju uvođenja digitalne televizije te pristupiti izradi hrvatskog digitalnog plana. U tu svrhu treba provesti optimizaciju frekvencijskog spektra koji sada rabi analogna televizija, jer novih kanala za DVB-T nema. Dugoročni ciljevi u tom postupku bili bi provođenje međunarodne koordinacije radijskih postaja iz hrvatskog digitalnog plana te ulazak hrvatskog digitalnog plana u regionalni plan koji će biti utvrđen na Regionalnoj radiokomunikacijskoj konferenciji 2004/2005. godine (RRC-04/05, *Regional Radiocommunication Conference*). Na toj konferenciji provest će se revizija Plana Stockholm 1961., kako bi se osigurala djelotvorna uporaba radiofrekvencijskog spektra kroz uvođenje digitalne televizije i radija te izrada novog, digitalnog, Plana za Europu, Afriku i dio Azije u postojećem frekvencijskom području analogne televizije.

Prikazani su rezultati analize analogne TV mreže za radiodifuziju prvog i drugog programa Hrvatske radiotelevizije. Kako će treći program Hrvatske radiotelevizije uskoro prestati s radom, analiza za njega nije načinjena.. U postupku analize utvrđeno je koji odašiljači, koji trenutno rade u mrežama za radiodifuziju prvog i drugog programa Hrvatske radiotelevizije, mogu biti izdvojeni iz navedenih mreža, a da to nema bitne posljedice na smanjenje pokrivanja TV signalom odgovarajućeg programa. To se može načiniti jer u određenim područjima Hrvatske postoji višestruko pokrivanje tj. pokrivanje istog područja TV signalom određenog programa s različitih odašiljačkih lokacija. Kanali na kojima rade ti odašiljači mogli bi se rabiti u postupku uvođenja digitalne televizije.

Prilog A

FREKVENCIJSKI PLAN ZA TELEVIZIJU

Državna razina

Naziv koncesionara	Oznaka koncesije	Županija	Ime lokacije	Geografska dužina	Geogr. širina	nadm. visina	Frekvencija nositelja slike (MHz)	Kanal	Izračena snaga (dBW)	Anten. dijag. (D,ND)	Polarizacija	Radi ?
Hrvatska radiotelevizija, Zagreb	HRT1	SK	AUGUSTANOVEC	015E5918	45N2745	180	655.250	44	13 D	H	N	
	HRT1	RI	BAKAR	014E3623	45N1542	301	189.250	7	7,8 D	H	O	
	HRT1	PA	BALE	013E4755	45N0248	190	471.250	21	10 D	H	N	
	HRT1	RI	BARBAT 1	014E4827	44N4420	40	471.250	21	27 D	H	O	
	HRT1	RI	BASC.DRAGA	014E4336	44N5848	118	503.250	25	10 D	H	N	
	HRT1	OS	BELJE	018E4147	45N4747	241	196.250	8	47 D	H	O	
	HRT1	ZD	BENKOVAC	015E3651	44N0202	201	519.250	27	2 D	H	O	
	HRT1	ZD	BIOGRAD	015E2515	43N5852	139	631.250	41	30 N	H	N	
	HRT1	ST	BIOKOVO	017E0332	43N2031	1762	203.250	9	50,4 D	H	O	
	HRT1	SB	BJELANOVAC	017E1216	45N2024	322	543.250	30	14,8 D	H	N	
	HRT1	KA	BJELOLASICA	015E0128	45N1520	619	543.250	30	13 D	H	O	
	HRT1	DU	BLATO-KORCULA	016E4750	42N5630	240	607.250	38	20 D	H	O	
	HRT1	RI	BLAZEVC	015E0428	45N2903	221	471.250	21	3 D	H	O	
	HRT1	SB	BOGICEVCI / RATKOVAC	017E1422	45N1532	140	487.250	23	27 D	H	O	
	HRT1	ST	BOL	016E3600	43N1135	111	583.250	35	29 D	H	N	
	HRT1	KC	BOLFAN	016E4138	46N1403	152	535.250	29	33 D	H	O	
	HRT1	VU	BORINCI ex. LISKE	018E4446	45N1813	105	189,25	7	40 N	H	O	
	HRT1	ST	BRAC	016E3727	43N1646	778	217.250	11	39 D	H	O	
	HRT1	VZ	BREZJE	016E0748	46N2302	197	767.250	58	29 D	V	O	
	HRT1	KR	BREZOVICA	015E5037	46N1110	534	655.250	44	27 N	H	O	
	HRT1	RI	BRIBIR	014E4519	45N1035	300	599.250	37	20 D	H	O	
	HRT1	GS	BRINJE	015E0648	45N0119	710	583.250	35	20 D	H	O	
	HRT1	GS	BRLOG	015E0930	44N5548	630	543.250	30	10 D	H	N	
	HRT1	RI	BROD NA KUPI	014E5035	45N2705	779	703.250	50	14,8 D	H	N	
	HRT1	SI	BRODARICA	015E5320	43N4149	10	671.250	46	24 D	H	O	
	HRT1	SB	BRODSKI STUPNIK	017E4857	45N0954	95	711.250	51	29 D	H	O	
	HRT1	ST	BRSTANOVO	016E3340	43N4025	496	471.250	21	10 D	H	N	
	HRT1	GS	BRUSANE	015E2000	44N2900	634	631.250	41	13 D	H	N	

HRT1	SB	BUCJE	017E4705	45N1332	160	527.250	28	31,8	D	H	O
HRT1	PA	BUJE	013E4008	45N2426	200	471.250	21	20	N	H	O
HRT1	RI	BUKOV VRH	014E5709	45N2508	640	615.25	39	3	D	H	N
HRT1	KA	BUKOVAC	015E1025	45N1800	555	615.250	39	7	D	H	N
HRT1	GS	BUNIC	015E3700	44N4000	700	567.250	33	17	D	H	N
HRT1	PA	BUZET	013E5822	45N2424	151	559.250	32	7,8	D	H	O
HRT1	RI	CABAR	014E3835	45N3558	718	210.250	10	16	D	H	O
HRT1	PZ	CAGLIC	017E1000	45N2400	242	591.250	36	17	N	H	N
HRT1	DU	CAVTAT 1	018E1330	42N3440	80	751.250	56	6	D	H	O
HRT1	ZD	CELEVAC	015E4724	44N1536	1207	196.250	8	98,2	D	M	O
HRT1	DU	CEPIKUCE	017E5020	42N5010	420	62.250	4	10	D	H	N
HRT1	KA	CETINGRAD	015E4446	45N1002	275	495.250	24	10	D	H	O
HRT1	RI	CRES	014E2551	44N5453	320	196.250	8	20	D	H	O
HRT1	ZG	CUCERJE	016E0349	45N5302	285	543.250	30	10	D	H	O
HRT1	GS	DABAR	015E1847	44N5719	540	551.25	31	10	N	H	N
HRT1	BJ	DARUVAR	017E1500	45N3618	264	511.250	26	20	D	H	N
HRT1	RI	DELNICE	014E4917	45N2207	1021	599.250	37	17	D	H	O
HRT1	PZ	DEZEVC	017E3100	45N2200	317	503.250	25	17	D	H	N
HRT1	ST	DICMO	016E3730	43N3605	430	471.250	21	20	D	H	N
HRT1	ZD	DINJISKA	015E1104	44N2124	15	495.250	24	20	D	H	O
HRT1	KC	DJURDJEVAC	017E0000	46N0100	193	519.250	27	30	D	H	O
HRT1	GS	DOLJANI	016E0638	44N2809	773	639.250	42	19	D	H	O
HRT1	RI	DONJA KLADA	014E5318	44N4854	5	727.250	53	3	D	H	O
HRT1	GS	DONJI LAPAC	015E5814	44N3446	1052	182.250	6	20	D	H	O
HRT1	VT	DRENOVAC	017E4400	45N3300	250	479.250	22	10	D	H	N
HRT1	VU	DRENOVCI	018E5440	44N5507	86	615.250	39	37	N	H	O
HRT1	KA	DREZNICA	015E0604	45N0809	573	487.250	23	18,5	D	H	O
HRT1	VZ	DUBOVECAKI	015E5933	46N1251	275	511.250	26	6	D	V	O
HRT1	KA	DUGA RESA	015E3138	45N2647	313	655.250	44	15	D	H	O
HRT1	ZD	DUGI OTOK	015E0635	43N5830	113	719.250	52	10	D	H	N
HRT1	ST	DUGO POLJE	016E3707	43N3433	320	559.250	32	23	D	H	O
HRT1	SK	DVOR NA UNI	016E2235	45N0354	160	479.250	22	27	D	H	O
HRT1	RI	FARA-H	014E5547	45N2917	622	655.250	44	24,8	D	H	O
HRT1	ZD	FRKASIC	015E4618	44N4258	732	575.250	34	10	D	H	N
HRT1	RI	FUZINE	014E4447	45N1821	870	196.250	8	21,8	D	H	O
HRT1	RI	GEROVO	014E4016	45N3211	780	767.250	58	23	D	H	O

HRT1	VZ	GLOBOEC	016E3858	46N1405	165	687.250	48	3,6	D	H	O
HRT1	KA	GOJAK	015E1800	45N1832	275	487.250	23	13	D	H	N
HRT1	RI	GORNJA DOBRA	014E5639	45N2637	500	543.250	30	3	D	H	O
HRT1	VZ	GORNJA VISNJICA	016E0001	46N1729	325	471.250	21	7	D	H	O
HRT1	ST	GORNJANI	016E4205	43N3130	500	543.250	30	13	D	H	N
HRT1	DU	GOVEDJARI	017E2250	42N4635	160	217.250	11	1	D	H	O
HRT1	ZG	GRDANCI	015E3905	45N4911	330	479.250	22	13	D	H	O
HRT1	RI	GROBNIK	014E2915	45N2215	388	703.250	50	20	D	H	O
HRT1	SB	GUNJAVCI	017E2842	45N1612	250	623.250	40	14	D	H	O
HRT1	SK	GVOZDANSKO	016E1303	45N0825	172	487.250	23	1	D	H	O
HRT1	ST	HVAR	016E2700	43N1040	241	182.250	6	17,8	D	H	O
HRT1	VU	ILOK	019E2317	45N1322	135	175.250	5	12	D	H	O
HRT1	RI	ILOVIK	014E3239	44N2727	77	687.250	48	13	D	H	N
HRT1	VZ	IVANEC 1	016E0831	46N1221	473	519.250	27	10,8	D	H	O
HRT1	VZ	IVANSCICA	016E0754	46N1058	1047	591.250	36	55,4	D	V	O
HRT1	GS	JABLANAC	014E5402	44N4216	47	599.250	37	7	D	H	O
HRT1	ZG	JAMNICA	015E5300	45N3623	204	695.250	49	20	D	H	N
HRT1	ST	JELSA	016E4203	43N0932	65	519.250	27	6	D	H	O
HRT1	GS	JEZERANE	015E1516	45N0108	737	471.250	21	14,8	D	H	N
HRT1	KC	KALNIK	016E2742	46N0748	642	175.250	5	44	D	H	O
HRT1	ZD	KARIN	015E3537	44N0924	80	224.250	12	13	D	H	O
HRT1	ZG	KASINA	016E0749	45N5508	285	551.250	31	20	D	H	O
HRT1	RI	KLANA	014E2255	45N2647	580	583.250	35	7	D	H	O
HRT1	KR	KLANJEC	015E4421	46N0330	509	487.250	23	27	D	H	O
HRT1	KR	KLANJEC 2	015E4442	46N0316	356	623.250	40	4,6	D	H	N
HRT1	ST	KLIS	016E3150	43N3330	360	743.250	55	10	D	H	O
HRT1	ZD	KNIN 1	016E1215	44N0120	346	182.250	6	17,8	D	H	O
HRT1	ZD	KNIN 2	016E1130	44N0258	330	623.250	40	7	D	H	O
HRT1	ST	KOMIZA	016E0624	43N0321	514	189.250	7	7,8	D	V	O
HRT1	SK	KOMOGOVINA	016E2900	45N1800	270	631.250	41	17	N	H	N
HRT1	KC	KOPRIVNICA-GRAD	016E5026	46N1114	135	567.250	33	31,8	D	H	O
HRT1	DU	KORCULA	017E0808	42N5731	91	217.250	11	17,8	D	H	O
HRT1	PA	KOROMACNO	014E0335	44N5836	140	189.250	7	20,8	D	H	O
HRT1	SK	KOSTAJNICA	016E3312	45N1334	216	607.250	38	30	D	H	O
HRT1	GS	KRBAVICA	015E3826	44N4140	827	615.250	39	4,8	D	H	N
HRT1	GS	KRIVI PUT	014E5936	45N0240	1080	735.250	54	20	D	H	N

HRT1	RI	KRK-GRAD	014E3514	45N0133	10	559,25	32	10 D	H	N
HRT1	KA	KRNJAK	015E3900	45N2000	247	543.250	30	7 D	H	N
HRT1	DU	KRUCICA	017E5120	42N4716	40	511.250	26	21,8 D	V	O
HRT1	KR	KUMROVEC	015E4123	46N0440	212	703.250	50	3 D	H	O
HRT1	DU	KUNA	017E2122	42N5823	360	217.250	11	4,8 D	H	O
HRT1	RI	KUPJACKI VRH	014E5216	45N2442	998	623.250	40	30 N	H	O
HRT1	RI	KUZELJ-H	014E4932	45N2749	530	679.250	47	14,8 D	H	O
HRT1	ST	LABISTICA	016E1312	43N3440	700	62.250	4	41,8 N	H	O
HRT1	DU	LASTOVO	016E5155	42N4506	417	727.250	53	40 D	H	O
HRT1	RI	LEDENICE	014E5100	45N0900	580	567.250	33	10 D	H	N
HRT1	GS	LESCE	015E1900	44N4900	470	583.250	35	13 D	H	N
HRT1	OS	LEVANJ.VAROS	018E1030	45N1727	205	599.250	37	17 D	H	O
HRT1	RI	LIC	014E4416	45N1728	710	210.250	10	7 D	H	O
HRT1	ZD	LICKA KALDRMA	016E1146	44N1907	890	495.250	24	11,8 D	H	O
HRT1	GS	LICKI OSIK	015E2400	44N3700	683	631.250	41	13 D	H	N
HRT1	GS	LICKO PETROVO SELO	015E4330	44N5308	528	543.250	30	17 D	H	O
HRT1	KA	LIPA	015E2600	45N2500	238	471.250	21	7 D	H	N
HRT1	ZG	LIPOVEC	015E3755	45N4538	592	663.250	45	3 D	H	O
HRT1	GS	LIPOVO POLJE	015E0853	44N4708	990	203.250	9	14,8 D	H	N
HRT1	VT	LISICINA	017E3100	45N4000	253	647.250	43	23 N	H	N
HRT1	VU	LISKE	019E2300	45N1000	277	189.250	7	40 D	H	N
HRT1	RI	LIVIC DRAGA	014E3725	45N2923	972	567.250	33	10 D	H	N
HRT1	RI	LOKVE	014E4707	45N2131	971	182.250	6	14,8 D	H	O
HRT1	DU	LOPUD-TRSTENO	017E5707	42N4136	170	210.250	10	19 D	H	O
HRT1	GS	LOVINAC	015E4223	44N2227	770	503.250	25	13 D	H	N
HRT1	RI	LUKOVOL	015E0828	45N2439	590	719.250	52	20,8 D	H	O
HRT1	VZ	LUZAN BISKUPECKI	016E2121	46N1336	245	559.250	32	6,5 D	H	O
HRT1	SK	LJESKOVAC	016E1543	45N1050	460	631.250	41	7 D	H	N
HRT1	DU	LJUBAC	018E0150	42N4255	207	615.250	39	10 D	H	N
HRT1	SI	LJUBEC	016E2100	43N3900	600	511.250	26	17 N	H	N
HRT1	ST	LJUBICICI	016E5920	43N3450	780	495.250	24	17 D	H	N
HRT1	DU	MAJKOVI	017E5510	42N4530	381	189.250	7	13 D	H	O
HRT1	ST	MAKIRINA	016E3708	43N3008	684	711.250	51	27,8 D	H	O
HRT1	SI	MALA GRADINA	015E4315	43N5350	279	591.250	36	14,8 D	H	N
HRT1	RI	MALI LOSINJ	014E2916	44N3118	171	189,25	7	32 D	H	O
HRT1	OS	MANDICEVAC	018E1416	45N2216	231	551.250	31	37 D	H	O

HRT1	ST	MAOVICE	016E2600	43N5255	680	196.250	8	10 D	H	N
HRT1	RI	MARTINSCICA	014E2039	44N4850	17	182.250	6	29 D	H	O
HRT1	ZD	MATAS	016E1614	44N1020	485	703.250	50	13 D	H	N
HRT1	ZD	MAZIN	015E5836	44N2824	905	591.250	36	10 D	H	N
HRT1	GS	MEDAK	015E3130	44N2640	697	487.250	23	13 D	H	N
HRT1	DU	METKOVIC	017E3923	43N0301	100	679.250	47	24,8 D	H	O
HRT1	ST	MILNA-BRAC	016E2658	43N1931	25	551.250	31	7 D	H	O
HRT1	RI	MIRKOVICA	015E0201	45N1821	1283	189.250	7	44 D	H	O
HRT1	DU	MOLUNAT	018E2540	42N2813	299	217.250	11	17 D	H	O
HRT1	RI	MORAVICE	015E0047	45N2542	460	543.250	30	3 D	H	O
HRT1	RI	MORAVICE	015E0047	45N2542	460	655.250	44	3 D	H	O
HRT1	RI	MORAVICE	015E0047	45N2542	460	799.250	62	3 D	H	O
HRT1	SK	MOSLAVACKA GORA	016E4531	45N3653	485	839.250	67	47 D	H	O
HRT1	PA	MOTOVLJUN	013E4955	45N2013	277	487.250	23	20 N	H	N
HRT1	RI	MRKOPALJ	014E5350	45N1822	1163	196.250	8	17 D	H	O
HRT1	RI	MRKOPALJ	014E5350	45N1822	1163	655.250	44	14,8 D	H	O
HRT1	ST	MUC	016E2851	43N4037	705	607,25	38	15 D	H	O
HRT1	RI	MUNE	014E1144	45N2737	801	503.250	25	17 D	H	N
HRT1	RI	MUNE 1	014E1017	45N2722	640	583.250	35	6 D	H	O
HRT1	SI	MURTER	015E3614	43N4815	110	479.250	22	30 D	H	O
HRT1	KA	MUSULINSKI POTOK	015E0836	45N1450	597	543.250	30	5 D	H	N
HRT1	ZD	NEBLJUSI	015E5635	44N3910	750	471.250	21	3 D	H	N
HRT1	SB	NOVA GRADISKA	017E2255	45N1624	241	551.250	31	20 D	H	O
HRT1	GS	NOVALJA	014E5315	44N3303	2	487.250	23	28,5 D	H	O
HRT1	ZD	NOVIGRAD DALMA	015E3309	44N1050	40	182.250	6	6 D	H	O
HRT1	ZD	OBROVAC 1	015E4024	44N1200	100	210.250	10	10 D	H	O
HRT1	KA	OGULIN	015E1554	45N1549	458	495.250	24	29 D	H	O
HRT1	ST	OMIS 1	016E4250	43N2604	220	189.250	7	4 D	H	O
HRT1	PA	OPRTALJ	013E4937	45N2253	378	687.250	48	17 D	H	N
HRT1	SB	ORIOVAC	017E4515	45N0916	89	479.250	22	24,8 D	H	O
HRT1	RI	ORLJAK	014E1712	45N2129	706	203.250	9	17 D	H	N
HRT1	GS	OTES	015E1702	44N3723	745	543.250	30	23 D	H	O
HRT1	GS	OTOCAC	015E1451	44N5158	532	567.250	33	27 D	H	O
HRT1	ZD	OTRIC	016E0442	44N1453	711	639.250	42	17 D	H	N
HRT1	KA	OZALJ	015E3451	45N3523	230	479.250	22	30 D	H	N
HRT1	SI	PADJANE	016E0700	44N0520	500	575.250	34	13 D	H	N

HRT1	ZD	PAG	015E0441	44N2655	263	189.250	7	28,5 D	H	O
HRT1	PZ	PAKRAC	017E1222	45N2738	240	655.250	44	20,8 D	H	O
HRT1	VT	PAPUK	017E5105	45N2901	789	727.250	53	57 N	H	O
HRT1	PA	PAZIN	013E5651	45N1341	462	567.250	33	5 D	H	O
HRT1	DU	PELJESAC 1	017E2159	42N5749	713	175.250	5	30 D	H	O
HRT1	SI	PERKOVIC	016E0742	43N4108	245	527.250	28	19 D	H	O
HRT1	SK	PETROVA GORA	015E4836	45N1900	507	775.250	59	21 D	H	O
HRT1	VT	PITOMACA	017E1221	45N5301	262	511,25	26	20 D	H	O
HRT1	ZG	PLANINA	016E0518	45N5548	370	631.250	41	7 D	H	O
HRT1	RI	PLATAK	014E3520	45N2630	1500	551.250	31	27 D	H	N
HRT1	SI	PLISIVICA	016E1700	43N4115	548	543.250	30	17 D	H	N
HRT1	GS	PLIT.LJESKOVAC	015E3600	44N5100	750	591.250	36	3 D	H	N
HRT1	DU	PLOCE-SV.IVAN	018E0811	42N3800	15	575.250	34	22,4 D	H	O
HRT1	DU	PLOCICE	018E2522	42N2932	350	647.250	43	2 D	H	O
HRT1	PA	PLOMIN	014E0850	45N0900	200	743.250	55	32 D	H	O
HRT1	PA	PLOVANIJA	013E3736	45N2728	150	551.250	31	20 D	H	O
HRT1	GS	PLJESIVICA H	015E4540	44N4704	1552	175.250	5	46,5 D	H	O
HRT1	VT	PODR.SLATINA 1	017E4232	45N4237	118	655.250	44	17 D	H	O
HRT1	ZG	POKUPSKO	016E0000	45N2900	204	615.250	39	10 D	H	N
HRT1	RI	POLJICE	014E5140	45N2043	998	599.250	37	7 D	H	O
HRT1	PA	POREC	013E3523	45N1324	15	511.250	26	27 D	H	O
HRT1	RI	PREZID	014E3550	45N3749	916	203.250	9	20 D	H	O
HRT1	ST	PRIMORSKI DOLAC	016E1055	43N3816	215	559.250	32	20 D	H	O
HRT1	SI	PRIMOSTEN	015E5558	43N3420	170	535.250	29	27,4 D	H	O
HRT1	SI	PRLJEVO	016E0615	44N0920	600	543.250	30	10 D	H	N
HRT1	SI	PROMINA	016E1029	43N5528	1148	607.250	38	37 N	H	O
HRT1	SI	PRVIC	015E4800	43N4345	79	535.250	29	13 D	H	N
HRT1	SB	PSUNJ	017E2014	45N2309	984	62.250	4	49 D	H	O
HRT1	ST	PUCISCA	016E4432	43N2041	110	591.250	36	3 D	H	O
HRT1	PA	PULA	013E5117	44N5336	52	583.250	35	30 D	H	O
HRT1	RI	PUNTA KRIZA	014E3005	44N3957	76	479.250	22	10 D	H	N
HRT1	RI	RAB 2	014E4500	44N4645	100	719.250	52	29 D	H	O
HRT1	PA	RABAC	014E0824	45N0443	250	189.250	7	7,8 D	H	O
HRT1	SB	RAJIC	017E0554	45N1731	100	631.250	41	33,6 D	H	O
HRT1	PA	RAKOTOLE	013E4828	45N1830	286	599.250	37	10 D	H	N
HRT1	PA	RASA	014E0559	45N0503	200	196.250	8	4,8 D	H	O

	HRT1	RI	RAVNA GORA	014E5718	45N2313	1012	487.250	23	20 D	H	O
	HRT1	RI	RAZOMIR	014E4048	45N1433	789	203.250	9	32 D	H	O
	HRT1	ZD	RAZVRSJE	015E0000	44N0430	100	495.250	24	13 D	H	N
	HRT1	PA	ROVINJ	013E3841	45N0456	19	647.250	43	17 N	H	O
	HRT1	SI	RUPE	015E5621	43N5342	204	527.250	28	22 D	H	O
	HRT1	SI	SIBENIK 2	015E5233	43N4406	67	175.250	5	20,8 D	H	O
	HRT1	SB	SIBINJ	017E5437	45N1049	103	471.250	21	19 D	H	O
	HRT1	ST	SINJ	016E3932	43N4306	462	175.250	5	27 D	H	O
	HRT1	DU	SIPACA	017E5150	42N4850	440	583.250	35	10 D	H	N
	HRT1	DU	SIPAN LUKA	017E5425	42N4250	126	567.250	33	13 D	H	N
	HRT1	SI	SIVERIC	016E1235	43N4400	453	703.250	50	14,8 D	H	N
	HRT1	KA	SKAKAVAC	015E4741	45N2743	248	591.250	36	14 D	H	N
	HRT1	SI	SKRADIN	015E5608	43N4830	120	711.250	51	6 D	H	O
	HRT1	SB	SLAVONSKI BROD	017E5946	45N1149	266	203.250	9	30 D	H	O
	HRT1	ST	SLIME / SESTANOVAC	016E5342	43N2546	260	519.250	27	11,6 D	H	O
	HRT1	ZG	SLJEME	015E5710	45N5359	1035	203.250	9	50 D	H	O
	HRT1	ZG	SMEROVISCE	015E3848	45N4702	260	639.250	42	6,5 D	V	O
	HRT1	DU	SMOKVICA	016E5549	42N5553	123	535.250	29	10 D	H	N
	HRT1	ZD	SOLINE	014E5300	44N0810	45	655,25	44	20,4 D	H	O
	HRT1	ZD	SRB	016E0550	44N1740	1060	210.250	10	20,8 D	H	O
	HRT1	DU	SRDJ	018E0655	42N3900	412	182.250	6	47 D	H	O
	HRT1	ZD	STARIGRAD	015E2640	44N1500	270	175.250	5	17,8 D	H	O
	HRT1	GS	STIPANOV GRIC	015E2658	44N4634	1234	224.250	12	30 D	H	O
	HRT1	DU	STON	017E4120	42N5010	19	217.250	11	8 D	H	O
	HRT1	KR	STRAZA	015E4214	46N1304	413	224.250	12	26 D	H	O
	HRT1	CK	STRIGOVA	016E1726	46N2942	300	655.250	44	13 N	H	O
	HRT1	SI	STRMICA	016E1550	44N1030	440	519.250	27	17 D	H	N
	HRT1	KR	STUBICA	016E0239	45N5911	396	479.250	22	20 D	H	N
	HRT1	RI	STUDENA	014E2400	45N2534	583	527,25	28	7 D	H	N
	HRT1	ST	STUDENCI	017E0235	43N3140	710	583.250	35	10 D	H	N
	HRT1	VT	SUHOPOLJE	017E3341	45N4542	233	543.250	30	20 D	H	N
	HRT1	ZD	SUVAJA	016E0614	44N2500	679	189.250	7	16,5 N	H	O
	HRT1	DU	SVILILJA	018E2326	42N2957	561	607.250	38	34 D	H	O
	HRT1	PA	SV.LOVREC	013E4500	45N1037	200	679.250	47	10 D	H	N
	HRT1	ZG	SVETA GERA	015E1923	45N4537	1171	703.250	50	37 D	H	O
	HRT1	ZG	SVETA NEDELJA	015E4610	45N4718	302	711.250	51	37 D	H	O

	HRT1	CK	SVETI MARTIN	016E2314	46N3003	280	663.250	45	20 D	H	O
	HRT1	VZ	SVIBOVEC	016E2900	46N1245	215	575.250	34	7 D	H	O
	HRT1	RI	SVILNO	014E2829	45N2044	300	511.250	26	4 D	H	O
	HRT1	SI	TJESNO	015E4023	43N4755	114	511.250	26	10 D	H	N
	HRT1	SK	TOPUSKO	015E5942	45N1655	151	695.25	49	11,9 D	H	N
	HRT1	KA	TOUNJ	015E2027	45N1535	260	567.250	33	10 D	H	O
	HRT1	PA	TRGET	014E0400	45N0037	140	631.250	41	20 D	H	O
	HRT1	DU	TRN-MIHALJ	017E2954	43N0002	2	495.250	24	20 D	H	O
	HRT1	ST	TROGIR 2	016E1244	43N3047	30	471.250	21	17,8 D	H	O
	HRT1	RI	TRSCE	014E3839	45N3439	922	719.250	52	14,8 D	H	O
	HRT1	DU	TRSTENIK	017E2415	42N5514	115	196.250	8	4 D	H	O
	HRT1	KA	TURKE	014E4526	45N3058	255	695.250	49	6,3 D	H	N
	HRT1	PA	UCKA	014E1229	45N1716	1387	217.250	11	50 N	H	O
	HRT1	ZD	UGLJAN	015E0950	44N0419	267	711.250	51	37 D	H	O
	HRT1	ST	UGLJANE	016E4420	43N3440	431	599.250	37	13 D	H	N
	HRT1	DU	ULIJENJE	017E2858	42N5338	418	224.250	12	27,8 D	H	O
	HRT1	SK	UNCANI	016E2542	45N0748	115	471.250	21	32,6 D	H	O
	HRT1	RI	UNIJE	014E1514	44N3829	103	495.250	24	7 D	H	O
	HRT1	VZ	VARAZDINSKE TOPL.	016E2514	46N1210	250	559.250	32	20 D	H	O
	HRT1	GS	VELEB-PLJESIVICA	014E5950	44N4940	1653	575.250	34	34 D	H	O
	HRT1	DU	VELIKA PETKA	018E0439	42N3859	190	196.250	8	27 D	H	O
	HRT1	VT	VIROVITICA	017E2325	45N5011	122	639.250	42	33 D	H	O
	HRT1	ST	VIS	016E0700	43N0200	587	711.250	51	53 D	H	N
	HRT1	SK	VLAOVIC	016E1600	45N1900	280	487.250	23	10 D	H	N
	HRT1	VT	VOCIN 1	017E3321	45N3737	260	495.250	24	5,7 D	H	O
	HRT1	SI	VODICE	014E0446	45N2900	930	591.250	36	14,8 D	H	N
	HRT1	ZG	VRAPCE	015E5348	45N4942	240	631.250	41	10 N	H	N
	HRT1	ST	VRGORAC GOMILA	017E2410	43N1130	470	471.250	21	30 N	H	O
	HRT1	ST	VRGORAC POLJE	017E2012	43N1127	81	759.250	57	14,8 D	H	O
	HRT1	ST	VRLIKA	016E2722	43N5454	489	217.250	11	17 D	H	O
	HRT1	PA	VRSAR	013E3617	45N0845	35	487.250	23	27 D	H	O
	HRT1	DU	VRUGICA	017E1518	42N5946	320	182.250	6	5 D	H	O
	HRT1	RI	VUCINICI	015E0300	45N2447	600	719.250	52	20,8 D	H	O
	HRT1	ZG	VUGROVEC	016E0635	45N5329	304	479.250	22	11,8 D	H	O
	HRT1	SI	ZABORICI 1	015E5713	43N3921	60	519.250	27	20 D	H	O
	HRT1	ST	ZADVARJE	016E5245	43N2439	588	471.250	21	30 D	H	O

	HRT1	ZG	ZAGREB-TV DOM	015E5847	45N4736	114	695.250	49	30	N	H	O
	HRT1	RI	ZEJANE	014E1151	45N2632	610	551.250	31	6	D	H	O
	HRT1	SB	ZLATAROVAC	018E1544	45N1612	218	503.250	25	40	D	H	O
	HRT1	RI	ZORETICI	014E2546	45N2351	298	583.25	35	3	D	H	O
	HRT1	DU	ZULJANA	017E2733	42N5303	100	647.250	43	23,8	D	H	O
	HRT1	VU	ZUPANJA	018E4130	45N0424	86	695.250	49	37	D	H	O
	HRT1	ZD	ZVONIGRAD	016E0415	44N0836	380	495.250	24	13	D	H	N
	HRT2	SK	AUGUSTANOVEC	015E5918	45N2745	180	687.250	48	13	D	H	N
	HRT2	RI	BAKAR	014E3623	45N1542	301	663.250	45	20	D	H	O
	HRT2	PA	BALE	013E4755	45N0248	190	495.250	24	10	D	H	N
	HRT2	RI	BARBAT 1	014E4827	44N4420	40	679.250	47	27	D	H	O
	HRT2	RI	BASC.DRAGA	014E4336	44N5848	118	663.250	45	10	D	H	N
	HRT2	OS	BELJE	018E4147	45N4747	241	607.250	38	57	D	H	O
	HRT2	ZD	BENKOVAC	015E3651	44N0202	201	663.250	45	2	D	H	O
	HRT2	ZD	BIOGRAD	015E2515	43N5852	139	655.250	44	30	N	H	N
	HRT2	ST	BIOKOVO	017E0332	43N2031	1762	631.250	41	60	N	H	O
	HRT2	SB	BJELANOVAC	017E1216	45N2024	322	607.250	38	14,8	D	H	N
	HRT2	KA	BJELOLASICA	015E0128	45N1520	619	567.250	33	13	D	H	O
	HRT2	DU	BLATO-KORCULA	016E4750	42N5630	240	743.250	55	20	D	H	O
	HRT2	RI	BLAZEVC	015E0428	45N2903	221	495.250	24	3	D	H	O
	HRT2	SB	BOGICEVCI / RATKOVAC	017E1422	45N1532	140	511.250	26	27	D	H	O
	HRT2	ST	BOL	016E3600	43N1135	111	695.250	49	29	D	H	N
	HRT2	KC	BOLFAN	016E4138	46N1403	152	471.250	21	33	D	H	O
	HRT2	VU	BORINCI ex. LISKE	018E4446	45N1813	105	655,25	44	54,8	N	H	O
	HRT2	ST	BRAC	016E3727	43N1646	778	535.250	29	40	D	H	O
	HRT2	VZ	BREZJE	016E0748	46N2302	197	575.250	34	29	D	V	O
	HRT2	KR	BREZOVICA	015E5037	46N1110	534	679.250	47	27	N	H	O
	HRT2	RI	BRIBIR	014E4519	45N1035	300	663.250	45	20	D	H	O
	HRT2	GS	BRINJE	015E0648	45N0119	710	607.250	38	20	D	H	O
	HRT2	RI	BROD NA KUPI	014E5035	45N2705	779	727.250	53	14,8	D	H	N
	HRT2	SB	BRODSKI STUPNIK	017E4857	45N0954	95	527.250	28	29	D	H	O
	HRT2	ST	BRSTANOVO	016E3340	43N4025	496	607.250	38	10	D	H	N
	HRT2	ST	BRSTANOVO	016E3340	43N4025	496	695.250	49	10	D	H	N
	HRT2	GS	BRUSANE	015E2000	44N2900	634	655.250	44	13	D	H	N

	HRT2	SB	BUCJE	017E4705	45N1332	160	615.250	39	31,8	D	H	O
	HRT2	PA	BUJE	013E4008	45N2426	200	495.250	24	27	N	H	O
	HRT2	RI	BUKOV VRH	014E5709	45N2508	640	711,25	51	3	D	H	N
	HRT2	KA	BUKOVAC	015E1025	45N1800	555	703.250	50	7	D	H	N
	HRT2	GS	BUNIC	015E3700	44N4000	700	591.250	36	17	D	H	N
	HRT2	PA	BUZET	013E5822	45N2424	151	583.250	35	7,8	D	H	O
	HRT2	RI	CABAR	014E3835	45N3558	718	567.250	33	16,2	D	H	O
	HRT2	PZ	CAGLIC	017E1000	45N2400	242	615.250	39	17	N	H	N
	HRT2	DU	CAVTAT 1	018E1330	42N3440	80	775.250	59	6	D	H	O
	HRT2	ZD	CELEVAC	015E4724	44N1536	1207	551.250	31	60	D	H	O
	HRT2	DU	CEPIKUCE	017E5020	42N5010	420	543.250	30	21,8	D	H	N
	HRT2	KA	CETINGRAD	015E4446	45N1002	275	519.250	27	10	D	H	O
	HRT2	RI	CRES	014E2551	44N5453	320	487.250	23	23	D	H	O
	HRT2	ZG	CUCERJE	016E0349	45N5302	285	591.250	36	10	D	H	O
	HRT2	GS	DABAR	015E1847	44N5719	540	615,25	39	10	N	H	N
	HRT2	RI	DELNICE	014E4917	45N2207	1021	695.250	49	17	D	H	O
	HRT2	PZ	DEZEVCI	017E3100	45N2200	317	527.250	28	17	D	H	N
	HRT2	ST	DICMO	016E3730	43N3605	430	519.250	27	20	D	H	N
	HRT2	ZD	DINJISKA	015E1104	44N2124	15	519.250	27	20	D	H	O
	HRT2	KC	DJURDJEVAC	017E0000	46N0100	193	543.250	30	30	D	H	O
	HRT2	GS	DOLJANI	016E0638	44N2809	773	703.250	50	19	D	H	O
	HRT2	RI	DONJA KLADA	014E5318	44N4854	5	751.250	56	3	D	H	O
	HRT2	GS	DONJI LAPAC	015E5814	44N3446	1052	559.250	32	20	D	H	O
	HRT2	VT	DRENOVAC	017E4400	45N3300	250	519.250	27	10	D	H	N
	HRT2	VU	DRENOVCI	018E5440	44N5507	86	711.250	51	40	N	H	O
	HRT2	KA	DREZNICA	015E0604	45N0809	573	511.250	26	18,5	D	H	O
	HRT2	VZ	DUBOVECAKI	015E5933	46N1251	275	543.250	30	6	D	V	O
	HRT2	KA	DUGA RESA	015E3138	45N2647	313	743.250	55	15	D	H	O
	HRT2	ZD	DUGI OTOK	015E0635	43N5830	113	743.250	55	10	D	H	N
	HRT2	ST	DUGO POLJE	016E3707	43N3433	320	607.250	38	23	D	H	O
	HRT2	SK	DVOR NA UNI	016E2235	45N0354	160	639.250	42	27	D	H	O
	HRT2	RI	FARA-H	014E5547	45N2917	622	711.250	51	24,8	D	H	O
	HRT2	RI	FUZINE	014E4447	45N1821	870	783.250	60	24	D	H	O
	HRT2	RI	FUZINE-JEZERO	014E4258	45N1820	730	655.250	44	7	D	H	O
	HRT2	RI	GEROVO	014E4016	45N3211	780	743,25	55	23	D	H	O
	HRT2	VZ	GLOBOEC	016E3858	46N1405	165	735.250	54	3,6	D	H	O

	HRT2	KA	GOJAK	015E1800	45N1832	275	551.250	31	13 D	H	N
	HRT2	RI	GORNJA DOBRA	014E5639	45N2637	500	655.250	44	3 D	H	O
	HRT2	ST	GORNJANI	016E4205	43N3130	500	567.250	33	13 D	H	N
	HRT2	DU	GOVEDJARI	017E2250	42N4635	160	591.250	36	10 D	H	O
	HRT2	ZG	GRDANCI	015E3905	45N4911	330	543.250	30	13 D	H	O
	HRT2	RI	GROBNIK	014E2915	45N2215	388	679.250	47	20 D	H	O
	HRT2	SB	GUNJAVCI	017E2842	45N1612	250	647.250	43	14 D	H	O
	HRT2	SK	GVOZDANSKO	016E1303	45N0825	172	511.250	26	1 D	H	O
	HRT2	RI	HRVATSKO	014E4123	45N3124	405	719.250	52	7 D	H	O
	HRT2	ST	HVAR	016E2716	43N1039	241	615.250	39	27,6 D	H	O
	HRT2	RI	ILOVIK	014E3239	44N2727	77	711.250	51	13 D	H	N
	HRT2	ST	IMOTSKI	017E1323	43N2700	480	519.250	27	30 D	H	O
	HRT2	ZD	IST	014E4544	44N1633	40	631.250	41	7 D	H	O
	HRT2	VZ	IVANSCICA	016E0754	46N1058	1047	623.250	40	55,4 D	V	O
	HRT2	GS	JABLANAC	014E5402	44N4216	47	663.250	45	7 D	H	O
	HRT2	SK	JABUKOVAC	016E1940	45N2006	350	615.250	39	22,6 D	H	N
	HRT2	ZG	JAMNICA	015E5300	45N3623	204	719.250	52	20 D	H	N
	HRT2	KC	KALNIK	016E2742	46N0748	642	647.250	43	40 D	H	O
	HRT2	ZD	KARIN	015E3537	44N0924	80	487.250	23	20 D	H	O
	HRT2	ZG	KASINA	016E0749	45N5508	285	607.250	38	20 D	H	O
	HRT2	RI	KLANA	014E2255	45N2647	580	695.250	49	7 D	H	O
	HRT2	KR	KLANJEC	015E4421	46N0330	509	759.250	57	27 D	H	O
	HRT2	KR	KLANJEC 2	015E4442	46N0316	356	783.250	60	4,6 D	H	N
	HRT2	ST	KLIS	016E3150	43N3330	360	767.250	58	10 D	H	O
	HRT2	ZD	KNIN 1	016E1215	44N0120	346	655.250	44	25 D	H	O
	HRT2	SK	KOMOGOVINA	016E2900	45N1800	270	655.250	44	17 N	H	N
	HRT2	DU	KOMOLAC	018E0830	42N4010	100	591.250	36	13 D	H	O
	HRT2	KC	KOPRIVNICA-GRAD	016E5026	46N1114	135	599.250	37	31,8 D	H	O
	HRT2	DU	KORCULA	017E0812	42N5730	91	471.250	21	20 D	H	O
	HRT2	PA	KOROMACNO	014E0335	44N5836	140	591.250	36	20 D	H	O
	HRT2	GS	KOSINJ	015E1557	44N4207	747	743.250	55	20 D	H	N
	HRT2	SK	KOSTAJNICA	016E3312	45N1334	216	647.250	43	30 D	H	O
	HRT2	KR	KRAPINA	015E5218	46N1002	196	727.250	53	3 D	H	O
	HRT2	GS	KRBAVICA	015E3826	44N4140	827	639.250	42	4,8 D	H	N
	HRT2	GS	KRIVI PUT	014E5936	45N0240	1080	759.250	57	20 D	H	N
	HRT2	RI	KRK-GRAD	014E3514	45N0133	10	583,25	35	10 D	H	N

	HRT2	KA	KRNJAK	015E3900	45N2000	247	567.250	33	7 D	H	N
	HRT2	DU	KRUCICA	017E5120	42N4716	40	639.25	42	20 D	V	O
	HRT2	KR	KUMROVEC	015E4123	46N0440	212	783.250	60	3 D	H	N
	HRT2	DU	KUNA	017E2122	42N5823	360	647.250	43	6 D	H	O
	HRT2	RI	KUPJACKI VRH	014E5216	45N2542	998	743.250	55	30 N	H	O
	HRT2	RI	KUZELJ-H	014E4932	45N2749	530	735.250	54	14,8 D	H	O
	HRT2	ST	LABISTICA	016E1312	43N3440	700	487.250	23	57 D	H	O
	HRT2	DU	LASTOVO	016E5155	42N4506	417	775.250	59	40 D	H	O
	HRT2	RI	LEDENICE	014E5100	45N0900	580	591.250	36	10 D	H	N
	HRT2	GS	LESCE	015E1900	44N4900	470	663.250	45	13 D	H	N
	HRT2	OS	LEVANJ.VAROS	018E1030	45N1727	205	687.250	48	17 D	H	O
	HRT2	RI	LIC	014E4416	45N1728	710	551.250	31	10 D	H	O
	HRT2	ZD	LICKA KALDRMA	016E1146	44N1907	890	519.250	27	11,8 D	H	O
	HRT2	GS	LICKI OSIK	015E2400	44N3700	683	655.250	44	13 D	H	N
	HRT2	GS	LICKO PETROVO SELO	015E4330	44N5308	528	567.250	33	17 D	H	O
	HRT2	KA	LIPA	015E2600	45N2500	238	599.250	37	7 D	H	N
	HRT2	ZG	LIPOVEC	015E3755	45N4538	592	711.250	51	3 D	H	O
	HRT2	VT	LISICINA	017E3100	45N4000	253	671.250	46	23 N	H	N
	HRT2	VU	LISKE	019E2300	45N1000	277	655.250	44	54,8 D	H	N
	HRT2	RI	LIVIC DRAGA	014E3725	45N2923	972	591.250	36	10 D	H	N
	HRT2	RI	LOKVICA	014E5746	45N2753	585	679.250	47	24,2 D	H	O
	HRT2	DU	LOPUD-TRSTENO	017E5707	42N4136	170	679.250	47	22 D	H	O
	HRT2	GS	LOVINAC	015E4223	44N2227	770	527.250	28	13 D	H	N
	HRT2	KR	LUKA POLJANSKA	015E3700	46N0929	200	783.250	60	2,3 D	H	N
	HRT2	RI	LUKOVOL	015E0828	45N2439	590	759.250	57	20,8 D	H	O
	HRT2	VZ	LUZAN BISKUPECKI	016E2121	46N1336	245	727.250	53	6,5 D	H	O
	HRT2	SK	LJESKOVAC	016E1543	45N1050	460	655.250	44	7 D	H	N
	HRT2	DU	LJUBAC	018E0150	42N4255	207	639.250	42	10 D	H	N
	HRT2	SI	LJUBEC	016E2100	43N3900	600	535.250	29	17 N	H	N
	HRT2	DU	MAJKOVI	017E5510	42N4530	381	743.250	55	16 D	H	O
	HRT2	ST	MAKIRINA	016E3708	43N3008	684	775.250	59	27,8 D	H	O
	HRT2	SI	MALA GRADINA	015E4315	43N5350	279	615.250	39	14,8 D	H	N
	HRT2	RI	MALI LOSINJ	014E2916	44N3118	171	727.25	53	42 D	H	O
	HRT2	GS	MALJEN	015E1145	45N0250	682	631.250	41	26 D	H	O
	HRT2	OS	MANDICEVAC	018E1416	45N2216	231	623.250	40	37 D	H	O
	HRT2	ST	MAOVICE	016E2600	43N5255	680	647.250	43	17 D	H	N

	HRT2	DU	MARANOVICI	017E4038	42N4255	320	217.250	11	17 D	V	O
	HRT2	RI	MARTINSCICA	014E2039	44N4850	17	210.250	10	29 D	H	O
	HRT2	ZD	MATAS	016E1614	44N1020	485	751.250	56	13 D	H	N
	HRT2	ZD	MAZIN	015E5836	44N2824	905	615.250	39	10 D	H	N
	HRT2	GS	MEDAK	015E3130	44N2640	697	511.250	26	13 D	H	N
	HRT2	DU	METKOVIC	017E3932	43N0301	100	727.250	53	24,8 D	H	O
	HRT2	ST	MILNA-BRAC	016E2658	43N1931	25	647.250	43	7 D	H	O
	HRT2	RI	MIRKOVICA	015E0201	45N1821	1283	647.250	43	57 D	H	O
	HRT2	DU	MOLUNAT	018E2540	42N2813	299	495.250	24	20 D	H	O
	HRT2	SK	MOSLAVACKA GORA	016E4533	45N3708	485	575.250	34	54,8 N	H	O
	HRT2	PA	MOTOVUN	013E4955	45N2013	277	551.250	31	20 N	H	N
	HRT2	RI	MRKOPALJ	014E5350	45N1822	1163	591.250	36	14,8 D	H	O
	HRT2	ST	MUC	016E2851	43N4037	705	695.250	49	15 D	H	O
	HRT2	RI	MUNE	014E1144	45N2737	801	559.250	32	17 D	H	N
	HRT2	RI	MUNE 1	014E1017	45N2722	640	687.250	48	6 D	H	O
	HRT2	SI	MURTER	015E3614	43N4815	110	527.250	28	30 D	H	O
	HRT2	KA	MUSULINSKI POTOK	015E0836	45N1450	597	567.250	33	5 D	H	N
	HRT2	ZD	NEBLJUSI	015E5635	44N3910	750	687.250	48	3 D	H	N
	HRT2	SB	NOVA GRADISKA	017E2255	45N1624	241	639.250	42	20 D	H	O
	HRT2	GS	NOVALJA	014E5315	44N3303	2	631.250	41	28,5 D	H	O
	HRT2	ZD	NOVIGRAD DALMA	015E3309	44N1050	40	503.250	25	10 D	H	O
	HRT2	ZD	OBROVAC 1	015E4024	44N1200	100	575.250	34	20 D	H	O
	HRT2	KA	OGULIN	015E1554	45N1549	458	543.250	30	29 D	H	O
	HRT2	ST	OMIS 1	016E4250	43N2604	220	599.250	37	7 D	H	O
	HRT2	PA	OPRTALJ	013E4937	45N2253	378	727.250	53	17 D	H	N
	HRT2	VT	ORAHOVICA	017E5648	45N3100	210	639.250	42	17 D	H	N
	HRT2	SB	ORIOVAC	017E4515	45N0916	89	503.250	25	24,8 D	H	O
	HRT2	RI	ORLJAK	014E1712	45N2129	706	575.250	34	17 D	H	N
	HRT2	OS	OSIJEK	018E3545	45N3400	92	487.250	23	29 N	H	O
	HRT2	GS	OTES	015E1702	44N3723	745	607.250	38	23 D	H	O
	HRT2	GS	OTOCAC	015E1451	44N5158	532	591.250	36	27 D	H	O
	HRT2	SI	PADJANE	016E0700	44N0520	500	639.250	42	13 D	H	N
	HRT2	ZD	PAG	015E0441	44N2655	263	583.250	35	31,3 D	H	O
	HRT2	PZ	PAKRAC	017E1222	45N2738	240	679.250	47	20,8 D	H	O
	HRT2	VT	PAPUK	017E5105	45N2901	789	751.250	56	57 D	H	O
	HRT2	PA	PAZIN	013E5651	45N1341	462	591.250	36	5 D	H	O

	HRT2	DU	PELJESAC 1	017E2159	42N5749	713	607.250	38	37 D	H	O
	HRT2	SI	PERKOVIC	016E0742	43N4108	245	599.250	37	19 D	H	O
	HRT2	SK	PETROVA GORA	015E4836	45N1900	507	623.250	40	21 D	H	O
	HRT2	VT	PISTANCI	017E5148	45N3159	288	583.250	35	10 D	H	N
	HRT2	VT	PITOMACA	017E1221	45N5301	262	655.250	44	20 D	H	O
	HRT2	ZG	PLANINA	016E0518	45N5548	370	687.250	48	7 D	H	O
	HRT2	RI	PLATAK	014E3520	45N2630	1500	759.250	57	27 D	H	N
	HRT2	SI	PLAVNO	016E0900	44N0835	520	687.250	48	20,8 D	H	N
	HRT2	ZG	PLESIVICA	015E3955	45N4410	680	639.250	42	13 D	H	N
	HRT2	SI	PLISIVICA	016E1700	43N4115	548	655.250	44	17 D	H	N
	HRT2	GS	PLIT.LJESKOVAC	015E3600	44N5100	750	615.250	39	3 D	H	N
	HRT2	DU	PLOCE-SV.IVAN	018E0811	42N3800	15	599.250	37	22,4 D	H	O
	HRT2	DU	PLOCICE	018E2522	42N2932	350	671.250	46	2 D	H	O
	HRT2	PA	PLOMIN	014E0850	45N0900	200	767.250	58	32 D	H	O
	HRT2	PA	PLOVANJIA	013E3736	45N2728	150	639.250	42	20 D	H	O
	HRT2	GS	PLJESIVICA H	015E4540	44N4704	1552	727.250	53	54,8 D	H	O
	HRT2	VT	PODR.SLATINA 1	017E4232	45N4237	118	679.250	47	17 D	H	O
	HRT2	ZG	POKUPSKO	016E0000	45N2900	204	639.250	42	10 D	H	N
	HRT2	ST	POLJICA 1	016E3600	43N2945	300	583.250	35	10 D	H	N
	HRT2	ST	POLJICA 2	017E0700	43N2525	600	551.250	31	19 D	H	N
	HRT2	RI	POLJICE	014E5140	45N2043	998	695.250	49	7 D	H	O
	HRT2	RI	PREZID	014E3550	45N3749	916	487.250	23	19 D	H	O
	HRT2	ST	PRIMORSKI DOLAC	016E1055	43N3816	215	623.250	40	20 D	H	O
	HRT2	SI	PRIMOSTEN	015E5558	43N3420	170	583.250	35	27,4 D	H	O
	HRT2	SI	PRLJEVO	016E0615	44N0920	600	583.250	35	10 D	H	N
	HRT2	SI	PROMINA	016E1029	43N5528	1148	775.250	59	37 N	H	O
	HRT2	SI	PRVIC	015E4800	43N4345	79	599.250	37	13 D	H	N
	HRT2	SB	PSUNJ	017E2014	45N2309	984	703.250	50	60 N	H	O
	HRT2	PA	PULA	013E5117	44N5336	52	511.250	26	30 D	H	O
	HRT2	RI	PUNTA KRIZA	014E3005	44N3957	76	751.250	56	10 D	H	N
	HRT2	RI	RAB 2	014E4500	44N4645	100	495.250	24	29 D	H	O
	HRT2	PA	RABAC	014E0824	45N0443	250	479.250	22	17 D	H	O
	HRT2	SB	RAJIC	017E0554	45N1731	100	583.250	35	33,6 D	H	O
	HRT2	PA	RASA	014E0559	45N0503	200	679.250	47	14,8 D	H	O
	HRT2	RI	RAVNA GORA	014E5718	45N2313	1012	551.250	31	20 D	H	O
	HRT2	RI	RAZOMIR	014E4048	45N1433	789	743.250	55	40 D	H	O

HRT2	ZD	RAZVRSJE	015E0000	44N0430	100	583.250	35	13 D	H	N
HRT2	SI	ROGOZNICA	015E5832	43N3119	69	655.250	44	21 D	H	O
HRT2	PA	ROVINJ	013E3841	45N0456	19	695.250	49	17 N	H	O
HRT2	SK	RUJEVAC	016E1600	45N0700	241	735.250	54	23 D	H	N
HRT2	SI	RUPE	015E5621	43N5342	204	647.250	43	22 D	H	O
HRT2	PZ	RUSEVO	018E0004	45N1815	220	583.250	35	5,6 D	H	O
HRT2	VU	SARENGRAD	019E1321	45N1339	100	575.250	34	17 D	H	O
HRT2	ZG	SESTINE	015E5717	45N5110	300	759.250	57	14 D	H	O
HRT2	SI	SIBENIK 1	015E5356	43N4423	116	695.250	49	30 N	H	O
HRT2	SI	SIBENIK 2	015E5233	43N4406	52	719.250	52	20 D	H	O
HRT2	ST	SINJ	016E3932	43N4306	462	535.250	29	30 D	H	O
HRT2	DU	SIPACA	017E5150	42N4850	440	607.250	38	10 D	H	N
HRT2	DU	SIPANLUKA	017E5425	42N4250	126	591.250	36	13 D	H	N
HRT2	SI	SIVERIC	016E1235	43N4400	453	751.250	56	14,8 D	H	N
HRT2	KA	SKAKAVAC	015E4741	45N2743	248	615.250	39	14 D	H	N
HRT2	SI	SKRADIN	015E5608	43N4830	120	735.250	54	6 D	H	O
HRT2	VZ	SLANJE	016E3333	46N1402	185	655.250	44	10 D	H	O
HRT2	SB	SLAVONSKI BROD	017E5946	45N1149	266	639.250	42	37 D	H	O
HRT2	ST	SLIME / SESTANOVAC	016E5342	43N2546	260	583.250	35	11,6 D	H	O
HRT2	KA	SLUNJ	015E3500	45N0500	471	751.250	56	10 D	H	N
HRT2	ZG	SLJEME	015E5710	45N5359	1035	527.250	28	60 D	H	O
HRT2	ZG	SMEROVISCE	015E3848	45N4702	260	663.250	45	6,5 D	V	O
HRT2	DU	SMOKVICA	016E5549	42N5553	123	583.250	35	10 D	H	N
HRT2	ZD	SOLINE	014E5300	44N0810	45	631,25	41	20,4 D	H	O
HRT2	ZG	SOSICE 1	015E2318	45N4451	570	719.250	52	3 D	H	O
HRT2	ZD	SRB	016E0550	44N1740	1060	599.250	37	27 D	H	O
HRT2	DU	SRDJ	018E0655	42N3900	412	527.250	28	54 D	H	O
HRT2	RI	STARABASKA 1	014E4139	44N5709	8	511.250	26	7 D	H	O
HRT2	ZD	STARIGRAD	015E2640	44N1500	270	631.250	41	20,8 D	H	O
HRT2	GS	STIPANOV GRIC	015E2658	44N4634	1234	495.250	24	40 D	H	O
HRT2	DU	STON	017E4120	42N5010	19	727.250	53	10 D	H	O
HRT2	KR	STRAZA	015E4214	46N1304	413	543.250	30	29 D	H	O
HRT2	CK	STRIGOVA	016E1726	46N2942	300	687.250	48	13 N	H	O
HRT2	SI	STRMICA	016E1550	44N1030	440	575.250	34	17 D	H	N
HRT2	KR	STUBICA	016E0239	45N5911	396	687.250	48	20 D	H	N
HRT2	RI	STUDENA	014E2400	45N2534	583	607,25	38	7 D	H	N

HRT2	ST	STUDENCI	017E0235	43N3140	710	607.250	38	10 D	H	N
HRT2	VT	SUHOVOLJE	017E3341	45N4542	233	591.250	36	20 D	H	N
HRT2	DU	SUSTJEPAN	018E0551	42N4028	17	567.250	33	13 D	H	O
HRT2	ZD	SUVAJA	016E0614	44N2500	679	503.250	25	16,5 N	H	O
HRT2	DU	SVILJAJA	018E2326	42N2957	561	631.250	41	34 D	H	O
HRT2	PA	SV.LOVREC	013E4500	45N1037	200	703.250	50	10 D	H	N
HRT2	RI	SV.PETAR	014E2114	45N0510	200	679.250	47	10 D	H	N
HRT2	ZG	SVETA GERA	015E1923	45N4537	1171	767.250	58	37 D	H	O
HRT2	ZG	SVETA NEDELJA	015E4610	45N4718	302	615.250	39	37 D	H	O
HRT2	CK	SVETI MARTIN	016E2314	46N3003	280	679.250	47	20 D	H	O
HRT2	VZ	SVIBOVEC	016E2900	46N1245	215	639.250	42	7 D	H	O
HRT2	RI	SVILNO	014E2829	45N2044	300	639.250	42	4 D	H	O
HRT2	SI	TJESNO	015E4023	43N4755	114	583.250	35	10 D	H	N
HRT2	KA	TOUNJ	015E2027	45N1535	260	591.250	36	10 D	H	O
HRT2	PA	TRGET	014E0400	45N0037	140	695.250	49	20 D	H	O
HRT2	DU	TRN-MIHALJ	017E2954	43N0002	2	519.250	27	20 D	H	O
HRT2	ST	TROGIR 2	016E1244	43N3047	30	599.250	37	17,8 D	H	O
HRT2	RI	TRSCE	014E3839	45N3439	922	775.250	59	14,8 D	H	O
HRT2	KA	TURKE	014E4526	45N3058	255	719.250	52	6,3 D	H	N
HRT2	DU	UBLI	016E4941	42N4442	20	591.250	36	6 D	H	O
HRT2	PA	UCKA	014E1229	45N1716	1387	535.250	29	60 N	H	O
HRT2	ZD	UGLJAN	015E0950	44N0419	267	759.250	57	37 D	H	O
HRT2	ST	UGLJANE	016E4420	43N3440	431	687.250	48	13 D	H	N
HRT2	DU	ULIJENJE	017E2858	42N5338	418	583.250	35	37 D	H	O
HRT2	PA	UMAG	013E3451	45N2620	76	559.250	32	27 D	H	O
HRT2	SK	UNCANI	016E2542	45N0748	115	591.250	36	32,6 D	H	O
HRT2	RI	UNIJE	014E1514	44N3829	103	519.250	27	7 D	H	O
HRT2	VZ	VARAZDINSKE TOPL.	016E2514	46N1210	250	727.250	53	20 D	H	O
HRT2	DU	VELA LUKA	016E4235	42N5820	140	535.250	29	13 D	H	O
HRT2	GS	VELEB.PLJESNICA	014E5950	44N4940	1653	655.250	44	34 D	H	O
HRT2	DU	VELEC	017E4341	42N5256	335	647.250	43	30 D	H	O
HRT2	DU	VELIKA PETKA	018E0439	42N3859	190	663.250	45	30 D	H	O
HRT2	VT	VIROVITICA	017E2325	45N5011	122	663.250	45	33 D	H	O
HRT2	ST	VIS 1	016E1118	43N0314	270	743.25	55	20 D	H	O
HRT2	KA	VITUNJ	015E0903	45N1719	370	615.250	39	6 D	H	N
HRT2	SK	VLAOVIC	016E1600	45N1900	280	511.250	26	10 D	H	N

HRT3	VU	BORINCI ex. LISKE	018E4446	45N1813	105	591,25	36	54,8	N	H	O
HRT3	ST	BRAC	016E3727	43N1646	778	727.250	53	40	D	H	O
HRT3	VZ	BREZJE	016E0748	46N2302	197	799.250	62	29	D	V	O
HRT3	KR	BREZOVICA	015E5037	46N1110	534	735.250	54	27	N	H	O
HRT3	RI	BRGUD	014E1902	45N2512	410	815.250	64	10	D	H	O
HRT3	RI	BRIBIR	014E4519	45N1035	300	679.250	47	20	D	H	O
HRT3	PA	BRIJUNI	013E4553	44N5452	55	743.250	55	21,8	D	V	N
HRT3	GS	BRINJE	015E0648	45N0119	710	543.250	30	24,8	D	H	O
HRT3	GS	BRLOG	015E0930	44N5548	630	479.250	22	10	D	H	N
HRT3	RI	BROD NA KUPI	014E5035	45N2705	779	751.250	56	14,8	D	H	N
HRT3	SI	BRODARICA	015E5320	43N4149	10	591.250	36	24	D	H	O
HRT3	SB	BRODSKI STUPNIK	017E4857	45N0954	95	655.250	44	29	D	H	O
HRT3	SB	BUCJE	017E4705	45N1332	160	663.250	45	31,8	D	H	O
HRT3	PA	BLUJE	013E4008	45N2426	200	751.250	56	27	N	H	O
HRT3	RI	BUKOV VRH	014E5709	45N2508	640	655,25	44	3	D	H	N
HRT3	PA	BUZET	013E5822	45N2424	151	647.250	43	7,8	D	H	O
HRT3	RI	CABAR	014E3835	45N3558	718	591.250	36	16,2	D	H	O
HRT3	DU	CAVTAT 1	018E1330	42N3440	80	703.250	50	6	D	H	O
HRT3	ZD	CELEVAC	015E4724	44N1536	1207	471.250	21	60	D	H	O
HRT3	DU	CEPIKUCE	017E5020	42N5010	420	567.250	33	21,8	D	H	N
HRT3	RI	CRES	014E2551	44N5453	320	599.250	37	23	D	H	O
HRT3	RI	CRNI LUG	014E4150	45N2610	810	175.250	5	14	D	H	O
HRT3	ZG	CUCERJE	016E0349	45N5302	285	639.250	42	10	D	H	O
HRT3	ZD	DINJSKA	015E1104	44N2124	15	727.250	53	20	D	H	O
HRT3	KC	DJURDJEVAC	017E0000	46N0100	193	631.250	41	30	D	H	O
HRT3	GS	DOLJANI	016E0638	44N2809	773	775.250	59	19	D	H	O
HRT3	RI	DONJA DOBRA	015E0027	45N2700	650	815.250	64	16	D	H	O
HRT3	RI	DONJA KLADA	014E5318	44N4854	5	775.250	59	3	D	H	O
HRT3	GS	DONJI LAPAC	015E5814	44N3446	1052	583.250	35	20	D	H	O
HRT3	VU	DRENOVCI	018E5440	44N5507	86	519.250	27	37	N	H	O
HRT3	KA	DREZNICA	015E0604	45N0809	573	711.250	51	18,5	D	H	O
HRT3	SI	DRNIS	016E1010	43N5025	420	831.250	66	24	D	H	N
HRT3	VZ	DUBOVECAKI	015E5933	46N1251	275	607.250	38	6	D	V	O
HRT3	KA	DUGA RESA	015E3138	45N2647	313	767.250	58	15	D	H	O
HRT3	ZD	DUGI OTOK	015E0635	43N5830	113	767.250	58	10	D	H	N
HRT3	ST	DUGO POLJE	016E3707	43N3433	320	679.250	47	23	D	H	O

HRT3	RI	FARA-H	014E5547	45N2917	622	615.250	39	24,8	D	H	O
HRT3	ZD	FRKASIC	015E4618	44N4258	732	663.250	45	10	D	H	N
HRT3	RI	FUZINE	014E4447	45N1821	870	695.250	49	24	D	H	O
HRT3	RI	FUZINE-JEZERO	014E4258	45N1820	730	807.250	63	7	D	H	O
HRT3	RI	GEROVO	014E4016	45N3211	780	703.250	50	23	D	H	O
HRT3	VZ	GLOBOCEC	016E3858	46N1405	165	767.250	58	3,6	D	H	O
HRT3	KA	GOJAK	015E1800	45N1832	275	575.250	34	13	D	H	N
HRT3	RI	GORNJA DOBRA	014E5639	45N2637	500	719.250	52	3	D	H	O
HRT3	ST	GORNJANI	016E4205	43N3130	500	591.250	36	13	D	H	N
HRT3	DU	GOVEDJARI	017E2250	42N4635	160	719.250	52	10	D	H	O
HRT3	ZG	GRDANCI	015E3905	45N4911	330	567.250	33	13	D	H	O
HRT3	RI	GROBNIK	014E2915	45N2215	388	727.250	53	20	D	H	O
HRT3	DU	GRUDA	018E2326	42N2957	561	783.250	60	34	D	H	O
HRT3	ST	HVAR	016E2716	43N1039	241	551.250	31	27,6	D	H	O
HRT3	ST	HVAR 2	016E2654	43N0943	37	815.250	64	19,7	D	H	N
HRT3	RI	ILOVIK	014E3239	44N2727	77	759.250	57	13	D	H	N
HRT3	ST	IMOTSKI	017E1323	43N2700	480	583.250	35	30	D	H	O
HRT3	ZD	IST	014E4544	44N1633	40	655.250	44	7	D	H	O
HRT3	VZ	IVANSCICA	016E0754	46N1058	1047	807.250	63	55,4	D	V	O
HRT3	SK	JABUKOVAC	016E1940	45N2006	350	639.250	42	22,6	D	H	N
HRT3	ST	JELSA	016E4203	43N0932	65	759.250	57	6	D	H	O
HRT3	ZD	KARIN	015E3537	44N0924	80	727.250	53	20	D	H	O
HRT3	ZG	KASINA	016E0749	45N5508	285	655.250	44	20	D	H	O
HRT3	SI	KIJEVO	016E2230	43N5805	539	583.250	35	14	D	H	N
HRT3	RI	KLANA	014E2255	45N2647	580	719.250	52	7	D	H	O
HRT3	KR	KLANJEC 2	015E4442	46N0316	356	807.250	63	4,6	D	H	N
HRT3	ZD	KNIN 1	016E1215	44N0120	346	535.250	29	25	D	H	O
HRT3	ZD	KNIN 2	016E1130	44N0258	330	727.250	53	7	D	H	O
HRT3	KC	KOPRIVNICA-GRAD	016E5026	46N1114	135	687.250	48	31,8	D	H	O
HRT3	DU	KORCULA	017E0812	42N5730	91	567.250	33	20	D	H	O
HRT3	PA	KOROMACNO	014E0335	44N5836	140	479.250	22	20	D	H	O
HRT3	GS	KOSINJ	015E1557	44N4207	747	775.250	59	20	D	H	N
HRT3	SK	KOSTAJNICA	016E3312	45N1334	216	551.250	31	30	D	H	O
HRT3	GS	KRIVI PUT	014E5936	45N0240	1080	783.250	60	20	D	H	N
HRT3	RI	KRK-GRAD	014E3514	45N0133	10	791,25	61	17,5	D	H	N
HRT3	DU	KRUCICA	017E5120	42N4716	40	719.250	52	21,8	D	V	O

HRT3	KR	KUMROVEC	015E4123	46N0440	212	807.250	63	3D	H	N
HRT3	DU	KUNA	017E2122	42N5823	360	671.250	46	6D	H	O
HRT3	RI	KUPJACKI VRH	014E5216	45N2542	998	767.250	58	30N	H	O
HRT3	RI	KUZELJ-H	014E4932	45N2749	530	783.250	60	14,8D	H	O
HRT3	ST	LABISTICA	016E1312	43N3440	700	575.250	34	57N	H	O
HRT3	DU	LASTOVO	016E5155	42N4506	417	743.250	55	40D	H	O
HRT3	RI	LIC	014E4416	45N1728	710	495.250	24	10D	H	O
HRT3	KA	LIPA	015E2600	45N2500	238	623.250	40	7D	H	N
HRT3	ZG	LIPOVEC	015E3755	45N4538	592	759.250	57	3D	H	O
HRT3	VU	LISKE	019E2300	45N1000	277	591.250	36	54,8D	H	N
HRT3	RI	LIVIC DRAGA	014E3725	45N2923	972	655.250	44	10D	H	N
HRT3	RI	LOKVE	014E4707	45N2131	971	559.250	32	17D	H	O
HRT3	DU	LOPUD-TRSTENO	017E5707	42N4136	170	647.250	43	22D	H	O
HRT3	RI	LUKOVDOOL	015E0828	45N2439	590	775.250	59	20,8D	H	O
HRT3	VZ	LUZAN BISKUPECKI	016E2121	46N1336	245	767.250	58	6,5D	H	O
HRT3	SI	LJUBEC	016E2100	43N3900	600	583.250	35	17N	H	N
HRT3	DU	MAJKOVI	017E5510	42N4530	381	767.250	58	16D	H	O
HRT3	ST	MAKIRINA	016E3708	43N3008	684	655.250	44	27,8D	H	O
HRT3	SI	MALA GRADINA	015E4315	43N5350	279	727.250	53	14,8D	H	N
HRT3	RI	MALI LOSINJ	014E2916	44N3118	171	591.25	36	42D	H	O
HRT3	GS	MALJEN	015E1145	45N0250	682	695.250	49	26D	H	O
HRT3	OS	MANDICEVAC	018E1416	45N2216	231	487.250	23	37D	H	O
HRT3	ST	MAOVICE	016E2600	43N5255	680	679.250	47	17D	H	N
HRT3	DU	MARANOVICI	017E4038	42N4255	320	647.250	43	20D	V	O
HRT3	RI	MARTINSCICA	014E2039	44N4850	17	224.250	12	29D	H	O
HRT3	ZD	MATAS	016E1614	44N1020	485	783.250	60	13D	H	N
HRT3	ST	MILNA-HVAR	016E2945	43N0943	80	799.250	62	10D	H	O
HRT3	RI	MIRKOVICA	015E0201	45N1821	1283	671.250	46	57D	H	O
HRT3	DU	MOLUNAT	018E2540	42N2813	299	203.250	9	20D	H	O
HRT3	SK	MOSLAVACKA GORA	016E4533	45N3708	485	471.250	21	54,8N	H	O
HRT3	PA	MOTOVLUN	013E4955	45N2013	277	583.250	35	20N	H	N
HRT3	RI	MRKOPALJ	014E5350	45N1822	1163	567.250	33	14,8D	H	O
HRT3	ST	MJC	016E2851	43N4037	705	839.250	67	15D	H	O
HRT3	RI	MUNE 1	014E1017	45N2722	640	759.250	57	6D	H	O
HRT3	SI	MURTER	015E3614	43N4815	110	647.250	43	30D	H	O
HRT3	KA	MUSULINSKI POTOK	015E0836	45N1450	597	631.250	41	5D	H	N

HRT3	ZD	NEBLJUSI	015E5635	44N3910	750	703.250	50	3 D	H	N
HRT3	SB	NOVA GRADISKA	017E2255	45N1624	241	687.250	48	20 D	H	O
HRT3	GS	NOVALJA	014E5315	44N3303	2	695.250	49	28,5 D	H	O
HRT3	ZD	NOVIGRAD DALMA	015E3309	44N1050	40	527.250	28	10 D	H	O
HRT3	ZD	OBROVAC 1	015E4024	44N1200	100	599.250	37	20 D	H	O
HRT3	KA	OGULIN	015E1554	45N1549	458	519.250	27	29 D	H	O
HRT3	ST	OMIS 1	016E4250	43N2604	220	623.250	40	7 D	H	O
HRT3	PA	OPRTALJ	013E4937	45N2253	378	775.250	59	17 D	H	N
HRT3	VT	ORAHOVICA	017E5648	45N3100	210	663.250	45	17 D	H	N
HRT3	SB	ORIOVAC	017E4515	45N0916	89	607.250	38	24,8 D	H	O
HRT3	RI	ORLJAK	014E1712	45N2129	706	719.250	52	17 D	H	N
HRT3	OS	OSIJEK	018E3545	45N3400	92	567.250	33	29 N	H	O
HRT3	GS	OTES	015E1702	44N3723	745	575.250	34	23 D	H	N
HRT3	GS	OTOCAC	015E1451	44N5158	532	719.250	52	27 D	H	O
HRT3	SI	PADJANE	016E0700	44N0520	500	671.250	46	13 D	H	N
HRT3	ZD	PAG	015E0441	44N2655	263	559.250	32	31,3 D	H	O
HRT3	PZ	PAKRAC	017E1222	45N2738	240	551.250	31	20 D	H	O
HRT3	VT	PAPUK	017E5105	45N2901	789	471.250	21	51,8 D	H	O
HRT3	PA	PAZIN	013E5651	45N1341	462	759.250	57	5 D	H	O
HRT3	DU	PELJESAC 1	017E2159	42N5749	713	767.250	58	37 D	H	O
HRT3	SI	PERKOVIC	016E0742	43N4108	245	687.250	48	19 D	H	O
HRT3	SK	PETRINJA	016E1637	45N2345	416	687.250	48	17 D	H	N
HRT3	SK	PETROVA GORA	015E4836	45N1900	507	751.250	56	37 D	H	O
HRT3	VT	PITOMACA	017E1221	45N5301	262	679.250	47	20 D	H	O
HRT3	ZG	PLANINA	016E0518	45N5548	370	783,25	60	7 D	H	O
HRT3	RI	PLATAK	014E3520	45N2630	1500	783.250	60	27 D	H	N
HRT3	ZG	PLESIVICA	015E3955	45N4410	680	663.250	45	13 D	H	N
HRT3	DU	PLOCE-SV.IVAN	018E0811	42N3800	15	791.250	61	22,4 D	H	O
HRT3	PA	PLOMIN	014E0850	45N0900	200	671.250	46	32 D	H	O
HRT3	PA	PLOVANJICA	013E3736	45N2728	150	727.250	53	20 D	H	O
HRT3	GS	PLJESIVICA H	015E4540	44N4704	1552	759.250	57	58,8 N	H	O
HRT3	VT	PODR.SLATINA 1	017E4232	45N4237	118	535.250	29	30 D	H	O
HRT3	ST	POLJICA 2	017E0700	43N2525	600	615.250	39	19 D	H	N
HRT3	RI	POLJICE	014E5140	45N2043	998	727.250	53	7 D	H	O
HRT3	RI	PREZID	014E3550	45N3749	916	511.250	26	19 D	H	O
HRT3	ST	PRIMORSKI DOLAC	016E1055	43N3816	215	639.250	42	20 D	H	O

HRT3	SI	PRIMOSTEN	015E5558	43N3420	170	639.250	42	27,4	D	H	O
HRT3	SI	PRLJEVO	016E0615	44N0920	600	631.250	41	10	D	H	N
HRT3	SI	PROMINA	016E1029	43N5528	1148	503.250	25	37	N	H	O
HRT3	SI	PRVIC	015E4800	43N4345	79	631.250	41	13	D	H	N
HRT3	SB	PSUNJ	017E2014	45N2309	984	767.250	58	60	N	H	O
HRT3	ST	PUCISCA	016E4432	43N2041	110	527.250	28	3	D	H	O
HRT3	PA	PULA	013E5117	44N5336	52	687.250	48	30	D	H	O
HRT3	RI	PUNTA KRIZA	014E3005	44N3957	76	775.250	59	10	D	H	N
HRT3	RI	RAB 2	014E4500	44N4645	100	519.250	27	29	D	H	O
HRT3	PA	RABAC	014E0824	45N0443	250	727.250	53	17	D	H	O
HRT3	SB	RAJIC	017E0554	45N1731	100	543.250	30	33,6	D	H	O
HRT3	PA	RASA	014E0559	45N0503	200	703.250	50	14,8	D	H	O
HRT3	RI	RAZOMIR	014E4048	45N1433	789	767.250	58	40	D	H	O
HRT3	ZD	RAZVRSJE	015E0000	44N0430	100	607.250	38	13	D	H	N
HRT3	SI	ROGOZNICA	015E5832	43N3119	69	743.250	55	21	D	H	O
HRT3	PA	ROVINJ	013E3841	45N0456	19	551.250	31	17	N	H	O
HRT3	ZG	RUDE-CRNEC	015E4047	45N4608	300	567.250	33	4	D	H	O
HRT3	SK	RUJEVAC	016E1600	45N0700	241	751.250	56	23	D	H	N
HRT3	SI	RUPE	015E5621	43N5342	204	719.250	52	22	D	H	O
HRT3	PZ	RUSEVO	018E0004	45N1815	220	647.250	43	5,6	D	H	O
HRT3	VU	SARENGRAD	019E1321	45N1339	100	471.250	21	17	D	H	O
HRT3	SI	SIBENIK 1	015E5337	43N4447	116	743.250	55	30	N	H	O
HRT3	SI	SIBENIK 2	015E5233	43N4406	52	767.250	58	20	D	H	O
HRT3	SB	SIBINJ	017E5437	45N1049	103	559.250	32	19	D	H	O
HRT3	ST	SINJ	016E3932	43N4306	462	511.250	26	30	D	H	O
HRT3	SI	SIVERIC	016E1235	43N4400	453	783.250	60	14,8	D	H	N
HRT3	KA	SKAKAVAC	015E4741	45N2743	248	703.250	50	14	D	H	N
HRT3	SI	SKRADIN	015E5608	43N4830	120	767.250	58	6	D	H	O
HRT3	DU	SLANO	017E5217	42N4700	190	217.250	11	19	D	H	O
HRT3	SB	SLAVONSKI BROD	017E5946	45N1149	266	687.250	48	37	D	H	O
HRT3	KA	SLUNJ	015E3500	45N0500	471	775.250	59	10	D	H	N
HRT3	ZG	SLJEME	015E5710	45N5359	1035	503.250	25	60	D	H	O
HRT3	ZG	SMEROVISCE	015E3848	45N4702	260	743.250	55	6,5	D	V	O
HRT3	DU	SMOKVICA	016E5549	42N5553	123	855.250	69	10	D	H	N
HRT3	ZD	SOLINE	014E5300	44N0810	45	695,25	49	20,4	D	H	O
HRT3	ZD	SRB	016E0550	44N1740	1060	623.250	40	27	D	H	O

HRT3	DU	SRDJ	018E0655	42N3900	412	479.250	22	54 D	H	O
HRT3	ZD	STARIGRAD	015E2640	44N1500	270	655.250	44	20,8 D	H	O
HRT3	GS	STIPANOV GRIC	015E2658	44N4634	1234	519.250	27	40 D	H	O
HRT3	DU	STON	017E4120	42N5010	19	751.250	56	10 D	H	O
HRT3	KR	STRAZA	015E4214	46N1304	413	783.250	60	29 D	H	O
HRT3	CK	STRIGOVA	016E1726	46N2942	300	543.250	30	13 N	H	O
HRT3	KR	STUBICA	016E0239	45N5911	396	583.250	35	20 D	H	N
HRT3	RI	STUDENA	014E2400	45N2534	583	839,25	67	7 D	H	N
HRT3	ZD	SUVAJA	016E0614	44N2500	679	535.250	29	16,5 N	H	O
HRT3	PA	SV.LOVREC	013E4500	45N1037	200	727.250	53	10 D	H	N
HRT3	RI	SV.PETAR	014E2114	45N0510	200	703.250	50	10 D	H	N
HRT3	ZG	SVETA NEDELJA	015E4610	45N4718	302	735.250	54	37 D	H	O
HRT3	VZ	SVIBOVEC	016E2900	46N1245	215	671.250	46	7 D	H	O
HRT3	SI	TJESNO	015E4023	43N4755	114	823.250	65	10 D	H	N
HRT3	KA	TOUNJ	015E2027	45N1535	260	655.250	44	10 D	H	O
HRT3	PA	TRGET	014E0400	45N0037	140	767.250	58	20 D	H	O
HRT3	RI	TRSCJE	014E3839	45N3439	922	695.250	49	14,8 D	H	O
HRT3	KA	TURKE	014E4526	45N3058	255	775.250	59	6,3 D	H	N
HRT3	PA	UCKA	014E1229	45N1716	1387	615.250	39	60 N	H	O
HRT3	ZD	UGLJAN	015E0950	44N0419	267	599.250	37	37 D	H	O
HRT3	DU	ULIENJE	017E2858	42N5338	418	687.250	48	37 D	H	O
HRT3	SK	UNCANI	016E2542	45N0748	115	615.250	39	32,6 D	H	O
HRT3	RI	UNIJE	014E1514	44N3829	103	559.250	32	7 D	H	O
HRT3	VZ	VARAZDINSKE TOPL.	016E2514	46N1210	250	767.250	58	20 D	H	O
HRT3	DU	VELA LUKA	016E4235	42N5820	140	647.250	43	20 D	H	O
HRT3	GS	VELEB.PLJESIVICA	014E5950	44N4940	1653	711.250	51	34 D	H	O
HRT3	DU	VELEC	017E4341	42N5256	335	679.250	47	30 D	H	O
HRT3	DU	VELIKA PETKA	018E0439	42N3859	190	687.250	48	30 D	H	O
HRT3	ST	VIS	016E0700	43N0200	587	775.250	59	53 N	H	N
HRT3	KA	VITUNJ	015E0903	45N1719	370	687.250	48	6 D	H	O
HRT3	KA	VIVODINA	015E2637	45N4010	476	182.250	6	23 D	H	N
HRT3	SI	VODICE	014E0446	45N2900	930	823.250	65	20 D	H	N
HRT3	ZG	VRAPCE	015E5348	45N4942	240	687.250	48	10 N	H	N
HRT3	RI	VRBOVSKO	015E0553	45N2304	660	775.250	59	14,8 D	H	O
HRT3	ST	VRGORAC GOMILA	017E2410	43N1130	470	210.250	10	26 N	H	O
HRT3	ST	VRGORAC POLJE	017E2012	43N1127	81	719.250	52	17 D	H	O

DR-1	RI	KUPJACKI VRH	014E5214	45N2542	993	823.250	65	30 D	H	N
DR-1	ST	LABINSTICA	016E1312	43N3440	701	791.250	61	50 D	H	N
DR-1	KA	MARTINSCAK	015E3508	45N2424	345	711.250	51	36 D	H	O
DR-1	RI	MIRKOVIKA	015E0201	45N1821	1283	831.250	66	50 D	H	O
DR-1	SI	MURTER	015E3610	43N4815	97	815.250	64	30 D	H	N
DR-1	GS	NOVALJA 1	014E5253	44N3000	5	831.250	66	20 D	H	N
DR-1	VZ	NOVI MAROF 1	016E2153	46N0950	261	217.250	11	23 D	H	N
DR-1	ZD	NOVI GRAD DALMA	015E3309	44N1050	40	815.250	64	10 D	H	N
DR-1	ZD	OBROVAC 1	015E4024	44N1200	100	791.250	61	20 D	H	N
DR-1	DU	OPUZEN	017E3525	43N0145	130	847.250	68	20 D	H	N
DR-1	ZD	PAG	015E0441	44N2655	263	799.250	62	37 D	H	N
DR-1	VT	PAPUK	017E5105	45N2901	789	799.250	62	57 D	H	O
DR-1	DU	PLOCE-GRAD	017E2511	43N0254	200	567.250	33	27 D	H	N
DR-1	RI	PREZID	014E3550	45N3749	916	695.250	49	20 D	H	N
DR-1	SI	PRIMOSTEN	015E5558	43N3419	170	815.250	64	20 D	H	N
DR-1	SI	PROMINA	016E1029	43N5528	1148	807.250	63	50 D	H	N
DR-1	PA	PULA	013E5117	44N5336	52	703.250	50	30 D	H	O
DR-1	RI	RAZOMIR	014E4048	45N1433	789	823.250	65	40 D	H	N
DR-1	SI	SIBENIK 2	015E5233	43N4406	67	839.250	67	30 D	H	O
DR-1	SB	SLAVONSKI BROD-GRAD	018E0100	45N1000	93	623.250	40	30 D	H	O
DR-1	ZG	SLJEME	015E5710	45N5359	1035	847.250	68	50 D	H	O
DR-1	DU	SRDJ	018E0655	42N3901	409	831.250	66	47 D	H	N
DR-1	ZG	SVETA NEDELJA	015E4610	45N4718	302	639.250	42	37 D	H	O
DR-1	PA	UCKA	014E1229	45N1716	1387	847.250	68	56 D	H	O
DR-1	ZD	UGLJAN	015E0950	44N0419	267	671.250	46	33 D	H	O
DR-1	GS	VELEB.PLJESIVICA	014E5950	44N4940	1653	807.250	63	37 D	H	N
DR-1	DU	VELIKA PETKA	018E0439	42N3859	190	855.250	69	33 D	H	O
DR-1	ST	VIS 1	016E1118	43N0314	270	599.250	37	20 D	H	O
DR-1	ZG	ZAGREB-JARUN	015E5633	45N4720	118	623.250	40	30 N	H	O

Prilog B

Popis odašiljača i izračenih snaga osnovne mreže za
djelatnost TELEVIZIJE na DRŽAVNOJ RAZINI (DR-2)
(postojeća HRT3 mreža)

Br.	Naziv	Kanal	Geogr. širina	Geogr. dužina	e.r.p.[kW]
1	BELJE	51	45N4747	018E4147	501,187
2	BIOKOVO	45	43N2031	017E0332	1000,000
3	BOLFAN	52	46N1403	016E4138	1,995
4	BORINCI	36	45N1813	018E4446	301,000
5	BRAČ	53	43N1646	016E3727	10,000
6	ČELEVAC	21	44N1536	015E4724	1000,000
7	ĐURDEVAC	41	46N0100	017E0000	1,000
8	DRENOVCI/VRBANJ A	27	44N5507	018E5440	5,012
9	GRUDA	60	42N2957	018E2326	2,512
10	IMOTSKI	35	43N2700	017E1400	1,000
11	IVANŠČICA	63	46N1058	016E0754	346,737
12	KOPRIVNICA-GRAD	48	46N1114	016E5026	1,514
13	KOSTAJNICA	31	45N1334	016E3307	1,000
14	KUPJAČKI VRH	58	45N2542	014E5214	1,000
15	LABINŠTICA	34	43N3440	016E1312	501,187
16	LASTOVO	55	42N4506	016E5155	1,000
17	MALI LOŠINJ	36	44N3144	014E2814	1,000
18	MIRKOVICA	46	45N1821	015E0201	501,187
19	MOSLAVAČKA GORA	21	45N3708	016E4533	301,995
20	MURTER	43	43N4815	015E3610	1,000
21	NOVIGRAD ISTARSKI	53	45N1751	013E3507	1,000
22	PAPUK	21	45N2901	017E5105	151,356
23	PELJEŠAC 1	58	42N5749	017E2159	5,012
24	PETROVA GORA	56	45N1900	015E4800	5,012
25	PLOMIN	46	45N0900	014E0850	1,585
26	PLJEŠIVICA H	57	44N4705	015E4541	758,578
27	PODR.SLATINA 1	29	45N4237	017E4232	1,000
28	PSUNJ	58	45N2309	017E2015	1000,000
29	PULA	48	44N5333	013E5112	1,000
30	RAJIĆ	30	45N1731	017E0554	2,291
31	RAZOMIR	58	45N1443	014E4029	10,000
32	SINJ	26	43N4306	016E3932	1,000
33	SLAVONSKI BROD	48	45N1152	017E5935	2,512
34	SLJEME	25	45N5359	015E5710	1000,000
35	SRĐ	22	42N3900	018E0655	251,189
36	STIPANOV GRIĆ	27	44N4634	015E2658	10,000
37	SVETA GERA	63	45N4537	015E1923	5,012

38	SVETA NEDELJA	54	45N4718	015E4610	5,012
39	UČKA	39	45N1716	014E1229	1000,000
40	UGLJAN	37	44N0419	015E0950	5,012
41	ULIJENJE	48	42N5338	017E2858	1,995
42	UNČANI	39	45N0748	016E2542	1,820
43	VELEB.PLJEŠIVICA	51	44N4940	014E5950	5,012
44	VELEĆ / HODILJE	47	42N5250	017E4340	1,000
45	VELIKA PETKA	48	42N3902	018E0433	1,000
46	VIROVITICA	37	45N5011	017E2325	1,995
47	ZLATAROVAC	34	45N1612	018E1544	10,000
48	ŽUPANJA	65	45N0424	018E4130	5,012