



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

# MOGUĆNOSTI KORIŠTENJA DIGITALNE DIVIDENDE U REPUBLICI HRVATSKOJ

(Studija)



Zagreb 2012. godine

**Ugovor:**

U sklopu projektnih aktivnosti na projektu „Digitalna televizija u jugoistočnoj Europi – SEE Digi.TV“ predviđena je izrada studije koja će prikazati mogućnosti digitalne dividende za uvođenje novih elektroničkih komunikacijskih tehnologija i usluga u Hrvatskoj. Projekt SEE Digi.TV planiran je radi usklađivanja aktivnosti u regiji jugoistočne Europe, a u vezi s uvođenjem usluga digitalne televizije. Aktivnosti projekta sufinancira(financira) Europska unija s 85 posto sredstava iz instrumenta pretpristupne pomoći (IPA), a 15 posto je udio hrvatskih partnera Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM) i Agencije za elektroničke medije (AEM).

Ugovor o izradi studije o mogućnostima korištenja digitalne dividende u Republici Hrvatskoj, kojom će se identificirati mogućnosti ravnopravnog pristupa spektru, oslobođenom gašenjem analogne televizije i prelaskom na digitalnu televiziju, svim zainteresiranim dionicima tržišta kako bi im se omogućilo unaprjeđenje postojećih i razvoj novih usluga, zaključen je 23.10.2012. je između Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije, kao naručitelja usluga (Ugovor HAKOM broj: 84/12, KLASA:406-01/12-01/84 URBROJ: 376-08/KŠ-12-1 (GĐ)) i Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva kao pružatelja usluga (Broj ugovora: 70793-2012., Urudžbeni broj: 251-67/312-12/109).

**Stručnjaci sa Sveučilišta u Zagrebu****Fakulteta elektrotehnike i računarstva****koji su sudjelovali u izradi studije:**

Prof.dr.sc. Sonja Grgić, voditelj tima

Prof.dr.sc. Tomislav Kos

Doc.dr.sc. Gordan Šišul

**Ni jedan dio ove studije ne smije se umnažati, fotokopirati niti na bilo koji način reproducirati bez pisanog dopuštenja Naručitelja usluga.**

# Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Pregled aktualnog stanja u radiodifuziji i mobilnim komunikacijama u Republici Hrvatskoj.....	6
2.1. Radiodifuzija u Republici Hrvatskoj .....	6
2.1.1. Radiodifuzijske platforme.....	6
2.1.2. Zemaljska radiodifuzijska tehnologija .....	7
2.1.3. Usluge u radiodifuziji .....	8
2.1.4. Dionici tržišta zemaljske radiodifuzije .....	12
2.2. Tržište mobilnih komunikacija u Republici Hrvatskoj.....	12
3. Uporaba radiofrekvencijskog spektra u pojasevima VHF III, UHF IV i UHF V .....	19
3.1. Uporaba radiofrekvencijskog spektra u pojasevima VHF III, UHF IV i UHF V za zemaljsku radiodifuziju.....	20
3.1.1. Planska raspodjela frekvencija .....	20
3.1.2. Dodijeljeni radiofrekvencijski spektar za radiodifuziju .....	23
3.2. Mreže mobilnih komunikacija u frekvencijskom pojasu 791-821/832-862 MHz.....	24
3.2.1. Plan dodjele frekvencija .....	24
3.2.2. Dodijeljeni radiofrekvencijski spektar za mobilne komunikacije .....	24
4. Procjena količine digitalne dividende u Hrvatskoj .....	26
5. Moguće usluge u spektru digitalne dividende .....	29
5.1. Radiodifuzija televizijskog signala .....	29
5.1.1. Dodatni TV programi .....	29
5.1.2. Televizija visoke kvalitete .....	30
5.1.3. 3DTV .....	31
5.1.4. Mobilna televizija .....	31
5.2. Digitalni radio .....	32
5.3. Mobilne komunikacije .....	32
5.4. Širokopojasni pristup.....	33
5.5. Ostale usluge .....	34
6. Pregled tehnologija za usluge u spektru digitalne dividende.....	35
6.1. DVB-T .....	35
6.1.1. Izvorno kodiranje.....	36
6.1.2. Multipleksiranje i formiranje prijenosnog toka.....	38
6.1.3. Kanalno kodiranje.....	39
6.1.4. OFDM modulacija .....	40

6.1.5. Parametri sustava .....	40
6.2. DVB-T2 .....	42
6.2.1. Arhitektura sustava .....	42
6.2.2. Struktura okvira .....	44
6.2.3. Parametri sustava .....	46
6.3. DVB-H .....	47
6.3.1. Arhitektura sustava .....	47
6.3.2. DVB-H 4k mod .....	48
6.3.3. Sloj podatkovne poveznice .....	49
6.4. DVB-SH .....	50
6.4.1. Arhitektura sustava .....	50
6.4.2. Sloj podatkovne poveznice .....	51
6.4.3. MPE-IFEC .....	52
6.5. DRM .....	53
6.5.1. Arhitektura sustava .....	53
6.5.2. Parametri sustava .....	54
6.6. DAB .....	55
6.6.1. Arhitektura sustava .....	55
6.6.2. Parametri prijenosnog signala .....	56
6.6.3. DAB+ .....	57
6.6.4. DMB .....	57
6.7. LTE .....	58
6.7.1. Arhitektura sustava .....	58
6.7.2. Parametri sustava .....	60
7. Zahtjevi za spektrom pri uvođenju novih usluga .....	63
7.1. Zahtjevi za spektrom za digitalnu televiziju .....	63
7.2. Zahtjevi za spektrom za digitalni radio .....	66
7.3. Zahtjevi za spektrom za mreže mobilnih komunikacija .....	68
8. Vrijednost digitalne dividende za dionike tržišta .....	69
8.1. Vrijednost digitalne dividende za tržište mobilnih komunikacija .....	69
8.2. Vrijednost digitalne dividende za tržište medijskih usluga radija .....	72
8.3. Vrijednost digitalne dividende za tržište medijskih usluga televizije .....	79
9. Iskustva iz europskih zemalja pri implementaciji novih usluga u spektru digitalne dividende .....	80
9.1. Iskustva pri implementaciji usluga digitalnog radija u VHF III frekvencijskom pojasu .....	80

9.1.1. Velika Britanija.....	80
9.1.2. Njemačka .....	80
9.1.3. Francuska.....	81
9.1.4. Norveška .....	82
9.2. Iskustva pri implementaciji usluga digitalnog televizije uz uvjetovani pristup .....	83
9.2.1. Francuska.....	84
9.2.2. Švedska .....	85
9.2.3. Makedonija.....	87
9.3. Iskustva pri implementaciji mreža mobilnih komunikacija u frekvencijskom području 790-862 MHz .....	87
9.3.1. Njemačka .....	89
9.3.2. Italija .....	91
9.3.3. Francuska.....	92
10. Mogući scenariji uporabe pojedinih pojaseva: 174-230 MHz, 470-694 MHz, 694-790 MHz i 790-862 MHz .....	93
10.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 174-230 MHz.....	93
10.1.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 174-230 MHz za medijske usluge digitalne televizije .....	93
10.1.2. Uporaba frekvencijskog pojasa 174-230 MHz za medijske usluge digitalnog radija.....	94
10.2. Uporaba frekvencijskog pojasa 470-790 MHz.....	95
10.2.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 470-790 MHz za medijske usluge digitalne televizije .....	96
10.2.2. Prijelaz na DVB-T2 sustav na osnovi postojećeg frekvencijskog plana iz „Sporazuma GE06“ .....	97
10.2.3. Prijelaz na DVB-T2 sustav uz replaniranje frekvencijskih dodjela .....	97
10.3. Uporaba frekvencijskog pojasa 694-790 MHz.....	103
10.3.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za digitalnu televiziju .....	104
10.3.2. Uporaba frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija .....	105
10.4. Uporaba frekvencijskog pojasa 790-862 MHz.....	106
11. Zaključak .....	107
Literatura .....	109

## 1. Uvod

Radiofrekvencijski spektar postaje sve značajniji čimbenik u izvedbi novih generacija sustava i mreža elektroničkih komunikacija. Uporabom radijskog spektra moguće je relativno brzo i jeftino izgraditi infrastrukturu jezgrene mreže te mreže za širokopojasni pristup do krajnjih korisnika. Prednosti izgradnje radijskih sustava posebno dolaze do izražaja ruralnim i slabo naseljenim područjima zbog olakšanog pristupa korisnicima i manjih potrebnih ulaganja u mrežu. Kombiniranjem uporabe fiksnih komunikacijskih sustava i radijskog prijenosa moguće je ostvariti mobilno i nomadsko povezivanje krajnjeg korisnika na mrežu. Upravljanje radiofrekvencijskim spektrom potrebno promatrati u širem kontekstu svih usluga mogućih putem radiokomunikacijskih sustava jer je radiofrekvencijski spektar ograničen u smislu raspoloživosti prijenosnih kapaciteta u nekom zemljopisnom području.

Radiofrekvencijski spektar je prirodno dobro od interesa za Republiku Hrvatsku kojoj je cilj tim dobrom upravljati na što učinkovitiji način, u skladu sa Zakonom o elektroničkim komunikacijama (NN 73/08 i 90/11) i Pravilnikom o namjeni radiofrekvencijskog spektra (NN 136/08, 17/10, 118/10, 119/10, 87/11, 53/12) te aktima Europske unije koji se odnose na to područje. Prije pojave digitalnih tehnologija, za odašiljanje analognih zemaljskih televizijskih programa bili su namijenjeni dijelovi radiofrekvencijskog spektra u pojasevima VHF (*Very High Frequency*) i UHF (*Ultra High Frequency*). U analognim televizijskim sustavima za odašiljanje televizijskog signala mrežom zemaljskih odašiljača (radijska služba radiodifuzije televizijskog signala) rabila su se četiri frekvencijska pojasa: VHF I (47 – 68 MHz), VHF III (174 – 230 MHz), UHF IV (470 – 582 MHz) i UHF V (582 – 862 MHz). Širina kanala je 7 MHz u području VHF te 8 MHz u području UHF, a jedan kanal prenosi jedan televizijski program. Analogni televizijski sustavi su navedene frekvencijske pojaseve koristili na neučinkovit način, a na određenom području moglo se distribuirati 5-7 televizijskih programa (npr. 2-4 TV programa na nacionalnoj razini + nekoliko TV programa na lokalnoj razini). Intenzivnija uporaba radiofrekvencijskog spektra imala je za posljedicu opadanje kvalitete prijamnog televizijskog signala zbog interferencije.

Uvođenjem digitalne zemaljske radiodifuzije televizijskog signala, postiže se bolja iskorištenost frekvencijskog spektra. U jednom televizijskom kanalu može se prenositi veći broj programa (5-10 u ovisnosti o primijenjenom postupku kompresije videosignala) uz održavanje zadovoljavajuće kvalitete slike. Ostale prednosti digitalne televizije u odnosu na analognu televiziju uključuju otpornost na šum, interferenciju i izobličenja u prijenosu, potrebne manje snaga odašiljača za isto područje pokrivanja, mogućnost mobilnog prijama, prijenos dodatnih informacija, uvođenje elektroničkog programskog vodiča te mogućnost dvosmjerne komunikacije i interaktivnosti. Sve to su razlozi za zamjenu analogne televizijske tehnologije digitalnom.

Prelaskom s analognog na digitalno emitiranje televizijskog signala u zemaljskoj mreži oslobađa se dio radiofrekvencijskog spektra koji je do tada isključivo bio namijenjen radiodifuziji analognog televizijskog signala, a oslobođeni dio spektra naziva se „digitalnom dividendom“. Kako bi se digitalna dividenda što učinkovitije iskoristila u gospodarskom i kulturološkom smislu, treba pomno razraditi njenu uporabu, kao i način dodjele, uz usklađivanje sa zemljama regije i Europske Unije.

Vlada Republike Hrvatske prepoznala je značaj prelaska s analognog na digitalno odašiljanje televizijskih programa i 31. srpnja 2008. godine donijela "Strategiju prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa u Republici Hrvatskoj" čiji temeljni cilj je iskazan kao: "Vlada

Republike Hrvatske utvrđuje, kao glavni strateški cilj u razdoblju do 31. prosinca 2010. godine, potpuni prelazak s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa u Republici Hrvatskoj.“, Provedbom navedene Strategije Republika Hrvatska u potpunosti je slijedila preporuku Europske komisije o potpunom prelasku na digitalnu televiziju u zemaljskim mrežama do početka 2012. godine ili ranije. U Hrvatskoj je 5. listopada 2010. godine završen proces prelaska s analogne na digitalnu radiodifuziju televizijskih programa u zemaljskoj mreži, a digitalni televizijski programi postali su dostupni svim građanima.

Prestankom rada analognih odašiljača u zemaljskom radiodifuzijskom sustavu u frekvencijskim pojasevima VHF III i UHF IV/V, oslobađa se dio radiofrekvencijskog spektra koji se može rabiti za dodatne televizijske programe, mobilne komunikacijske usluge, širokopojasni pristup Internetu, radiomikrofone te druge elektroničke komunikacijske usluge. Oslobođeni dio spektra naziva se „digitalna dividenda“. Digitalnoj dividendi mogli bi se pribrojiti i tzv. bijeli prostori (*white spaces*). To su kanali koji se ne rabe na određenom prostorno ograničenom području unutar frekvencijskih pojaseva namijenjenih radiodifuziji televizijskog signala. Ti vrijedni dijelovi spektra nisu neiskorišteni već ih mogu rabiti prostorno ograničene radijske usluge (npr. radijski mikrofoni) pod uvjetom da ne stvaraju smetnje u radu radiodifuzijskog sustava. Učinkovitim uporabom digitalne dividende stvara se dodatna vrijednost za širu društvenu zajednicu. Ta vrijednost ne mora biti samo ekonomska već može biti i kulturološka (više prostora za emitiranje programa iz područja kulture i obrazovanja) i sociološka (širokopojasni pristup u ruralnim područjima). Kako bi se digitalna dividenda što učinkovitije iskoristila važno je uskladiti uporabu oslobođenog radiofrekvencijskog spektra i tehnologije u zemljama regije i Europske Unije.

Kanal	21	55	56	60	61	69	70
Radijska frekvencija	470MHz		750MHz		790MHz		860MHz
Vrsta usluge	DVB-T/H		DVB-T		IMT		
MUX A – državni	5×SDTV*						
MUX B – državni	5×SDTV**						
MUX C – državni	raspoloživo: 5×SDTV						
MUX D – regionalni/ državni	1 – 3×SDTV*** + raspoloživo: 2 – 4 SDTV (regionalni/državni)						
MUX E – državni	DVB-H: raspoloživo oko 30 TV programa ili oko 60 radijskih programa						
MUX F – državni/ regionalni	raspoloživo: DVB-T ili DVB-H						
MUX G – regionalni/ državni	raspoloživo: DVB-T ili DVB-H						
MUX H – regionalni	raspoloživo: DVB-T ili DVB-H						

\* Namijenjeno za opće i/ili specijalizirane TV programe javne televizije (Hrvatska radiotelevizija)

\*\* Namijenjeno za opće i/ili specijalizirane TV programe komercijalnih nakladnika televizije na državnoj razini

\*\*\* Namijenjeno za opće TV programe postojećih komercijalnih nakladnika televizije na razinama nižima od državne razine

**Slika 1.1.** Raspoloživi multipleksi i radiodifuzijske usluge u pojasevima UHF IV

U „Strategiji prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa u Republici Hrvatskoj“ pojas 790-862 MHz nije zauzet radiodifuzijskim uslugama (slika 1.1). Završetkom procesa

prelaska s analogne na digitalnu radiodifuziju televizijskih programa u zemaljskoj mreži, ovaj pojas postaje raspoloživ za nove elektroničke komunikacijske usluge.

Digitalna dividenda definirana je kao dio radiofrekvencijskog spektra oslobođen nakon prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa. Digitalna dividenda nije samo pojas 790-862 MHz već se digitalnom dividendom može smatrati razlika između količine spektra potrebne za prijenos televizijskih programa u analognoj tehnologiji i količine spektra potrebne za prijenos istog broja programa u digitalnoj tehnologiji uz održavanje približno jednake kvalitete slike.

Na Svjetskoj radiokomunikacijskoj konferenciji WRC-07 (*World Radiocommunication Conference*), održanoj u organizaciji ITU-a u Ženevi u studenome 2007. godine, raspravljalo se o mogućnosti dodjele radiofrekvencijskih kanala iz pojasa 470-862 MHz mobilnim uslugama. Konačnim sporazumom dopuštene su u Regiji 1 mobilne usluge u pojasu 790-862 MHz i to nakon 17. srpnja 2015. godine. Taj datum odgovara planiranom datumu dovršetka prelaska s analognog na digitalno zemaljsko emitiranje televizijskih programa za države potpisnice sporazuma GE-06. Jedna od službi, koja može rabiti ovaj pojas, je IMT (*International Mobile Telecommunication*). IMT uključuje IMT 2000 (3G - mobilni sustavi treće generacije, UMTS, CDMA 2000, WiMAX) kao i napredne IMT usluge (4G - mobilni sustavi četvrte generacije).

Na WRC-07 usvojene su dvije komplementarne rezolucije. Prva rezolucija potvrđuje prvenstvo sporazuma GE-06 u Regiji 1 i poziva na zaštitu radiodifuzijskih usluga od interferencije uzrokovane radom IMT sustava u istom pojasu. Za države potpisnice sporazuma GE-06, uporaba pojasa 790-862 MHz za mobilne službe mora biti predmetom procesa koordinacije, a određivanje dijela pojasa UHF za mobilne usluge ne znači njihov prioritet u odnosu na druge službe, kojima je pojas 470-862 MHz ranije bio dodijeljen na primarnoj osnovi. Druga rezolucija poziva ITU da do iduće Svjetske radiokomunikacijske konferencije, provede istraživanja o posljedicama moguće dodjele pojasa 790-862 MHz mobilnim službama. Rezultat istraživanja treba biti studija koja će pokazati kakav je utjecaj uvođenja mobilnih usluga na radiodifuzijske službe u istom i susjednim frekvencijskim pojasevima te koje mjere treba poduzeti radi omogućavanja koegzistencije radiodifuzijskih i mobilnih usluga u pojasu od 790-862 MHz.

Neophodno je da administracije svake države samostalno ocijene stanje u svojoj državi i donesu odluku o uporabi digitalne dividende. Prestankom rada analognih zemaljskih odašiljača oslobodit će se frekvencije za nove usluge, a te nove usluge mogu donijeti i značajnu ekonomsku dobit ako se dijelovi frekvencijskog pojasa prodaju na javnoj dražbi. Prilikom donošenja odluke o načinu uporabe spektra administracije pojedinih zemalja moraju uzeti u obzir rješenja susjednih zemalja, s kojima moraju uskladiti svoje planove i aktivnosti, tako se odluke o načinu uporabe spektra trebaju temeljiti na regionalnim dogovorima.

Europske radiodifuzijske udruge (*European Broadcasting Union, Lagardere active, Groupe Canal +, ProSiebenSat.1 Group, RTL Group, VPRT*) upozoravaju da otvaranje spektra mobilnim uslugama u pojasu koji je tradicionalno bio namijenjen radiodifuziji, može stvoriti velike probleme zbog interferencije. Interferencija nije trivijalan problem i može izazvati iznenađan i potpun gubitak slike i zvuka. Slušateljima i gledateljima koji su kupili digitalne uređaje treba biti zajamčen stabilan prijam i visoka kvaliteta slike i zvuka. Pored toga, radiodifuzijske udruge upozoravaju da upravljanje radijskim spektrom na tržišnim osnovama predstavlja opasnost za europske radiodifuzijske sustave. Trgovanje spektrom može ograničiti djelotvornu uporabu spektra i raznovrsnost ponude. U različitim zemljama



različita su stanja na medijskom tržištu i u uporabi su različite strukture radiodifuzijskih sustava s obzirom na udio i značaj pojedinih vrsta radiodifuzijskih sustava (zemaljskih, kabelskih, satelitskih). Stoga svaka pojedina država treba imati slobodu donošenja odluka o načinu uporabe spektra primarno namijenjenog radiodifuziji kako bi mogla provoditi vlastitu audiovizualnu politiku, omogućiti pluralizam medija te kulturnu i jezičnu raznolikost.

Oslobođeni pojas širine 72 MHz pokazuje se nedovoljnim za uspostavljanje nekoliko radijskih mobilnih mreža s visokim brzinama prijenosa, što je jedan od temeljnih zahtjeva. Radi poticanja konkurentnosti u ovaj se pojas želi uvesti nekoliko operatora, a mreže moraju osiguravati prijenos podataka visokim brzinama kako bi se uspješno zadovoljile potrebe korisnika. Svaka uporaba radiofrekvencijskog spektra podliježe ograničenjima radi zaštite od nastanka štetnih smetnji za ostale korisnike spektra. Pojas digitalne dividende nalazi se unutar pojasa koji je na međunarodnoj razini predviđen za radiodifuziju televizijskog signala što čini ova ograničenja još složenijima.

10. srpnja 2009. godine Europska komisija donijela je dokument o uporabi digitalne dividende pod nazivom „*Transforming the digital dividend opportunity into social benefits and economic growth in Europe*“. Komisija je najavila izradu plana upravljanja radiofrekvencijama kako bi se olakšalo harmoniziranje digitalne dividende (pojasa od 790-862 MHz) za uporabu u širokopojasnom mobilnom pristupu Internetu.

ECC CEPT (*Electronic Communications Committee of the CEPT*) je u studenom 2009. godine usvojio paket regulatornih dokumenata koji se odnose na digitalnu dividendu i kojima se TV kanali od 61 do 69 utvrđuju kao najprikladniji pojas za uporabu u širokopojasnim mobilnim/fiksni komunikacijskim mrežama na europskoj razini. Najvažniji od tih dokumenata je odluka „*ECC/DEC/(09)03 on harmonised conditions for mobile/fixed communications networks (MFCN) operating in the band 790 - 862 MHz*“, koja je utemeljena na rezultatima studija kompatibilnosti objavljenih u dokumentima CEPT Reports 30 „*The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union*“ i CEPT Reports 31 „*Technical considerations regarding harmonisation options for the digital dividend in the European Union*“, „*Frequency (channelling) arrangements for the 790-862 MHz band*“. Navedenim dokumentima omogućava se fleksibilan pristup uporabi spektra koji ostavlja nacionalnim administracijama odluku kako koristiti pojas 790-862 MHz, ali se naglašava da se pri uporabi pojasa 790-862 MHz treba pridržavati načela tehnološke neutralnosti. Ako nacionalne administracije donesu odluku da se navedeni pojas rabi za mobilne/fiksne komunikacijske mreže, tada administracije trebaju usvojiti harmonizirane tehničke uvjete specificirane u ECC/DEC/(09)03. ECC/DEC/(09)03 uključuje različita rješenja za implementaciju mobilnih/fiksni komunikacijskih mreža koja se mogu temeljiti na:

- uporabi frekvencijskog dupleksa (FDD, *Frequency Division Duplex*) u cijelom pojasu 790-862 MHz za implementaciju mobilnih/fiksni komunikacijskih mreža;
- uporabi vremenskog dupleksa (TDD, *Time Division Duplex*) u cijelom pojasu 790-862 MHz za implementaciju mobilnih/fiksni komunikacijskih mreža;
- uporabi mješovitog FDD/TDD rješenja za implementaciju mobilnih/fiksni komunikacijskih mreža.

ECC/DEC/(09)03 omogućava i nastavak uporabe pojasa 790-862 MHz za radiodifuzijske i druge usluge. Preferirani način podjele pojasa 790-862 MHz u skladu s ECC/DEC/(09)03 je podjela na uparene frekvencijske blokove širine 2 x 5 MHz uz FDD način rada i dupleksni razmak 11 MHz. Za

uzlaznu vezu na raspolaganju je 6 blokova po 5 MHz (ukupno 30 MHz), a isto vrijedi za silaznu vezu. Alternativna mogućnost je podjela pojasa na neuparene frekvencijske blokove uz TDD način rada. Na raspolaganju je 13 blokova po 5 MHz (ukupno 65 MHz).

Namjena i uporaba radiofrekvencijskog spektra u Republici Hrvatskoj propisana je u Pravilniku o namjeni radiofrekvencijskog spektra (NN 136/08, 17/10, 118/10, 119/10, 87/11, 53/12). Sastavni dio Pravilnika je „Tablica namjene radiofrekvencijskog spektra“, koja određuje namjenu radiofrekvencijskih pojaseva u Republici Hrvatskoj. Pravilnikom su određeni i frekvencijski pojasevi za radiodifuziju radijskih i televizijskih signala, a u „Tablicu namjene radiofrekvencijskog spektra“ uključena je moguća primjena pojasa 790-862 MHz za mobilne/fiksne komunikacijske mreže na temelju javnog poziva, natječaja ili javne dražbe, što je u skladu s odlukom ECC/DEC/(09)03. Slika 1.2. prikazuje izvadak iz „Tablice namjene radiofrekvencijskog spektra“ koji pokazuje da se u Hrvatskoj pojas 790-862 MHz može rabiti za radiodifuziju u skladu s frekvencijskim planom za digitalnu televiziju (GE-06), za radiomikrofone i SRD za radiodeterminacijske primjene u skladu s preporukom „ERC/REC 70-03 Relating to the use of Short Range Devices (SRD)“ te za mobilne komunikacije u skladu s

ECC/DEC/(09)03.

#### TABLICA NAMJENE RADIOFREKVENCIJSKOG SPEKTRA

NAMJENA U REPUBLICI HRVATSKOJ	UPORABA	PRIMJENA	DOKUMENT	OPĆA BILJEŠKA	NAČIN IZDAVANJA DOZVOLA	PRIJENOS ILI NAJAM
790-862 MHz RADIODIFUZIJA POKRETNIA 5.316	civ.	DTV	GE06	TV UHF pojas V (582-862 MHz)	Javni poziv /Natječaj	DA
		Radiomikrofoni	ERC/REC 70-03 ECC/DEC/(09)03		/Javna dražba Na zahtjev	
		IMT			Javni poziv /Natječaj	DA
		SRD za radiodeterminacijske primjene	ERC/REC 70-03	Radari za istraživanje tla i zidova (30 MHz-12,4 GHz)	/Javna dražba Opća dozvola	

**Slika 1.2.** Izvadak iz „Tablice namjene radiofrekvencijskog spektra“ za pojas 790-862 MHz

Oslobođeni dio spektra ima izuzetnu socijalnu, kulturnu i ekonomsku vrijednost za državu i njezine građane te se, načelno, može koristiti za različite usluge i aplikacije, što je ujedno i objašnjenje za veliki interes koji vlada u stručnoj javnosti. Najveći interes vlada u dva područja: kod davatelja usluga radiodifuzije, koji u tom području u budućnosti mogu nuditi uslugu televizije visoke kvalitete (HDTV, *High Definition Television*) ili trodimenzijske televizije (3DTV) i kod operatora mobilnih elektroničkih komunikacijskih mreža i usluga, kojima je proširenje spektra nužno kako bi bili u mogućnosti ponuditi širokopojasni pristup internetu putem mobilnih mreža u čitavoj Hrvatskoj i to, prije svega, u ruralnim područjima.

U ovoj studiji analizirat će se mogućnosti korištenja digitalne dividende u Republici Hrvatskoj. Poglavlje 2. daje pregled trenutnog stanja u radiodifuziji i mobilnim komunikacijama u Hrvatskoj. Treće poglavlje razmatra uporaba radiofrekvencijskog spektra u pojasevima VHF III, UHF IV i UHF V, a četvrto sadrži procjenu količine digitalne dividende u Hrvatskoj. Moguće usluge u spektru digitalne dividende obrađene su u poglavlju 5., a tehnologije za realizaciju tih usluga u poglavlju 6. Procjena zahtjeva za spektrom pri uvođenju novih usluga dana je u poglavlju 7. Vrijednost digitalne dividende za dionike tržišta analizirana je u poglavlju 8. Poglavlje 9. donosi iskustva iz europskih zemalja pri implementaciji novih usluga u spektru digitalne dividende, a poglavlje 10. moguće scenariji uporabe pojedinih pojaseva (174-230 MHz, 470-694 MHz, 694-790 MHz and 790-860 MHz). Zaključak daje preporuke o korištenju digitalne dividende u Republici Hrvatskoj.

## 2. Pregled aktualnog stanja u radiodifuziji i mobilnim komunikacijama u Republici Hrvatskoj

### 2.1. Radiodifuzija u Republici Hrvatskoj

Radiodifuzija u Republici Hrvatskoj, odnosno prijenos i odašiljanje radijskog i televizijskog signala ima izuzetno važnu i nezamjenjivu ulogu u prijenosu informacija. Počeci radiodifuzije u Hrvatskoj datiraju iz 1926. godine kada je s emitiranjem radijskog programa počeo Radio Zagreb, dok emitiranje televizijskog programa počinje 30 godina kasnije.

#### 2.1.1. Radiodifuzijske platforme

Kada promatramo distribucijske platforme koje se koriste u radiodifuziji razlikujemo:

- distribuciju putem zemaljskih odašiljača,
- distribuciju putem satelita.

Sa satelita se signalom pokriva veliko zemljopisno područje, koje obuhvaća područje promjera i do nekoliko tisuća kilometara (slika 2.1). Za uspješan prijam potrebna je optička vidljivost između prijамne antene i satelita što može biti problem ako je optička vidljivost narušena zbog prirodnih prepreka ili građevina. U slučaju da postoje prepreke koje zaklanjaju optičku vidljivost mogu se postaviti zemaljski repetitori koji pokrivaju područja bez optičke vidljivosti sa satelitom.



Slika 2.1. Pokrivanje satelitskog odašiljača Astra

Najveća prednost satelitske radiodifuzije je u dostupnosti signala u ruralnima i slabo naseljenim područjima, posebno u kotlinama planinskih predjela u kojima je stanovništvo „raštrkano“ i teško se pokriva sa zemaljskih odašiljača. Kapaciteti satelitske radiodifuzije omogućavaju prijenos velikog broja radijskih i televizijskih programa.

Najveći nedostaci satelitske radiodifuzije su nemogućnost prijama bez optičke vidljivosti, kao i poteškoće kod lokalizacije programa, odnosno prilagođavanja programa lokalnom jeziku s obzirom na veliko područje pokrivanja. Zbog toga su programi koji se prenose putem satelita uglavnom namijenjeni velikim tržištima i često nemaju podršku za lokalne jezike, odnosno u našem slučaju za Hrvatski jezik.

U manjim područjima, kao i u područjima s velikom gustoćom stanovništva (urbana područja), prikladnije je koristiti zemaljsku odašiljačku mrežu.

Obzirom da je Republika Hrvatska relativno mala zemlja sa samo 4,29 milijuna stanovnika, dominantna radiodifuzijska platforma je zemaljska mreža odašiljača koja omogućava nacionalna i regionalna, tj. lokalna pokrivanja radiodifuzijskim signalom. Putem satelita odašilju se programi javne radiotelevizije (HRT), te neki komercijalni programi. Budući da je satelitska radiodifuzija u Republici Hrvatskoj karakteristična po tome što nakladnici programa mogu zakupiti satelitske kapacitete multinacionalnih kompanija i što ne postoje domaći operatori odašiljača sa satelita, satelitska radiodifuzija će se u ovoj studiji razmatrati samo sa stanovišta alternativne distribucijske platforme, dakle poput kableske i internetske distribucijske platforme.

Zemaljska radiodifuzija podržava prenosivost i mobilnost prijarnika. Iz tog razloga ona ima možda i najvažniju ulogu u praćenju radijskog i televizijskog programa (npr. slušanje radija u automobilu).

### **2.1.2. Zemaljska radiodifuzijska tehnologija**

Ovisno o tehnologiji odašiljanja razlikujemo:

- analognu radiodifuziju koja koristi analogne modulacijske postupke,
- digitalnu radiodifuziju koja koristi digitalne odnosno diskretne modulacijske postupke.

#### ***Digitalna televizija***

Digitalna televizijska radiodifuzija predviđa rad u istom frekvencijskom području, kao i analogna televizija. Kako bi se riješile nekompatibilnosti između digitalnih i analognih mreža u Ženevi je od 15. svibnja do 16. lipnja 2006. godine, održana Regionalna radiokomunikacijska konferencija RRC'06 na kojoj je izrađen frekvencijski plan za televiziju i radio (DVB-T i T-DAB) u frekvencijskim područjima VHF III (174 – 230 MHz) i UHF IV/V (470 – 862 MHz). Završni dokument „Sporazum GE06“ propisao je zaštitu analognih televizijskih usluga do 17. lipnja 2015. godine nakon čega se štiti novi „digitalni plan“. U želji da se potakne razvoj tržišta i što prije korisnicima omoguće mogućnosti nove tehnologije, zemlje Europske unije odlučile su prestati s analognim odašiljanjem televizije najkasnije do kraja 2012. godine (ASO, *Analog Switch Off*). Slijedom preporuka Europske unije, Vlada Republike Hrvatske donijela je 31. srpnja 2008. godine Strategiju prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa u Republici Hrvatskoj, kao i Odluku o početku digitalnog emitiranja i prestanku analognog emitiranja televizijskih programa u Republici Hrvatskoj prema kojoj emitiranje televizijskih programa u analognoj tehnologiji prestaje najkasnije s danom 31. prosinca 2010. godine.

Prelaskom s analognog na digitalno odašiljanje zemaljskih televizijskih programa koji je u Hrvatskoj završen 31. prosinca 2010. godine, ugašena je analogna radiodifuzija televizijskih programa i trenutno se svi televizijski programi odašilju putem digitalnih televizijskih sustava.

Trenutno su u Republici Hrvatskoj u radu tri mreže digitalne televizije koje koriste DVB-T sustav i dvije mreže koje koriste DVB-T2 radiodifuzijski sustav (još u izgradnji).

U tri DVB-T mreže predviđen je prijenos 4-5 televizijskih programa u standardnoj (SDTV) kvaliteti komprimiranih s MPEG-2 sustavom kodiranja. Svi programi u DVB-T mrežama slobodni su za izravan prijam u javnosti (*free-to-air*).

Dvije DVB-T2 mreže koriste se s H.264/AVC sustavom kodiranja, a za prijam televizijskih programa koristi se zaštićeni, odnosno uvjetovani pristup.

### ***Analogni radio***

S radijskim mrežama situacija je drugačija i kod radija je još uvijek dominantna analogna tehnologija. Analogni radio u VHF II frekvencijskom pojasu (FM radio) izuzetno je pogodan za mobilni prijam, a osigurava i zadovoljavajuću kvalitetu zvuka. Analogni radio u VHF II frekvencijskom pojasu (FM radio) osnovna je zemaljska platforma za distribuciju radijskog signala u Republici Hrvatskoj.

Osim FM radija u VHF II pojasu, zemaljska radiodifuzija zvuka dostupna je i u frekvencijskom području kratkog, srednjeg i dugog vala u analognoj AM tehnologiji, odnosno digitalnoj DRM tehnologiji. Slušatelji radijskog programa putem ovih platformi nalaze se uglavnom izvan Republike Hrvatske (pomorci i iseljenici koji nemaju mogućnost prijama FM radija).

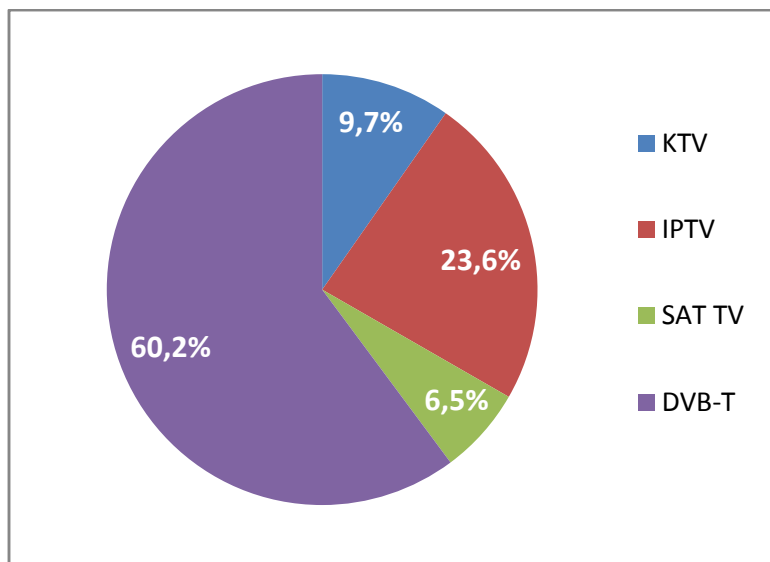
### **2.1.3. Usluge u radiodifuziji**

Gledajući usluge u radiodifuziji, radiodifuzija se dijeli na:

- radiodifuziju radijskog signala koja obuhvaća prijenos i odašiljanje (i prijam) zvuka, glasa, govora te drugih podataka,
- radiodifuziju televizijskog signala koja obuhvaća prijenos i odašiljanje (i prijam) slike i zvuka te drugih podataka.

Kad promatramo krajnjeg korisnika kojeg zanima samo usluga, odnosno prijam radijskog ili televizijskog programa, smisleno je tržište medijskih usluga radija i televizije najčešće promatrati neovisno o distribucijskoj platformi koja se koristi. Pri tome, radiodifuziji u Republici Hrvatskoj konkuriraju kabelaška, satelitska i internetska distribucijska platforma. U ovom poglavlju usredotočit ćemo se na područja televizije.

Usluga televizije dostupna je putem 4 distribucijske platforme. Udio pojedinih televizijskih platformi prikazan je na slici 2.2.



**Slika 2.2.** Udio televizijskih distribucijskih platformi u Republici Hrvatskoj u drugom kvartalu 2012. godine (Izvor: HAKOM)

Dominantna televizijska platforma u Republici Hrvatskoj je zemaljska radiodifuzija koja drži 60,2 % tržišta. Prednosti zemaljske radiodifuzije pri distribuciji radijskog i televizijskog signala u odnosu na ostale distribucijske platforme su sljedeće:

- efikasna izgradnja mreže: jednostavna i brza izgradnja mreže s velikom pokrivenošću,
- prihvatljivi troškovi za korisnike (jeftini prijammnici) i nakladnike (jednostavna izgradnja),
- spektralno najučinkovitiji radijski sustav zbog jednosmjernog prijenosa,
- izravan prijam u javnosti,
- dostupnost za sve vrste prijama uključujući i mobilni prijam,
- zemaljska radiodifuzija pogodna je za pokrivanje lokalnih ili regionalnih područja,
- jednostavnost korištenja za korisnike,
- pouzdanost usluge.

Neki od nedostataka zemaljske radiodifuzije su:

- nemogućnost dvosmjernog prijenosa podataka,
- ograničenja kapaciteta zbog korištenja ograničenog frekvencijskog spektra.

U trenutku pisanja ove studije na hrvatskom tržištu su putem zemaljske mreže korisnicima dostupne samo TV usluge slobodne za prijam u javnosti putem 3 DVB-T mreže (MUX A, MUX B i MUX D). Pregled izdanih dozvola kao i pokrivenosti i sadržaja pojedinih multipleksa dan je u tablici 2.1.

**Tablica 2.1.** Popis mreža digitalne televizije

Mreža	Broj dozvole	Nositelj dozvole	Pokrivenost	Broj usluga	Standard kodiranja	Uvjetovani pristup	Kvaliteta	Popis programa
A	RF-DTV-01/09	Odašiljači i veze d.o.o.	>98,5%	4 (5*)	MPEG-2	NE	SD	HRT1, HRT2, RTL, NOVA
B	RF-DTV-01/09	Odašiljači i veze d.o.o.	>95%	3 (5*)	MPEG-2	NE	SD	Doma TV, RTL2, HRT3
D	RF-DTV-01/10	Odašiljači i veze d.o.o.	>90% (nacionalna) >70% (regionalna)	3 (5*)	MPEG-2	NE	SD	Sportska TV, CMC, regionalni i lokalni programi
d82**	RF-DTV-02/10	Korak d.o.o.	0%	2	MPEG-2	NE	-	-
C i E***	RF-DTV-01/11	HP Produkcija - OIV - HP	80% (konačna >92%)	>40	H.264/AV C	DA	SD/HD	(nepoznato)

\* broj u zagradi se odnosi na najmanji broj programa za koji prema dozvoli mreža mora omogućiti prijenos

\*\* mreža multipleksa d82 nije počela s radom

\*\*\* komercijalno pružanje „pay tv“ usluge u mreži multipleksa C i E očekuje se početkom 2013. godine

Hrvatsko tržište televizije karakteristično je po velikoj penetraciji zemaljske platforme u kojoj su zastupljeni televizijski programi slobodni za prijam u javnosti. Digitalizacijom zemaljske televizije omogućeno je uvođenje novih televizijskih programa kao i daljnji razvoj usluga.

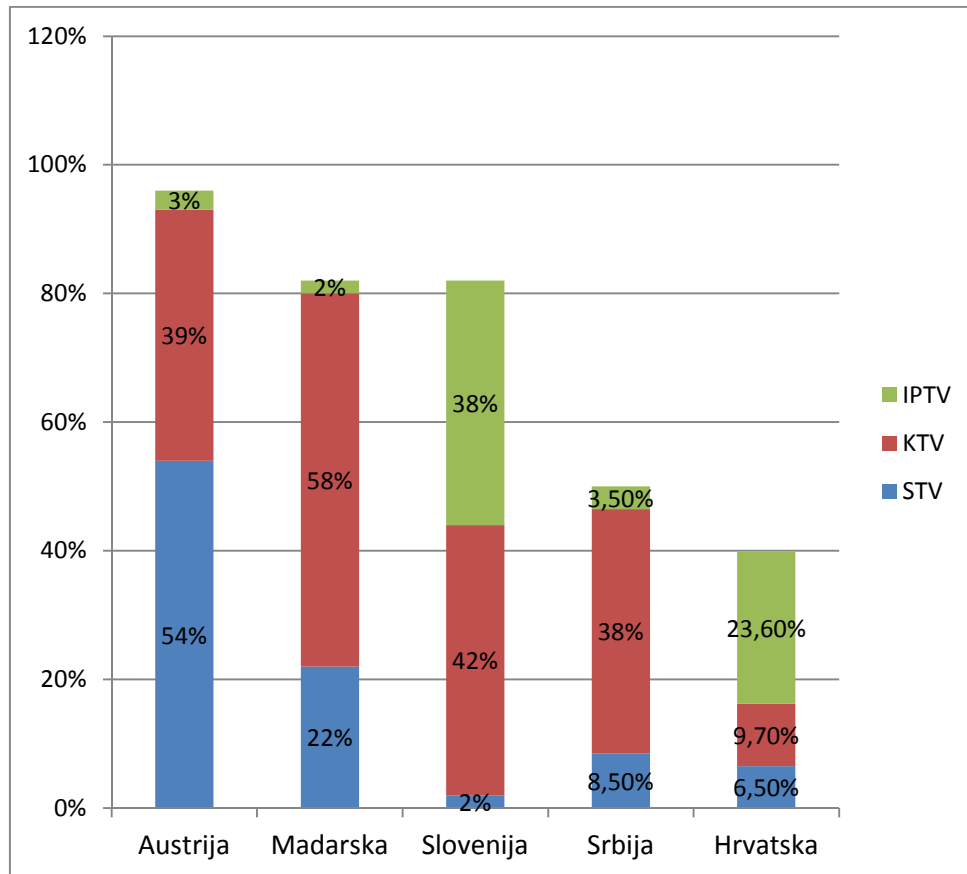
U zemaljskoj televiziji postoje dva poslovna modela. U prvom poslovnom modelu televizijski programi slobodni su za prijam u javnosti, odnosno korisnik ne plaća naknadu za prijam programa. Proizvodnja i emitiranje programa slobodnih za prijam u javnosti se financira:

- neizravnim putem - oglašavanjem unutar televizijskog programa,
- iz RTV pristojbe koja je propisana Zakonom o Hrvatskoj radioteleviziji.

RTV pristojba je naknada koju plaća svaki vlasnik radijskog i televizijskog prijamnika, a prihode od RTV pristojbe ubire javna Hrvatska radiotelevizija. 3% prihoda od RTV pristojbe se uplaćuje u Fond za poticanje pluralizma i raznovrsnosti elektroničkih medija, koje Agencija za elektroničke medije raspoređuje korisnicima nakon provedbe javnog natječaja za sufinanciranje audiovizualnih i radijskih programa. Za emitiranje televizijskih programa slobodnih za prijam u javnosti putem zemaljske digitalne televizije potrebna je koncesija koju izdaje Agencija za elektroničke medije nakon provedbe javnog natječaja. Za koncesiju nakladnik televizijskog programa plaća godišnju naknadu u korist državnog proračuna. Troškove odašiljanja nakladnik plaća mrežnom operatoru na osnovu komercijalnog ugovora s operatorom DVB-T mreže. Nakladnik ne plaća naknadu za uporabu radiofrekvencijskog spektra već ju plaća nositelj dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra odnosno mrežni operator.

Kod drugog poslovnog modela kod zemaljske televizije, korisnik (dodatno) plaća paket televizijskih programa operatoru multipleksa na mjesečnoj osnovi (*Pay TV*), a atraktivnost paketa određuje odabir programa u paketu. Programi koji se emitiraju su zaštićeni uz uvjetovani pristup i za prijam je potreban programski ili sklopovski dodatak na prijamniku. Nakladnici televizijskih programa kod ovog modela prihode ubiru od operatora multipleksa, najčešće na osnovu popularnosti odnosno gledanosti programa iz paketa.

S obzirom na veličinu marketinškog tržišta u Republici Hrvatskoj, korištenje kapaciteta digitalne zemaljske televizije za prijenos većeg broja novih programa slobodnih za prijam u javnosti teško može osigurati održivi poslovni model kako za postojeće tako i za nove nakladnike. S druge strane u Hrvatskoj imamo veliku zastupljenost zemaljske platforme pa je uvođenje *Pay TV* poslovnog modela u zemaljskoj televiziji logičan korak u daljnjem razvoju tržišta televizije (slika 2.3).



**Slika 2.3.** Usporedba hrvatskog tržišta *Pay TV* usluga i tržišta u zemljama regije

Posljednjih nekoliko godina znakovito se mijenja uloga zemaljske radiodifuzije ponajprije zbog tehnoloških inovacija na području zemaljske radiodifuzije tj. na području kodiranja i kompresije signala. Najveće promjene koje se događaju u radiodifuziji su:

- prijelaz na digitalno odašiljanje radijskog i televizijskog signala,
- zahtjevi korisnika za većom ponudom komunikacijskih usluga (jednosmjernih i dvosmjernih),
- zahtjevi korisnika za većom kvalitetom usluga, poput HDTV, 3DTV i Ultra-HDTV kvalitete televizijskog signala, odnosno CD kvalitete radijskog signala,
- zahtjevi korisnika za prijam u pokretu ili s prijenosnim uređajem,
- pojava hibridnih širokopojasno-radiodifuzijskih uređaja koji omogućavaju kombinaciju linearnih i nelinearnih usluga putem različitih distribucijskih platformi.



#### **2.1.4. Dionici tržišta zemaljske radiodifuzije**

Postupak puštanja u rad postaja u radiodifuznoj mreži detaljno je propisan Pravilnikom u uvjetima dodjele i uporabe radiofrekvencijskog spektra. Postaja u mreži zemaljske radiodifuzije može se u Republici Hrvatskoj pustiti u rad na osnovu dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra koju izdaje Hrvatska agencija za poštu i elektroničke komunikacije (HAKOM). Postupak izdavanja dozvole razlikuje se za digitalnu i za analognu radiodifuziju najviše zbog toga što je kod digitalne radiodifuzije odvojena proizvodnja sadržaja koju obavljaju nakladnici radijskog ili televizijskog programa od distribucije signala koju obavlja operator mreže.

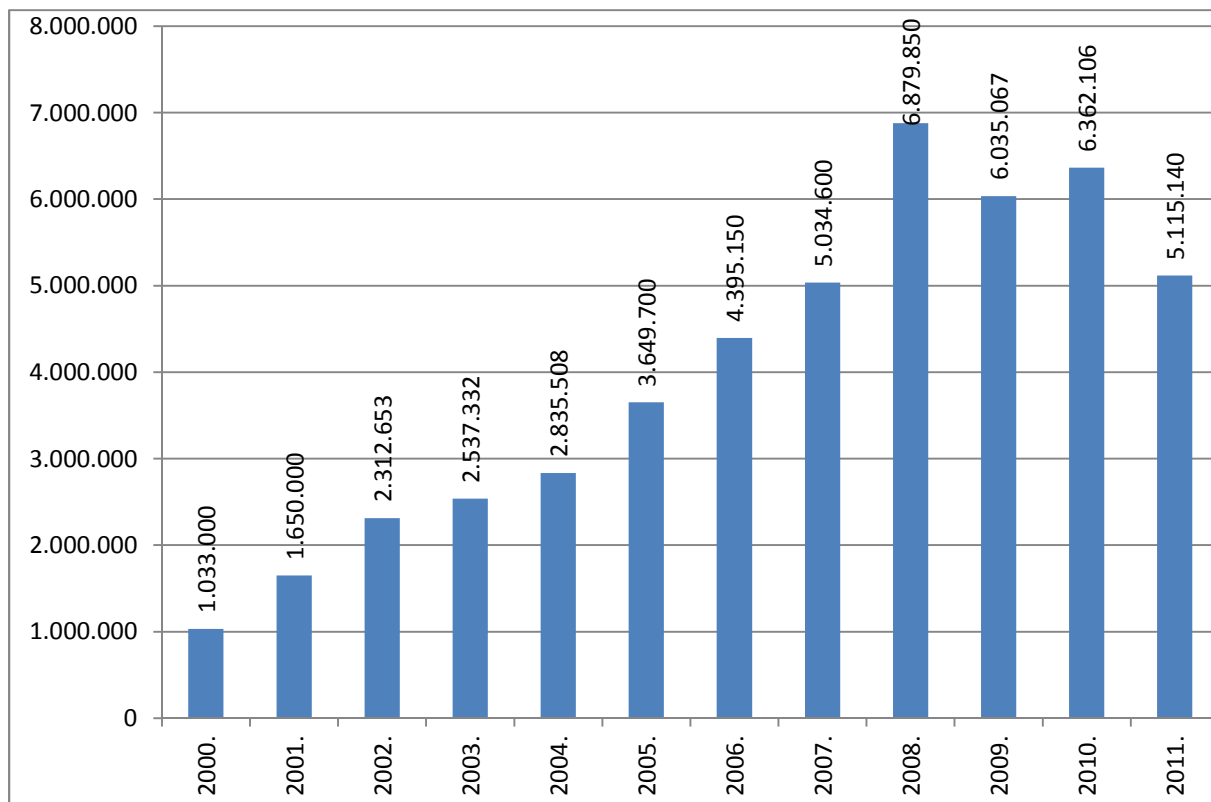
Kod analogne radiodifuzije odnosno analognog radija, HAKOM na zahtjev nakladnika koji je potpisao ugovor o koncesiji za obavljanje medijskih usluga radija ili televizije izdaje dozvolu za uporabu radiofrekvencijskog spektra. Ugovor o koncesiji za obavljanje medijskih usluga radija ili televizije potpisuje se nakon provedbe javnog natječaja sukladno Zakonu o elektroničkim medijima u kojem Agencija za elektroničke medije (AEM) odabire najboljeg ponuđača. Razinu koncesije određuje HAKOM na temelju tehničkih parametara međunarodno usklađenih odašiljača, odnosno pokrivanja mreže tih odašiljača.

Kod digitalne radiodifuzije, HAKOM nakon provedbe javnog poziva ili javnog natječaja odabranom operatoru mreže za digitalnu radiodifuziju izdaje dozvolu za uporabu radiofrekvencijskog spektra.

### **2.2. Tržište mobilnih komunikacija u Republici Hrvatskoj**

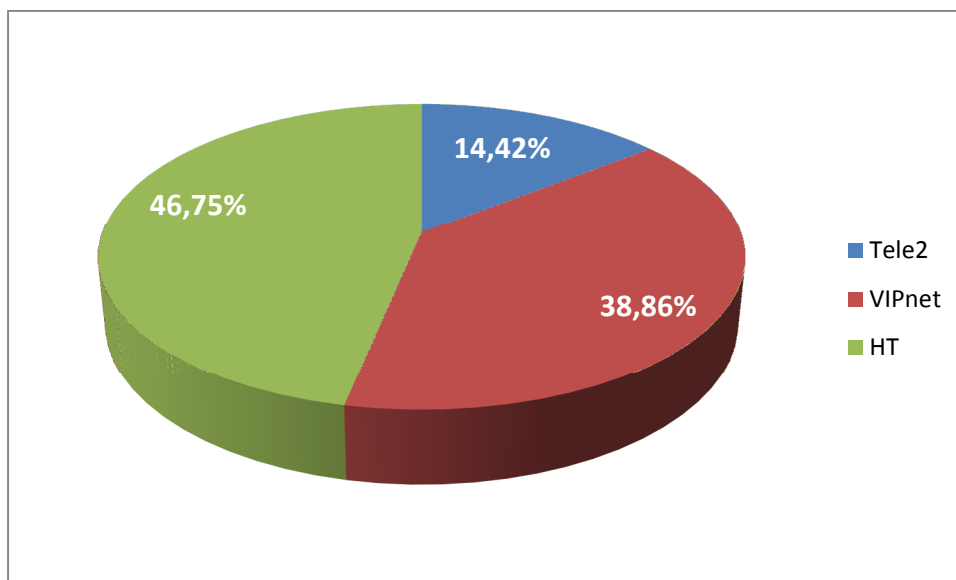
Hrvatsko tržište mobilnih komunikacija je važan segment hrvatskog gospodarstva. Na tržištu mobilnih komunikacija vodi se tržišna utakmica na visokoj razini konkurencije između tri operatora mreža mobilnih komunikacija: T-HTa, VIPneta i Tele2.

Broj korisnika telefonskih usluga u mrežama mobilnih komunikacija do 2010. godine bilježi konstantan rast, da bi u 2011. godini broj korisnika pao približno na razinu iz 2007. godine (slika 2.4). Osim recesijskih razloga koji su utjecali na smanjenje kupovne moći hrvatskih potrošača, od 1. siječnja 2011. godine aktivnim se korisnikom bez pretplatničkog odnosa smatra korisnik koji je u zadnjih 90 dana barem jednom koristio uslugu u javnoj mobilnoj komunikacijskoj mreži ili nadopunio račun putem bona, dok su za prethodna razdoblja operatori različito definirali aktivnog korisnika (90/180/270 dana).

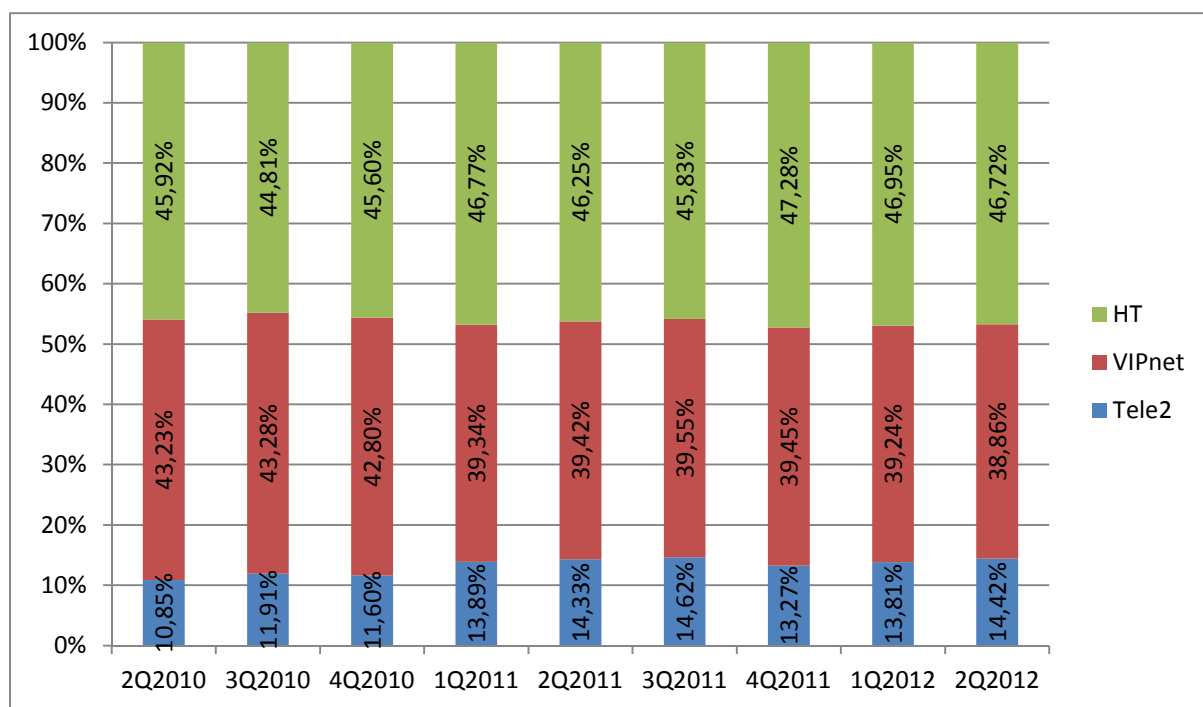


**Slika 2.4.** Broj korisnika telefonskih usluga u mreži mobilnih komunikacija

Prema podacima HAKOM-a za drugi kvartal 2012. godine, tržišni udio HT-a iznosio je 46,75%, udio VIPneta iznos 38,86%, a udio Tele2 14,42% (slika 2.5). Kretanje udjela operatora po kvartalima unutar tri zadnje godine prikazano je na slici 2.6.

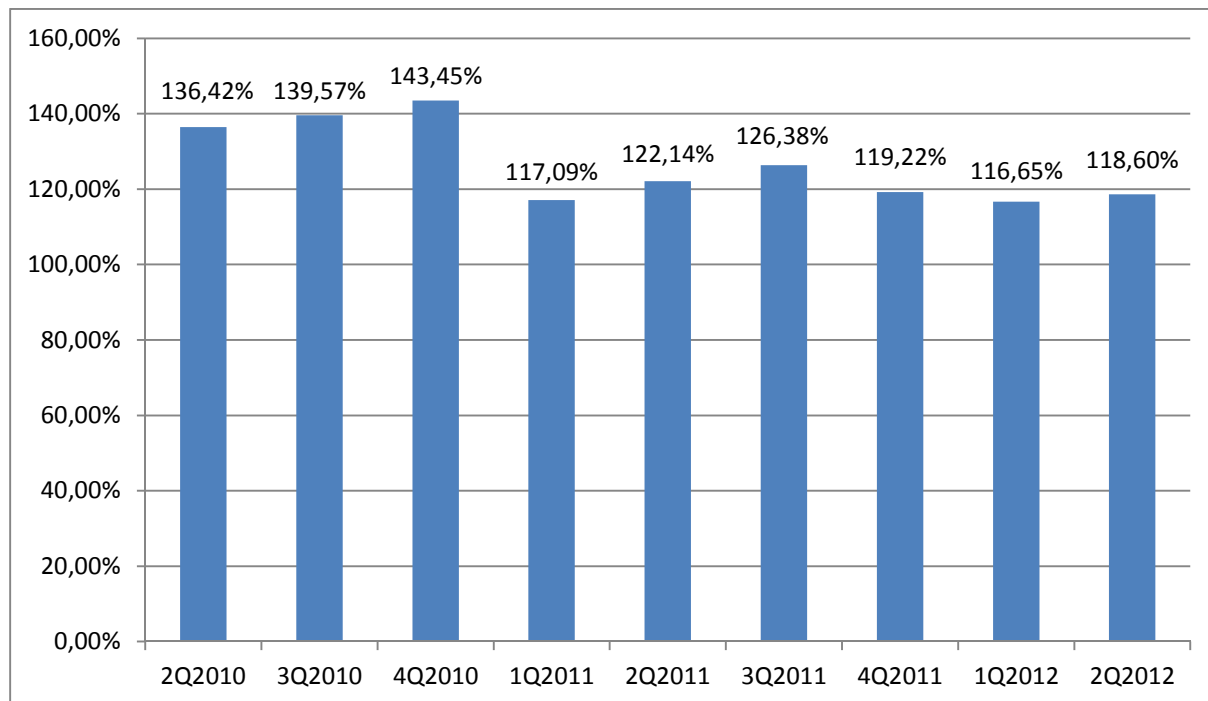


**Slika 2.5.** Udio operatora u mreži mobilnih komunikacija



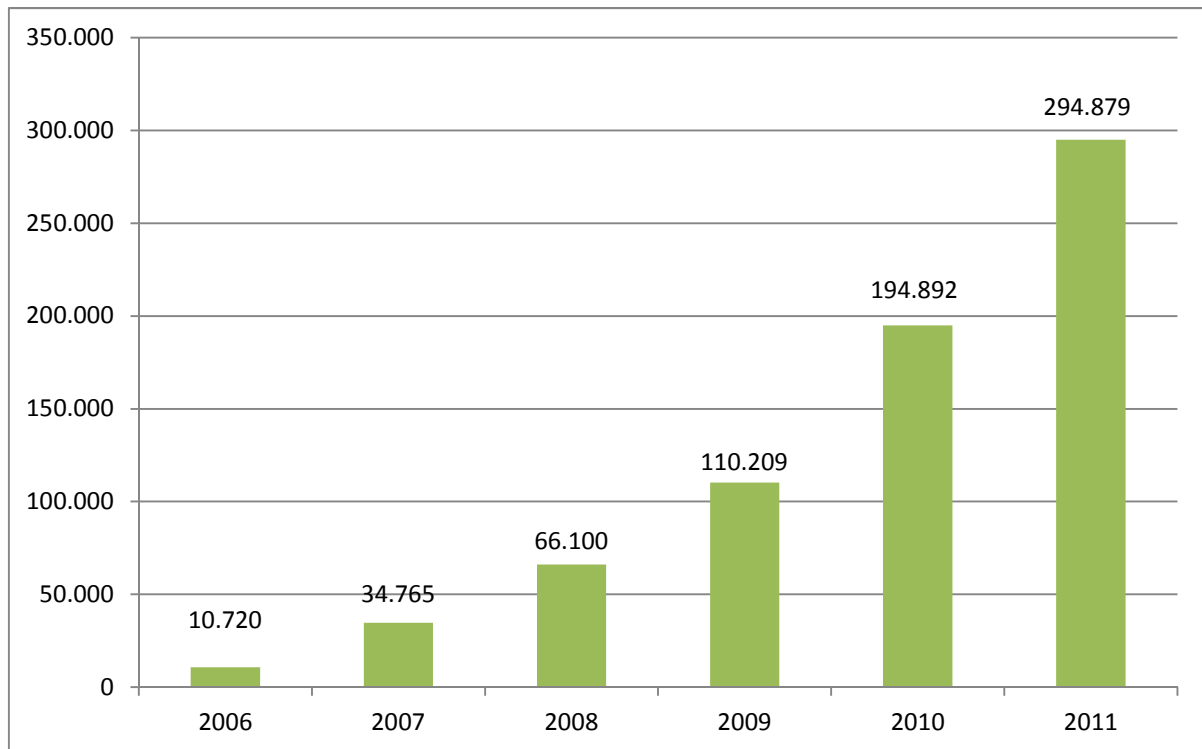
**Slika 2.6.** Kretanje udjela pojedinih operatora mreža mobilnih komunikacija

Tijekom 2007. godine gustoća korisnika u mreži mobilnih komunikacija je dosegla 100% i nastavlja rasti do 2010. godine s obzirom da potrošači sve češće imaju nekoliko SIM (*subscriber identity module*) kartica (slika 2.7). Od 2011. godine gustoća korisnika se stabilizira na razini oko 120%.



**Slika 2.7.** Gustoća korisnika u mreži mobilnih komunikacija

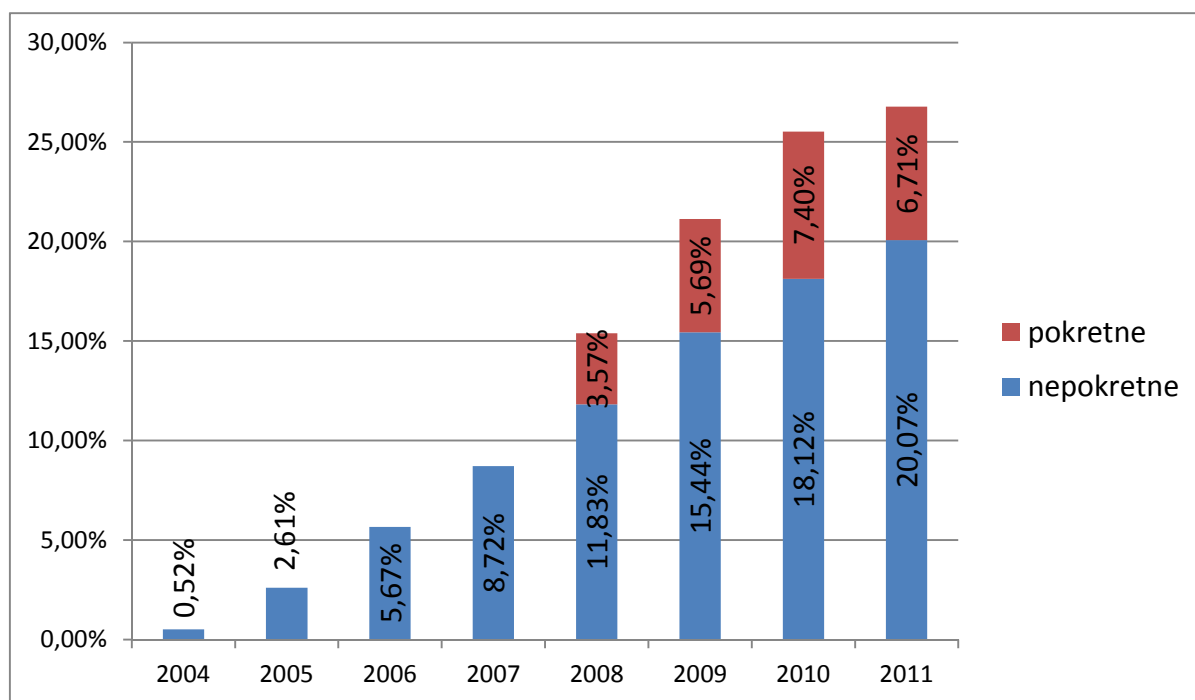
Regulacijom na tržištu mobilnih komunikacija postignuti su visoko konkurentski uvjeti, a korisnicima je olakšan prijelaz između operatora, što se vidi iz statistike prijena brojeva prikazanoj na slici 2.8.



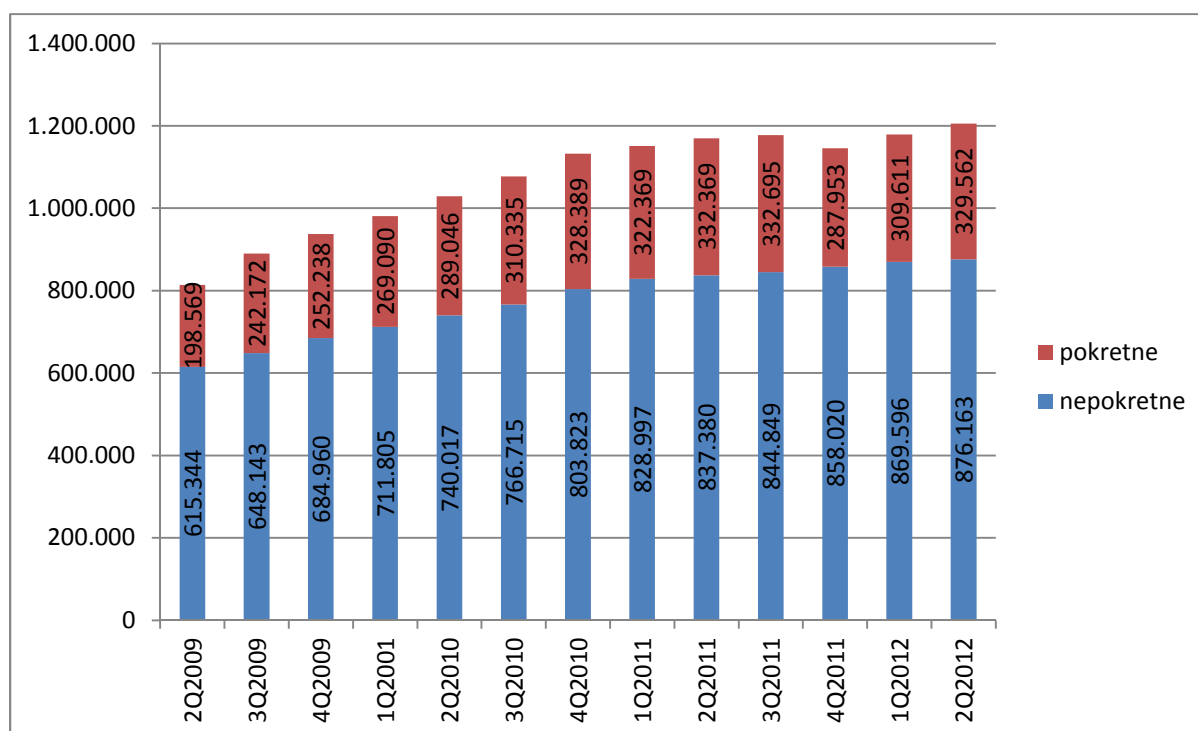
**Slika 2.8.** Prenešeni brojevi u mobilnih mreži

U mrežama mobilnih komunikacija najčešće se koriste telefonske usluge (govorne), usluge slanja SMS (*Short Message Service*) i MMS (*Multimedia Messaging Service*) poruka, te usluge pristupa Internetu. U posljednjim izvješćima bilježi se smanjenje prihoda od telefonskih usluga i usluga slanja SMS i MMS poruka, ali i rast prihoda od usluga širokopojasnog pristupa Internetu.

Kao i u ostatku svijeta tako i u Hrvatskoj posljednjih godina konstantno raste gustoća priključaka širokopojasnog pristupa Internetu kako u mrežama mobilnih tako i u fiksnim mrežama (slika 2.9). Prema podacima za drugi kvartal 2012. godine u mrežama mobilnih komunikacija ima 329.562 priključka širokopojasnog pristupa Internetu (slika 2.10). Pod širokopojasnim pristupom se podrazumijevaju dolazne brzine veće od 144 kbit/s.



**Slika 2.9.** Gustoća priključaka širokopojasnog pristupa Internetu



**Slika 2.10.** Broj priključaka širokopojasnog pristupa Internetu

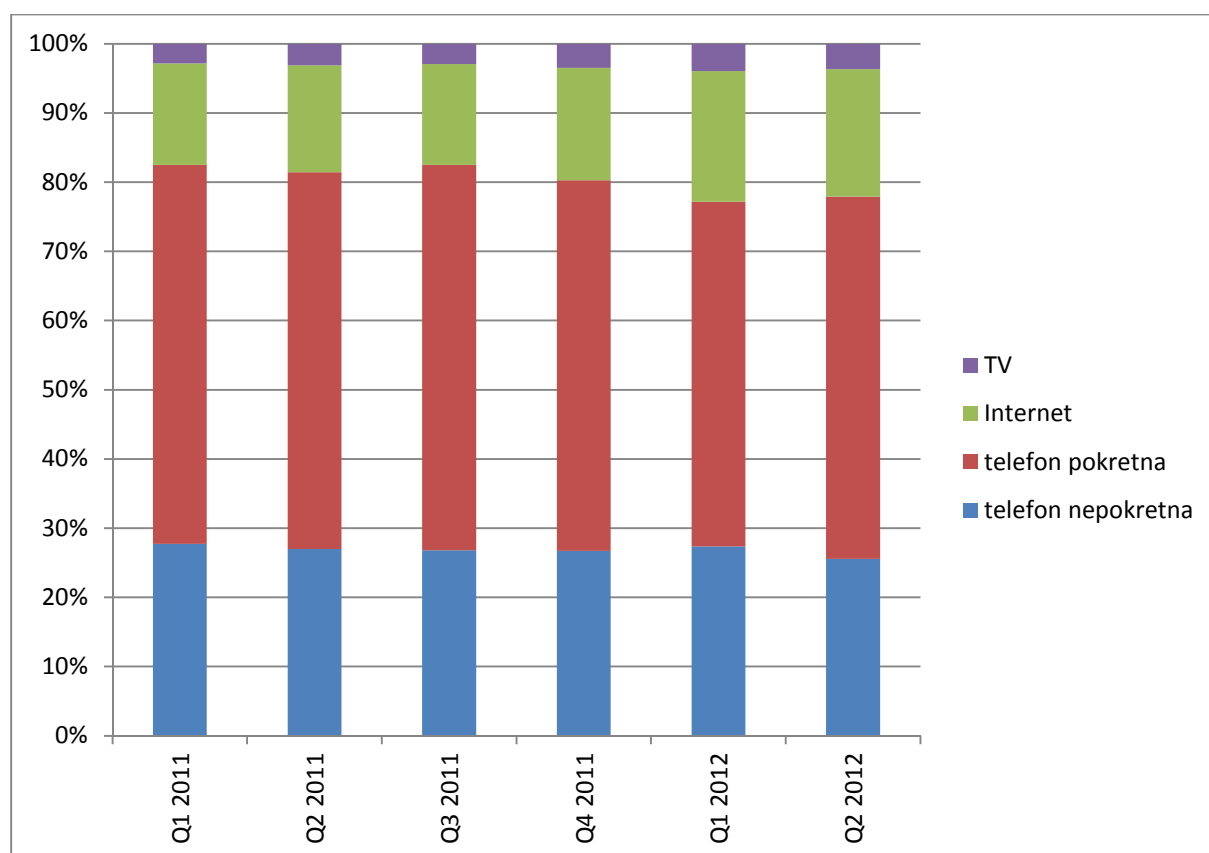
Tržište mobilnih komunikacija ima važnu ulogu u cjelokupnom gospodarstvu Republike Hrvatske. Od pozitivnog razvoja u sektoru mobilnih komunikacija profitiraju i potrošači i poduzetnici i država. Prema procjenama Deloitte-a industrija mobilnih komunikacija doprinosi gospodarstvu regije s 28 milijardi kuna (2011. godina).

Na gospodarstvo Republike Hrvatske tržište mobilnih komunikacija utječe sa strane nabave (2% BDP-a) i sa strane produktivnog rasta (5% BDP-a). Cijela industrija mobilnih komunikacija u Hrvatskoj upošljava gotovo 24 tisuće ljudi.

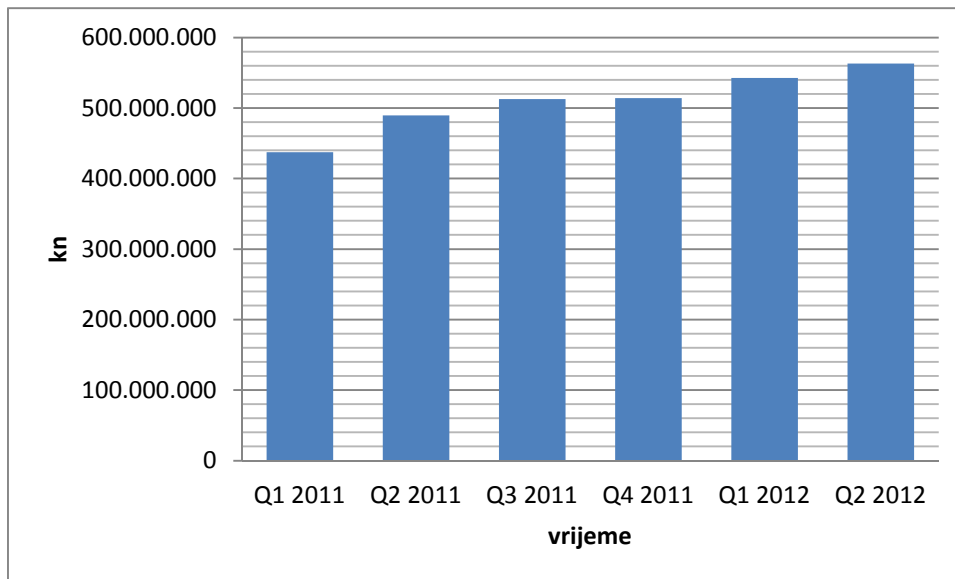
Kako bi se omogućio pozitivan utjecaj mobilnih komunikacija na korisnike i gospodarstvo potrebna su nova ulaganja operatora.

S druge strane, zbog smanjenja općih gospodarskih aktivnosti uslijed krize posljednjih godina dolazi do pada dohotka i smanjenja potražnje te pada investicija u razvoj mreže i ostale stavke kapitalnih rashoda. Smanjenje potražnje zbog pada kupovne moći potrošača izravno utječe na prihode u sektoru elektroničkih komunikacija. Posljedično, operatori mreža mobilnih komunikacija manje su skloni novim investicijama u razvoj mreže i ostale stavke kapitalnih rashoda. Izlaskom iz gospodarske krize može se očekivati i daljnji rast tržišta elektroničkih komunikacija.

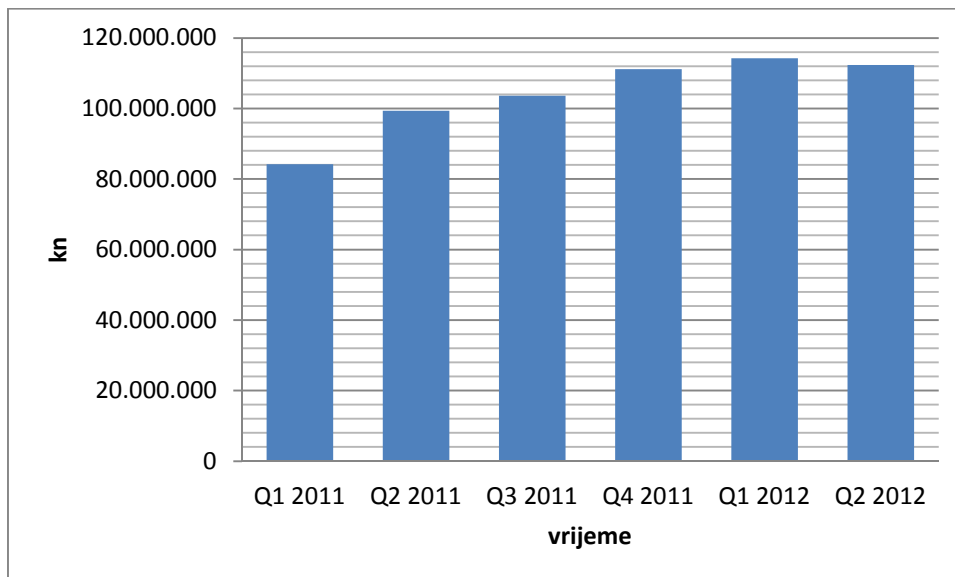
Usprkos gospodarskoj krizi, može se uočiti da je došlo do promjene u razinama prihoda koji se ostvaruju prodajom pojedinih elektroničkih komunikacijskih usluga. Općenito se može primijetiti stagnacija prihoda iz telefonskih usluga (govorne, SMS i MMS usluge) i porast prihoda u području Interneta i televizije (slika 2.11). Također se može primijetiti da prihodi iz telefonskih usluga u fiksnim mrežama padaju i da ih sve više nadomještaju telefonske usluge putem mreža mobilnih komunikacija (slika 2.12 i 2.13). Ovi trendovi su i logični kada se gleda napredak tehnologije, posebice pojava pametnih telefona te razvoja mreža mobilnih komunikacija četvrte generacije (4G).



**Slika 2.11.** Kretanje udjela prihoda od različitih usluga u ukupnom prihodu operatora



**Slika 2.12.** Prihodi operatora od usluge pristupa Internetu



**Slika 2.13.** Prihodi operatora od distribucije televizijskih programa

U sljedećim godinama možemo očekivati daljnje smanjivanje tržišta fiksne telefonije i zamjenu fiksne s mobilnim tehnologijom te porast korištenja usluga širokopojasnog pristupa Internetu. Očekuje se da će usluge širokopojasnog pristupa Internetu putem mreža mobilnih komunikacija biti glavni pokretač rasta tržišta, dok se s druge strane očekuje i daljnje smanjenje telefonskih usluga. Za očekivati je da će se nastaviti tržišne utakmica između postojećih 3 operatora, posebice na području širokopojasnog pristupa putem mreža mobilnih komunikacija. Ne očekuje se ulazak novog operatora na tržište niti velike promjene u udjelima postojećih operatora na tržištu.

S tehnološke strane, možemo očekivati da će se usluge širokopojasnog pristupa Internetu pružati putem LTE (*Long Term Evolution*) tehnologije.

### 3. Uporaba radiofrekvencijskog spektra u pojasevima VHF III, UHF IV i UHF V

U Republici Hrvatskoj namjena pojedinog frekvencijskog pojasa određena je Tablicom namjene radiofrekvencijskog spektra. Tablica namjene radiofrekvencijskog spektra sastavni je dio Pravilnika o namjeni radiofrekvencijskog spektra, koji na prijedlog Vijeća HAKOM-a donosi ministar pomorstva, prometa i infrastrukture. U skladu s Radijskim propisima Međunarodne telekomunikacijske unije (ITU) hrvatska tablica namjene za svaki pojedini radiofrekvencijski pojas utvrđuje njegovu namjenu za jednu ili više radiokomunikacijskih službi, njegovu dodjelu za jednu ili više odgovarajućih primjena ili tehnologija, njegovu namjenu u svrhu civilne i/ili vojne uporabe, mogućnost prijenosa ili najma frekvencijskog pojasa, uvjete dodjele i uporabe radijskih frekvencija, te način izdavanja dozvola za uporabu radiofrekvencijskog spektra.

Sukladno Tablici namjene radiofrekvencijskog spektra frekvencijski pojas VHF III koji se proteže od 174 MHz do 230 MHz namijenjen je radiodifuziji. Ovaj frekvencijski pojas koristi se isključivo za civilne službe i to za zemaljsku digitalnu televiziju (DTV) i zemaljski digitalni radio (T-DAB), a prema pravilima iz međunarodnog Sporazuma GE06. Tablica namjene propisuje izdavanje dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra za radiodifuziju na temelju javnog poziva ili javnog natječaja.

Osim radiodifuzije, u cijelom frekvencijskom pojasu VHF III, mogu se koristiti i uređaji malog dometa (SRD, *short range device*) za radiodeterminacijske primjene sukladno CEPT-ovoj preporuci ERC/REC 70-03 i to na temelju opće dozvole. Također, dio frekvencijskog pojasa VHF III od 174-216 MHz može se koristiti i za rad radiomikrofona sukladno CEPT-ovoj preporuci ERC/REC 70-03, a dozvola za radiomikrofone izdaje se na zahtjev korisnika.

Frekvencijski pojas UHF IV (od 470 MHz do 582 MHz) i UHF V (od 582 MHz do 862 MHz) je sukladno Tablici namjene radiofrekvencijskog spektra namijenjen primarno radiodifuziji, te na sekundarnoj osnovi mrežama mobilnih komunikacija, izuzev pojasa 790-862 MHz u kojem je namjena za mobilne komunikacije na primarnoj osnovi. Frekvencijski pojas od 470 MHz do 862 MHz koristi se za zemaljsku digitalnu televiziju (DTV) prema međunarodnom Sporazumu GE06, te za SRD uređaje za radiodeterminacijske primjene i radiomikrofone sukladno CEPT-ovoj preporuci ERC/REC 70-03. Osim navedenih službi, frekvencijski pojas od 790 MHz do 862 MHz koristi se za IMT prema odluci Europskog odbora za elektroničke komunikacije ECC/DEC/(09)03.

Podrobniji uvjeti dodjele i uporabe radijskih frekvencija u okviru pojedinih radiofrekvencijskih pojaseva, određenih Tablicom namjene radiofrekvencijskog spektra, utvrđuju se u planovima dodjele radijskih frekvencija, koje donosi HAKOM.

Za frekvencijska područja VHF III, UHF IV i UHF V HAKOM je donio dva plana dodjele:

- plan dodjele radijskih frekvencija za službe zemaljske radiodifuzije u frekvencijskim pojasevima 148,5 kHz-1492,0 MHz,
- plan dodjele za frekvencijski pojas 791-821/832-862 MHz.



### 3.1. Uporaba radiofrekvencijskog spektra u pojasevima VHF III, UHF IV i UHF V za zemaljsku radiodifuziju

#### 3.1.1. Planska raspodjela frekvencija

Prema Planu dodjele za zemaljsku radiodifuziju određene su radiodifuzijske tehnologije koje mogu raditi u pojedinim pojasevima kako je prikazano u tablici 3.1.

**Tablica 3.1.** Prikaz radiodifuznih tehnologija koje se koriste u Republici Hrvatskoj

Radiodifuzna tehnologija	Frekvencijski pojas	Širina kanala	Razmak između kanala	Frekvencijski plan
T-DAB (ETSI EN 300 401)	174,0 MHz - 230,0 MHz	1,54 MHz	176-336 kHz	GE06
DVB-T (ETSI EN 300 744)	174,0 MHz - 230,0 MHz	7 MHz	0 MHz	GE06
	470,0 MHz - 862,0 MHz	8 MHz	0 MHz	GE06
DVB-T2 (ETSI EN 302 755)	174,0 MHz - 230,0 MHz	7 MHz	0 MHz	GE06
	470,0 MHz - 862,0 MHz	8 MHz	0 MHz	GE06
DVB-H (ETSI EN 302 304)	470,0 MHz - 862,0 MHz	8 MHz	0 MHz	GE06

Plan dodjele za zemaljsku radiodifuziju propisuje područja dodjele frekvencija. Republika Hrvatska podijeljena je na digitalne regije (s nazivima D1-D9 u UHF frekvencijskom pojasu) koje su sastavljene od dvije ili više županija ili dijelova županija. Uz njih, postoji i više manjih gradskih digitalnih regija (s nazivima d41, d51, d71, d72, d81, d11, d21, d31, d44, d45, d46, d53, d54, d55, d73, d82, d91 u UHF frekvencijskom pojasu). Svaka digitalna regija čini logičnu cjelinu za pokrivanje DVB-T signalom u UHF frekvencijskom području u istokanalnoj mreži odašiljača (SFN). Pokrivenost svake regije nositelj dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra ostvaruje izgradnjom istokanalne mreže odašiljača (SFN). Na slikama 3.1 do 3.3 su prikazana područja dodjele frekvencijskih kanala, a u tablicama 3.2 do 3.4 je dat prikaz kanala koji su upisani u GE06 plan frekvencija.



**Slika 3.1.** Podjela Republike Hrvatske na digitalne regije za zemaljsku radiodifuziju digitalnog radijskog signala u VHF frekvencijskom području

**Tablica 3.2.** Blokovi za zemaljsku radiodifuziju digitalnog radijskog signala u VHF frekvencijskom području

Digitalna regija	Blok
T01	10D
T02	10D
T34	10C
T05	10A
T61	10A
T62	10C
T07	10C
T08	10A
T09	10C

Digitalna regija	Blok
T01	11D
T02	11D
T34	11C
T05	7B
T61	7B
T62	7D
T07	12C
T08	11D
T09	11A

Digitalna regija	Blok
W59	12A
W61	12C
W62	12A
W63	12B
W64	12D
W65	12A
W66	12D



**Slika 3.2.** Podjela Republike Hrvatske na digitalne regije za zemaljsku radiodifuziju digitalnog televizijskog signala u VHF frekvencijskom području

**Tablica 3.3.** Blokovi za zemaljsku radiodifuziju digitalnog televizijskog signala u VHF frekvencijskom području

Digitalna regija	Kanal
A	8
B+C	9
D	11
E	8
F	9
G	6



**Slika 3.3.** Podjela Republike Hrvatske na digitalne regije za zemaljsku radiodifuziju digitalnog televizijskog signala u UHF frekvencijskom području

**Tablica 3.4.** Kanali za zemaljsku radiodifuziju digitalnog televizijskog signala u UHF frekvencijskom području prema Planu GE06 (crvenom bojom su označeni kanali od 61-69 u području 790-862 MHz koje je namijenjeno za LTE)

Digitalne regije																
Kanali	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	d41	d51	d52	d71	d72	d81	
	21	23	21	25	23	30	21	23	21	22	21	34	33	28	22	
	36	26	34	28	28	34	22	33	22	31	27	45	34	29	28	
	38	39	36	40	29	36	27	34	28	46	31	61	35	35	29	
	44	43	44	42	39	44	31	41	29	51	33		41	46	35	
	51	58	56	48	43	54	45	43	45	57	34		67	57	46	
	56	62	63	53	46	56	51	53	51	60	35			67	57	
	63	69		68	53	63	59	68	59	29	41				67	
					57		61		66		45					
					68		64				51					
							66				59					
											61					
											64					
											66					
											67					

### 3.1.2. Dodijeljeni radiofrekvencijski spektar za radiodifuziju

Radiofrekvencijski spektar za radiodifuziju u VHF III pojasu trenutno nije dodijeljen niti jednom operatoru. Ovaj pojas bio je korišten za analognu televiziju, te je prelaskom s analognog na digitalno odašiljanje televizijskih programa oslobođen.

Frekvencijski pojas od 790 do 862 MHz ne koristi se za radiodifuziju, već je predviđeno korištenje ovog pojasa za mreže mobilnih komunikacija uz korištenje LTE tehnologije.

U UHF frekvencijskom pojasu od 470 do 790 MHz izdane su četiri dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra za 5 multipleksa digitalne televizije kako je navedeno u prethodnom poglavlju.

U tablici 3.5 prikazan je raspored dodijeljenih kanala po multipleksima. Kao što je vidljivo u tablici 3.5 za multiplekse C i E u pojedinim regijama korišteni su kanali iz susjednih regija (proširenje pokrivanja iz digitalne regije D1 na dio digitalne regije D2 i proširenje digitalne regije D4 na digitalnu regiju D3 i dio digitalne regije D2 – u tablici označeno bojom). Rad u većim SFN mrežama od onih predviđenim u Planu GE06 omogućava DVB-T2 standard. Ova prednost iskorištena je kako bi se nadoknadio dio izgubljenih pokrivanja zbog prenamjene frekvencijskog pojasa od 790 do 862 MHz za mreže mobilnih komunikacija.

**Tablica 3.5.** Kanali koji se koriste u multipleksima za digitalnu televiziju prema izdanim dozvolama

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	d42	d71	d72
MUX A	38	23	44	25	29	30	51	33	51			
MUX B	44	39	+48	48	53	44	59	53	59			
MUX D	21	58	36	42	28	54	31	34	28	57	35	29
MUX C	51	+51 / +53	+53	53	57	36	21	41	22			
MUX E	56	+56 / +28	+28	28	39	34	45	23	21			

Kada analiziramo frekvencijske resurse koji su predviđeni Planom GE06 i oduzmemo kanale koji su dodijeljeni sukladno izdanim dozvolama, te oduzmemo kanale od 61. do 69. koji se koriste za LTE, dobivamo preostale planske kanale koji su dostupni za daljnje dodjele (tablica 3.6). Valja napomenuti da je sukladno „Sporazumu GE06“ propisana zaštita analognih televizijskih usluga do 17. lipnja 2015. godine, te da su u Bosni i Hercegovini, Srbiji, Mađarskoj i Crnoj Gori još uvijek u radu analogne televizijske mreže. Stoga je u slučaju uporabe preostalih kanala prije 17. lipnja 2015. godine u nekim slučajevima potrebno dobiti dopuštenje od regulatornih agencija iz ovih susjednih zemalja.

**Tablica 3.6.** Kanali iz Plana GE 06 koji se ne koriste u multipleksima za digitalnu televiziju prema izdanim dozvolama

Digitalne regije									
Kanali	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
	36	26	21	40	23	56	22	43	29
		43	34		53		27		45
			56		57				

## 3.2. Mreže mobilnih komunikacija u frekvencijskom pojasu 791-821/832-862 MHz

### 3.2.1. Plan dodjele frekvencija

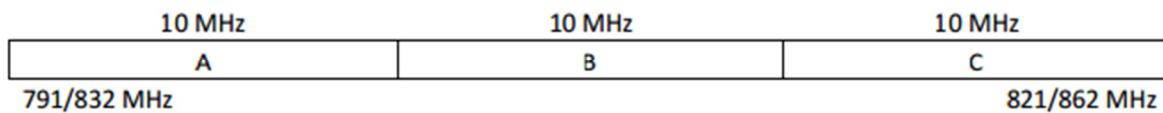
Plan dodjele za frekvencijski pojas 791-821/832-862 MHz (slika 3.4) predviđa primjenu LTE tehnologije u FDD duplesnom načinu rada s duplesnim razmakom od 11 MHz. Za silaznu vezu koristi se frekvencijsko područje od 791 do 821 MHz a za uzlazne veze frekvencijsko područje od 832 do 862 MHz. Širina jednog bloka je 5 MHz.

790-791	791-796	796-801	801-806	806-811	811-816	816-821	821-832	832-837	837-842	842-847	847-852	852-857	857-862
Zaštitni pojas	Silazna veza						Dupleksni razmak	Uzlazna veza					
1 MHz	30 MHz (6 blokova po 5 MHz)						11 MHz	30 MHz (6 blokova po 5 MHz)					

**Slika 3.4.** Prikaz blokova za LTE u frekvencijskom pojasu 790-832 MHz

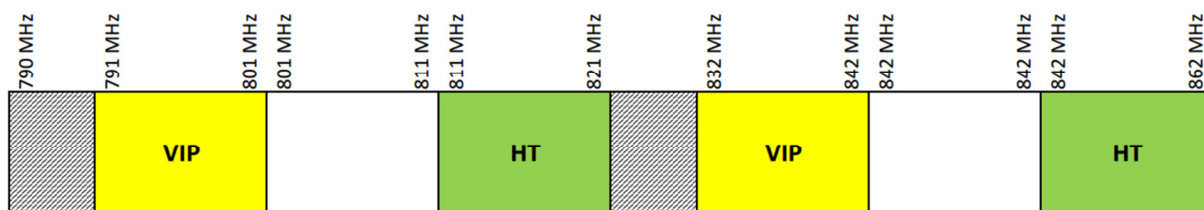
### 3.2.2. Dodijeljeni radiofrekvencijski spektar za mobilne komunikacije

U rujnu 2012. godine HAKOM je raspisao javni poziv za izdavanje dozvola za uporabu radiofrekvencijskog spektra za javne mreže mobilnih elektroničkih komunikacija na području Republike Hrvatske za frekvencijski pojas 791-821/832-862 MHz, na vremensko razdoblje do 18. listopada 2024. godine. Predviđena je dodjela radiofrekvencijskog spektara u blokovima 2x10 MHz, kako je prikazano na slici 3.5.



**Slika 3.5.** Prikaz blokova za LTE u frekvencijskom pojasu 790-832 MHz za koje je HAKOM raspisao javni poziv za izdavanje dozvole

S obzirom da su na javni poziv pristigle dvije ponude, HAKOM je donio odluku o dodjeli 2 para blokova 2x10 MHz VIPnetu i T-HT-u koji su ujedno i operatori GSM i UMTS mreža mobilnih komunikacija (slika 3.6).



**Slika 3.6.** Raspodjela blokova za LTE nakon izdavanja dozvole

## 4. Procjena količine digitalne dividende u Hrvatskoj

Digitalna dividenda definirana je kao dio radiofrekvencijskog spektra koji će se osloboditi nakon prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa i adekvatne zamjene postojećih analognih televizijskih programa u novoj digitalnoj platformi. Digitalna dividenda je posljedica tehnološkog napretka i veće spektralne učinkovitosti digitalne od analogne tehnologije odašiljanja.

Digitalizacijom se povećavaju kapaciteti za prijenos televizijskih programa što omogućava veći broj televizijskih programa i kvalitetniju sliku i zvuk.

$$\text{Digitalna dividenda} = \text{količina spektra potrebna za prijenos TV programa u analognoj tehnologiji} - \text{količina spektra potrebna za prijenos istih programa u istoj kvaliteti u digitalnoj tehnologiji}$$

Kako bi se utvrdila količina digitalne dividende potrebno je odrediti količinu spektra koja se koristila za analognu televiziju, te broj i kvalitetu programa koji su se odašiljali putem analogne televizije.

U Republici Hrvatskoj za analognu televiziju koristili su se VHF I frekvencijski pojas, VHF III frekvencijski pojas, te UHF frekvencijski pojasevi IV i V. Analogna televizija u potpunosti je koristila namijenjeni radiofrekvencijski spektar, te je pred kraj „analogne ere“ bilo gotovo nemoguće pronaći slobodne frekvencije za uvođenje novih televizijskih programa. U analognoj televiziji emitiralo se 4 programa na državnoj razini, 1 program na regionalnoj razini, 6 programa na županijskoj razini i 14 programa na gradskoj razini koncesije.

Kvaliteta televizijskih programa koji su se emitirali u analognoj tehnologiji odgovara standardnoj televizijskoj rezoluciji (SD).

Prema Strategiji prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa u Republici Hrvatskoj predviđeno je korištenje DVB-T standarda odašiljanja i MPEG-2 standarda kompresije koji omogućavaju prijenos 4-6 televizijskih programa u standardnoj rezoluciji (SD) u jednom multipleksu. Na ovaj način za prijenos sva četiri programa s državnom razinom koncesije dovoljan je jedan digitalni multipleks na državnoj razini (tablica 4.1).

Ako bi se preslikala pokrivanja analogne televizije bilo bi potrebno izgraditi digitalne mreže s pokrivanjima prema svakoj postojećoj koncesiji. Kako jedna frekvencija omogućava prijenos multipleksa od 4-6 programa, izgradnja identične mreže znatno bi povećala ponudu na gradskoj županijskoj i regionalnoj razini što bi moglo narušiti tržišne odnose i dovesti do financijske propasti lokalnih nakladnika. Stoga je u Republici Hrvatskoj izgrađena mreža digitalne televizije MUX D koja sadrži 9 digitalnih regija koja zajedno čine nacionalno pokrivanje, te nekoliko dodatnih lokalnih digitalnih regija koja približno odgovaraju starim analognim koncesijama. Postojećim nakladnicima omogućen je odabir pokrivanja više razine digitalne regije uz uvjet prilagođavanja programske sheme ili ostanak na staroj razini koncesije. Kao rezultat ovakve promjene pokrivanja, povećanje pokrivenosti s gradske razine na regionalnu razinu ostvarilo je 12 nakladnika, dok je povećanje pokrivenosti s regionalne i županijske razine na regionalnu razinu ostvarilo 7 nakladnika (tablica 4.1). Ovo povećanje pokrivenosti zapravo je prvi iskorišteni aspekt digitalne dividende.

**Tablica 4.1.** Popis programa prije i poslije digitalizacije televizije

Broj	Program	Razina koncesije u analognoj TV	Razina koncesije u digitalnoj TV	Mreža
1	NOVA TV	Državna	državna	MUX A
2	RTL TELEVIZIJA	Državna	državna	MUX A
3	HRT 1	Državna	državna	MUX A
4	HRT 2	Državna	državna	MUX A
5	<b>DOMA TV</b>		<b>državna</b>	<b>MUX B</b>
6	<b>RTL2</b>		<b>državna</b>	<b>MUX B</b>
7	<b>CMC</b>		<b>državna</b>	<b>MUX D</b>
8	<b>Sportska televizija</b>		<b>državna</b>	<b>MUX D</b>
9	<b>HRT 3</b>		<b>državna</b>	<b>MUX B</b>
10	<b>KN</b>		<b>državna</b>	<b>MUX D</b>
11	OSJEČKA TELEVIZIJA	Gradska	regionalna	MUX D
12	VINKOVAČKA TELEVIZIJA	Gradska	regionalna	MUX D
13	SBTV	Gradska	regionalna	MUX D
14	ČAKOVEČKA TELEVIZIJA	Gradska	regionalna	MUX D
15	TV PLUS	Gradska	regionalna	MUX D
16	TELEVIZIJA 4 RIJEKE	Gradska	regionalna	MUX D
17	Z1	Gradska	regionalna	MUX D
18	TV NOVA	Gradska	regionalna	MUX D
19	RI-TV	Gradska	regionalna	MUX D
20	VOX TV	Gradska	regionalna	MUX D
21	GRADSKA TELEVIZIJA	Gradska	gradska	MUX D
22	TELEVIZIJA ŠIBENIK	Gradska	gradska	MUX D
23	TELEVIZIJA DALMACIJA	Gradska	regionalna	MUX D
24	DU TV	Gradska	regionalna	MUX D
25	STV	Županijska	regionalna	MUX D
26	VARAŽDINSKA TELEVIZIJA	Regionalna	regionalna	MUX D
27	NET	Županijska	regionalna	MUX D
28	JABUKA TV	Županijska	regionalna	MUX D
29	NIT	Županijska	regionalna	MUX D
30	KANAL RI	Županijska	regionalna	MUX D
31	TV JADRAN	Županijska	regionalna	MUX D
32	<b>VOX TV</b>		<b>regionalna</b>	<b>MUX D</b>

ново

ново

ново

ново

ново

ново (oduzeta  
koncesija)

ново



Iz navedenog se može zaključiti da je za prijenos svih televizijskih programa koji su se analogno emitirali dostatan kapacitet jednog DVB-T multipleksa (MUX A), te 2/5 kapaciteta drugog DVB-T multipleksa (MUX D), uz dvije gradske frekvencije kojima se ostvaruje pokrivanje na području Zadra i Šibenika (MUX D).

Analizirajući trenutnu uporabu radiofrekvencijskog spektra, zaključuje se kako je VHF III frekvencijsko područje u cijelosti je „oslobođeni“ RF spektar odnosno obuhvaćen je pojmom digitalne dividende. Prema planu iz „Sporazuma GE06“ u Republici Hrvatskoj u VHF III frekvencijskom području može se ostvariti 3 nacionalna pokrivanja za digitalni radio (T-DAB) i 1 nacionalno pokrivanje za digitalnu televiziju. Imajući u vidu podjelu na kanale i blokove, jedan televizijski kanal može se podijeliti na 4 T-DAB blokova, te se VHF III frekvencijsko područje u tom slučaju može koristiti za 7 nacionalnih pokrivanja za digitalni radio.

UHF IV i V frekvencijsko područje trenutno se koristi za digitalnu televiziju i LTE mreže mobilnih komunikacija.

Frekvencijsko područje od 790-862 MHz za LTE mreže mobilnih komunikacija također je „oslobođeni“ RF spektar nastao prelaskom na digitalno odašiljanje, dakle obuhvaćen je definicijom digitalne dividende.

Kako je prikazano u tablici 4.2, za digitalnu televiziju preostaje 5-8 pokrivanja na razini digitalnih regija D1-D9 koje zajedno čine nacionalno pokrivanje, te 2-10 pokrivanja na razini lokalnih digitalnih regija d41, d51, d52, d71, d72, d81.

**Tablica 4.2.** Broj pokrivanja digitalne televizije u frekvencijskom području 470 - 790 MHz

Regionalna pokrivanja									Lokalna pokrivanja					
D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	d41	d51	d52	d71	d72	d81
6	5	5	6	8	6	7	6	7	7	10	2	4	5	6

## 5. Moguće usluge u spektru digitalne dividende

Uvođenje novih usluga u spektru digitalne dividende donijet će mnoge prednosti korisnicima. Nove usluge omogućila je nova tehnologija (digitalna obrada, kompresija signala) odnosno efikasnija uporaba mrežnog kapaciteta. Ključne prednosti ostvarene digitalnom dividendom su sadržane u sljedećem:

- veći odabir TV i radio kanala,
- poboljšana kvaliteta slike i zvuka,
- veća fleksibilnost za mobilni prijam,
- uvođenje naprednih informacijskih usluga kao što su elektronički programski vodiči i napredni teletext,
- uvođenje novih pružatelja usluga na tržište.

Osim za korisnike, korištenje spektra digitalne dividende donosi određene prednosti i za industriju, a te prednosti mogu se iskazati kroz:

- manje troškove odašiljanja,
- uvođenje usluga koje se naplaćuju (*Pay TV*),
- uvođenje novih mreža za prijenos koje uključuju nove odašiljače, antene i transportnu mrežu,
- primjenu novih prijamnika,
- CAS (*conditional access systems*) sustave.

### 5.1. Radiodifuzija televizijskog signala

Digitalna dividenda može se koristiti za usluge odašiljanja kroz već uspostavljeno frekvencijsko planiranje na nacionalnoj i međunarodnoj razini. U prelasku na digitalno odašiljanje obavljaju se i potrebne modifikacije frekvencijske raspodjele kako bi se oslobodili dodatni resursi spektra. Osnovni problem promjene frekvencijskog plana je potreba za pregovaranjem sa susjednim zemljama radi usklađivanja frekvencijske raspodjele.

Usluge koje je moguće postići ukoliko se digitalna dividenda rezervira za potrebe TV radiodifuzije:

- dodatni TV programi,
- televizija visoke kvalitete,
- 3DTV,
- mobilna televizija.

#### 5.1.1. Dodatni TV programi

Spektar digitalne dividende može se koristiti za prijenos dodatnih nacionalnih, regionalnih ili lokalnih TV kanala. Taj spektar pogodan je za odašiljanje televizijskog signala jer multipleks može pružiti odgovarajuću kvalitetu ukoliko se osigura dovoljan kapacitet kanala te zadovolji zahtjev za smanjenjem broja pogrešno prenesenih bitova (BER, *bit error rate*). Uporaba nekog drugog spektra izvan frekvencija 470-862 MHz za odašiljanje digitalnog televizijskog signala je otežana jer bi to zahtijevalo zamjenu postojeće korisničke opreme te uporabu dodatnih TV odašiljača.

Trenutno postoje dvije osnovne tehnologije za kompresiju koje se koriste kod digitalnog odašiljanja tv signala, a to su MPEG-2 i MPEG-4 (H.264/MPEG-4 AVC). Njihovom međusobnom usporedbom moguće je zaključiti da je MPEG-4 oko dva puta efikasniji nego MPEG-2. Zamjena MPEG-2 postupka s H.264 postupkom unosi trošak za korisnike koji bi neki morali nabaviti nove prijamnike.

Druga mogućnost povećanja kapaciteta je zamjena DVB-T sustava s DVB-T2 sustavom. Prikaz povećanja broja kanala koje omogućuje promjena postupka kompresije i standarda za odašiljanje signala dan je u tablici 5.1.

**Tablica 5.1.** Broj TV kanala po multiplesku

Izvor: *Analysys Mason, DotEcon and Hogan & Hartson, 2009. godine*

	DVB-T		DVB-T2	
	SD kanali	HD kanali	SD kanali	HD kanali
MPEG-2	8	1	10	2
H.264/MPEG-4 AVC	16	3	20	4

Uvođenjem dodatnih TV kanala korisnicima se pruža mogućnost većeg izbora televizijskih programa, ali otvara se i prilika za uvođenje usluga koje se naplaćuju.

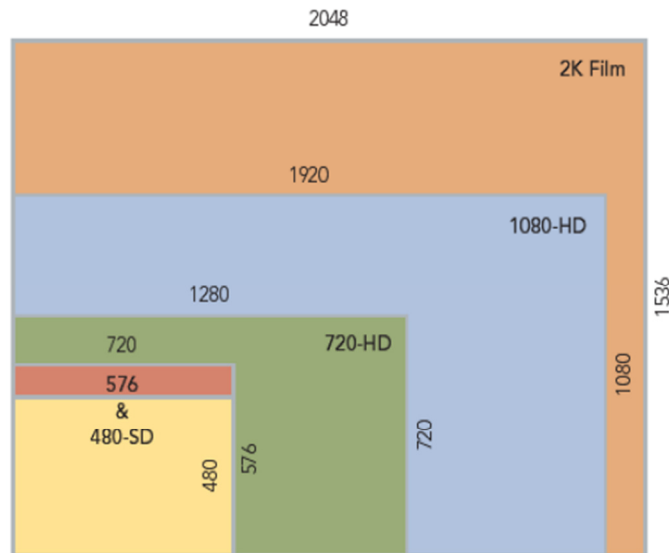
### 5.1.2. Televizija visoke kvalitete

Televizija visoke kvalitete je tehnologija za odašiljanje televizijskih signala u rezoluciji slike višoj od televizije standardne kvalitete (SDTV, *Standard Definiton Television*).

Neke od ključnih značajki televizije visoke kvalitete su:

- povećani broj analizirajućih linija (720 ili 1080 ovisno o sustavu),
- mogućnost progresivnog analiziranja (*Progressive Scanning*) gdje se slika analizira cijela, tj. analiziraju se sve linije u jednoj slici,
- mogućnost povećanja vertikalne frekvencije,
- povećanje brzine prijenosa podataka (10-15 Mb/s)
- proširenje slike (omjer slike povećan na 16:9),
- poboljšane kolorimetrijske značajke slike (novi način definiranja primarnih boja crvene, zelene i plave u CIE dijagramu kromatičnosti, luminantnog signala i komponenti krominantnog signala),
- mogućnost višekanalnog zvuka.

S korisničkog gledišta, televizija visoke kvalitete donosi poboljšanje zvuka i kvalitete slike s prirodnijim i bogatijim bojama te glatkim pokretima. Također povećana je rezolucija slike (slika 5.1). Sustavi visoke kvalitete mogu sadržavati rezoluciju do 1920x1080 elemenata slike što predstavlja znatno bolju rezoluciju u odnosu na televiziju standarde kvalitete. Paralelno s povećanjem rezolucije, povećan je i omjer stranica slike s 4:3 u televizijskim sustavima standardne kvalitete na 16:9 u televizijskoj visoke kvalitete.



**Slika 5.1.** Usporedba formata TV sustava

### 5.1.3. 3DTV

3DTV je usluga koja omogućava prikaz televizijskog sadržaja uz stvaranje osjećaja dubine. Postoji više tehnologija koje omogućuju prikaz 3DTV signala, ali u osnovi radi se o podijeli sadržaja za lijevo i desno oko. Postoje dva osnovna pristupa koja omogućavaju takav prikaz signala:

- korištenje posebnih naočala koje dijele sliku za desno i lijevo oko:
  1. stereoskopske naočale - pasivni filtri za boje koji propuštaju određenu boju za svako oko,
  2. polarizacijske naočale - pasivni polarizacijski filtri,
  3. aktivne zatvarajuće naočale - sinkronizirane s televizorom kako bi u odgovarajućem trenutku propustile sliku odgovarajućem oku.
- korištenje posebnog sustava koji dijeli sliku za desno i lijevo oko - autostereoskopski zasloni koji sadrže posebni mehanizam kako bi razdvojili sliku za desno i lijevo oko.

3DTV korisnicima donosi novi doživljaj prilikom gledanja televizijskog sadržaja. S korisničkog gledišta, 3DTV donosi poseban doživljaj gledanja televizijskog signala uz potrebu za ulaganjem u odgovarajuću opremu za prikaz takvog signala.

### 5.1.4. Mobilna televizija

Mobilna televizija je namijenjena malim uređajima poput dlanovnika ili mobilnih uređaja, a korisnicima omogućuje pregled više TV kanala. Uključuje TV usluge koje se dostavljaju na mobilne uređaje uz naplatu ili usluge koje se besplatno odašilju zemaljskom mrežom. Često dolaze u kombinaciji s uslugama preuzimanja TV programa s Interneta ili pohrane sadržaja za kasniji pregled.

Postoji više način za prijenos signala mobilne televizije, a najčešće se primjenjuje standard DVB-H. Kako bi podržali prijenos mobilne televizije, operatori obično koriste frekvencije u donjem dijelu pojasa 470-862 MHz (ispod 750 MHz). Odabir takvog frekvencijskog područja za mobilnu televiziju pruža balans između područja pokrivenosti i veličine antene.

## 5.2. Digitalni radio

Nakladnici radija izloženi su sve jačoj konkurenciji na rascjepkanom tržištu te su primorani uvoditi više programa, nove kanale, nove oblike odašiljanja informacija, interaktivne programske sadržaje i sl. Uvođenjem digitalne tehnologije odašiljanja ostvaruje se mogućnost proizvodnje više programa u okvirima raspoloživih sredstava. Važnim se pokazuje i pružanje raznolikih sadržaja prilagođenih ciljanom tržištu kao i dodatnih pratećih usluga. Korištenjem dijela kapaciteta mreže za digitalno odašiljanje radija stvaraju se poslovne mogućnosti za treće davatelje raznih usluga. Mogućnosti uvođenja raznih podatkovnih usluga ograničene su mogućnostima prijavnika koji trebaju biti izvedeni tako da mogu memorirati i prikazivati primljene podatke.

Mreža za digitalno odašiljanje radija pruža tri skupine različitih usluga:

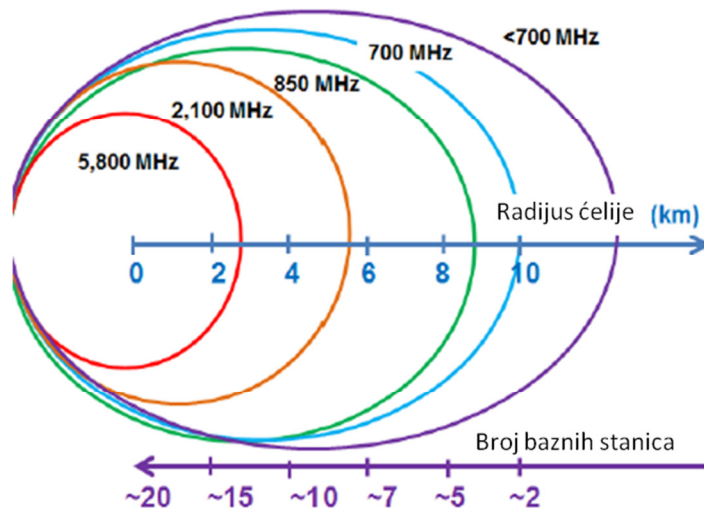
- usluge jednake onima u analognom odašiljanju radija,
- napredne radiodifuzijske usluge koje omogućuju usluge odašiljanja programa s povećanom vrijednošću ili s izmijenjenim osobinama (interaktivni programi) te
- podatkovne usluge koje mogu biti povezane s radijskim programom, ali i sasvim neovisne o njemu.

Uspješnost migracije slušateljstva k digitalnim tehnologijama u velikoj mjeri ovisi o ponudi kvalitetnih prijavnika na tržištu. S obzirom na neizvjesnu situaciju oko uporabe pojedine tehnologije potrebni su prijavnici koji podržavaju više tehnologija.

## 5.3. Mobilne komunikacije

Jedna od bitnih primjena digitalne dividende je uporaba za mobilne komunikacije. U posljednje vrijeme zabilježen je veliki porast u podatkovnom prometu u mobilnim mrežama kao posljedica rastućeg uspjeha pametnih telefona. Ova revolucija zahtjeva brzu alokaciju spektra za mobilne usluge. Digitalnu dividendu je moguće koristiti za omogućavanje međunarodnog *roaminga* u mobilnim uslugama. Kako bi se izbjegla interferencija s uslugama odašiljanja, digitalna dividenda za mobilne usluge može se definirati tek nakon procesa analogno-digitalnog prelaska. Ovaj proces obično zahtjeva regionalnu harmonizaciju te postizanje regionalnih i bilateralnih dogovora.

Važnost digitalne dividende za mobilne komunikacije, u usporedbi s višim frekvencijskim pojasevima, povezana je s mogućnošću povećavanja područja pokrivanja baznih stanica. Budući da se to područje smanjuje s kvadratom frekvencije (slika 5.2), vidimo kako broj baznih stanica potrebnih za pokrivanje nekog područja raste s rastom frekvencije, a to uvelike utječe na cijenu mreže.



Slika 5.2. Promjena radijusa ćelije u odnosu na frekvencijsko područje

## 5.4. Širokopolasni pristup

Digitalna dividenda može se koristiti za osiguravanje usluga širokopolasnog pristupa korisnicima na fiksnim ili mobilnim terminalima. Posebno značajno područje za usluge širokopolasnog pristupa je iznad 350 MHz i ispod 1GHz. Propagacijske karakteristike pokazuju da se spektar može koristiti za povećanje pokrivenosti ruralnih dijelova ili bolju pokrivenost područja unutar zgrada. Dvije osnovne tehnologije mogu se koristiti za mobilni širokopolasni pristup:

- UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)/LTE - široko raširen u Europi u frekvencijskom području od 2,1 GHz, ali uvodi se i u druga područja u nekim zemljama (npr. 900 MHz).
- WiMAX (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*).

Mobilni operatori u Europi okreću se tehnologiji LTE. S dodatnim spektrom digitalne dividende, uporaba tehnologije LTE može donijeti mnoge prednosti korisnicima putem aplikacija za udaljeno učenje, aplikacija za udaljeni nadzor i dijagnostiku, pristupa stranicama društvenih mreža i sl.

Dodatno, uporaba nižeg frekvencijskog područja omogućava lakše prodiranje signala kroz zgrade te pruža bolju pokrivenost signalom unutar zatvorenih područja (unutar zgrade). Ova prednost od posebnog je značaja za mobilne korisnike.

Osim navedene namjene, digitalna dividenda može se koristiti za potrebe PPDR (*public protection and disaster relief*) usluga pružajući kanale za komunikaciju za potrebe policije, vatrogasaca, hitne pomoći i sl. Takve postojeće usluge bazirane su na sustavima TETRA (*Terrestrial Trunked Radio*) i TETRAPOL koji koriste frekvencijsko područje u pojasu 380-400 MHz. U posljednje vrijeme javlja se potreba za uporabom širokopolasnih tehnologija (poput tehnologija WiMAX i LTE) za usluge PPDR.

## 5.5. Ostale usluge

Digitalnu dividendu moguće je koristiti i za druge usluge i aplikacije koje:

- rade pod okvirom postojeće raspodjele frekvencija za odašiljanje, tj. pod pretpostavkom da ne uzrokuju interferenciju.
- koriste bijeli spektar frekvencijskog plana odašiljanja (spektar koji je ostao neiskorišten) bez smetnji za primarne usluge odašiljanja. To su na primjer uređaji kratkog dometa kao što su bežični mikrofoni, WiFi (*Wireless Fidelity*) i sl.

Osim navedenog, mogući korisnici oslobođenog pojasa frekvencija mogu biti vojni sustavi te zrakoplovno radionavigacijski sustavi.

## 6. Pregled tehnologija za usluge u spektru digitalne dividende

### 6.1. DVB-T

Standard za zemaljsku radiodifuziju digitalnog videosignala (DVB-T, *Digital Video Broadcasting-Terrestrial*) usvojio je 1997. godine Europski institut za standardizaciju i telekomunikacije (ETSI, *European Telecommunications Standards Institute*) pod oznakom ETSI EN 300 744 „*Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television*“. Navedeni standard sadrži opis sustava za zemaljsku digitalnu televiziju, definicije značajki sustava za postizanje željene kvalitete usluge i detaljan opis obrade signala na modulatorskoj strani radi postizanja kompatibilnosti opreme različitih proizvođača. Namijenjen je jednofrekvencijskim mrežama (SFN, *Single Frequency Network*) u kojima odašiljači na istoj frekvenciji odašilju iste programe, što zahtjeva sinkronizaciju odašiljača i prijenos potpuno istih podataka u isto vrijeme.

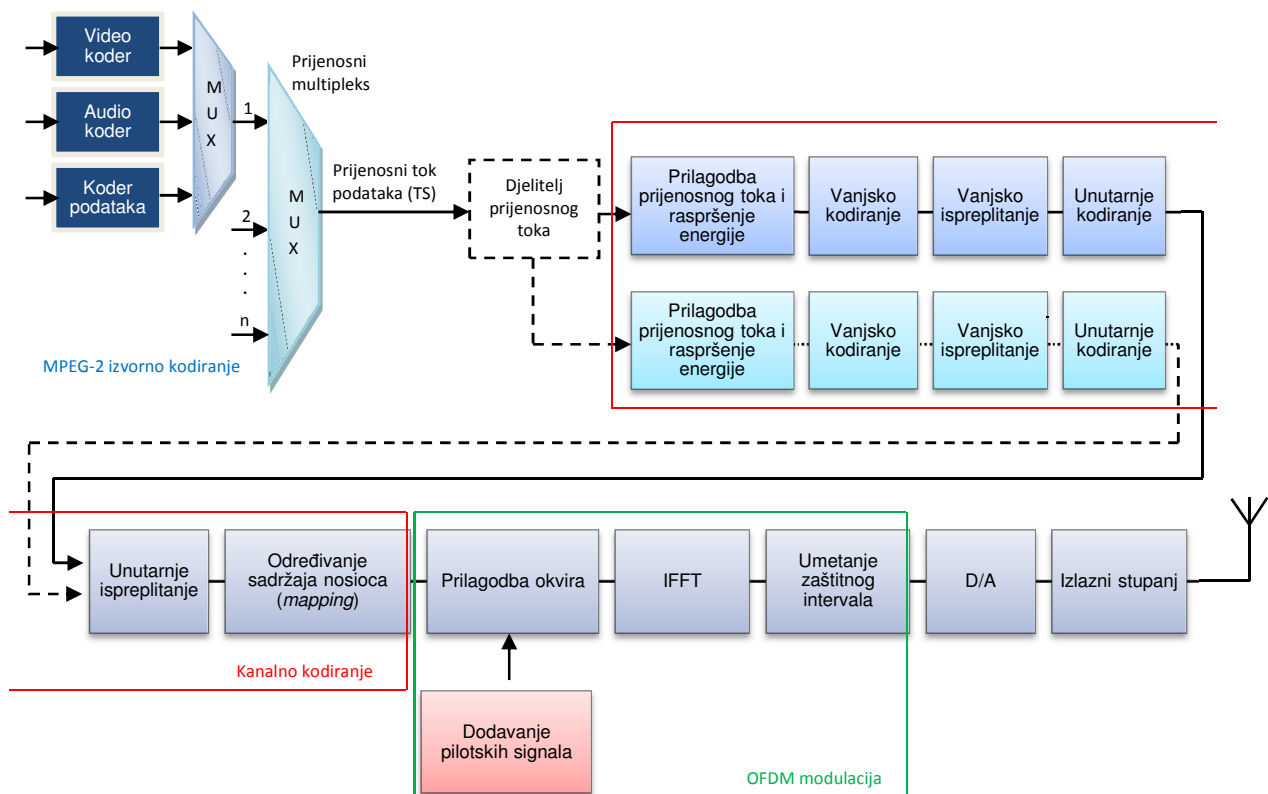
Poput ostalih sustava za radiodifuziju televizijskog signala, sustav DVB-T koristi normu MPEG-2 za kompresiju slike i zvuka. Ipak, razlikuje se u načinu prijenosa podataka - sustav DVB-T koristi frekvencijski multipleks kodiranih ortogonalnih podnosioca (COFDM, *Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex*). Kako bi DVB-T mreže zadovoljile potrebe tržišta, moguće je odabrati više različitih karakteristika:

- 3 modulacije (QPSK, 16-QAM ili 64-QAM),
- 5 različitih omjera kodova za unaprijedno ispravljanje pogrešaka,
- 4 različita trajanja zaštitnih intervala,
- broj podnosioca u OFDM simbolu,
- širinu kanala (6,7 ili 8 MHz) i
- brzinu izmjene slika (50 ili 60 Hz).

Arhitektura sustava DVB-T može se opisati kao funkcionalan blok opreme koji obavlja prilagodbu TV signala osnovnog pojasa na karakteristike kanala za zemaljsku radiodifuziju kroz niz operacija (slika 6.1):

- izvorno kodiranje slike, zvuka i ostalih podataka,
- multipleksiranje,
- kanalno kodiranje,
- modulacija i
- upravljanje RF spektrom.





Slika 6.1. Funkcionalni blok dijagram DVB-T sustava

### 6.1.1. Izvorno kodiranje

Izvorno kodiranje je postupak smanjenja brzine prijenosa podataka njihovom kompresijom, temeljenoj na uklanjanju statističke (prostorne i vremenske) i subjektivne redundancije. Zalihost u videosignalu rezultat je korelacije između susjednih slika i unutar samih slika te tendencije ljudskog vizualnog sustava (HSV, *Human Visual System*) da ne primjećuje prostorne i vremenske informacije. U svrhu izvornog kodiranja, u sustavu DVB-T koristi se norma MPEG-2. Skupina stručnjaka „*Motion Pictures Experts Group – MPEG*“ koja djeluje u sklopu organizacije ISO/IEC (*International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission*) definirala je navedenu normu pod nazivom ISO/IEC IS 13818: Informacijska tehnologija – Generičko kodiranje mobilnih slika i pratećih audiosignala („*Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio*“). Norma MPEG-2 podržava različite formate, rezolucije i kvalitete slike te različite brzine prijenosa i namjene. Kompresija videosignala u normi MPEG-2 postiže se uporabom hibridnog kodiranja videosignala:

- diskretnom kosinusnom transformacijom (DCT, *Discrete Cosine Transform*) i kvantizacijom uklanja se prostorna i subjektivna redundancija između elemenata slike unutar pojedine slike,
- kodiranjem s predviđanjem pokreta uklanja se vremenska redundancija između uzastopnih slika,
- entropijskim kodiranjem uklanja se statistička redundancija u nizu kodnih znakova.

Kodiranje u MPEG normi provodi se podjelom slike u blokove veličine 8x8 elemenata slike nad kojima se obavlja diskretna kosinusna transformacija. Makroblok se sastoji od četiri bloka te čini osnovnu jedinicu za kodiranje s predviđanjem pokreta veličine 16x16 elemenata slike. Horizontalni niz makroblokova tvori isječak slike (*slice*), a više isječaka slike tvori sliku, osnovnu jedinicu MPEG kodiranja. Niz od jedne ili više slika čini grupu slika (*GOP, Group Of Pictures*), a niz od određenog broja grupa slika čini sekvencu videosignala. Slika, osnovna jedinica u MPEG postupku kodiranja, dijeli se na:

- I-slike (*Intra Coded Pictures*), samostalno kodirane kodiranjem unutar slike,
- P-slike (*Predictive Coded Pictures*), kodirane predviđanjem uz nadomještanje pokreta (*Motion Compensated prediction*) pri čemu se kao polazne slike u postupku predviđanja koriste prethodne I-slike i P-slike i
- B-slike (*Bidirectionally Coded Pictures*), kodirane predviđanjem uz nadomještanje pokreta pri čemu se kao polazne slike u postupku predviđanja koriste prethodne i buduće I-slike i P-slike.

I-slike nastaju smanjenjem prostorne redundancije iz mirnih slika postupkom kodiranja unutar slike. Nakon podjele slike na blokove veličine 8x8 elemenata slike, primjenjuje se transformacija 2D DCT, čiji je rezultat 64 koeficijenta koji prikazuju frekvencijski sadržaj određenog elementa slike. Prvi koeficijent transformacije je istosmjerni ili DC koeficijent, dok se ostali nazivaju izmjeničnim ili AC koeficijentima. Dobiveni koeficijenti koriste se nadalje u postupku kvantizacije gdje se odbace svi detalji (visokofrekvencijske komponente slike) koje ljudski vizualni sustav (HVS, *Human Visual System*) ne zapaža radi postizanja kompresije. Kvantizacija predstavlja cjelobrojno dijeljenje DCT koeficijenata sa 64 vrijednosti kvantizacijske tablice određenih u skladu sa značajkama ljudskog vizualnog sustava. Vrijednosti kvantizacijske tablice mogu biti između 1 i 255 te rastu s porastom frekvencije AC koeficijenata. Nakon provedbe kvantizacije, veliki broj visokofrekvencijskih koeficijenata je jednak nuli. Cik-cak analiziranjem se prvo očitavaju niskofrekvencijski, a zatim visokofrekvencijski koeficijenti te nastaje jednodimenzijski niz podataka koji predstavlja kodiranu I-sliku. Dugački nizovi koeficijenata jednakih nuli predstavljaju statističku redundanciju koja se može djelotvorno entropijski kodirati. Dugi nizovi kvantiziranih DCT koeficijenata jednakih nuli kodiraju se postupkom kodiranja duljine niza (*RLC, Run Length Coding*). Kombinacija broja uzastopnih identičnih koeficijenata (duljina niza) i veličine tih koeficijenata (razina) kodiraju se postupkom kodiranja s promjenljivom duljinom kodne riječi (*VLC, Variable Length Coding*). Kombinacije koje se najčešće pojavljuju kodiraju se s kratkim kodnim riječima, a one koje se rijetko pojavljuju kodiraju se s dužim kodnim riječima.

Uklanjanje vremenske redundancije obavlja se kodiranjem razlike između dviju susjednih slika pa se do dekodera prenosi prethodna slika te razlika između trenutne i prethodne slike. Trenutna slika rekonstruira se kao zbroj prethodne slike i razlike tih dviju uzastopnih slika. Razlika između uzastopnih slika smanjuje se postupkom predviđanja uz nadomještanje pokreta koji se koristi za dobivanje P-slika. Usporedbom trenutne i prethodne slike određuje se smjer i udaljenost pomaka objekata između slika na razini makrobloka u obliku vektora pomaka. Za dobivanje P-slika rabi se jednosmjerno predviđanje pokreta, tj. za makroblokove koji postoje u prethodnoj slici određuje se vektor pokreta, a oni kojih nema se pojavljuju u slici razlike i kodiraju.

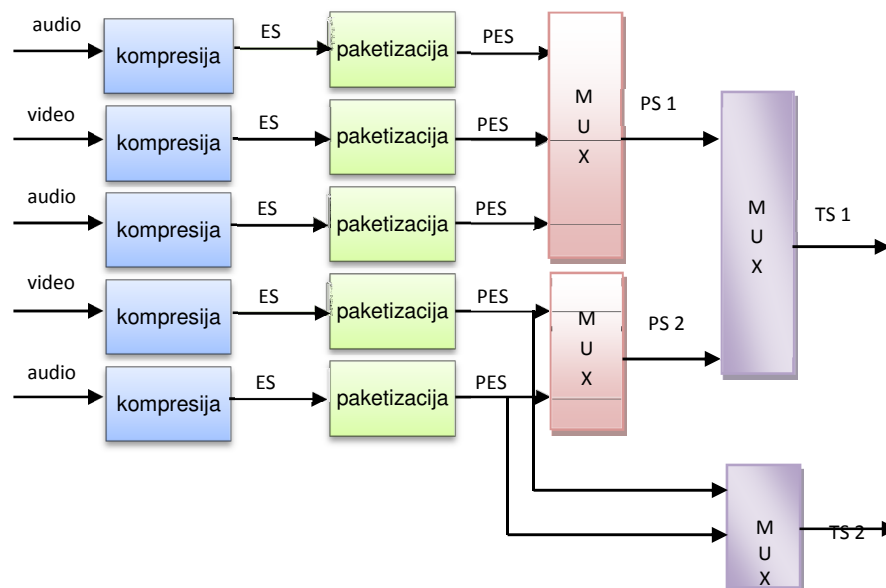
Za dobivanje B-slika rabi se dvosmjerno predviđanje uz nadomještanje pokreta, tj. trenutna slika se uspoređuje s prethodnom i budućom slikom, što daje dvosmjerne vektore pomaka. Buduća slika koristi se kod kodiranja područja trenutne slike kojih nema u prethodnoj slici te se na taj način uklanjaju prostorna i vremenska redundancija.

Cilj pri radiodifuziji videosignala jest postići visoku kvalitetu uz što manju brzinu prijenosa. Konstantnu kvalitetu slike, uz smanjenje brzine prijenosa, moguće je održati promjenom strukture grupe slika. Grupa slika sastavljena samo od I-slika zahtjeva veću brzinu prijenosa od grupe slika sastavljene od I- i B-slika za istu kvalitetu slike. Također, u normi MPEG-2 primjenjuje se slojevito kodiranje tj. podjela podataka na više tokova s različitim informacijama o videosignalu. Cilj ovakvog kodiranja je omogućiti prelazak na nove sustave i aplikacije koje zahtijevaju više od kodiranja videosignala u jednom sloju.

### 6.1.2. Multipleksiranje i formiranje prijenosnog toka

Multipleksiranje izvorno kodiranih videosignala, audiosignala i pratećih podataka omogućava njihov zajednički prijenos, ispravno dekodiranje i prikazivanje. Dio MPEG-2 norme koji opisuje način multipleksiranja tokova kodiranih videosignala, audiosignala i podataka u jedan tok podataka za prijenos ili pohranjivanje naziva se MPEG-2 sustav. Hijerarhija multipleksiranja (slika 6.2.) sastoji se od tri vrste tokova podataka:

- osnovnog toka podataka (ES, *Elementary Stream*) – rezultat izvornog kodiranja,
- paketiziranog osnovnog toka podataka (PES, *Packetized Elementary Stream*) – nastaje podjelom osnovnog toka u pakete,
- prijenosnog toka podataka (TS, *Transport Stream*) koji nastaje multipleksiranjem podataka koji pripadaju različitim programima, a namijenjen je prijenosu, ili programskog toka podataka (PS, *Program Stream*) koji nastaje multipleksiranjem podataka jednog programa, a namijenjen je pohranjivanju.



Slika 6.2. Multipleksiranje u normi MPEG-2

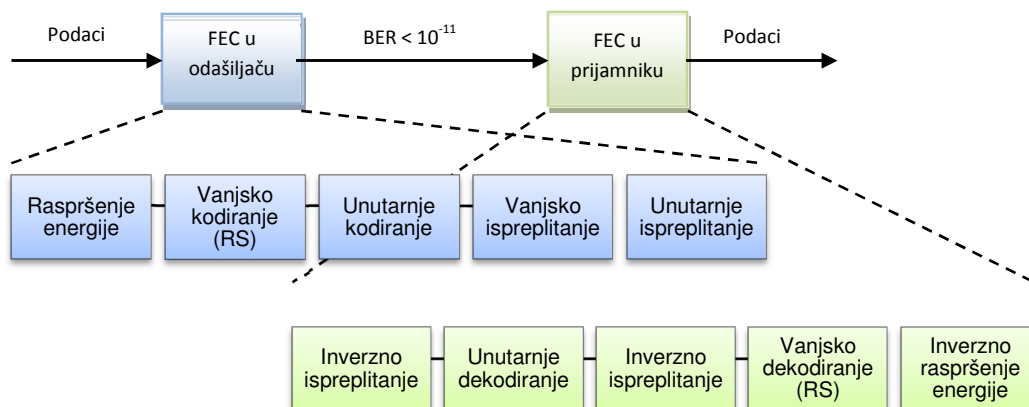
Paketi prijenosnog toka podataka se oblikuju na način da budu otporni na pogreške pri prijenosu, a imaju konstantnu duljinu što omogućuje lakšu sinkronizaciju. Nastaju dodavanjem TS zaglavlja i adaptacijskog područja podacima PES paketa. Zaglavlje TS paketa sadrži podatke za sinkronizaciju, indikaciju pogreške, oznake početka i prioriteta, identifikator paketa te oznake za šifriranje i pripadnost toku podataka. Adaptacijsko područje se odašilje u skladu sa zahtjevima primjene, a sadrži oznake, reference i informacije koje omogućuju rastavljanje podataka.

### 6.1.3. Kanalno kodiranje

Za otkrivanje i ispravljanje pogrešaka u prijenosu MPEG-2 signala DVB sustav koristi tzv. unaprijedno ispravljanje pogrešaka (FEC, *Forward Error Correction*). Tim postupkom se, u koderu, u osnovni tok podataka dodaju redundantni bitovi koji omogućavaju otkrivanje i ispravljanje pogrešaka u dekoderu u stvarnom vremenu. Prijenosni kanal s vjerojatnošću pojave pogrešno primljenih bitova (BER, *Bit Error Rate*) od  $10^{-11}$  ili manje naziva se kanal prividno bez pogrešaka (QEF, *Quasi Error Free*).

FEC se sastoji od sljedećih operacija, kako je i prikazano na slici 6.3:

- raspršenje energije (*energy dispersal*),
- vanjsko kodiranje (RS, *Reed-Solomon*),
- vanjsko ispreplitanje (*outer interleaving*),
- unutarnje kodiranje (*Viterbi*) i
- unutarnje ispreplitanje (*inner interleaving*).



Slika 6.3. Unaprijedno ispravljanje pogrešaka (FEC)

Pseudo-slučajno raspršenje energije primjenjuje se na tok visokog i niskog prioriteta, koji su dobiveni iz osnovnog prijenosnog toka TS. Na taj način se iz signala uklanjaju dugi nizovi jedinica i nula kako ne bi nastala istosmjerna komponenta te kako bi se dobila jednolika raspodjela energije. Raspršenje takvih nizova pogoduje regeneraciji taktnih impulsa te se postižu ujednačena spektralna obilježja i sinkronizacija. Vanjsko kodiranje obavlja se pomoću *Reed-Solomon* (RS) koda tako da se svakom bloku podataka dodaju redundantni bitovi. Kod se primjenjuje i na sinkronizacijske bitove, a broj i tip pogrešaka koje je moguće ispraviti ovise o upotrijebljenom kodu. Vanjsko kodiranje ima utjecaj na omjer nosilac/šum ( $C/N$ , *Carrier/Noise*) i koristi se za izbjegavanje interferencije između susjednih kanala. U slučaju skupnih pogrešaka (*burst error*), tj. pogrešaka u dugim nizovima bitova, zaštita vanjskim kodiranjem nije dovoljna jer je moguće otkloniti najviše 8 bajtova uzastopnih pogrešaka. Zbog toga se za zaštitu paketa rabi i vanjsko ispreplitanje kojim se nizovi pogrešnih bitova pretvaraju

u slučajne konvolucijskim ispreplitanjem. Nakon ispreplitanja, najveća pogreška koja se može otkloniti na prijamoj strani je 96 bajta. Unutarnje kodiranje služi za ispravljanje slučajnih pogrešaka bitova koje mogu kodnu riječ učiniti neupotrebljivom, u slučajevima u kojima je vanjski kod dosegao maksimum svojih mogućnosti. Obavlja se u dva koraka: konvolucijskim kodiranjem i odbacivanjem određenog broja bita (*puncturing*). Unutarnji konvolucijski koder tvori  $n$  izlaznih tokova podataka iz  $k$  ulaznih tokova, pri čemu je omjer koda (*code rate*) definira kao  $k/n$ . Nakon uzimanja podataka iz izlaznih tokova, pojedini bitovi se odbacuju u skladu s omjerom odbacivanja. Unošenjem dodatne redundancije, postupak unutarnjeg kodiranja smanjuje spektralnu učinkovitost, ali i povećava stupanj zaštite signala. Unutarnje ispreplitanje provodi se nad podacima unutar jednog OFDM simbola i to ispreplitanjem na razini bita i simbola.

#### 6.1.4. OFDM modulacija

Frekvencijski multipleks ortogonalnih podnosioca (OFDM, *Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) je modulacijski postupak koji omogućava prijenos signala pri kojem se jedan tok podataka odašilje na više podnosioca. Njegovom uporabom postiže se poboljšanje parametara u digitalnoj radiodifuziji kao što su:

- poboljšanje kvalitete pokrivanja uporabom mreže odašiljača koji rade na istom kanalu,
- dobitak višestrukom propagacijom zbog kojeg se može smanjiti izračena snaga pojedinih odašiljača u SFN mreži,
- velika spektralna učinkovitost,
- otpornost na interferenciju između korisnog signala i ometajućih signala od susjednih odašiljača koji rade na istom kanalu ili susjednim kanalima,
- otpornost na frekvencijski selektivni fading i intermodulacijski šum.

Jedan od glavnih nedostataka OFDM-a jest visoka osjetljivost na pomak frekvencije nosioca (*carrier frequency offset*) što povećava interferenciju između nosioca zbog gubitka ortogonalnosti. Nosioci kod OFDM-a se preklapaju u frekvencijskom području, a generiraju se brзом Fourierovom transformacijom (FFT, *Fast Fourier Transformation*). Ortogonalnost se postiže uvjetom da frekvencije nosioca moraju biti višekratnici iste osnovne frekvencije. Minimalni razmak između sva susjedna ortogonalna podnosioca iznosi:  $\Delta f = 1/T_s$ , pri čemu je  $T_s$  vrijeme trajanja simbola u vremenskoj domeni. Svaki od podnosioca smješten je u nultočku spektra ostalih moduliranih signala, a za njihovu modulaciju rabe se modulacijski postupci QPSK ili QAM.

#### 6.1.5. Parametri sustava

Parametri DVB-T sustava prikazani su u tablici 6.1, s tima da vrijednosti korisnog trajanja OFDM simbola, zaštitnog intervala, ukupnog trajanja simbola te razmaka između prvog i posljednjeg nosioca vrijede za kanal širine 8 MHz.

**Tablica 6.1.** Parametri DVB-T sustava  
\*vrijednosti za kanal širine 8MHz

Parametar sustava	2k mod	8k mod
Broj podnosioca ( $K$ )	1705	6817
Korisno trajanje OFDM simbola ( $T_s$ ) [ $\mu$ s]*	224	896
Trajanje zaštitnog intervala ( $\Delta/T_s$ )	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, 1/8, 1/16, 1/32
Ukupno trajanje simbola ( $T_U=T_s+\Delta$ ) [ $\mu$ s]*	280, 252, 238, 231	1120, 1008, 952, 924
Razmak između podnosioca ( $1/T_s$ ) *	4464 Hz	1116 Hz
Razmak prvog i zadnjeg podnosioca ( $(K-1)(1/T_s)$ ) [MHz]*	1704 x 4464 Hz = 7,61	6816 x 1116 Hz = 7,61
Modulacijski postupak	QPSK, 16-QAM, 64-QAM	
Omjer koda za unutarnje kodiranje ( $R_2 = k/n$ )	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	
Širina kanala [MHz]	5, 6, 7, 8	

U tablici 6.2. prikazan je omjer nosilac/šum potreban kako bi se ostvario  $BER = 2 \times 10^{-4}$  nakon *Viterbi* dekodera i prijam bez pogrešaka nakon *Reed-Solomon* dekodera. Prikazane vrijednosti C/N (*carrier/noise ratio*) odnose se na različite kombinacije modulacijskog postupka i omjera koda u sustavu s 8k podnosioca.

**Tablica 6.2.** Zahtijevani C/N za  $BER=2 \times 10^{-4}$  nakon *Viterbi* dekodera i QEF nakon *Reed-Solomon* kodera

Modulacija	Omjer koda	Gaussov kanal	Riceov kanal	Rayleighev kanal
QPSK	1/2	3,5	4,1	5,9
QPSK	2/3	5,3	6,1	9,6
QPSK	3/4	6,3	7,2	12,4
QPSK	5/6	7,3	8,5	15,6
QPSK	7/8	7,9	9,2	17,5
16-QAM	1/2	9,3	9,8	11,8
16-QAM	2/3	11,4	12,1	15,3
16-QAM	3/4	12,6	13,4	18,1
16-QAM	5/6	13,8	14,8	21,3
16-QAM	7/8	14,4	15,7	23,6
64-QAM	1/2	13,8	14,3	16,4
64-QAM	2/3	16,7	17,3	20,3
64-QAM	3/4	18,2	18,9	23,0
64-QAM	5/6	19,4	20,4	26,2
64-QAM	7/8	20,2	21,3	28,6

## 6.2. DVB-T2

Sustav DVB-T2 definiran je standardom ETSI EN 302 755 „*Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)*“. Nastao je kao rezultat nastojanja za povećanjem učinkovite uporabe spektra nakon prelaska na digitalno odašiljanje signala. Osnovna prednost sustava DVB-T2 je mogućnost povećanja kapaciteta u odnosu na sustav DVB-T u istim uvjetima prijema. Iako je u osnovi dizajniran za fiksni prijem, standard DVB-T2 moguće je koristiti i za prijam u pokretu ukoliko se primjeni odgovarajući skup parametara.

Prilikom izrade DVB-T2 norme postavljeni su neki komercijalni zahtjevi koje tehnologija mora ispunjavati:

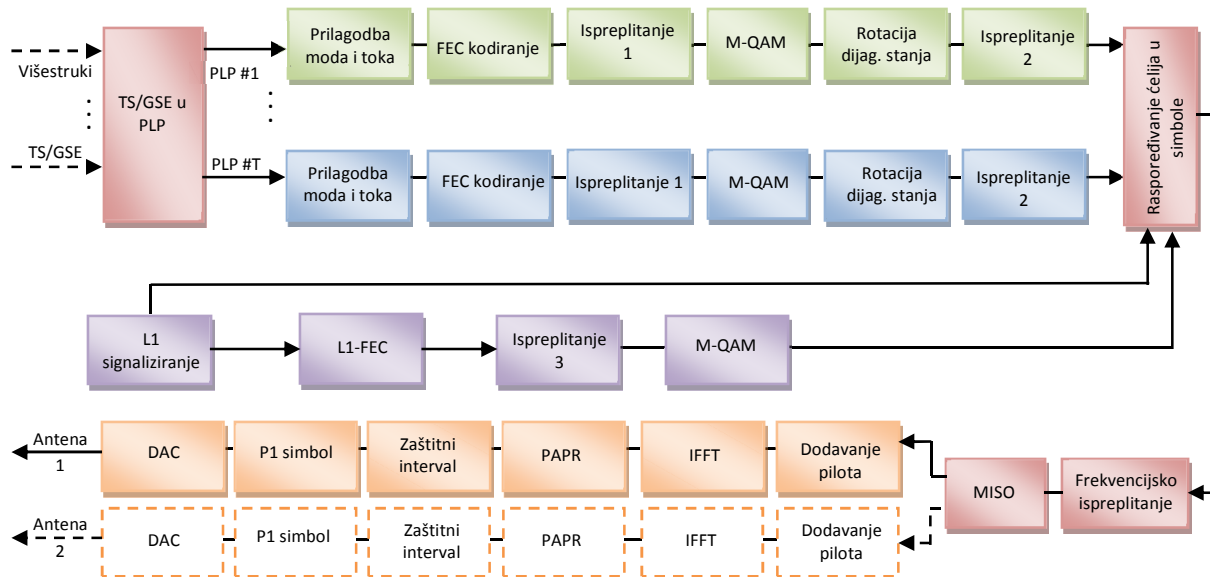
- odašiljanje se mora odvijati putem postojeće infrastrukture,
- pružiti usluge na fiksnim i prenosivim prijamnicima,
- omogućiti povećanje u prijenosnom kapacitetu od minimalno 30% u odnosu na sustav DVB-T u istim uvjetima prijenosa,
- poboljšati karakteristike jednofrekvencijskih mreža u odnosu na sustav DVB-T,
- sadržavati mehanizme koji pružaju zaštite od pogrešaka za različite vrste usluga,
- omogućiti veću fleksibilnost u pogledu izbora frekvencije odašiljanja i širine kanala unutar UHF i VHF područja, uz mogućnost podrške i viših frekvencijskih područja,
- smanjiti omjer između vršne i srednje snage (PAPR, *Peak-to-Average-Power Ratio*) odaslano signala kako bi se smanjili troškovi odašiljanja.

### 6.2.1. Arhitektura sustava

Funkcionalni blok sustava DVB-T2 na odašiljačkoj strani prikazan je na slici 6.4. Ulazni podaci u sustav su obično višestruki MPEG-2 prijenosni tokovi podataka ili oblikovani tokovi podataka s pripadajućim zaglavljem (GSE *stream*, *Generic Stream Encapsulation stream*), koji predstavljaju različite formate podataka za prijenos. Takvi podaci se formiraju u odvojene logičke kanale (PLP, *Physical Layer Pipes*) koji nose različite sadržaje, a moguće ih je prenositi više istovremeno. Korištenje više odvojenih logičkih kanala s posebno odabranim parametrima (individualni dijagram stanja, omjer koda i dubina vremenskog ispreplitanja) omogućava da se dodijeljeni kapacitet prilagodi zahtjevima pružatelja usluge/sadržaja, ovisno o tipu prijamnika i okruženju. Sklop TS/GSE, osim pakiranja podataka u odvojene logičke kanale, služi i za sinkronizaciju. Sklop za prilagodbu načina rada i toka podataka raspoređuje ulazni tok podataka u DVB-T2 blokova uz kompresiju MPEG-2 paketa koji sadrže samo nule i umetanje bitova s cikličkom provjerom redundancije. U sustavu DVB-T2 koristi se paritetni kod niske gustoće (LDPC, *Low-density parity-check*) u kombinaciji s kodom BCH (*Bose-Chaudhuri-Hocquengham*) kao zaštita od interferencije i šuma. Željena učinkovitost DVB sustava definira se kao „manje od 1 neispravljenog pogrešnog događaja po programu i po satu prijensa“. Kod LDPC ne može uvijek jamčiti takvu učinkovitost, ali značajno smanjuje vjerojatnost gubitka podataka. Da bi se uklonile pogreške preostale nakon LDPC dekodiranja, podaci se štite kratkim kodom BCH koji služi za korekciju višestrukih pogrešaka. Rezultat takve kombinacije je odličan prijam u raznim uvjetima. Također koristi se unaprijedno ispravljanje pogrešaka (FEC) što osigurava povećanje kapaciteta.

Jedan od važnih noviteta u standardu DVB-T2 je uporaba tri oblika ispreplitanja (vremensko, frekvencijsko i ispreplitanje bita). Uloga ispreplitanja je izbjegavanje snopova pogrešaka

povećavanjem slučajne pojave pogrešaka u svakom LDPC FEC okviru. Odabir strategije raspoređivanja ćelija u vremenu i po frekvenciji je izuzetno fleksibilan, a cilj je postizanje višestrukog prijenosa u vremenu te postizanje maksimalne uštede snage u prijarniku. Ispreplitanje se obavlja tako da se odvojeni logički kanali rasprostiru preko svih OFDM simbola u jednom ili više okvira. Ključna prednost sustava DVB-T2 u odnosu na DVB-T je činjenica da se vremensko ispreplitanje (kao i FEC) obavlja nad uslugama/odsječcima, a ne nad cijelim podatkovnim multipleksom.



**Slika 6.4.** Arhitektura sustava DVB-T2

Slično kao i sustav DVB-T, sustav DVB-T2 koristi COFDM, ali uvedeni su nove tehnike modulacija (256-QAM) te je proširen raspon FFT veličine (1k, 2k, 4k, 8k, 16k i 32k). Mogućnost uporabe 16k i 32k moda omogućuje povećanje spektralne duljine zaštitnog intervala bez opadanja spektralne učinkovitosti sustava. U sustavu DVB-T dijagram stanja 64-QAM, omogućava prijenos podataka sa 6 bita po simbolu po jednom nosiocu, tj. 6 bita po OFDM ćeliji. Sustav DVB-T2, korištenjem 256-QAM dijagrama stanja, omogućava 8 bita po OFDM ćeliji, što je povećanje od 33% u spektralnoj učinkovitosti i kapacitetu kanala. To znači da će biti potreban znatno veći odnos C/N (za 4 do 5 dB veći, u ovisnosti o kanalu i omjeru koda) jer je prijam osjetljiviji na šum. Povećana osjetljivost na šum u sustavu DVB-T2 nadoknađuje se upotrebom LDPC koda koji je znatno bolji od konvolucijskog koda korištenog u sustavu DVB-T.

Dodatno, nova tehnika zvana rotacija dijagrama stanja rezultira u poboljšanoj otpornosti na gubitak podataka u podatkovnim ćelijama. Rotiranje dijagrama stanja zapravo označava preraspodjelu svake točke dijagrama stanja u drugu točku na I i Q osi. Vrijednosti I i Q, dobivene iz rotiranog dijagrama stanja, razdvajaju se cikličkim kašnjenjem Q osi prije vremenskog i frekvencijskog ispreplitanja. Dijagrami stanja, koji se zapravo prenose nakon ispreplitanja, sadrže nepovezane vrijednosti I i Q, dobivene iz različitih originalnih rotiranih dijagrama stanja. Kada se vrijednosti I i Q, nakon inverznog ispreplitanja u prijarniku, ponovno sjedine, bilo koji frekvencijski ovisan feding na njih djeluje različito. Ova tehnika posebno je bitna za postizanje dobrih performansi u složenim scenarijima propagacije jer osigurava obnovu podataka izgubljenih u jednom kanalu iz drugog kanala.



Dodatno obilježje sustava DVB-T2 je izuzetno fleksibilna struktura okvira. Podaci se mogu ili ravnomjerno raspodijeliti kroz cijeli okvir radi postizanja višestrukog vremenskog prijenosa (*time diversity*) ili koncentrirati u vremenski ograničene snopove podataka (*bursts*) kako bi se omogućila upotreba tehnika za smanjenje snage u prijarniku. Struktura okvira uključuje učinkoviti mehanizam signaliziranja u fizičkom sloju, poznat kao L1 signaliziranje (*Layer 1 signaling*), koji odašilje (tj. signalizira) sve parametre radiodifuzijskog sustava prijarniku. Također je uveden i mehanizam višestrukog prijenosa, MISO (*Multiple Input Single Output*) sa shemom odašiljanja temeljenom na Alamoutijevom kodu, koji poboljšava prijam u područjima gdje se pokrivenost dva odašiljača preklapa.

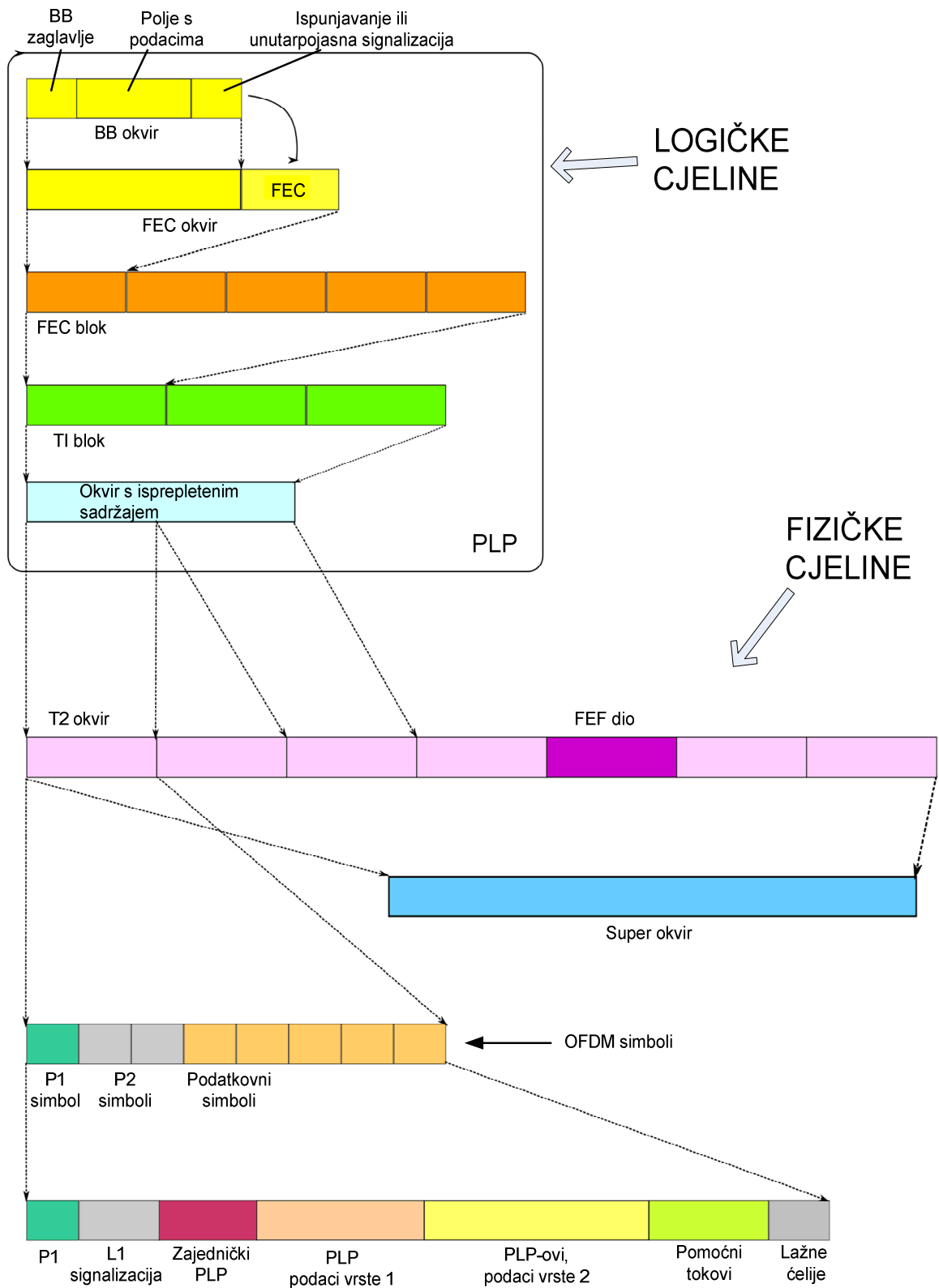
### 6.2.2. Struktura okvira

U DVB-T2 sustavu postoje dvije grupe okvira podataka:

- fizički okviri (superokviri, T2 okviri i OFDM simboli) i
- logički okviri (BB okviri, isprepleteni okviri i TI blokovi).

Najveći fizički okvir je superokvir koji sadrži T2 okvire i FEF (*Future Extension Frame*) okvire za buduću nadogradnju tehnologije. T2 okvir dijeli se na OFDM simbole, a na početku svakog okvira je preambula za signalizaciju. Početak T2 okvira označava P1 simbol, a L1 signalizaciju nose P2 simboli. Iza preambule slijedi podesivi broj podatkovnih simbola koji služe za prijenos odvojenih logičkih kanala. Najvažnija novina u DVB-T2, u odnosu na DVB-T, je mogućnost odašiljanja određenih okvira podataka s različitim kodno-modulacijskim shemama i dubinama vremenskog ispreplitanja, odnosno različitim stupnjevima robusnosti prijenosa ili različitim višestrukim odvojenim logičkim kanalima.

Osnovna jedinica logičkih okvira je osnovni okvir (BB, *BaseBand frame*) u koji se ugrađuju ulazni paketi podataka, a sastoji se od zaglavlja, polja s podacima i unutarpojasne signalizacije. Cijeli BB okvir se zaštitno kodira (LDPC i BCH) te se kao rezultat dobije FEC okvir. TI (*Time Interleave*) blok je skup OFDM ćelija unutar kojih je provedeno vremensko ispreplitanje. Cjelobrojni broj FEC blokova tvori okvir s ispreplitanjem. Logičke i fizičke okvire prikazuje slika 6.5.



Slika 6.5. Logički i fizički okviri podataka u tehnologiji DVB-T2

### 6.2.3. Parametri sustava

Sustav DVB-T2 zadržao je istu modulacijsku tehniku kao i sustav DVB-T, sa sljedećim izmjenama:

- proširen raspon veličine brze Fourierove transformacije (**1k**, 2k, **4k**, 8k, **16k**, **32k**),
- povećan broj mogućih frekvencijskih širina kanala (**1,7**, 5, 6, 7, 8, **10** MHz),
- fleksibilniji odabir trajanja zaštitnog intervala: **1/128**, 1/32, 1/16, **19/256**, 1/8, **19/128**, 1/4,
- veći raspon raspršenih pilotskih signala (SP, *Scattered Pilot*) i kontinuiranih pilotskih signala (CP, *Continual Pilot*),
- mogućnost odabira jednog od osam mogućih postavki položaja SP uzoraka (PP1 do PP8) kako bi se osigurao optimalni izbor za svaki odabrani kanal,
- složeniji modulacijski postupak: 256-QAM,
- produženi modovi slaganja podnosioca (*Extended Carrier Modes*).

Detaljna usporedba parametara sustava DVB-T i DVB-T2 dana je u tablici 6.3.

**Tablica 6.3.** Osnovni parametri sustava DVB-T i DVB-T2

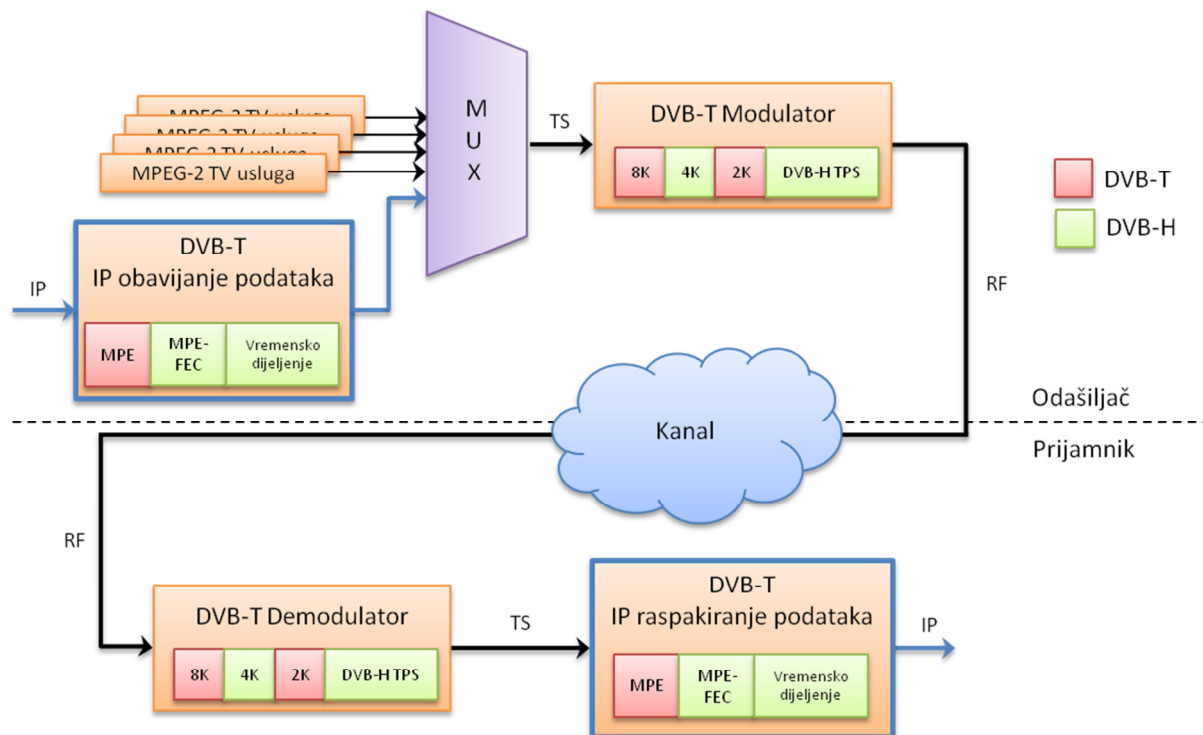
Parametar	DVB-T	DVB-T2
Unaprijedno ispravljanje pogrešaka (FEC)	Konvolucijsko (CC) + Reed-Solomon (RS) kodiranje	LDPC + BCH kodiranje
Omjer koda	1/2, 2/3, 3/4, 5/6, 7/8	1/2, <b>3/5</b> , 2/3, 3/4, <b>4/5</b> , 5/6
Modulacija	QPSK, 16QAM, 64QAM	QPSK, 16QAM, 64QAM, <b>256-QAM</b>
Zaštitni interval	1/4, 1/8, 1/16, 1/32	1/4, <b>19/256</b> , 1/8, <b>19/128</b> , 1/16, 1/32, <b>1/128</b>
Veličina FFT	2k, 8k	<b>1k</b> , 2k, <b>4k</b> , 8k, <b>16k</b> , <b>32k</b>
Raspršeni piloti (SP)	8% od ukupnog broja podnosioca	<b>1%</b> , <b>2%</b> , <b>4%</b> , 8% od ukupnog broja podnosioca
Kontinuirani piloti (CP)	2,6% od ukupnog broja podnosioca	<b>0,35%</b> od ukupnog broja podnosioca
Širina kanala	5; 6; 7; 8 MHz	<b>1,7</b> ; 5; 6; 7; 8; <b>10</b> MHz
Najveća moguća brzina prijienosa	31,66 Mbit/s	50,34 Mbit/s

### 6.3. DVB-H

DVB-H (*Digital Video Broadcasting – Handheld*) je standard za radiodifuziju digitalnog videosignala za dlanovnike, koji je objavljen kao standard EN 302 304 Europskog telekomunikacijskog instituta za standarde (ETSI, *European Telecommunications Standard Institute*) u studenom 2004. godine. Temeljen je na standardu DVB-T uzimajući u obzir posebna obilježja uređaja kojima je namijenjen (veličina, mobilnost, ograničenja napajanja i sl.). Sustav DVB-H pruža velike brzine prijenosa podataka od nekoliko Mbit/s te se može koristiti za prijenos podataka audio i video aplikacija, preuzimanje datoteka i mnoge druge vrste usluga.

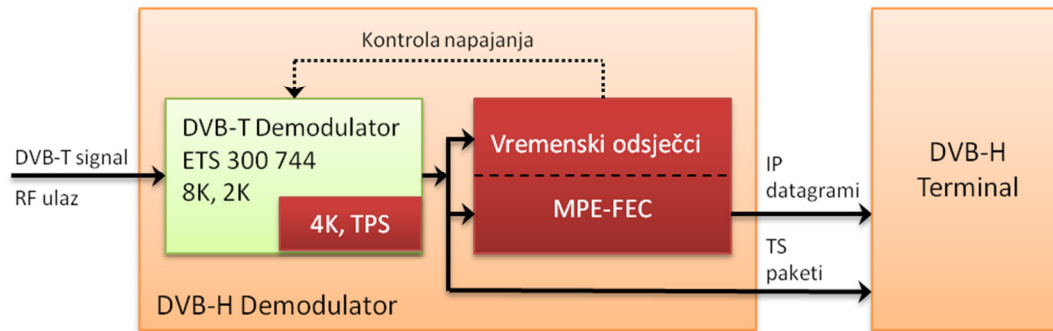
#### 6.3.1. Arhitektura sustava

Standard DVB-H specificira fizički sloj i elemente najnižih protokolarnih slojeva (sloja podatkovne veze i kontrolnog sloja DVB standarda). Jedno od bitnih obilježja standarda je uporaba algoritma za uštedu energije temeljenog na prijenosu vremenskim multipleksiranjem različitih usluga. Svaka TV usluga u DVB-H signalu prenosi se u snopu (*burst*), omogućujući prijammniku da se aktivira samo prilikom prijama odgovarajuće usluge. Tehnika, zvana vremensko dijeljenje, rezultira u velikoj uštedi napajanja te omogućuje odražavanje veze prilikom kretanja dlanovnika iz ćelije u ćeliju. Za pouzdan prijenos u uvjetima slabog prijama signala uvedena je poboljšana shema za zaštitu od pogrešaka, zvana višeprotokolno ovijanje uz mogućnost unaprijedne zaštite podataka (MPE-FEC, *Multi-Protection Encapsulation - Forward Error Correction*). Spomenuta tehnika koristi kanalno kodiranje te pruža vremensko ispreplitanje. Nadalje, standard DVB-H donosi dodatni mrežni mod (4k) u odnosu na DVB-T, omogućujući veću fleksibilnost u dizajniranju jednofrekvencijskih mreža. Na slici 6.6 je prikazan primjer uporabe DVB-H sustava za prijenos IP usluga.



Slika 6.6. Arhitektura sustava DVB-H

Konceptualna struktura DVB-H prijmnika dana je na slici 6.7, a uključuje DVB-H demodulator i terminal. Unutar DVB-H demodulatora nalazi se DVB-T demodulator, modul za vremensko odjeljivanje te MPE-FEC modul. DVB-T demodulator prima MPEG-2 TS pakete iz primljenog DVB-T RF signala. Moguće je odabrati jedan od tri načina prijenosa (8k, 4k i 2k) uz odgovarajuće TPS (*Transmitter Parameter Signalling*) signaliziranje. Obnovljeni TS paketi mogu biti dovedeni na terminal ili se obrađivati u zasebnom DVB-H bloku.



**Slika 6.7.** Struktura prijmnika DVB-H

Sustav DVB-H uvodi sljedeća rješenja u odnosu na sustav DVB-T:

- DVB-SI sloj: Informacija o usluzi (SI, *Service Information*) - omogućava prijmniku provjeru prisutnosti DVB-H usluge unutar prijenosnog toka. Također sadrži bitove rezervirane za moguću nadogradnju.
- DVB-DATA, sloj podatkovne veze: Definira se mehanizam vremenskih odsječaka i omatanja paketa (*Time Sliced Multi Protocol Encapsulation*) kojim se postiže smanjenje potrošnje snage terminala. Također je moguće unaprijedno ispravljanje pogreške preko MPE odjeljka kao dodatna zaštita DVB-H podataka.
- DVB-T fizički sloj: Za DVB-H usluge uvodi se 4k mod.

### 6.3.2. DVB-H 4k mod

Ostvarivanje novog 4k moda može se ostvariti:

- uvođenjem dodatnog moda,
- dubinskim ispreplitanjem simbola koje proširuje 2k i 8k simbole preko 4 ili 2 OFDM simbola.

8k mod se može koristiti u višefrekvencijskoj (MFN, *Multi Frequency Network*) mreži te maloj, srednjoj ili velikoj jednofrekvencijskoj mreži uz prijam velikih brzina. 2k mod prikladan je za višefrekvencijske mreže i male jednofrekvencijske mreže uz prijam ekstremno velikih brzina. Cilj dodavanja 4k moda jest ostvariti viši stupanj fleksibilnosti planiranja mreža, a nastaje kao interpolacija DVB-T modova 2k i 8k.

Vremensko ispreplitanje je dobro poznata tehnika zaštite od dubokog fedinga koji nastaje u uvjetima mobilnog prijema ili zbog utjecaja kratkih impulsa šuma. Međutim, vremensko ispreplitanje znači raspodjelu podataka na desetke ili čak stotine OFDM simbola. Karakteristike ispreplitanja obvezuju prijmnik na kontinuiranu demodulaciju kanala što otežava implementaciju strategije za smanjenje potrošnje snage koju omogućuje prijenos podataka u snopovima. Također podrazumijeva uporabu velike količine memorije što je ponovno u suprotnosti sa štednjom snage.

Da bi se upotpunilo uvođenje novog DVB-H prijenosnog moda nadodani su bitovi za signalizaciju prijenosnih parametara (TPS, *Transmission Parameter Signalling*). Ova specifična signalizacija potpomaže ugađanje prijemnika na DVB-H kanal omogućavajući neprimjetno frekvencijsko prekapčanje koje se održava se uz pomoć informacije sadržane u TPS bitovima.

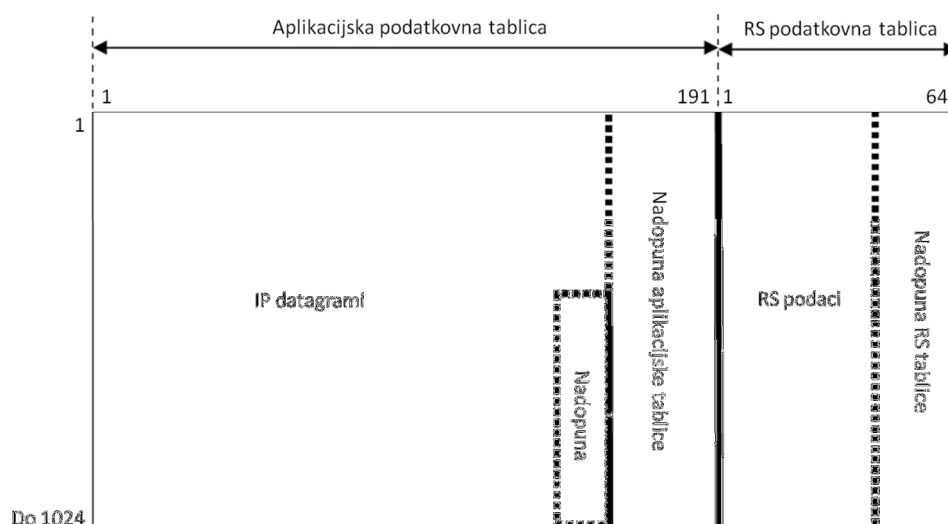
### 6.3.3. Sloj podatkovne poveznice

DVB-H na sloju podatkovne poveznice rješava dva problema:

- Produženo trajanje baterije uređaja,
- Veća robusnost prijenosa s zaštitom iznad fizičkog sloja.

Produženje trajanja baterije ostvaruje se na način da se usluge vremenski raspodijele unutar snopova. Između snopova usluga prijamnik gasi demodulacijski dio, a korisniku se održava virtualna prisutnost usluge. Prijamnik to vrijeme iskorištava za pretraživanje alternativnih frekvencija za dostavu usluga. Vremenska raspodjela usluga obavlja se omotavanjem multimedijskog sadržaja u IP datagrame metodom višeprotokolnog ovijanja paketa (MPE, *Multi Protocol Encapsulation*). Takvi IP datagrami se omataju u MPE podatkovne odjeljke prije segmentacije i prilagodbe za MPEG-TS tok (slika 6.8). TS paketi zauzeti pojedinom DVB-H uslugom se grupiraju i prenose koristeći cijeli kapacitet kanala pa se usluga javlja periodički unutar kratkih vremenskim perioda. Oznaka o trajanju snopa i informacija o vremenu do početka sljedećeg snopa istog toka sadržane su u zaglavlju svakog podatkovnog odjeljka. Zbog prijenosa tih parametara u svakom zaglavlju MPE okvira, usluga je izuzetno robusna na pogreške.

Robusnost prijenosa ostvaruje se zaštitom od dubokog fedinga za što DVB-H koristi unaprijednu zaštitu od pogrešaka *Reed-Solomon* kodom (*Reed – Solomon Forward Error Protection*). Nakon ovijanja u MPE podatkovne odsječke, IP datagrami su pohranjeni u aplikacijsku podatkovnu tablicu (ADT, *Application Data Table*). RS koder obrađuje svaki red tablice te daje FEC kodne riječi kojima ispunjava RS podatkovnu tablicu.



Slika 6.8. Struktura okvira

Visok stupanj ispravljanja pogreške zajedno s virtualnim vremenskim ispreplitanjem dozvoljava redukciju potrebnog omjera signal/šum (SNR, *Signal to Noise Ratio*) u mobilnim kanalima. Međutim

loša strana je smanjen propust zbog dodatnih podataka koje unose MPE-FEC odjeljci što se može kompenzirati korištenjem slabijeg omjera konvolucijskog DVB-T koda (npr. 2/3). MPE-FEC olakšava i prekapčaje na rubnim dijelovima ćelija jer poboljšava odnos nosilac/šum i toleranciju prema Dopplerovom pomaku te prema impulsnom šumu u mobilnim kanalima.

Tehničke komponente uvedene u DVB-H sloju podatkovne poveznice mogu se u potpunosti zanemariti u ostalim DVB prijemnicima. Prema tome, DVB-H usluge mogu dijeliti isti prijenosni tok s ostalim DVB uslugama bez postojanja smetnji.

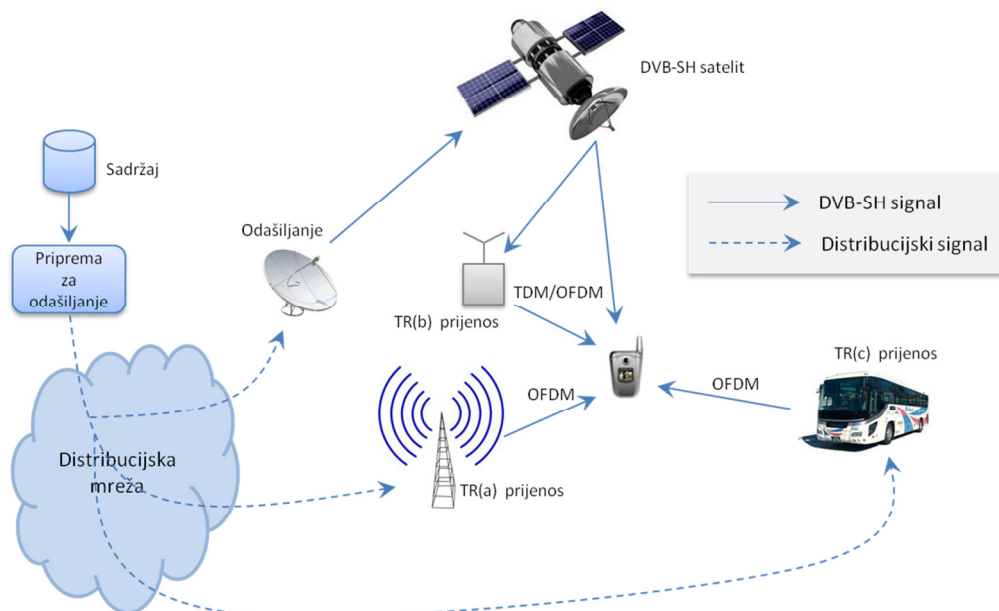
## 6.4. DVB-SH

DVB-SH (*Digital Video Broadcasting - Satellite services to Handhelds*) je standard za prijenos IP medijskog sadržaja dlanovnicima temeljen na hibridnom satelitskozemaljskom sustavu. DVB Projekt objavio je detalje o standardu u veljači 2007. godine. Dizajniran je za frekvencije ispod 3 GHz, s podrškom za UHF pojas, te L i S pojaseve.

### 6.4.1. Arhitektura sustava

Predviđena su tri tipa zemaljskih repetitora (slika 6.9):

- TR(a) – zemaljski odašiljači za prijam u području gdje je satelitski prijam otežan, posebno u urbanim područjima.
- TR(b) – osobni uređaji ograničenog pokrivanja za lokalnu retransmisiju, obično se primjenjuju u zatvorenim prostorima.
- TR(c)-odašiljači mobilne infrastrukture za uporabu u pokretu (automobili, autobusi, vlakovi i sl.).



Slika 6.9. Arhitektura DVB-SH prijenosa

Osnovna svojstva sustava DVB-SH su:

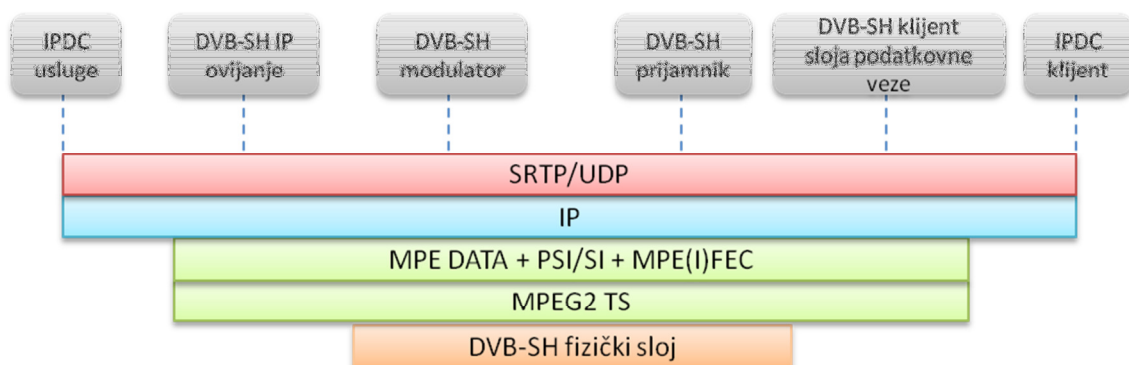
- simultane usluge između SC (*Satellite Component*) i CGC (*Complementary Ground Component*) sustava,
- podrška za sve uvijete prijenosa povezane s mobilnih terminalima,
- moguća implementacija shema za smanjenje potrošnje baterije na terminalima,
- lokalno dodavanje usluga odašiljanja na CGC komponente,
- uporaba različitih vrsta mreža za distribuciju, poput satelita i zemaljske mreže,
- pružanje interaktivnih usluga.

Sustav DVB-SH definira dvije konfiguracije fizičkog sloja:

- SH-A – koristi OFDM za satelitski i zemaljski, a namijenjene su jednofrekvencijskim mrežama, s tim da podržavaju rad i u višefrekvencijskim mrežama.
- SH-B – koristi TDM za satelitski prijenos i OFDM za zemaljski prijenos, a namijenjene su samo višefrekvencijskim mrežama.

#### 6.4.2. Sloj podatkovne poveznice

Sustav DVB-SH temelji se na slojevitoj strukturi sustava DVB-H (slika 6.10). Posebno značajno obilježje sloja podatkovne poveznice je podrška za višeprotokolno ovijanje podataka (MPE). IP podaci se prije prijenosa omotavaju unutar DVB-SH enkapsulatora te se provodi MPE ovijanje, dodavanje PSI/SI informacija te zaštita podataka. Dodavanjem PSI/SI informacija omogućuje se jednostavno prelaženje između DVB-H i DVB-SH mreža.



**Slika 6.10.** Slojevi DVB-SH sustava

Također je iz sustava DVB-H preuzeto vremensko ispreplitanje podataka koje omogućuje isključivanje terminala tijekom perioda kada ne prima odgovarajući snop podataka za neku uslugu. Time je olakšano i prekapčanje i zaštita podataka, koja je dodatno poboljšana uporabom MPE-FEC zaštite. Postoji mogućnost odabira zaštite jednog ili više snopova uz odabir raznih parametara pomoću kojih se zaštita može prilagoditi uslugama.

Sustav DVB-SH je u potpunosti kompatibilan s DVB IPDC specifikacijom, što omogućava razvoj usluga iznad DVB-SH fizičkog sloja i sloja podatkovne poveznice uporabom IPDC protokolnog složaja.



### 6.4.3. MPE-IFEC

Zaštita MPE-IFEC je nastala zbog potrebe za suprotstavljanjem smetnjama u prijenosu podataka u sustavu DVB-SH. Značajke koje podržava MPE-IFEC su:

- Kompatibilnost s DVB-H slojem podatkovne poveznice – MPE-IFEC je uveden na način da ne mijenja MPE format, nego uvodi dodatne informacije o poziciji MPE dijela unutar snopa preko *MPE\_boundary* bita.
- Podrška za MPE-FEC – omogućena uporaba zaštite MPE-FEC i MPE-IFEC u jednom snopu, iako još nije definirano dekodiranje takvih snopova.
- Podrška za dugo ispreplitanje – MPE-IFEC omogućuje znatno povećanje performansi u kanalima zbog povećanja vremenskog ispreplitanja snopova te zahtjeva da se broj snopa prenosi u MPE-IFEC zaglavljju.
- Podrška za različite usluge – MPE-IFEC se može konfigurirati na razne načine što omogućava veliku fleksibilnost operatoru.
- Podrška za razne FEC kodove – trenutno je u uporabi *Reed-Solomon*.

MPE-IFEC pruža unutarnju zaštitu snopa povećanjem matrice za kodiranje na veličinu veću od jednog snopa ili paralelnom uporabom mehanizma za kodiranje. Proces kodiranja obavlja se na nizu IP datagrama. Za svaki niz datagrama stvara se IFEC snop koji sadrži zaglavlje, paritetne simbole te niz za provjeru. IFEC snop se multipleksira sa svim MPE dijelovima originalnog snopa datagrama što čini vremenski isprepleteni MPE-IFEC snop. Dio unutar IFEC snopa se pohranjuje u MPEG2 TS pakete te ovija u DVB-SH okvire.

Četiri značajke omogućuju vrlo fleksibilno kodiranje:

- period kodiranja EP (*encoding period*) – izražava se u broju snopova (EP=1 – kodiranje se događa u svakom snopu, EP>1 – kodiranje se obavlja svakih EP snopova)
- paralelno kodiranje B (*encoding parallelization*) – izražava se u broju matrica za kodiranje. Svaki snop se dijeli u B dijelova koji se distribuiraju preko B matrica za kodiranje. Stvarna dubina ispreplitanja je B\*EP.
- dubina FEC faktora raspršivanja S – dobiveni FEC se isprepleće preko S podatkovnih tablica.
- kašnjenje podataka D – osigurava slanje FEC podataka u odgovarajućem trenutku.

## 6.5. DRM

DRM (*Digital Radio Mondiale*) je tehnologija namijenjena digitalnoj radiodifuziji zvuka u frekvencijskim područjima ispod 174 MHz. Postoje dva tipa tehnologije, ovisno o frekvencijskom području u kojem se rabi. U pojasevima ispod 30 MHz (pojasevi LF, MF i HF) koristi se DRM30, a u pojasevima VHF I/II DRM+.

Tehnologija omogućava pouzdani rad u kanalima različitih osobina zahvaljujući brojnim odašiljačkim modovima rada. Odašiljački mod definira se pomoću odašiljačkih parametara:

- povezanih s širinom pojasa frekvencija kanala (4,5 kHz, 5 kHz, 9 kHz, 10 kHz, 18 kHz ili 20 kHz za LF, MF i HF područje ili 100 kHz za VHF područje) te
- povezanih s učinkovitošću odašiljanja - odabir između kapaciteta (brzine prijenosa podataka) i otpornosti (robusnosti) na šum, višestazno širenje i Dopplerov efekt.

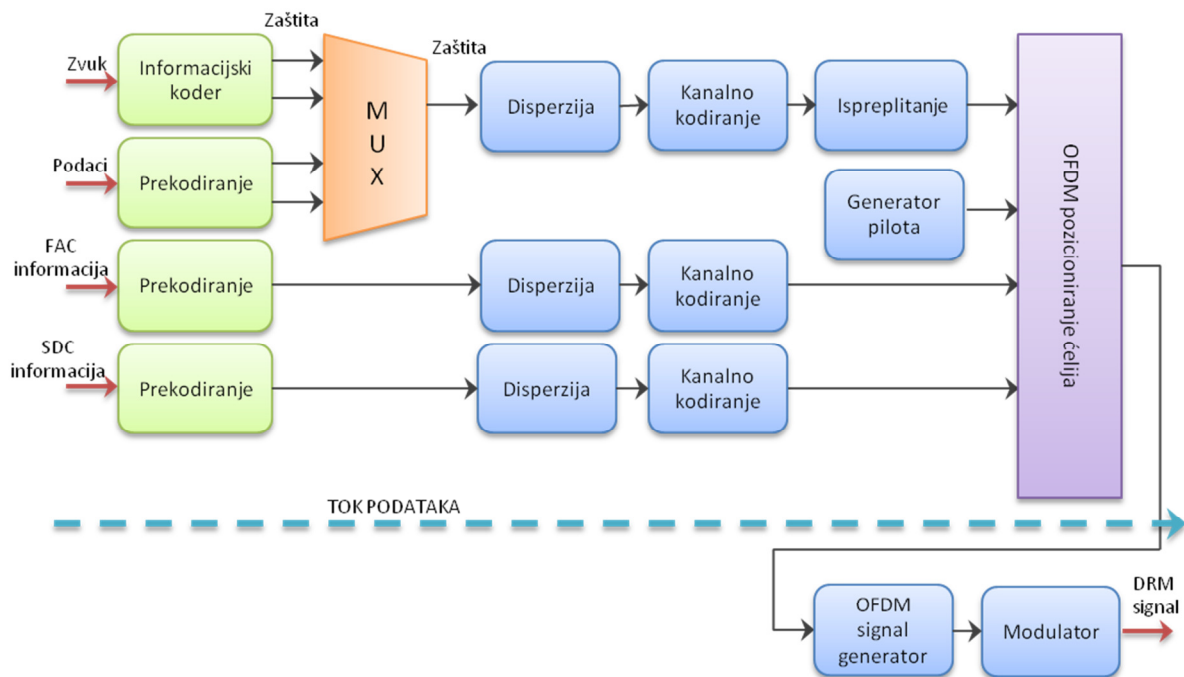
### 6.5.1. Arhitektura sustava

Sustav DRM sastoji se od jedinice za analogno-digitalnu pretvorbu, kompresiju i audiokodiranje koji obrađuje audio signal. Također, potrebno je obraditi podatke u obliku digitalne informacije. Dva tako dobivena toka podataka se privode multiplekseru u svrhu formiranja zajedničkog toka podataka nad kojim se primjenjuje postupak zaštite od pogrešaka (moguće je primijeniti normalnu ili jaku zaštitu). Tako dobiveni zajednički tok podataka osnova je za formiranje MSC (*Main Service Channel*) kanala. DRM signal se u osnovi sastoji od podataka unutar sljedećih kanala:

- MSC - 4 vrste programskog sadržaja,
- FAC (*Fast Access Channel*) - informacije vezane uz širinu pojasa DRM signala kao i informacije vezane uz izbor programskog sadržaja u svrhu brzog pretraživanja,
- SDC (*Service Description Channel*) - informacije potrebne za dekodiranje MSC kanala, podatke o alternativnim izvorima programskog sadržaja, a daje i atribute programskim sadržajima u multipleksu.

Svaki tok podataka prolazi kroz postupak disperzije gdje se uklanjanja neželjena emisija u spektru DRM signala te postupak kanalnog kodiranja radi dodavanja redundantnih bitova. Zatim se obavlja modulacijski postupak (QAM) te vremensko-frekvencijsko ispreplitanje kako bi se postigla robusnost prijenosa.

OFDM pozicioniranje ćelija objedinjuje ćelije MSC, FAC i SDC kanala u vremensko-frekvencijskoj domeni. OFDM signal generator transformira ćelije u DRM signal u vremenskoj domeni dok modulator pretvara digitalni signal u analogni oblik za odašiljanje. Skica arhitekture sustava DRM, uz naznačene osnovne komponente i prikaz toka podataka, dana je na slici 6.11.



Slika 6.11. Arhitektura DRM sustava

### 6.5.2. Parametri sustava

Tehnologija DRM pruža mogućnost izbora različitih kodnih shema:

- AAC (*Advanced Audio Coding*) - omogućava odašiljanje generičkog mono ili stereo audioprograma,
- CELP (*Code Excited Linear Prediction*) - koristi se prilikom kodiranja govora i mono odašiljanja u tehnologiji DRM30 i generira mali tok podataka,
- HVXC (*Harmonic Vector eXcitation Coding*) - rabi se prilikom mono odašiljanja u tehnologiji DRM30, a generira mali tok podataka i osigurava veliku robusnost.

Kvaliteta zvuka može se također poboljšati sljedećim metodama:

- rekonstrukcija visokih frekvencija SBR (*Spectral Band Replication*) - može se primijeniti uz svaku kodnu shemu, dozvoljava da se ukupna širina pojasa audiosignala prenosi sporim tokom bitova,
- PS (*Parametric Stereo*) - uz mono kodirani signal dodaje tok podataka kako bi se postigao stereo efekt zvuka,
- MPS (*MPEG Surround*) - pruža mogućnost višekanalnog kodiranja uz mali tok bitova.

Podaci u multipleksu sadrže dvije mogućnosti zaštite od pogrešaka: nejednoliku zaštitu od pogrešaka (UEP, *Unequal Error Protection*) ili jednoliku zaštitu od pogrešaka (EEP, *Equal Error Protection*). UEP se primjenjuje samo u MSC kanalu, a EEP je moguće primijeniti u sva tri kanala.

Najmanja brzina toka od 4,8 kbit/s ostvaruje se uz širinu kanala od 4,5 kHz, modulacijski postupak 16-QAM i ukupni omjer koda od 0,5 (u vremenski i frekvencijski selektivnim kanalima). Najveća brzina toka bitova za DRM30 ostvaruje se u Gaussovom kanalu širine 20 kHz, uz modulacijski postupak 64-QAM i ukupni omjer koda 0,78, a iznosi 72 kbit/s.

## 6.6. DAB

DAB (*Digital Audio Broadcasting*) naziv je norme i tehnologije koja služi za digitalno odašiljanje zvuka, poznata kao EUREKA 147 po projektu koji je 1987. godine započeo s radom na nacrtu tehnologije. Namijenjena je odašiljanju u zemaljskim, satelitskim, hibridnim (zemaljskim i satelitskim) te kabelskim sustavima u frekvencijskom području od 30 MHz do 3000 MHz, a koristi se u pojasu VHF III (od 174 MHz do 230 MHz) i u dijelu L pojasa od 1452 MHz do 1492 MHz. Prilagođena je za mobilni i fiksni prijam, odnosno za prijam na mobilnima, fiksnim i prenosivim uređajima, a podržava i izgradnju jednofrekvencijskih mreža. Tehnologija omogućava prijenos više audio programskih sadržaja primjenom postupaka kompresije i multipleksiranja, a uporaba tehnike OFDM u kombinaciji s kanalnim kodiranjem dozvoljava prijenos signala u i u otežanim uvjetima.

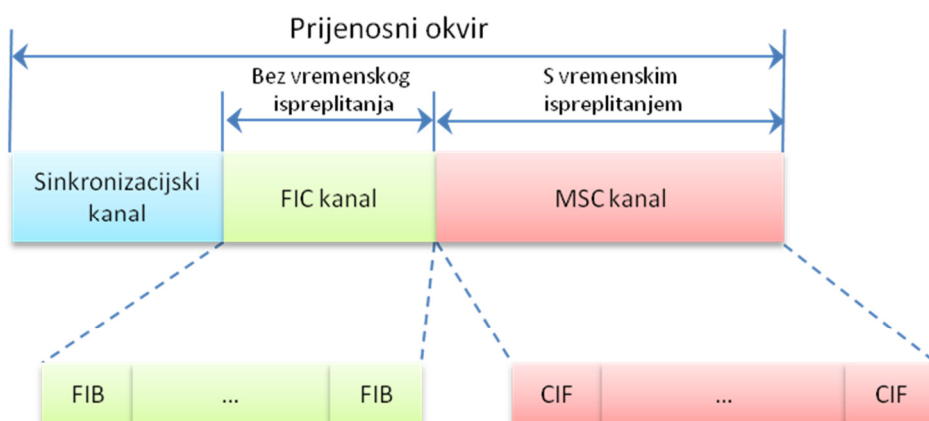
### 6.6.1. Arhitektura sustava

Prijenos podataka u tehnologiji DAB obavlja se preko dva mehanizma, FIC (*Fast Information Channel*) i MSC (*Main Service Channel*) kanal, koji zajedno s sinkronizacijskim kanalom čine DAB prijenosni okvir (slika 6.12). FIC kanal je građen od FIB (*Fast Information Block*) blokova te služi za prijenos kontrolnih informacija za konfiguraciju MSC kanala. Prijenos se obavlja bez vremenskog ispreplitanja kako, ali s višom razinom zaštite radi bržeg pristupa informacijama.

Kontrolne informacije u FIB blokovima mogu biti:

- MIC (*Multiplex Configuration Information*) informacije o strukturi multipleksa i rekonfiguraciji koje predstavljaju osnovni dio kontrolnih informacija,
- servisne informacije SI (*Service Information*),
- informacije uvjetnog pristupa CA (*Conditional Access*)
- podaci o brzom pretraživanju FIDC (*Fast Information Data Channel*).

MSC kanal se sastoji od CIF (*Common Interleaved Frames*) okvira, a služi za prijenos audio podataka i podataka u obliku digitalne informacije. Svaki CIF okvir sadrži 55296 bitova koji se odašilju svakih 24 ms. Najmanja jedinica CIF okvira, koja se može adresirati, je CU (*Capacity Unit*) jedinica i ona sadrži 64 bita. CU jedinice se grupiraju i formira se podkanal, osnovna prijenosna jedinica MSC kanala. Podaci u MSC kanalu su vremenski isprepleteni, dok su podaci u podkanalima konovolucijski kodirani. Svaki podkanal može sadržavati jednu ili više komponenata programskih sadržaja SC (*Service Component*).

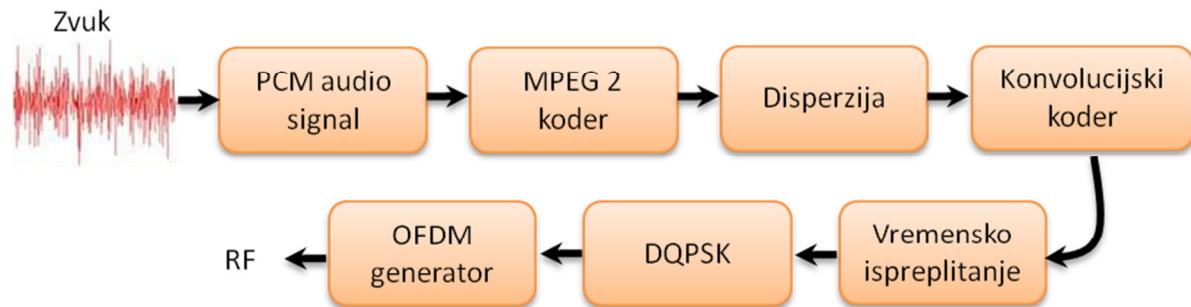


Slika 6.12. Struktura prijenosnog okvira

Postoje dva načina prijenosa programskih sadržaja:

- nizovni mod - omogućuje prijenos sadržaja uz fiksni tok podataka na odabranom potkanalu.
- paketski mod - omogućava prijenos nekoliko komponenata programskog sadržaja u obliku digitalne informacije pod jednim potkanalom.

Sinkronizacijski kanal služi prijarniku za sinkronizaciju prijenosnog okvira, automatsku regulaciju frekvencije i procjenu karakteristike prijenosnog kanala. Pomoću sinkronizacijskog kanala obavlja se i identifikaciju odašiljača. Pojednostavljena struktura DAB sustava dana je na slici 6.13.



**Slika 6.13.** Pojednostavljena struktura DAB sustava

### 6.6.2. Parametri prijenosnog signala

Za prijenos audio signala prema standardu DAB postoje 4 moda odašiljanja ovisno o konfiguraciji mreže i frekvenciji odašiljanja. Broj OFDM simbola u prijenosnom okviru ovisi o modu odašiljanja, a prva dva simbola zauzima sinkronizacijski kanal.

Namjena modova odašiljanja:

1. korištenje u jednofrekvencijskoj mreži u pojasevima I, II i III,
2. korištenje za lokalne usluge u pojasevima I, II, III, IV i V te pojasu L,
3. korištenje na frekvencijama ispod 3 GHz i u kabelskim sustavima
4. korištenje za lokalne usluge u pojasevima I, II, III, IV i V te za najveću jednofrekvencijsku mrežu u L pojasu.

Pouzdan prijenos podataka kroz različite kanale omogućuje kanalno kodiranje, koje u tehnologiji DAB odgovara konvolucijskom kodiranju. Omogućuje jednoliku (EEP) i nejednoliku (UEP) zaštitu, a ovisi o vrsti toka podataka, brzini prijenosa i ciljanoj razini zaštite. Kod nejednolike zaštite može se ostvariti 5 razina zaštite (1 – najviša razina, 5 – najmanja razina). Visoka razina zaštite rabi se u posebno otežanim uvjetima radijskog prijenosa. Kod jednolike zaštite postoje dvije grupe postavki:

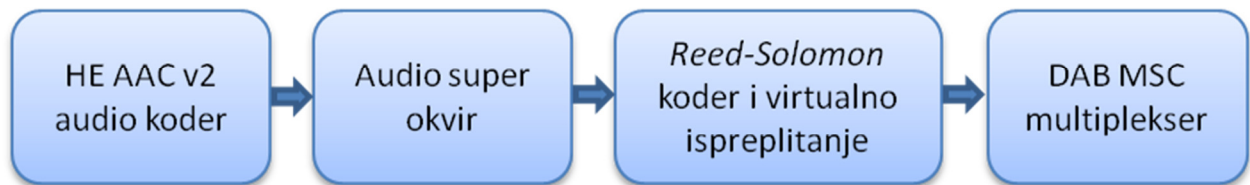
- A – brzina prijenosa je višekratnik od 8 kbit/s, a razine zaštite 1, 2, 3 i 4 odgovaraju omjerima koda 1/4, 3/8, 1/2 i 3/4,
- B – brzina prijenosa je višekratnik od 32 kbit/s, a razine zaštite 1, 2, 3 i 4 odgovaraju omjerima koda 4/9, 3/8, 1/2 i 3/4.

Prijenos audio podataka obično se osigurava nejednolikom zaštitom, a za podatkovni prijenos se koristi jednolika zaštita.

### 6.6.3. DAB+

DAB+ predstavlja nadogradnju standarda DAB, a definiran je u ETSI specifikaciji TS 102 563 "*Digital Audio Broadcasting (DAB); Transport of Advanced Audio Coding (AAC) audio*" 2007. godine. Najveća promjena, u odnosu na DAB, odnosi se na audiokodiranje jer se umjesto norme MPEG-1 Layer II za audiokodiranje koristi norma MPEG-4 HE-AAC v2 (*aacPlus v2*). Radi se o kombiniranju AAC, SBR i PS kodera što omogućuje znatno veći stupanj kompresije zvuka (u DAB+ multipleks može se staviti znatno više programskog sadržaja nego u DAB multipleks).

DAB+ koristi *Reed-Solomon* kodiranje (vanjsko kodiranje) uz konvolucijsko kodiranje (unutarnje) koje se koristilo u tehnologiji DAB. Konvolucijsko kodiranje u DAB+ koristi EEP zaštitu. Na slici 6.14 je dana pojednostavljena shema tehnologije DAB+.



Slika 6.14. Pojednostavljena struktura DAB+ sustava

HE AAC v2 kodiranje, koje se koristi u tehnologiji DAB+, ima sljedeća svojstva:

- frekvencije uzoraka 32 kHz ili 48 kHz uz isključenu opciju SBR,
- frekvencije uzoraka 16 kHz ili 24 kHz kada je uključena opcija SBR,
- audio super okvir traje 120 ms i prenosi se u 5 DAB logičkih okvira (pri čemu su brzine audio bitova su ograničene tako da podaci mogu stati u podkanal),
- najviša brzina podataka po podkanalu iznosi 192 kbit/s (najviše 175 kbit/s za audio podatke uz pretpostavku da se ne koristi PAD),
- brzine u podkanalima su višekratnici od 8 kbit/s.

### 6.6.4. DMB

DMB (*Digital Multimedia Broadcasting*) ili T-DMB (*Terrestrial DMB*) je digitalna tehnologija za odašiljanje audio i video podataka koja je razvijena u Južnoj Koreji (konkurencija je tehnologiji DVB-H). Koristi se u frekvencijskim pojasevima VHF III i L pojasu (UHF) uz MPEG-4 Part 10 (H.264) kodiranje za prijenos videosadržaja, dok se za prijenos audiosadržaja rabi MPEG-4 Part 3 BSAC (*Bit Sliced Arithmetic Coding*) ili HE-AAC v2 kodiranje.

U sustavu DMB audio i video tokovi podataka objedinjuju se u MPEG transportni tok podataka (MPEG-TS, MPEG *Transport Stream*). Nad tim tokom podataka se obavlja postupak unaprijednog ispravljanja pogrešaka pomoću *Reed-Solomon* kodiranja te konvolucijsko ispreplitanje. Dobiveni podaci se dalje šalju jednako kao u tehnologiji DAB, MSC kanalom.

## 6.7. LTE

LTE je radijska tehnologija za paketski mobilni prijenos podataka. Zahtjevi koje LTE treba zadovoljiti definirani su u dokumentu 3GPP TR 25.913 i oni glase:

- povećanje vršnih brzina prijenosa skaliranjem s dodijeljenom širinom kanala,
- povećanje brzine prijenosa na rubovima ćelija uz zadržavanje lokacija postojećih baznih postaja,
- povećanje spektralne učinkovitosti,
- mogućnost za kašnjenje u radijskoj pristupnoj mreži ispod 10 ms,
- značajno smanjenje kašnjenja u C razini mreže,
- skalirajuća širina pojasa (5; 10; 15; 20 MHz i moguće 2,5; 1,25 i 1,6 MHz da bi se omogućio rad u užim dodijeljenim frekvencijskim područjima),
- rad s postojećim 3G mrežama i sustavima koji nisu specificirani od strane 3GPP-a,
- poboljšanje MBMS-a,
- smanjeni troškovi (CAPEX i OPEX),
- razumna kompleksnost sustava i korisničke opreme, razumni troškovi i potrošnja energije,
- podrška daljnjoj nadogradnji IMS-a i jezgrene mreže,
- kompatibilnost unatrag je poželjna, ali ne pod cijenu ostvarivih performansi,
- učinkovita podrška različitim vrstama usluga,
- mreža treba biti optimizirana za male brzine korisnika, ali treba podržavati i velike brzine,
- mreža treba omogućavati rad u uparenom i u neuparenom spektru,
- mogućnost pojednostavljenog koegzistiranja između različitih operatora u susjednim frekvencijskim područjima kao i međudržavna koegzistencija.

Sažeti prikaz osnovnih zahtjeva koji su postavljeni pred tehnologiju LTE dan je u tablici 6.4.

**Tablica 6.4.** Zahtjevi za tehnologiju LTE

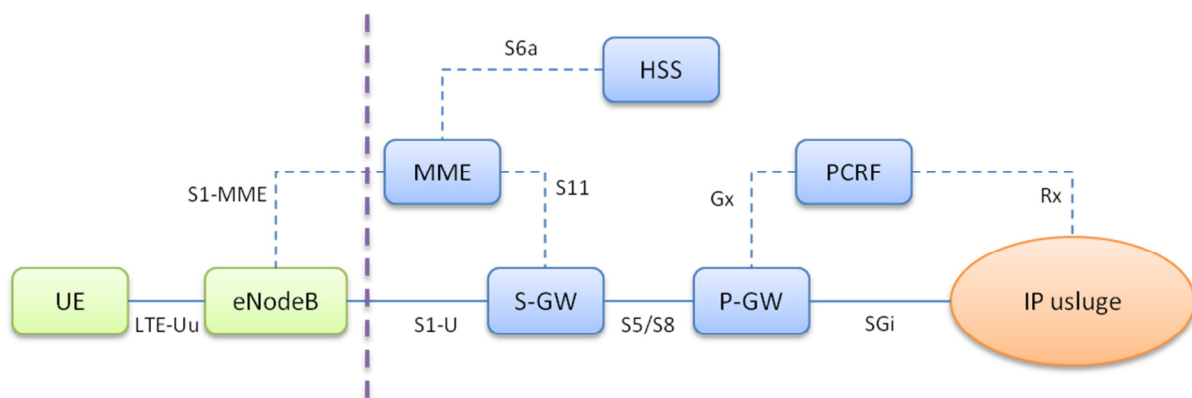
Značajka	Zahtjev
Vršna brzina prijenosa podataka (širina spektra 20MHz)	Silazna veza: 100Mbps Uzlazna veza: 50Mbps
Podrška za mobilnost	Do 500km/h, ali optimizirano za niske brzine od 0 do 15km/h
Prijelazno vrijeme do aktivnog stanja	<100ms (od stanja bez odašiljanja u aktivno stanje)
Kapacitet (za spektar širine 5MHz)	> 200 korisnika po ćeliji
Fleksibilnost spektra	1,25; 2,5; 5; 10; 15 i 20 MHz

### 6.7.1. Arhitektura sustava

Slika 6.15 prikazuje osnovnu arhitekturu sustava LTE. Pristupna mreža (E-UTRAN) sastoji se od baznih postaja, eNodeB, koje su povezane na korisničku opremu (UE, *user equipment*). eNodeB obavlja nekoliko funkcija, a to su upravljanje radijskim resursima, kompresija i šifriranje IP zaglavlja, izbor jedinice za upravljanje mobilnošću, usmjeravanje korisničkih podataka te mjerenje mobilnosti. Bazna postaja je povezana sučeljem S1 s jezgrenom dijelom mreže, koji se naziva EPC (*Evolved Packet Core*).

Jezgrena mreža odgovorna je za kontrolu korisničke opreme, a sadrži sljedeće logičke elemente:

- poveznik za paketski prijenos (P-GW, *PDN Gateway*) – odgovoran za dodjelu IP adresa korisničkim terminalima te osiguravanje kvalitete usluga te služi za lakše povezivanje s ne-3GPP tehnologijama,
- poveznik za opsluživanje (S-GW, *Serving Gateway*) – služi za prijenos IP paketa što olakšava mobilnost korisnika među čvorovima eNodeB, a sadrži informacije o stanju terminala kad nema odašiljanja (*idle*) te skuplja podatke za naplatu u posjećenoj mreži. Također olakšava povezivanje s ne-3GPP tehnologijama,
- jedinica za upravljanje mobilnošću (MME, *Mobility Management Entity*) – kontrolni čvor koji obrađuje signalizaciju između korisničkog terminala i jezgrene mreže koja se obavlja preko NAS (*Non Access Stratum*) protokola,
- HSS (*Home Subscriber Server*) – sadrži korisničke podatke poput razine kvalitete usluge, podatke za komunikaciju u stranoj mreži (*roaming*), informaciju o MME s kojim je korisnik povezan te podatke za autentikaciju (opcionalno),
- PCRF (*Policy Control and Charging Rules Function*) – kontrola funkcionalnosti u funkciji PCEF (*Policy Control Enforcement Function*) te definiranje kvalitete usluge u skladu sa zahtjevima korisnika.

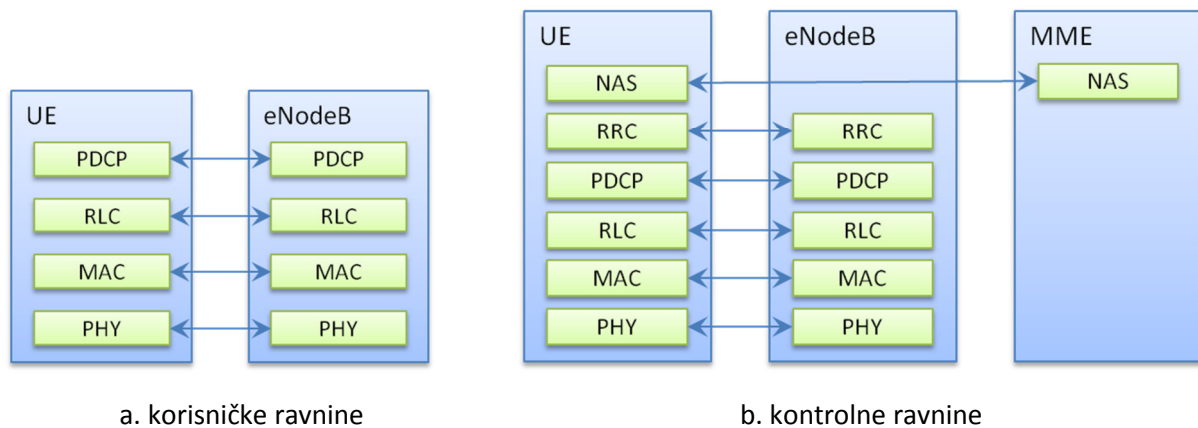


**Slika 6.15.** Arhitektura LTE sustava

Protokolarna arhitektura E-UTRAN podijeljena je i specificirana na dvije ravnine: korisničku i kontrolnu (slika 6.16), a ovdje će biti navedeni samo neki od najbitnijih protokola:

- GTP (*GPRS Tunneling Protocol*) - koristi se za tuneliranje podataka preko CN (između eNodeB i UE), S1 i S5/S8 sučelja.
- PDCP (*Packet Data Convergence Protocol*) - provodi kompresiju i dekompresiju IP zaglavlja i prijenos korisničkih podataka.
- RLC (*Radio Link Control*) - upravlja prijenosom podataka te omogućuje retransmisiju izgubljenih podataka,
- MAC (*Medium Access Control*) - provodi adresiranje i kontrolu pristupa mediju,
- RRC (*Radio Resource Control*) - osnovne kontrolne funkcije, uspostava radio veze i konfiguriranje između eNodeB i UE,
- NAS (*Non Access Stratum*) - omogućuje komunikaciju korisničkog terminala s jedinicom za upravljanje mobilnošću.





Slika 6.16. Protokolarni složaj

U sustavu LTE definirane su dvije strukture okvira:

- struktura okvira vrste 1 (FS1, *Frame Structure type 1*) koja se koristi kod FDD pristupa gdje okvir traje 10 ms i podijeljen je na 20 jednakih odsječaka (podokvir sadži dva odsječka),
- struktura okvira vrste 2 (FS2, *Frame Structure type 2*) koja se koristi kod TDD pristupa, gdje je okvir u trajanju od 10 ms podijeljen na dva poluokvira od 5 ms (svaki poluokvir podijeljen je na pet podokvira).

### 6.7.2. Parametri sustava

Radijsko sučelje sustava podržava FDD i TDD način rada, s tim da TDD ostvaruje niže brzine nego FDD. Frekvencijska područja rada (*Release 8*) navedena su u tablici 6.4, gdje se vidi da frekvencijska područja rada mreža ne odgovaraju u potpunosti mogućnostima koje se otvaraju u budućoj prenamjeni spektra. Buduće inačice LTE (*Release 9 i 10*) nadopunit će postojeći spektar s novim pojasevima za mobilne komunikacije:

- 450 MHz,
- UHF područje (698-960 MHz),
- 2,3 GHz,
- C-područje (3400-4200 MHz).

Vršne brzine prijenosa u silaznoj i uzlaznoj vezi dane su u tablicama 6.5 i 6.6 (vrijednosti za strukturu okvira vrste 1). Ukoliko se umjesto strukture okvira vrste 1 koristi struktura okvira vrste 2, u silaznoj vezi se ostvaruju manje brzine prijenosa, dok se u uzlaznoj vezi ostvaruju neznatno više brzine prijenosa. Tablice 6.7 i 6.8 sadrže brzine prijenosa u slučaju uporabe strukture okvira vrste 2.

**Tablica 6.4.** Područja rada E-UTRA

Područje rada E-UTRA	Uzlazna veza		Vrsta dupleksa
	donja frekv. - gornja frekv.		
1	1920 MHz – 1980 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
2	1850 MHz – 1910 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	FDD
3	1710 MHz – 1785 MHz	1805 MHz – 1880 MHz	FDD
4	1710 MHz – 1755 MHz	2110 MHz – 2155 MHz	FDD
5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894MHz	FDD
6	830 MHz – 840 MHz	875 MHz – 885 MHz	FDD
7	2500 MHz – 2570 MHz	2620 MHz – 2690 MHz	FDD
8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD
9	1749,9 MHz – 1784,9 MHz	1844,9 MHz – 1879,9 MHz	FDD
10	1710 MHz – 1770 MHz	2110 MHz – 2170 MHz	FDD
11	1427,9 MHz – 1452,9 MHz	1475,9 MHz – 1500,9 MHz	FDD
12	698 MHz – 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	FDD
13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD
14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD
...			
17	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	FDD
...			
33	1900 MHz – 1920 MHz	1900 MHz – 1920 MHz	TDD
34	2010 MHz – 2025 MHz	2010 MHz – 2025 MHz	TDD
35	1850 MHz – 1910 MHz	1850 MHz – 1910 MHz	TDD
36	1930 MHz – 1990 MHz	1930 MHz – 1990 MHz	TDD
37	1910 MHz – 1930 MHz	1910 MHz – 1930 MHz	TDD
38	2570 MHz – 2620 MHz	2570 MHz – 2620 MHz	TDD
39	1880 MHz – 1920 MHz	1880 MHz – 1920 MHz	TDD
40	2300 MHz – 2400 MHz	2300 MHz – 2400 MHz	TDD

**Tablica 6.5.** Brzine prijenosa u silaznoj vezi (struktura okvira vrste 1)

Konfiguracija	Silazna veza, 64-QAM	
	Kanal 20 MHz [Mbit/s]	Učinkovitost [bit/s/Hz]
Temeljna konfiguracija (1x2)	100	5,0
2x2 MIMO	172,8	8,6
4x4 MIMO	326,4	16,3

**Tablica 6.6.** Brzine prijenosa u uzlaznoj vezi (struktura okvira vrste 1)

Konfiguracija	Uzlazna veza, jedan odašiljač korisničkog uređaja	
	Kanal 20 MHz [Mbit/s]	Učinkovitost [bit/s/Hz]
Temeljna konfiguracija (1x2)	50	2,5
2x2 MIMO	57,6	2,9
4x4 MIMO	86,4	4,3

**Tablica 6.7.** Brzine prijenosa u silaznoj vezi (struktura okvira vrste 2)

Konfiguracija	Silazna veza, 64-QAM	
	Kanal 20 MHz [Mbit/s]	Učinkovitost [bit/s/Hz]
Temeljna konfiguracija (1x2)	100	5,0
2x2 MIMO	142	7,1
4x4 MIMO	270	13,5

**Tablica 6.8.** Brzine prijenosa u uzlaznoj vezi (struktura okvira vrste 2)

Konfiguracija	Uzlazna veza, jedan odašiljač korisničkog uređaja	
	Kanal 20 MHz [Mbit/s]	Učinkovitost [bit/s/Hz]
Temeljna konfiguracija (1x2)	50	2,5
2x2 MIMO	62,7	3,1
4x4 MIMO	62,7	3,1

Prijenos podataka sastoji se od jednog ili više osnovnih skupova dodjeljivanja (RB, *Resource Block*) koji se sastoji od dvanaest podnosioca u frekvencijskoj domeni. Svaki podnosilac nosi jedan simbol, a u vremenskoj domeni predstavlja element dodjeljivanja (RE, *Resource Element*), najmanju jedinicu za prijenos podataka. Simbolima se u silaznoj vezi dodaje i zaštitni interval (tablica 6.9), a može biti:

- normalni zaštitni interval - duljine 4,69  $\mu$ s
- produženi zaštitni interval - koristi se kod većih ćelija i kod nekih posebnih aplikacija.

**Tablica 6.9.** Konfiguracije osnovnog skupa dodjeljivanja

Konfiguracija	Broj podnosilaca	Broj simbola
Normalni zaštitni interval, $\Delta f = 15$ kHz	12	7
Produženi zaštitni interval, $\Delta f = 15$ kHz	12	6
	24	3

## 7. Zahtjevi za spektrom pri uvođenju novih usluga

### 7.1. Zahtjevi za spektrom za digitalnu televiziju

Za digitalnu televiziju u Republici Hrvatskoj koristi se podjela na kanale širine 8 MHz u UHF frekvencijskom području odnosno širine 7 MHz u VHF frekvencijskom području.

DVB-T standard omogućava brzine prijenosa podataka od 4,98 do 31,67 Mbit/s ovisno o modulaciji, omjeru kodiranja i trajanju zaštitnog intervala koji se koriste u određenoj varijanti DVB-T sustava, kako je prikazano u tablici 7.1.

**Tablica 7.1.** Brzine prijenosa i omjer signal šum (C/N) za DVB-T kod kanala širine 8 MHz

Brzine prijenosa i omjer signal šum (C/N) za DVB-T kod kanala širine 8 MHz								
Modulacija	Omjer kodiranja	Omjer signal šum (C/N)			Brzine prijenosa			
		Gaussov kanal	Riceov kanal	Rayleighov kanal	Zaštitni interval			
					¼	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	3,5	4,1	5,9	4,98	5,53	5,86	6,03
	2/3	5,3	6,1	9,6	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	6,3	7,2	12,4	7,47	8,29	8,78	9,05
	5/6	7,3	8,5	15,6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	7,9	9,2	17,5	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,3	9,8	11,8	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	11,4	12,1	15,3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	12,6	13,4	18,1	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	13,8	14,8	21,3	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	14,4	15,7	23,6	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	13,8	14,3	16,4	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	16,7	<b>17,3</b>	20,3	<b>19,91</b>	22,12	23,42	24,13
	3/4	18,2	<b>18,9</b>	23	<b>22,39</b>	24,88	26,35	27,14
	5/6	19,4	<b>20,4</b>	26,2	<b>24,88</b>	27,65	29,27	30,16
	7/8	20,2	21,3	28,6	26,13	29,03	30,74	31,67

Veličine digitalnih regija u Republici Hrvatskoj nameću uporabu najdužeg zaštitnog intervala od 1/4 korisnog trajanja COFDM simbola. Odabir modulacije i omjera kodiranja omogućava povećanje kapaciteta na račun robusnosti sustava prema šumu i interferenciji. U Hrvatskoj se koristi 64 QAM modulacija i omjeri kodiranja od 2/3, 3/4 i 5/6. U tablici 7.1 masnim slovima prikazane su brzine prijenosa koje se ostvaruju u DVB-T mrežama u Republici Hrvatskoj.

DVB-T2 standard nadmašuje karakteristike DVB-T standarda po tome što omogućava veće brzine prijenosa, veću robusnost prema šumu i interferenciji, te mogućnost izgradnje istokanalnih mreža s većom udaljenosti između odašiljača i većim pokrivanjem SFN mreže. Ukoliko se želi zadržati slična robusnost i isto pokrivanje kao kod DVB-T mreža, uvođenje DVB-T2 sustava može se provesti u Hrvatskoj u skladu s planom iz „Sporazuma GE06“ dakle bez potrebe za dodatnim usklađivanjem odašiljačkih postaja. Ovakav prijelaz na DVB-T2 sustav omogućit će povećanje kapaciteta za otprilike 67%. U tablici 7.2 prikazana je usporedba kapaciteta DVB-T2 i DVB-T sustava uz sličnu robusnost.

**Tablica 7.2.** Usporedba kapaciteta DVB-T2 i DVB-T

DVB-T2 32ke, 256 QAM, 1/16, PP 4			DVB-T 8k, 64 QAM, ¼			Povećanje kapaciteta
Omjer kodiranja	Odnos Signal-šum	Brzina prijenosa	Omjer kodiranja	Odnos Signal-šum	Brzina prijenosa	
1/2	13,6	27,73	1/2	14,3	14,93	85,73%
3/5	<b>16,3</b>	<b>33,27</b>	2/3	<b>17,3</b>	<b>19,91</b>	67,10%
2/3	<b>18,1</b>	<b>36,97</b>	3/4	<b>18,9</b>	<b>22,39</b>	65,12%
3/4	<b>20,3</b>	<b>41,59</b>	5/6	<b>20,4</b>	<b>24,88</b>	67,16%
4/5	21,7	44,36	7/8	21,3	26,13	69,77%

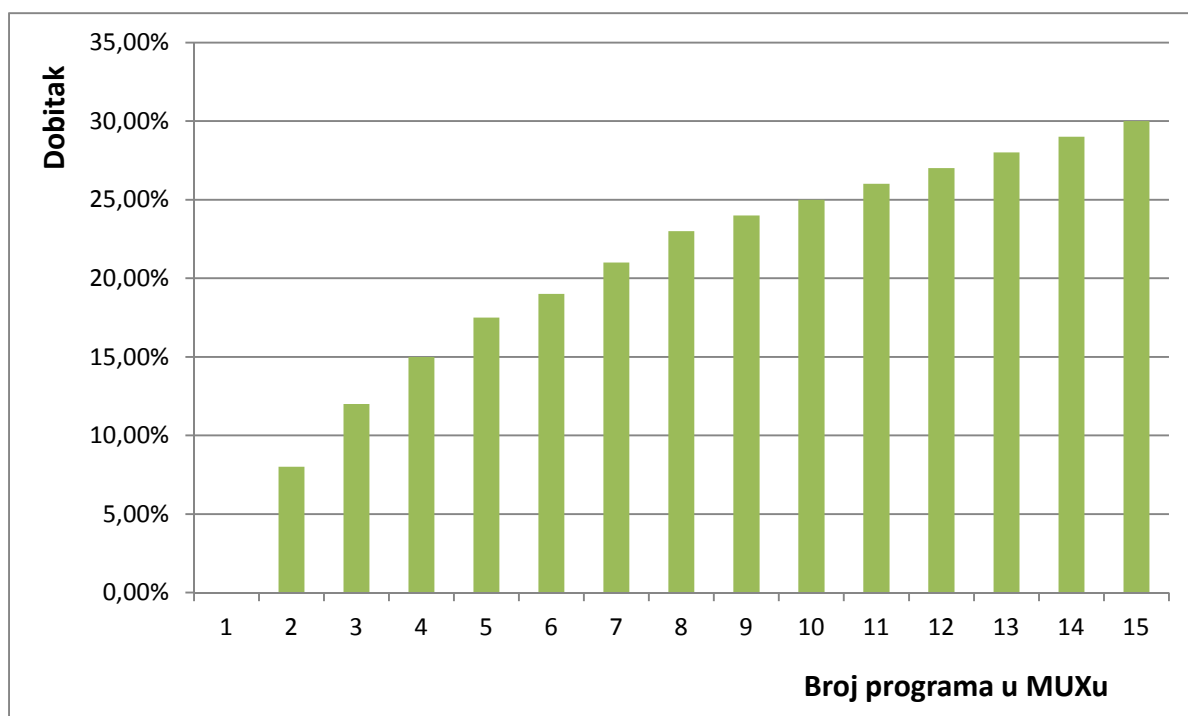
U sustavima digitalne televizije danas se koriste dva standarda za kompresiju video signala: MPEG-2 i H.264/AVC. Standard kodiranja H.264/AVC učinkovitije komprimira video signal, te prema testovima za SD kvalitetu slike donosi poboljšanje od otprilike 50% u odnosu na MPEG-2. Kod DVB-T sustava standardni ulazni signal je MPEG-2 prijenosni tok (MPEG-2 TS), te se u Hrvatskoj MPEG-2 standard koristi kod prva tri multipleksa digitalne televizije (MUX A, MUX B i MUX D).

Multipleksiranje više programskih tokova može se obaviti na dva načina:

- uz konstantnu brzinu prijenosa svakog programskog toka,
- uz varijabilnu brzinu prijenosa svakog programskog toka.

Kod konstantne brzine prijenosa (*Constant Bit Rate*, CBR) svakom je programskom toku unaprijed dodijeljena brzina prijenosa, dok se kod varijabilne brzine prijenosa (*Variable Bit Rate*, VBR) trenutna brzina prijenosa određenog programskog toka u multipleksu određuje ovisno o programskom sadržaju u tom trenutku. Za određivanje varijabilne brzine prijenosa koristi se uređaj statistički multiplekser koji na osnovu sadržaja svakog programskog toka određuje brzinu prijenosa pojedinog programskog toka u multipleksu. Na osnovu male vjerojatnosti da će svi programi u multipleksu u istom trenutku imati najsloženije sadržaje i zahtijevati najveću brzinu prijenosa statistički multiplekser ostvaruje dodatnu efikasnost. Na ovaj način mogu se ostvariti dodatne uštede u kapacitetu odnosno omogućiti prijenos većeg broja programa.

Uobičajene uštede kapaciteta prikazane su na slici 7.1, gdje se vidi da uz veći broj programa u multipleksu učinkovitost statističkog multipleksiranja raste i doseže dobitak kapaciteta od 30%.



**Slika 7.1.** Efikasnost statističkog multipleksiranja u ovisnosti o broju programskih tokova unutar multipleksa

Na osnovu razmatranja učinkovitosti DVB-T i DVB-T2 sustava, učinkovitosti standarda kodiranja MPEG-2 i H.264/AVC, te korištenja konstantne i varijabilne brzine prijenosa svakog programskog toka izradili smo tablicu 7.3 koja prikazuje broj usluga televizijskih programa standardne kvalitete (SD) koji se mogu prenijeti u jednom DVB-T odnosno jednom DVB-T2 multipleksu. Tablica 7.4 prikazuje broj usluga televizijskih programa visoke kvalitete (HDTV) koji se mogu prenijeti u jednom DVB-T odnosno jednom DVB-T2 multipleksu.

**Tablica 7.3.** Broj usluga televizijskih programa standardne kvalitete (SD) koji se mogu prenijeti u jednom DVB-T odnosno jednom DVB-T2 multipleksu

DVB-T						DVB-T2					
8k, 64 QAM, 1/4		MPEG-2		H.264/AVC		32ke, 256 QAM, 1/16		MPEG-2		H.264/AVC	
Omjer kodiranja	Brzina prijenosa	broj SD programa				Omjer kodiranja	Brzina prijenosa	broj SD programa			
		CBR	VBR	CBR	VBR			CBR	VBR	CBR	VBR
1/2	14,93	4	4	7	9	1/2	27,73	7	8	13	17
2/3	19,91	5	5	9	12	3/5	33,27	8	10	16	21
3/4	22,39	5	6	11	13	2/3	36,97	9	11	18	23
5/6	24,88	6	7	12	15	3/4	41,59	10	12	20	26
7/8	26,13	6	7	12	16	4/5	44,36	11	13	21	27

**Tablica 7.4.** Broj usluga televizijskih programa visoke kvalitete (HDTV) koji se mogu prenijeti u jednom DVB-T odnosno jednom DVB-T2 multipleksu

DVB-T						DVB-T2					
8k, 64 QAM, 1/4		MPEG-2		H.264/AVC		32ke, 256 QAM, 1/16		MPEG-2		H.264/AVC	
Omjer kodiranja	Brzina prijenosa	broj HDTV programa				Omjer kodiranja	Brzina prijenosa	broj HDTV programa			
		CBR	VBR	CBR	VBR			CBR	VBR	CBR	VBR
1/2	14,93	1	1	4	4	1/2	27,73	3	3	7	8
2/3	19,91	2	2	5	6	3/5	33,27	3	4	8	10
3/4	22,39	2	2	6	7	2/3	36,97	4	4	9	11
5/6	24,88	2	3	6	7	3/4	41,59	4	5	10	13
7/8	26,13	3	3	7	8	4/5	44,36	4	5	11	14

## 7.2. Zahtjevi za spektrom za digitalni radio

T-DAB standard digitalnog radija koristi frekvencijske blokove širine 1,54 MHz koji uz OFDM modulaciju ostvaruje brzine prijenosa od 2304 kbit/s. Ukupni korisni prijenosni kapacitet T-DAB multipleksa određuje se množeći prosječni omjer koda prema tablici 7.5 s ukupnom brzinom prijenosa u multipleksu koja iznosi 2304 kbit/s.

**Tablica 7.5.** Prikaz prosječnog omjera kodiranja kao funkcije toka audio podataka i razine zaštite P za slučaj UEP zaštite

Omjer kodiranja					
Tok audio podataka [kbit/s]	Razina zaštite P				
	1	2	3	4	5
32	0,34	0,41	0,5	0,57	0,75
48	0,35	0,43	0,51	0,62	0,75
56	×	0,4	0,5	0,6	0,72
64	0,34	0,41	0,5	0,57	0,75
80	0,36	0,43	0,52	0,58	0,75
96	0,35	0,43	0,51	0,62	0,75
112	×	0,4	0,5	0,6	0,72
128	0,34	0,41	0,5	0,57	0,75
160	0,36	0,43	0,52	0,58	0,75
192	0,35	0,43	0,51	0,62	0,75
224	0,36	0,4	0,5	0,6	0,75
256	0,34	0,41	0,5	0,57	0,75
320	×	0,43	×	0,58	0,75
384	0,35	×	0,51	×	0,75

S obzirom da u Hrvatskoj nije uvedena komercijalna T-DAB mreža, uvođenje digitalnog radija u VHF III pojasu trebalo bi temeljiti na DAB+ standardu koji koristi MPEG-4 HE-AAC v2 normu za kompresiju audio signala. Ova norma omogućava gotovo CD kvalitetu zvuka uz brzinu od samo 128 kbit/s. Smanjivanjem brzine ispod 128 kbit/s smanjuje se i audio kvaliteta dobivena AAC koderom.

Smanjenje kvalitete zvuka može se dobro kompenzirati pomoću SBR i PS tehnike tako da se zadovoljavajuća kvaliteta može ostvariti pri brzini prijenosa od samo 48 kbit/s. Kvaliteta zvuka kodiranog s AAC koderom pri brzini od 48 kbit/s odgovara kvaliteti dobivenoj mp2 koderom u tehnologiji DAB pri brzini od 160 kbit/s što predstavlja smanjenje od 3,3 puta. Pesimističnije analize govore da 60 kbit/s dobivenih iz *aacPlus* v2 odgovara 128 kbit/s dobivenih iz mp2 (smanjenje 2,1 puta).

Na osnovu ispitivanja EBU-a (*European Broadcasting Union*), za stereo audio zvuk brzine prijenosa od 48 kbit/s postignuta je dobra do izvrsna kvaliteta zvuka, a za stereo audio zvuk brzine 64 kbit/s postignuta je izvrsna kvaliteta zvuka.

Uz programske (audio) podatke HE-AAC v2 norma dodaje otprilike 10% dodatnih podataka kod multipleksiranja (10% *overhead*). Uzevši u obzir ove dodatne podatke, za prijenos stereo zvuka izvrsne kvalitete bit će potrebno 72 kbit/s (64 kbit/s za audio sadržaj), što znači da se unutar T-DAB multipleksa može prenijeti do 16 radijskih programa (tablica 7.6).

**Tablica 7.6.** Dostupne brzine prijenosa audio podataka za različitu veličinu podkanala (uključeni PAD podaci)

Brzina u podkanalu [kbit/s]	Dostupna brzina prijenosa za audio podatke [bit/s]			
	Frekvencija uzoraka u AAC			
	16 kHz	24 kHz	32 kHz	48 kHz
8	6,733	6,533	6,267	5,800
16	14,067	13,867	13,600	13,133
24	21,400	21,200	20,933	20,467
32	28,733	28,533	28,267	27,800
40	36,067	35,867	35,600	35,133
48	43,400	43,200	42,933	42,467
56	50,733	50,533	50,267	49,800
64	58,067	57,867	57,600	57,133
72	65,400	65,200	64,933	64,467
80	72,733	72,533	72,267	71,800
88	80,067	79,867	79,600	79,133
96	87,400	87,200	86,933	86,467
104	94,733	94,533	94,267	93,800
112	102,067	101,867	101,600	101,133
120	109,400	109,200	108,933	108,467
128	116,733	116,533	116,267	115,800
136	124,067	123,867	123,600	123,133
144	131,400	131,200	130,933	130,467
152	138,733	138,533	138,267	137,800
160	146,067	145,867	145,600	145,133
168	153,400	153,200	152,933	152,467
176	160,733	160,533	160,267	159,800
184	168,067	167,867	167,600	167,133
192	175,400	175,200	174,933	174,467



### 7.3. Zahtjevi za spektrom za mreže mobilnih komunikacija

LTE mreže mobilnih komunikacija omogućavaju velike brzine prijenosa podataka i u uzlaznoj i u silaznoj vezi.

U Republici Hrvatskoj dodijeljena su dva bloka širine 10 MHz, a s obzirom da je treći blok slobodan i nije dodijeljen u budućnosti se može očekivati dodjela trećeg bloka širine 10 MHz ili povećanje kapaciteta postojećih blokova na širinu 15 MHz.

U tablicama 7.7 i 7.8 dat je pregled brzina prijenosa koje se mogu ostvariti u LTE mrežama mobilnih komunikacija u silaznoj odnosno uzlaznoj vezi. Maksimalne brzine kod LTE sustava bit će prvenstveno određene kategorijom korisničke opreme.

**Tablica 7.7.** Dostupne brzine prijenosa podataka kod LTE silazne veze za različite širine pojasa

Modulacija i omjer kodiranja	Bit / simbol	MIMO	Brzine prijenosa [Mbit/s]					
			1,4 MHz 6 RB-a	3 MHz 15 RB-a	5 MHz 25 RB-a	10 MHz 50 RB-a	15 MHz 75 RB-a	20 MHz 100 RB-a
QPSK 1/2	1,0	Jedan tok	0,8	2,2	3,7	7,4	11,2	14,9
16QAM 1/2	2,0	Jedan tok	1,5	4,4	7,4	14,9	22,4	29,9
16QAM 3/4	3,0	Jedan tok	2,3	6,6	11,1	22,3	33,6	44,8
64QAM 3/4	4,5	Jedan tok	3,5	9,9	16,6	33,5	50,4	67,2
64QAM 1/1	6,0	Jedan tok	4,6	13,2	22,2	44,7	67,2	89,7
64QAM 3/4	9,0	2 x 2 MIMO	6,6	18,9	31,9	64,3	96,7	129,1
64QAM 1/1	12,0	2 x 2 MIMO	8,8	25,3	42,5	85,7	128,9	172,1
64QAM 1/1	24,0	4 x 4 MIMO	16,6	47,7	80,3	161,9	243,5	325,1

**Tablica 7.8.** Dostupne brzine prijenosa podataka kod LTE uzlazne veze za različite širine pojasa

Modulacija i omjer kodiranja	Bit / simbol	MIMO	Brzine prijenosa [Mbit/s]					
			1,4 MHz 6 RB-a	3 MHz 15 RB-a	5 MHz 25 RB-a	10 MHz 50 RB-a	15 MHz 75 RB-a	20 MHz 100 RB-a
QPSK 1/2	1,0	Jedan tok	0,9	2,2	3,6	7,2	10,8	14,4
16QAM 1/2	2,0	Jedan tok	1,7	4,3	7,2	14,4	21,6	28,8
16QAM 3/4	3,0	Jedan tok	2,6	6,5	10,8	21,6	32,4	43,2
16QAM 1/1	4,0	Jedan tok	3,5	8,6	14,4	28,8	43,2	57,6
64QAM 3/4	4,5	Jedan tok	3,9	9,7	16,2	32,4	48,6	64,8
64QAM 1/1	6,0	Jedan tok	5,2	13,0	21,6	43,2	64,8	86,4

## 8. Vrijednost digitalne dividende za dionike tržišta

U ovom poglavlju razmatra se procjena vrijednosti digitalne dividende za pojedine dionike tržišta: nakladnike radijskog programa, nakladnike televizijskog programa i operatore mreža mobilnih komunikacija.

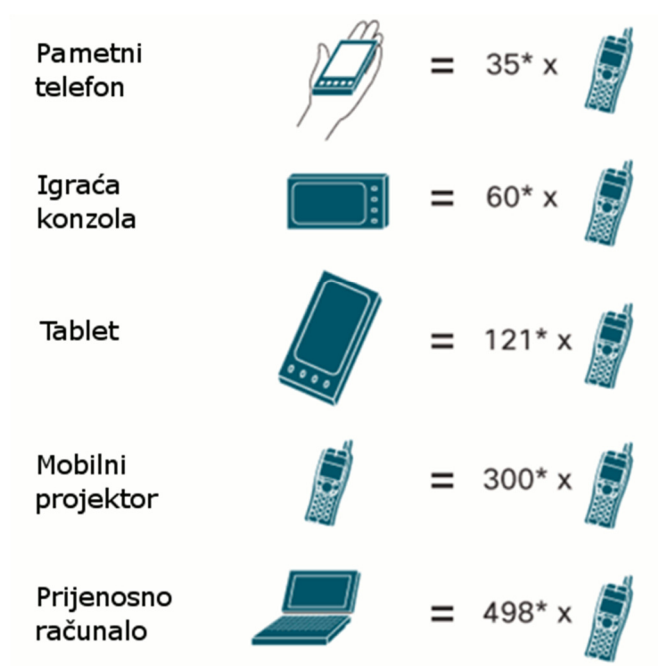
### 8.1. Vrijednost digitalne dividende za tržište mobilnih komunikacija

U drugom poglavlju ove studije analizirano je tržište mobilnih komunikacija te su iznesena očekivanja da će usluge širokopojsnog pristupa Internetu putem mreža mobilnih komunikacija biti glavni pokretač rasta tržišta, a da će se s druge strane nastaviti smanjenje korištenja telefonskih usluga.

Cisco Systems Inc. izradio je procjenu prometa u mrežama mobilnih komunikacija na globalnoj razini: „Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016“, kojom se predviđa da će:

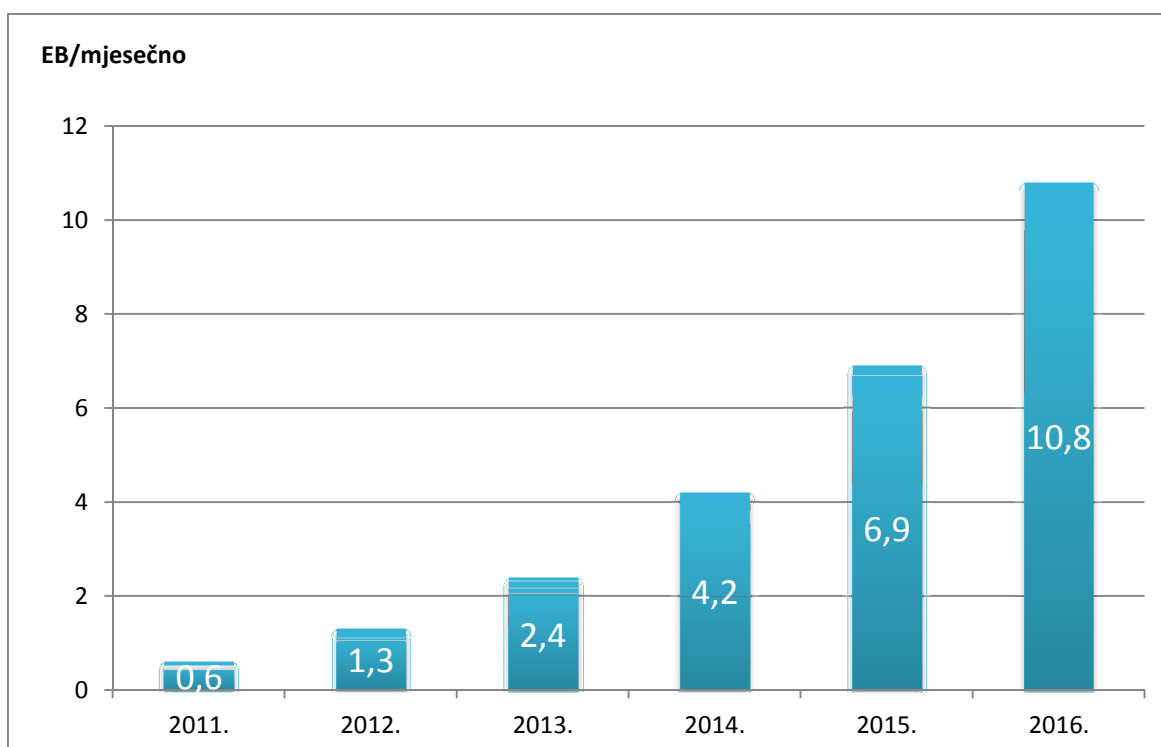
- mjesečni promet na globalnoj razini rasti prosječnom godišnjom stopom (CARG) od 78% i prijeći 10 eksabajta do 2016. godine,
- preko 100 milijuna pametnih telefona ostvarivati preko 1 GB mjesečnog prometa u 2012. godini,
- gustoća priključaka putem mreža mobilnih komunikacija preći 100% u 2012. godini,
- prosječna brzina prometa u mrežama mobilnih komunikacija iznositi 1 Mbit/s u 2014. godini,
- mjesečni promet na globalnoj razini ostvaren putem *tablet* uređaja preći 1 eksabajt do 2016. godine,
- *tablet* uređaji koristiti preko 10% prometa u mrežama mobilnih komunikacija do 2016. godine,
- se na kineskom tržištu ostvarivati preko 10% globalnog prometa u mrežama mobilnih komunikacija do 2016. godine.

Na porast prometa putem mreža mobilnih komunikacija najviše utječe pojava novih uređaja poput pametnih telefona, igračih konzola, *tablet* uređaja, mobilnih projektora i prijenosnih računala, odnosno korištenje različitih aplikacija koje zahtijevaju brzu internetsku vezu. Slikoviti prikaz porasta prometa putem mreža mobilnih komunikacija u odnosu na promet ostvaren putem standardnog mobilnog telefona dat je na slici 8.1.

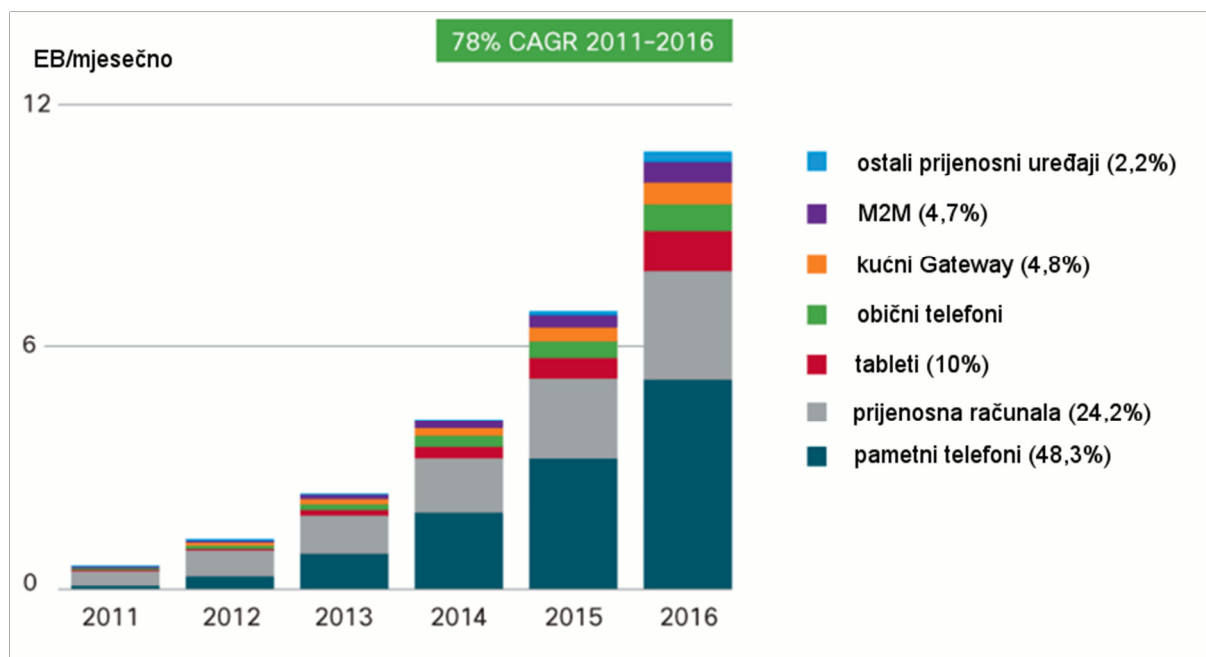


**Slika 8.1.** Utjecaj uporabe novih uređaja na porast prometa u mrežama mobilnih komunikacija  
 izvor: Cisco VNI Mobile, 2012. godine

Cisco predviđa da će promet u mrežama mobilnih komunikacija rasti prema prosječnoj stopi rasta (CARG) od 78% (slika 8.2) dok će promet prema uređajima biti raspoređen kao na slici 8.3.

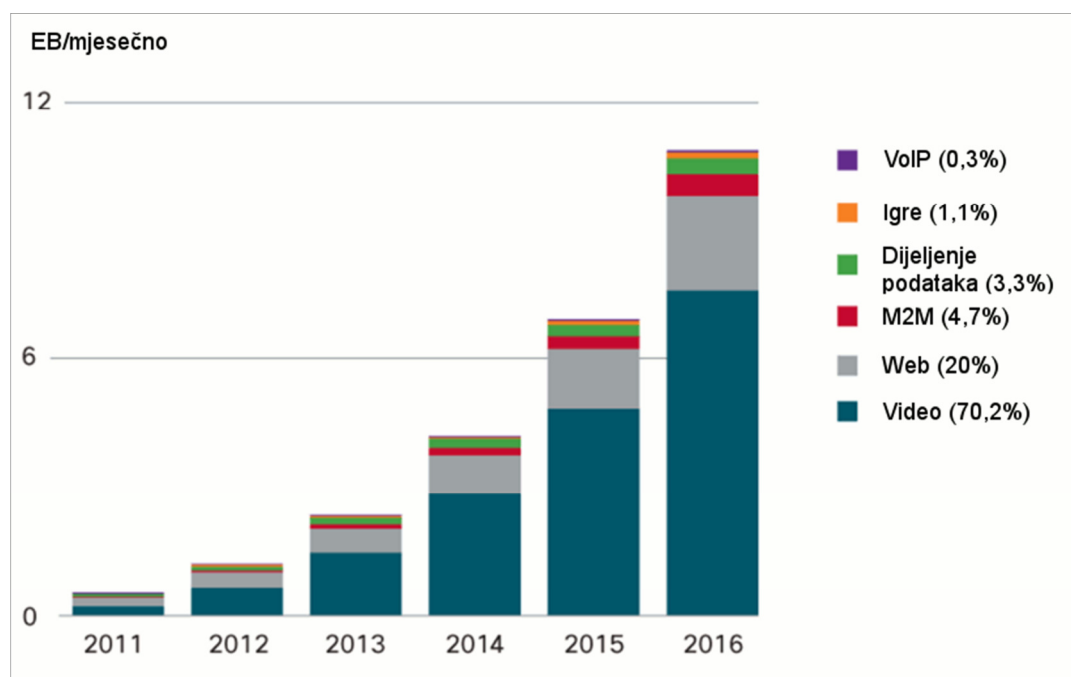


**Slika 8.2.** Prikaz porasta prometa u mrežama mobilnih komunikacija (prosječna stopa rasta 78%)



**Slika 8.3.** Prikaz porasta prometa u mrežama mobilnih komunikacija korištenjem različitih uređaja (podaci za 2016. godinu)

Analizirajući strukturu prometa, Cisco predviđa da će u 2016. godini više od 70% prometa odlaziti na prijenos videosignala putem mreža mobilnih komunikacija (slika 8.4).



**Slika 8.4.** Podjela prometa po uslugama u mrežama mobilnih komunikacija (podaci za 2016. godinu)

Za predvidjeti je da će i hrvatsko tržište mobilnih komunikacija slijediti globalne trendove u korištenju novih uređaja i aplikacija te da će se promet putem mreža mobilnih komunikacija povećavati u sličnim stopama rasta.

Uzevši o obzir potrebu za povećanjem prometa, te pogodnosti UHF frekvencijskog pojasa kod rasprostiranja elektromagnetskih valova što posljedično ima nižu cijenu izgradnje mreže, izvjesno je da će operatori mreža mobilnih komunikacija imati veliki interes za korištenje UHF frekvencijskog pojasa.

## 8.2. Vrijednost digitalne dividende za tržište medijskih usluga radija

Trenutno u Republici Hrvatskoj radijske programe putem FM tehnologije u VHF II frekvencijskom području emitira 5 nakladnika na državnoj razini, 9 nakladnika na regionalnoj razini (dvije ili više županija), 20 nakladnika na županijskoj razini i 122 nakladnika na gradskoj i 11 radijskih nakladnika na lokalnoj razini. U tablicama 8.1 do 8.5 prikazan je popis nakladnika medijskih usluga radija prema razini koncesije.

**Tablica 8.1.** Popis radijskih programa na državnoj razini

	NAKLADNIK	RADIJSKI PROGRAM	PODRUČJE KONCESIJE
1	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR1	državna razina
2	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR2	državna razina
3	RADIO CROATIA d.o.o.	NARODNI RADIO	državna razina
4	OTVORENI RADIO d.o.o.	OTVORENI RADIO	državna razina
5	HRVATSKI KATOLIČKI RADIO	HRVATSKI KATOLIČKI RADIO	državna razina

**Tablica 8.2.** Popis radijskih programa na regionalnoj razini

	NAKLADNIK	RADIJSKI PROGRAM	PODRUČJE KONCESIJE
1	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Dubrovnik	Regionalna
2	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Osijek	Regionalna
3	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Pula	Regionalna
4	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Rijeka	Regionalna
5	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Sljeme	Regionalna
6	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Split	Regionalna
7	HRVATSKA RADIOTELEVIZIJA	HR-Zadar	Regionalna
8	RADIO DALMACIJA d.o.o.	RADIO DALMACIJA	regija Dalmacija (ST, ZD, DU žup)
9	RADIO KAJ d.o.o.	RADIO KAJ	Krapinsko-zagorska županija, Zagrebačka županija i grad Zagreb

**Tablica 8.3.** Popis radijskih programa na županijskoj razini

	<b>NAKLADNIK</b>	<b>RADIJSKI PROGRAM</b>	<b>PODRUČJE KONCESIJE</b>
1	INFORMATIVNI CENTAR BJELOVAR d.o.o.	BJELOVARSKO-BILOGORSKI RADIO	Bjelovarsko-bilogorska županija
2	HRVATSKI RADIO ČAKOVEC d.o.o.	HRVATSKI RADIO ČAKOVEC	Međimurska županija
3	RADIO RAGUSA d.o.o.	SOUNDSET RAGUSA	Dubrovačko-neretvanska županija
4	HRVATSKI RADIO - RADIO GOSPIĆ d.o.o.	ŽUPANIJSKI RADIO GOSPIĆ	Ličko-senjska županija
5	RADIO KOPRIVNICA d.o.o.	RADIO KOPRIVNICA-ŽUPANIJSKI RADIO	Koprivničko-križevačka županija
6	GLAS SLAVONIJE d.d.	SLAVONSKI RADIO	Osječko-baranjska županija
7	CIK Dr. BOŽO MILANOVIĆ d.o.o.	RADIO ISTRA	Istarska županija
8	MIROSLAV KRALJEVIĆ d.o.o.- ŽUPANIJSKI RADIO POŽEGA	SOUNDSET POŽEGA	Požeško-slavonska županija
9	PRIMORSKI RADIO d.o.o.	TOTALNI FM RIJEKA I PRIMORJE	Primorsko-goranska županija
10	RADIO TRSAT d.o.o.	SOUNDSET TRSAT	Primorsko-goranska županija
11	SLAVONSKA POSAVINA d.o.o.	RADIO SLAVONIJA	Brodsko-posavska županija
12	ŽUPANIJSKI RADIO ŠIBENIK d.o.o.	ŽUPANIJSKI RADIO ŠIBENIK	Šibensko-kninska županija
13	S-TEL d.o.o. - RADIO QUIRINUS	RADIO QUIRINUS	Sisačko-moslavačka županija
14	MORSKI ZVUK d.o.o.	TOTALNI FM SPLIT	Splitsko-dalmatinska županija
15	INFORMATIVNI CENTAR VIROVITICA d.o.o. - RADIO VIROVITICA	RADIO VIROVITICA	Virovitičko-podravska županija
16	HRVATSKI RADIO VUKOVAR d.o.o.	RADIO VUKOVAR	Vukovarsko-srijemska županija i južni dio Osječko- baranjske županije
17	RADIO VARAŽDIN d.o.o.	RADIO VARAŽDIN	Varaždinska županija
18	NOVI RADIO - ZADAR d.o.o.	NOVI RADIO	Zadarska županija
19	OBITELJSKI RADIO d.o.o.	ANTENA RADIO	Zagrebačka županija i grad Zagreb
20	RADIO 101 d.o.o.	RADIO 101	grad Zagreb i Zagrebačka županija

**Tablica 8.4.** Popis radijskih programa na gradskoj razini

	<b>NAKLADNIK</b>	<b>RADIJSKI PROGRAM</b>	<b>PODRUČJE KONCESIJE</b>
1	RADIO BANSKA KOSA d.o.o.	RADIO BELI MANASTIR	grad Beli Manastir
2	RADIO BENKOVAC d.o.o.	RADIO BENKOVAC	šire područje grada Benkovca (grad Benkovac i općina Polača)
3	RADIO POSTAJA NEDELIŠĆE d.o.o.	RADIO JEDAN	šire područje grada Čakovca
4	NETGATE d.o.o.	RADIO ČAKOVEC	grad Čakovec
5	NOVI RADIO d.o.o.	TOTALNI FM ĐAKOVO	šire područje grada Đakova (grad Đakovo, te općine Drenje, Gorjani, Podgorač, Punitovci, Satnica Đakovačka, Viškovci, Koška i Vuka)
6	RADIO MREŽNICA d.o.o.	RADIO MREŽNICA	šire područje grada Duge Rese (gradovi Duga Resa i Karlovac i općina Netretić)
7	PRO RADIO d.o.o.	RADIO LAUS	grad Dubrovnik
8	RADIO 047 d.o.o.	TREND RADIO	šire područje grada Karlovca (gradovi Karlovac, Duga Resa, Ozalj i Jastrebarsko, te općine Krašić i Netretić)
9	GLAS PODRAVINE d.o.o.	RADIO GLAS PODRAVINE	grad Koprivnica
10	RADIO OTOK KRK d.o.o.	RADIO KRK	šire područje grada Krka (gradovi Krk i Crikvenica, te općine Baška, Malinska-Dubašnica, Dobrinj, Omišalj, Punat)
11	RADIO POSTAJA GRADA KRALJEVICE - PORTO RE d.o.o.	SOUNDSET KVARNER	grad Kraljevica
12	MOSOR STUDIO d.o.o.	RADIO DINARA	grad Knin
13	RADIO KORČULA j.t.d.	RADIO KORČULA	grad Korčula
14	ZAGORSKA SPORTSKA MREŽA d.o.o.	SOUNDSET KRAPINA	grad Krapina
15	RADIO KAŠTELA d.o.o.	NAUTIC RADIO KAŠTELA	šire područje grada Kaštela (grad Kaštela i zapadni dio grada Splita)
16	DOMAĆI RADIO d.o.o.	DOMAĆI RADIO	grad Kastav
17	MEDIA-MIX-RADIO 105 d.o.o.	RADIO 105	šire područje grada Mursko Središće (grad Mursko Središće te općine Selnica, Sveti Martin na Muri i Vratišinec)
18	RADIO BLJESAK d.o.o.	RADIO BLJESAK	općina Okučani
19	ZAGORSKI RADIO d.o.o.	SOUNDSET OROSLAVJE	šire područje grada Oroslavja (grad Oroslavje, grad Zabok, te općine Donja Stubica i Stubičke Toplice)
20	RADIO NARONA d.o.o.	RADIO NARONA	šire područje grada Opuzena (gradovi Opuzen i Metković i općine Zažablje i Kula Norinska)
21	GRADSKI RADIO d.o.o.	GRADSKI RADIO 99,1	grad Osijek

22	JANUS d.o.o.	RADIO PLUS	grad Osijek
23	RADIO POSTAJA PLOČE d.o.o.	RADIO POSTAJA PLOČE	grad Ploče
24	STUDIO M d.o.o.	STUDIO M	grad Prelog
25	ARENA RADIO d.o.o.	SOUNDSET PULA	grad Pula
26	VANGA d.o.o.	TOTALNI FM PULA	grad Pula
27	REFUL RADIO d.o.o.	RADIO KORZO	grad Rijeka
28	RADIO SENJ d.o.o.	RADIO SENJ	grad Senj
29	SLATINSKI INFORMATIVNI CENTAR d.o.o.	GRADSKI RADIO SLATINA	grad Slatina
30	RADIO SLUNJ d.o.o.	RADIO SLUNJ	grad Slunj
31	RADIO SALONA d.o.o.	ZABAVNI RADIO	šire područje grada Solina (grad Solin i općina Klis)
32	RADIO KL EURODOM d.o.o.	RADIO KL	grad Split
33	UDRUGA RADIO MARIJA	RADIO MARIJA	grad Split
34	ŽUPANIJSKA LIGA ZA BORBU PROTIV RAKA	RADIO SUNCE	šire područje grada Splita (grad Split, grad Kaštela, grad Solin, općina Dugi Rat, grad Omiš, općina Brela, općina Baška Voda, grad Makarska, općina Tučepi, općina Podstrana)
35	STUDIO MINSK d.o.o.	SOUNDSET UMAG	grad Umag
36	e-RADIO d.o.o.	CITY RADIO	grad Velika Gorica, općina Lekenik i općina Kravarsko
37	RADIO VIROVITICA d.o.o.	GRADSKI RADIO VIROVITICA	grad Virovitica
38	DIFUZIJA d.o.o.	RADIO DUNAV	grad Vukovar
39	RADIO SJEVEROZAPAD d.o.o.	RADIO SJEVEROZAPAD	grad Varaždin
40	ROSS d.o.o.	RADIO 057	grad Zadar
41	UDRUGA RADIO MARIJA	RADIO MARIJA	grad Zagreb
42	ZAGREBAČKI RADIO PLAVI 9 d.o.o.	SOUNDSET PLAVI	grad Zagreb
43	CROATA d.o.o.	RADIO BIOGRAD NA MORU	šire područje grada Biograda
44	RADIO TEREZIJA d.o.o.	SOUNDSET TEREZIJA	grad Bjelovar
45	RADIO BARANJA d.o.o.	RADIO BARANJA	grad Beli Manastir
46	RADIO BANOVINA d.o.o.	RADIO BANOVINA	područje Banovine (grad Glina, općina Gvozd, općina Topusko, općina Vojnić)
47	SUPETAR d.d.	RADIO BRAČ	šire područje otoka Brača
48	RADIO STAR TV d.o.o.	RADIO EUROSTAR	šire područje grada Buja (gradovi Buje, Umag i Novigrad, te općina Brtonigla)
49	DTR d.o.o.	RADIO BUZET	grad Buzet
50	RADIO D.J. CRIKVENICA d.o.o.	KVARNERSKI RADIO	grad Crikvenica
51	I.C. HRVATSKA RADIO POSTAJA ČAZMA d.o.o.	SUPER RADIO	grad Čazma
52	RADIO DARUVAR d.o.o.	RADIO DARUVAR	grad Daruvar
53	RADIO ĐURĐEVAC d.o.o.	PODRAVSKI RADIO	grad Đurđevac
54	RADIO GORSKI KOTAR d.o.o.	RADIO GORSKI KOTAR	grad Delnice
55	RADIO ĐAKOVO d.o.o.	RADIO ĐAKOVO	šire područje grada Đakova (grad Đakovo te općine



			Satnica Đakovačka, Drenja, Gorjani, Punitovci, Podgorač i Viškovci)
56	RADIO DONJI MIHOLJAC d.o.o.	RADIO DONJI MIHOLJAC	grad Donji Miholjac
57	RADIO POSTAJA DRNIŠ d.o.o.	HRVATSKI RADIO DRNIŠ	grad Drniš
58	MT ETER d.o.o.	RADIO MARTIN	šire područje grada Dugo Selo
59	RADIO STUBICA d.o.o.	RADIO STUBICA	šire područje grada Donje Stubice
60	SVEUČILIŠTE U DUBROVNIKU	RADIO UNIDU	dio grada Dubrovnika
61	KRUGOVAL 93,1 MHz d.o.o.	KRUGOVAL 93,1 GAREŠNICA	grad Garešnica
62	RADIO GRUBIŠNO POLJE d.o.o.	RADIO GRUBIŠNO POLJE	grad Grubišno Polje
63	MEGAMIX d.o.o.	MEGAMIX-RADIO HVAR	šire područje grada Hvara
64	OBITELJSKI RADIO IVANIĆ d.o.o.	RADIO IVANIĆ GRAD	grad Ivanić Grad
65	ILOK TON d.o.o.	RADIO ILOK	grad Ilok
66	HILARIS d.o.o.	RADIO IMOTSKI	grad Imotski
67	RADIO IVANEC d.o.o.	RADIO IVANEC	grad Ivanec
68	RADIO JASKA d.o.o.	OVDJE RADIO JASKA	grad Jastrebarsko
69	HRVATSKI RADIO KARLOVAC d.o.o.	HRVATSKI RADIO KARLOVAC	šire područje grada Karlovca (grad Karlovac, grad Duga Resa, općina Barilović, općina Draganić)
70	RADIO DRAVA d.o.o.	RADIO DRAVA	grad Koprivnica
71	RADIO HRVATSKO ZAGORJE - KRAPINA d.o.o.	RADIO HRVATSKO ZAGORJE	šire područje grada Krapine(gradovi Krapina, Klanjec, Pregrada, općine Radoboj, Mihovljan, Sv. Križ Začretje, Hum na Sutli, Petrovsko, Tuhelj i Krapinske Toplice)
72	MOSLAVAČKI LIST d.o.o.	OVDJE RADIO MOSLAVINA U KUTINI	šire područje grada Kutine
73	RADIO KRIŽEVCI d.o.o.	RADIO KRIŽEVCI	grad Križevci
74	RADIO LABIN d.o.o.	RADIO LABIN	grad Labin
75	RADIO LUDBREG d.o.o.	OVDJE RADIO LUDBREG	grad Ludbreg
76	RADIO MAKARSKA RIVIJERA d.o.o.	RADIO MAKARSKA RIVIJERA	šire područje grada Makarske (grad Makarska, te općine Baška Voda, Tučepi i Podgora)
77	JADRANKA d.d.	RADIO MALI LOŠINJ-RADIO JADRANKA	grad Mali Lošinj
78	RADIO DELTA d.o.o.	RADIO DELTA	grad Metković
79	RADIO NAŠICE d.o.o.	RADIO NAŠICE	grad Našice
80	RADIO PSUNJ d.o.o.	RADIO NOVA GRADIŠKA	grad Nova Gradiška i općine Cernik, Dragalić i Rešetari
81	RADIO NOVI MAROF d.o.o.	RADIO NOVI MAROF	grad Novi Marof
82	RADIO POSTAJA NOVSKA d.o.o.	OVDJE RADIO POSTAJA NOVSKA	grad Novska
83	RADIO OGULIN d.o.o.	RADIO OGULIN	šire područje grada Ogulina
84	RADIO ORAHOVICA d.o.o.	RADIO ORAHOVICA	grad Orahovica
85	HRVATSKI RADIO OTOČAC d.o.o.	HRVATSKI RADIO OTOČAC	šire područje grada Otočca (grad Otočac, grad Gospić, grad Senj, općina Perušić, općina Vrhovine)

86	RADIO 052 d.o.o.	RADIO PAZIN	grad Pazin
87	PETRINJSKI RADIO d.o.o.	PETRINJSKI RADIO	grad Petrinja
88	RAGAN d.o.o.	RADIO POSTAJA PAG	grad Pag
89	RADIO CENTAR - STUDIO POREČ d.o.o.	RADIO POREČ	grad Poreč
90	INFANTINFO d.o.o.	RADIO MAESTRAL	grad Pula
91	RADIO VALLIS AUREA d.o.o.	RADIO VALLIS AUREA	šire područje grada Požege (grad Požega, grad Pleternica, te općine Velika, Kaptol, Jakšić i Kutjevo)
92	RADIO RAB d.o.o.	RADIO RAB	grad Rab
93	ARTING RADIO d.o.o.	SOUNDSET ROVINJ	šire područje grada Rovinja (grad Rovinj, općine Žminj, Kanfanar i Bale)
94	MATIS d.o.o.	RADIO SAMOBOR	grad Samobor
95	RADIO BROD d.o.o.	SOUNDSET BROD	grad Slavonski Brod
96	RADIO RITAM d.o.o.	RADIO RITAM	grad Šibenik
97	RADIO SISAK d.d.	TOTALNI FM SISAK	grad Sisak
98	HIT RADIO d.o.o.	HIT RADIO	šire područje grada Sinja (gradovi Sinj i Vrlika, te općine Kijevo, Cviljane, Hrvace, Dicmo i Dugopolje)
99	PRAHIN-INC d.o.o.	RADIO SVETA NEDJELJA	grad Sveta Nedjelja
100	TROGIR HOLDING d.o.o.	RADIO JADRAN	grad Trogir
101	HRVATSKI RADIO VALPOVŠTINA d.o.o.	RADIJSKA POSTAJA RADIO VALPOVO	grad Valpovo (gradovi Valpovo i Belišće, te općine Marijanci i Bizovac)
102	RADIO VRBOVEC d.o.o.	RADIO VRBOVEC	grad Vrbovec
103	RADIO VELIKA GORICA d.o.o.	TOTALNI FM VELIKA GORICA	šire područje grada Velike Gorice (gradovi Velika Gorica, Ivanić Grad i Dugo Selo, te općine Brckovljani, Rugvica, Orle, Martinska Ves, Lekenik, Lasinja, Pokupsko, Pisarovina i Kravarsko)
104	NOVOSTI d.o.o.	RADIO VINKOVCI	grad Vinkovci
105	RADIO BOKOVO d.o.o.	RADIO BOKOVO	grad Vrgorac
106	JADRANSKA RADIJSKA MREŽA d.o.o.	NAUTIC RADIO	otok Vis (gradovi Vis i Komiža)
107	UDRUGA RADIO MARIJA	RADIO MARIJA	šire područje grada Virovitice (grad Virovitica, općina Lukač, općina Špišić Bukovica)
108	VFM d.o.o.	RADIO VFM	šire područje grada Vukovara (gradovi Vukovar i Vinkovci i općine Andrijaševci, Antunovac, Bogdanovci, Borovo, Ernestinovo, Ivankovo, Jarmina, Markušica, Nuštar, Privlaka, Šodolovci, Tordinci, Trpinja i Vođinci)
109	KULT RADIO d.o.o.	KULT RADIO	grad Varaždin
110	MEA MEDIA d.o.o.	RADIO AKTIV	šire područje grada Varaždina

			(grad Varaždin i općine Beretinec, Vidovec i Sveti Ilija)
111	INFORMATIVNI CENTAR ZAPREŠIĆ d.o.o.	RADIO ZAPREŠIĆ	šire područje grada Zaprešića (grad Zaprešić, općina Brdovec, općina Pušća, zapadni dio grada Zagreba)
112	RADIO ZABOK d.o.o.	RADIO ZABOK	grad Zabok
113	MEDIA CENTAR d.o.o.	RADIO CENTAR	grad Zadar
114	RADIO SVETI IVAN ZELINA d.o.o.	RADIO ZELINA	grad Sv. Ivan Zelina
115	HIT FM d.o.o.	HIT FM ZAGREB	grad Zagreb (grad Zagreb, Velika Gorica, Zaprešić i Sveta Nedjelja, te općine Stupnik i Brdovec)
116	RADIO ZLATAR d.o.o.	RADIO ZLATAR	grad Zlatar
117	HRVATSKI RADIO ŽUPANJA d.o.o.	HRVATSKI RADIO ŽUPANJA	šire područje grada Županje
118	MEGA-ERP d.o.o.	POMORSKI RADIO BAKAR	dio grada Bakra
119	MOSOR STUDIO d.o.o.	RADIO DIN DON	dio grada Omiša
120	SVEUČILIŠTE U ZAGREBU - FAKULTET POLITIČKIH ZNANOSTI	RADIO STUDENT	dio grada Zagreba
121	TOTALNI FM d.o.o.	TOTALNI FM ZAGREB	dio grada Zagreba - istočni dio

**Tablica 8.5.** Popis radijskih programa na lokalnoj razini

	NAKLADNIK	RADIJSKI PROGRAM	PODRUČJE KONCESIJE
1	RADIO BLATO j.t.d.	RADIO BLATO	općina Blato
2	RAPSODIJA d.o.o.	RADIO BOROVO	općina Borovo
3	CENTAR SEDAM d.o.o.	FREE FOR RADIO	mjesto Hvar
4	RADIO MARIJA BISTRICA d.o.o.	RADIO MARIJA BISTRICA	općine Marija Bistrica, Zlatar Bistrica i Konjščina
5	RADIO MAX d.o.o.	RADIO MAX	općine Maruševac i Vidovec, te sjeveroistočni dio grada Ivanca
6	OTOČNI RADIO KORNATI d.o.o.	OTOČKI RADIO KORNATI	općina Murter
7	RADIO PITOMAČA d.o.o.	PITOMI RADIO	općine Pitomača, Špišić Bukovica, Kloštar Podravski i Podravske Sesvete
8	OSNOVNA ŠKOLA STJEPANA CVRKOVIĆA	RADIO CVRČAK	općina Stari Mikanovci
9	PLANEX RADIO d.o.o.	RADIO MEGATON	općine Vidovec i Beretinec i dio grada Varaždina
10	VAL MEDIA d.o.o.	RADIO VAL	općina Vela Luka
11	RADIO M - UDRUGA MLADEŽI VELA LUKA i dr. j.t.d.	RADIO-M	općina Vela Luka

Zbog zagušenosti frekvencijskog spektra u Republici Hrvatskoj nema puno prostora za uvođenje novih radijskih programa u analognoj FM tehnologiji u VHF II frekvencijskom području. Stoga su se posljednjih godina u Republici Hrvatskoj intenzivirale aktivnosti oko uvođenja digitalnog radija u tehnologiji DAB/DAB+/DMB u frekvencijskom pojasu VHF III, koji je trenutno oslobođen od analogne televizije. U svrhu uvođenja digitalnog radija pokrenut je Forum digitalnog radija koji okuplja dionike na tržištu zemaljske radiodifuzije, a čiji je cilj izraditi standard za digitalni radio u Republici Hrvatskoj

te pripremiti radijsko tržište za digitalni iskorak, odnosno osigurati sve potrebne pretpostavke za uvođenje digitalnog radija.

U VHF III frekvencijskom području dostupna su 3 T-DAB pokrivanja i jedno pokrivanje za digitalnu televiziju na području Republike Hrvatske. Jedan televizijski kanal širine 7 MHz može se podijeliti na 4 T-DAB bloka pa bi se načelno moglo umjesto jednog pokrivanja za digitalnu televiziju ostvariti 4 pokrivanja za digitalni radio. Kako neke zemlje u okruženju poput Mađarske, Srbije, Bosne i Hercegovine i Crne Gore još nisu prešle na digitalno emitiranje televizijskih programa već i dalje koriste VHF III frekvencijsko područje za analognu televiziju, upotreba za digitalni radio u Republici Hrvatskoj je ograničena. VHF III frekvencijsko područje u potpunosti će se moći koristiti za digitalni radio nakon 17. lipnja 2015. godine, odnosno ranije ako se ugase analogne televizijske mreže u susjednim zemljama.

Kako jedan DAB+ multipleks omogućava prijenos do 16 radijskih programa, u VHF III frekvencijskom području moguće je prenijeti 48 radijskih programa u 3 pokrivanja odnosno 112 radijskih programa u 7 pokrivanja. Ovi kapaciteti sasvim su dovoljni za Republiku Hrvatsku. Međutim u Republici Hrvatskoj veliki broj radijskih nakladnika posluje na lokalnoj razini koncesije što se ne uklapa u sliku podjele Republike Hrvatske na znatno veće digitalne regije prikazane na slikama 3.1 i 3.2. Zbog toga je izvjesno da će prelazak na digitalno emitiranje u VHF III frekvencijskom pojasu iskoristiti nakladnici na državnoj te neki nakladnici na regionalnoj i županijskoj razini koji će proširiti svoje područje pokrivanja, a moguća je i pojava novih dionika na tržištu medijskih usluga radija koji će stvarati nove specijalizirane i opće radijske programe. Za nakladnike s koncesijom na gradskoj i lokalnoj razini DAB+ nije prihvatljivo rješenje.

### **8.3. Vrijednost digitalne dividende za tržište medijskih usluga televizije**

Digitalna dividenda za tržište medijskih usluga televizije u određenoj se količini već koristi. Usluge u multipleksima MUX B, C i E, te u dijelu MUX-a D zapravo su nove usluge i koriste radiofrekvencijski spektar digitalne dividende. Uz ove usluge, nakon gašenja analognih televizijskih mreža u susjednim zemljama i uspješnog okončanja postupka međunarodnog usklađivanja frekvencija moći će se pustiti još dva multipleksa za digitalnu televiziju.

Bolje korištenje radiofrekvencijskog spektra omogućava DVB-T2 tehnologija uz H.264/AVC standard kodiranja i statističko multipleksiranje, te bi prijelaz multipleksa MUX A, B i D koji koriste DVB-T uz MPEG-2 omogućio dodatne usluge za digitalnu televiziju. S druge strane, frekvencijski pojas 694-790 MHz razmatra se za korištenje za mreže mobilnih komunikacija što bi moglo dovesti do oduzimanja kapaciteta za 2 multipleksa za digitalnu televiziju.

## **9. Iskustva iz europskih zemalja pri implementaciji novih usluga u spektru digitalne dividende**

### **9.1. Iskustva pri implementaciji usluga digitalnog radija u VHF III frekvencijskom pojasu**

U velikom broju europskih zemalja još u drugoj polovici devedesetih godina prošlog stoljeća počela su testiranja DAB standarda. Međutim, DAB tehnologija dugo je stagnirala zbog nedostatka prijamnika i novih sadržaja. Novi interes za digitalni radio u Europi probudio se nakon digitalizacije televizije i standardiziranja prijamnika za Eureka 147 grupu standarda (DAB, DAB+, DMB), a neke su zemlje počele razmatrati i potpuno gašenje analognog FM radija. Forum za digitalni radio koji organizira HAKOM izradio je pregled iskustava uvođenja digitalnog radija diljem Europe. U nastavku su istaknute najbolje prakse uvođenja digitalnog radija u Europi.

#### **9.1.1. Velika Britanija**

Velika Britanija ima najveći broj multipleksa namijenjenih DAB radiju i najveći broj isključivo digitalnih sadržaja u Europi. Trenutno su u radu 2 nacionalna, 10 regionalnih i 38 lokalnih multipleksa. Prenose ukupno 454 programa od kojih je 219 dostupno isključivo na digitalnoj platformi. Pokriveno je skoro 90% stanovništva, a 39% stanovništva starijeg od 15 godina posjeduje DAB prijamnik. U Velikoj Britaniji DAB prijamnici se ugrađuju u veliki broj automobila, u mobilne telefone i MP3 player-e što je doprinijelo popularizaciji i slušanosti DAB radija.

Vlada je 2009. godine donijela strateški plan vezan za digitalno odašiljanje radijskih i televizijskih programa (*Digital Britain*) prema kojem je budućnost radija u ovoj zemlji sigurno digitalna i kao standard za potpuni prelazak na digitalno odašiljanje odabran je DAB. Prema ovom dokumentu do 2013. godine trebalo bi se postići 50% slušanosti digitalnog radija, a također bi u svim novim automobilima koji se prodaju u Velikoj Britaniji trebao biti ugrađen DAB prijamnik. Dokument predviđa gašenje analognog radija do kraja 2015. godine iako je prema trenutnoj situaciji vjerojatnije da se gašenje ostvari tijekom 2017. godine.

Dana 8. travnja 2010. godine stupio je na snagu zakon o digitalnom gospodarstvu (*Digital Economy Act*) koji regulira prelazak s analognog na digitalno odašiljanje radijskih programa u Velikoj Britaniji. Prema ovom zakonu datum za gašenje analognog radija određuje nadležni državni tajnik na prijedlog Ofcom-a i BBC-a.

Dozvole za DAB trenutno se izdaju na 12 godina. Privatni nakladnici koji rade na državnoj razini moraju ulagati u promociju DAB-a.

#### **9.1.2. Njemačka**

Njemačka vlada je 2008. godine prestala ulagati u DAB, smatrajući ga neisplativim. Međutim interes za digitalni radio postoji i u javnom i u privatnom sektoru, te je početkom 2010. godine dodijeljena dozvola za nacionalni multipleks MEDIA BROADCAST-u. Trećina ukupnog kapaciteta multipleksa unaprijed je dodijeljena Njemačkom radiju (nakladnik javnog servisa) dok je za ostatak kapaciteta raspisan natječaj sredinom ožujka 2011. godine. U veljači 2011. godine Komisija za utvrđivanje financijskih potreba (KEF) je odobrila sredstva za razvoj DAB+ mreže nakladnicima javnog servisa.

Nacionalni DAB+ multipleks počeo je s radom 01. kolovoza 2011. godine u svim većim njemačkim gradovima. S ukupno 27 odašiljača trenutno pokriva nešto manje od 50% stanovništva, a pokrivene su i značajnije prometnice. Uz stalnu nadogradnju mreže trebali bi do kraja 2014. godine ostvariti pokrivanje 99% stanovništva. Trenutno se prenosi 3 radio programa nakladnika javnog servisa i 11 programa privatnih nakladnika te dodatne usluge (*Radio Text, Slide Show, Journaline* i *EPG*). Ostali nacionalni digitalni kanali trebali bi biti zamijenjeni s do tri multipleksa u svakoj od 16 njemačkih pokrajina kako bi se omogućio prelazak privatnih nakladnika na digitalno odašiljanje. Replaniranje će se iskoristiti i za potpuni prelazak u VHF pojas III, jer je trenutno dio digitalnog radija u L-pojasu. Uz reemitiranje postojećeg sadržaja nakladnici su obvezni proizvoditi i po jedan program koji će biti dostupan isključivo digitalno. Dio ovih kanala koje na regionalnoj razini koriste javni nakladnici već je ponovno pušten u rad u DAB+ standardu, a svi bi trebali ponovno proraditi u narednih 6 do 9 mjeseci. Operatori mreže moraju u roku od tri godine osigurati 80% pokrivanja, a dozvola se izdaje na 15 godina. Dozvole na razini cijele države izdaje vlada, odnosno njena agencija BNetzA. Dozvole za sadržaj izdaju tijela pojedinih pokrajina na 4-8 godina, a nositelji moraju promovirati digitalni radio. U radu je također i 6 regionalnih multipleksa.

Njemačka planira potpuni prelazak na digitalno odašiljanje iza 2015. godine, uz uvjet da je postignuta dovoljna penetracija digitalnog radija na tržištu u smislu slušanosti i prijamničke baze. Iako je datum formalno propisan očekuje se da će s revizijom propisa biti izbrisan.

### **9.1.3. Francuska**

Nakon jednogodišnjeg testiranja DMB-a 2005./2006. godine i provođenja usporednih testova DAB+ i DMB-a u 2007. godini, Francuska se odlučila za DMB kao nacionalni standard za digitalni radio u VHF pojasu III. Godine 2008. francuski regulator CSA odredio je tehničke parametre mreže i objavljen je javni poziv za pokrivanje 19 najvećih gradova u Francuskoj.

Zaprimljeno je 379 ponuda i dozvole su trebale biti dodijeljene krajem 2009. godine za sve gradove. Međutim, dozvole su na kraju dodijeljene samo za 3 najznačajnija grada, Paris, Marseille i Nice/Cannes. Za ostale gradove plan pokrivanja i puštanja u rad trebao je biti određen nakon početka odašiljanja u navedena tri grada u prosincu 2010. godine.

Paralelno s javnim pozivom provedena je i javna rasprava o digitalizaciji radija kako bi se utvrdili planovi i očekivanja sudionika na tržištu. Rezultat ove javne rasprave je odgoda početka digitalizacije prvenstveno zbog otpora dijela privatnih nakladnika koji smatraju da će digitalizacija iziskivati velika ulaganja uz premali povrat na investirano. CSA je po ovom pitanju tražio pomoć francuske vlade kako bi se poduprla digitalizacija na najvišem nivou, te je vladi upućeno iscrpno izvješće o svim aspektima digitalizacije radija uključujući tada planirani početak u listopadu 2010. godine. Navedeno izvješće (tzv. *Kessler report* – Kesslerovo izvješće) konačno je objavljeno sredinom 2011. godine, a zaključak vlade temeljen na izvješću je sljedeći: još nisu postignuti svi uvjeti potrebni za potpunu digitalizaciju radija u Francuskoj te se predlaže moratorij u trajanju 2-3 godine. U tom razdoblju CSA mora osnovati promatračko tijelo koje će pratiti rad drugih europskih administracija vezano uz digitalizaciju, tražiti moguće poslovne modele primjenjive u Francuskoj i razmatrati sve digitalne tehnologije, te su odobrena daljnja testiranja. U ovo promatračko tijelo CSA mora uključiti i predstavnike industrije.

Trenutno su u testnom radu 2 regionalna multipleksa u VHF pojasu III na području Parisa i Lyona, a testiraju DAB+ i DMB. Nakon Kesslerovog izvješća regulativa vezana uz digitalni radio mogla bi se

promijeniti, međutim trenutno je i dalje na snazi regulatorni okvir iz 2009. godine prema kojem će se nakladnicima koji prelaze na digitalno odašiljanje produljiti dozvole za analognu odašiljanje na 5 godina, nakon čega će odašiljati samo digitalno. Dozvole se i za analognu i za digitalno odašiljanje izdaju bez naknade.

#### 9.1.4. Norveška

Norveška ima u radu dva nacionalna multipleksa za digitalni radio, s tim da je jedan od njih podijeljen u 7 regija. Ostvareno je pokrivanje više od 80% stanovništva, dok 30% kućanstava ima DAB prijamnik. Najveći dio sadržaja koji se odašilje dostupan je isključivo na digitalnoj platformi, a u ruralnim područjima je dvostruko veći broj programa koji se odašilje digitalno od onih koji se odašilju analogno.

Sukladno norveškom zakonu, nakladnik javnog servisa Norveški radio ima pravo odašiljanja na nacionalnoj razini, dok su privatnim nakladnicima izdane dozvole do 2014. godine. Najveći dio sadržaja koji se odašilje dostupan je isključivo digitalno.

Osim DAB-a u Norveškoj se testira i DAB+ i DMB. Na području Osla produljena je dozvola MiniTV-u za testiranje DMB-a do 2011. godina, ali se prvenstveno prenosi video sadržaj. Studentska radijska postaja Nova Radio dobila je dozvolu za testni rad do srpnja 2011. godine na temelju koje testiraju DAB+ također na području Osla.

Norveška vlada objavila je 4. veljače 2011. godine Izvješće o digitalnom radiju (*Digital radio report*) u kojem je definiran prelazak na digitalno odašiljanje u siječnju 2017. godine ukoliko budu ispunjeni sljedeći uvjeti:

- pokrivanje – 1. program nakladnika javnog servisa NRK mora do 2015. godine postići približno jednako pokrivanje koje danas ima u analognoj tehnologiji (+97% površine Norveške), a privatni nakladnici koji imaju nacionalno pokrivanje moraju ostvariti pokrivanje 90% stanovništva,
- slušanost – 50% slušatelja mora do 2015. godine za slušanje koristiti digitalnu platformu na dnevnoj bazi (u digitalnu platformu ubraja se i Internet i DVB-T mreža),
- prijamnici za automobile – prijamnici ili adapteri za postojeće moraju biti dostupni po prihvatljivim cijenama do 2015. godine,
- mora postojati dodana vrijednost za slušatelje,
- ako gore navedeni uvjeti nisu ispunjeni do 2015. godine, datum prelaska pomiče se na 2019. godinu.

Male lokalne radijske postaje moći će nastaviti s radom na FM-u i nakon 2017. godine s tim da će kriterij koje su to točno postaje biti određen 2015. godine. Nakladnici će sami moći birati između DAB i DAB+ standarda dok se za lokalne radijske postaje razmatra uporaba DRM/DRM+ standarda o čemu će odluka biti donesena 2013. godine.

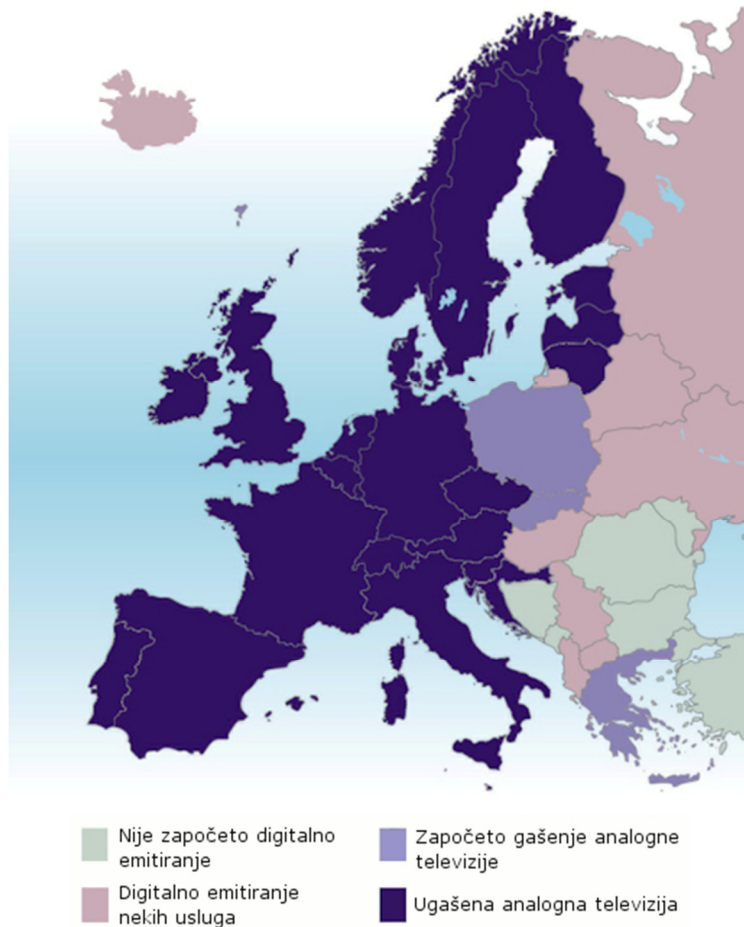
## 9.2. Iskustva pri implementaciji usluga digitalnog televizije uz uvjetovani pristup

U razdoblju od Regionalne radiokomunikacijske konferencije u Ženevi 2006. godine kada je prihvaćen „Sporazum GE06“ do danas većina Europskih zemalja prešla je s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa (tablica 9.1). U različitim zemljama različita je uloga i zastupljenost zemaljske televizije. Sve europske zemlje prelazak su temeljile na DVB-T standardu dok se razlikuju primjena norme za kodiranje ponajviše ovisno o vremenu kada je obavljan prijelaz na digitalno emitiranje: zemlje koje su ranije počele koristile su MPEG-2 normu.

**Tablica 9.1.** Prelazak s analognog na digitalno emitiranje u europskim državama

Država	Početak emitiranja DTV-a	Norma za kodiranje videosignala	Završetak A-D prijelaza
Velika Britanija	1998.	MPEG-2	Završen
Švedska	1999.	MPEG-2	Završen
Španjolska	2000./2005.	MPEG-2	Završen
Finska	2001.	MPEG-2	Završen
Švicarska	2001.	MPEG-2	Završen
Njemačka	2002.	MPEG-2	Završen
Belgija	2002.	MPEG-2	Završen
Nizozemska	2003.	MPEG-2	Završen
Italija	2004.	MPEG-2	Završen
Francuska	2005.	MPEG-2/ H.264/AVC	Završen
Češka	2005.	MPEG-2	Završen
Danska	2006.	MPEG-2/ H.264/AVC	Završen
Estonija	2006.	H.264/AVC	Završen
Austrija	2006.	MPEG-2	Završen
Slovenija	2006.	H.264/AVC	Završen
Norveška	2007.	H.264/AVC	Završen
Litva	2008.	H.264/AVC	Završen
Mađarska	2008.	H.264/AVC	2012.
Ukrajina	2008.	H.264/AVC	2014.
Latvija	2009.	H.264/AVC	Završen
Portugal	2009.	H.264/AVC	Završen
Hrvatska	2009.	MPEG-2	Završen
Poljska	2009.	H.264/AVC	2013.
Slovačka	2009.	MPEG-2	2012.
Irska	2011.	H.264/AVC	Završen
Rusija	2012.	H.264/AVC	2015.





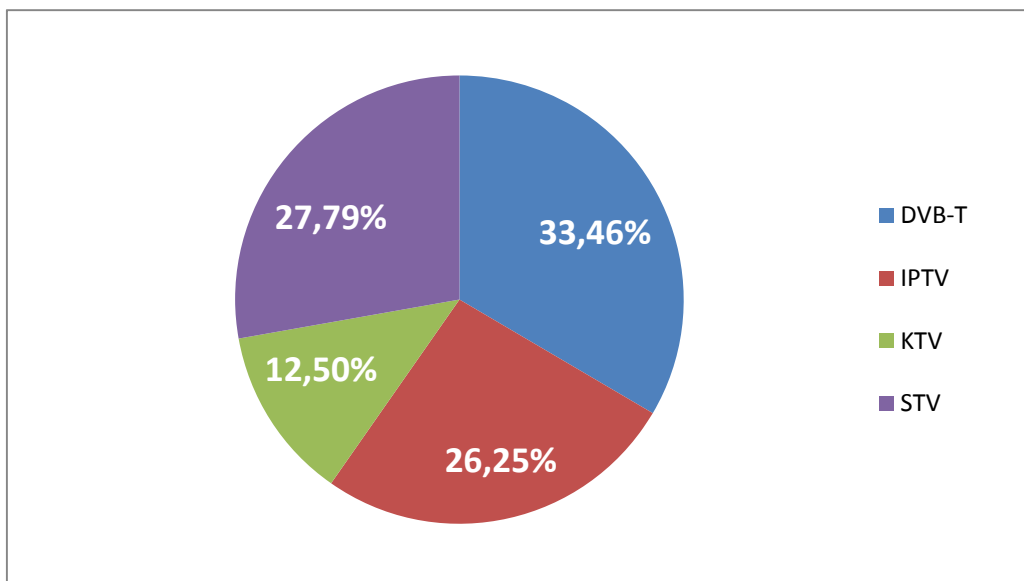
**Slika 9.1.** Status prelaska na digitalno emitiranje

### 9.2.1. Francuska

Francusko televizijsko tržište obuhvaća 26.297.000 domaćinstava s televizijskim prijamnikom i treće je po veličini u Europi, odmah nakon njemačkog i britanskog televizijskog tržišta.

Ovo tržište ističemo jer je u Francuskoj među prvima uvedena usluga *Pay TV* putem zemaljske digitalne televizije. Prve usluge digitalne televizije u Francuskoj su se počele pružati 2005. godine u DVB-T standardu. Programi koji su slobodni za prijam u javnosti koriste MPEG-2 normu za kodiranje videosignala, dok su još 2005. godine na tržištu ponuđene *Pay TV* usluge uz korištenje H.264/AVC norme za kodiranje videosignala. H.264/AVC norma koristi se i za HD sadržaje bez obzira radi li se o slobodnim programima ili programima uz uvjetovani pristup. Analogna televizija u potpunosti je ugašena 2011. godine.

Televizijske programe putem zemaljske platforme u Francuskoj prima skoro 70% domaćinstava dok 33,46% domaćinstava ima samo mogućnost zemaljskog prijama (slika 9.2).



**Slika 9.2.** Udjeli televizijskih platformi u Francuskoj

Usluge zemaljske televizije u Francuskoj nazvane su *Télévision Numérique Terrestre* (TNT) i obuhvaćaju programe slobodne za prijam u javnosti te *Pay TV* usluge kako je prikazano u tablici 9.2 (masnim slovima označeni su *Pay TV* programi).

**Tablica 9.2.** Ponuda programa u multipleksima u Francuskoj

	Programi					
<b>MUX R1</b>	France 2	France 3	France 5	ARTE	LCP	Chaîne locale
<b>MUX R2</b>	Direct 8	France 4	BFM TV	Virgin 17	Gulli	i>Télé
<b>MUX R3</b>	<b>Canal + HD</b>	<b>C+ cinéma</b>	<b>C+ sport</b>	<b>Planète</b>	<b>TPS Star</b>	
<b>MUX R4</b>	M6	W9	NT1	<b>Paris Première</b>	ARTE HD	
<b>MUX R5</b>	TF1 HD	France 2 HD	M6 HD			
<b>MUX R6</b>	TF1	<b>LCI</b>	<b>Eurosport</b>	<b>TF6</b>	NRJ12	TMC

Francuska je najavila prijelaz s DVB-T/MPEG-2 standarda na DVB-T2/H.264 AVC standard kako bi se omogućilo povećanje ponude nakon dodjele frekvencijskog pojasa 790-864 MHz operatorima LTE mreža mobilnih komunikacija.

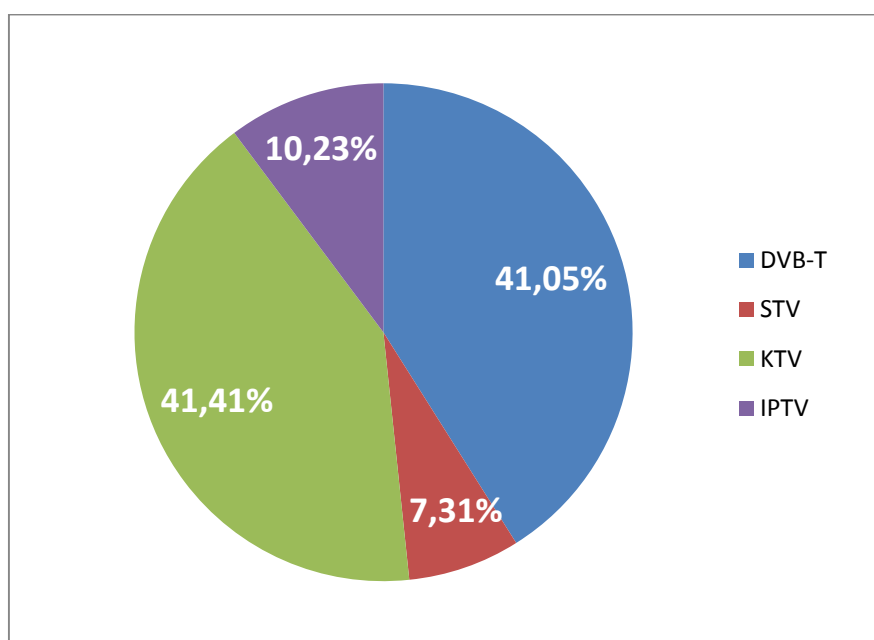
### 9.2.2. Švedska

U Švedskoj postoji vrlo bogata ponuda televizijskih programa uz plaćanje koji se distribuiraju putem mreže zemaljske digitalne televizije. Trenutno su u radu 7 multipleksa digitalne televizije kojima upravlja operator *Boxer TV Access*, tvrtka u 100% državnom vlasništvu. U MUX-u 1 prenose se javni programi slobodni za prijam u javnosti, a u ostalih 6 od 7 multipleksa prenose se *Pay TV* programi kako je prikazano u tablici 9.3.

**Tablica 9.3.** Ponuda programa u multipleksima u Švedskoj

<b>MUX 1</b>	SVT1	SVT2	SVTK	SVTB	SVT24	SR P1	SR P2	Music	SR P3
<b>MUX 2</b>	TV4	TV4 Plus	TV4 Fakta	TV4 Film	TV6	CNNi TV400			
<b>MUX 3</b>	Canal+ First	Canal+ Hits Sport Weekend	Canal+ Sport 1	Disney Channel	Kanal 5	SF- kanalen	TV3	TV8	VH1
<b>MUX 4</b>	Anim al Planet	Comedy Central	Discovery Channel	Eurosport	Kanal 9	MTV Sweden	Nickelodeon	ZTV	
<b>MUX 5</b>	Axess TV	BBC World	Canal 7	Discovery Science	Discovery Travel & Living	Disney XD	Showtime	Star!	7
	Silver	TCM	TV4 Sport	24nt / 24Corren / 24Norrbo tten / Kanal 12	TV Finland				
<b>MUX 6</b>	Canal + Sport HD	Discovery HD Showcase	Eurosport HD	Kanal 5 HD	Silver HD				
<b>MUX 7</b>	SVT1 HD	SVT2 HD	TV4 HD						

Televizijske programe putem zemaljske platforme u Švedskoj prima skoro 56% domaćinstava dok 41,05% domaćinstava ima samo mogućnost zemaljskog prijama (slika 9.3).



**Slika 9.3.** Udjeli televizijskih platformi u Švedskoj

### **9.2.3. Makedonija**

Makedonska digitalna *Pay TV* platforma BoomTV specifičan je primjer iz regije gdje je ova platforma osnovni katalizator za prelazak s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa. BoomTV platformu pokreće operator One u vlasništvu Slovenskog telekoma. BoomTV koristi DVB-T sustav s H.264/AVC normom za kodiranje videosignala i u ponudi emitira 40-tak programa u standardnoj kvaliteti.

Makedonsko tržište manje je od Hrvatskog (2.054.000 stanovnika) i s nižim životnim standardom, pa ga ističemo kao pozitivan primjer uspješne implementacije novih usluga u zemaljskoj digitalnoj platformi.

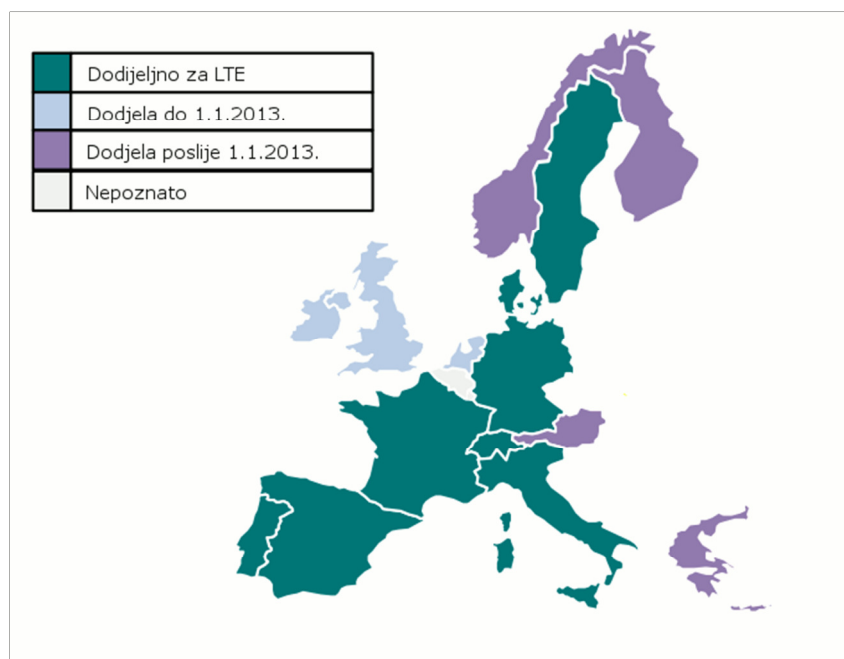
Operator One ponudio je uslugu BoomTV-a po pristupačnoj cijeni od 10 Eura, dok su prijarnici bili besplatni za pretplatnike.

BoomTV platforma uvedena je 2009. godine, a u paketu programa koji se plaćaju nalaze se i programi javne televizije, koji su ujedno dostupni i u analognoj televizijskoj platformi (bez plaćanja). U Makedoniji se predviđa dodatno uvođenje 2 nova digitalna multipleksa od kojih će jedan prenositi postojeće analogne komercijalne televizijske programe, a drugi lokalne programe, te javnog multipleksa koji će prenositi javne servise koji će tada izaći iz BoomTV paketa programa.

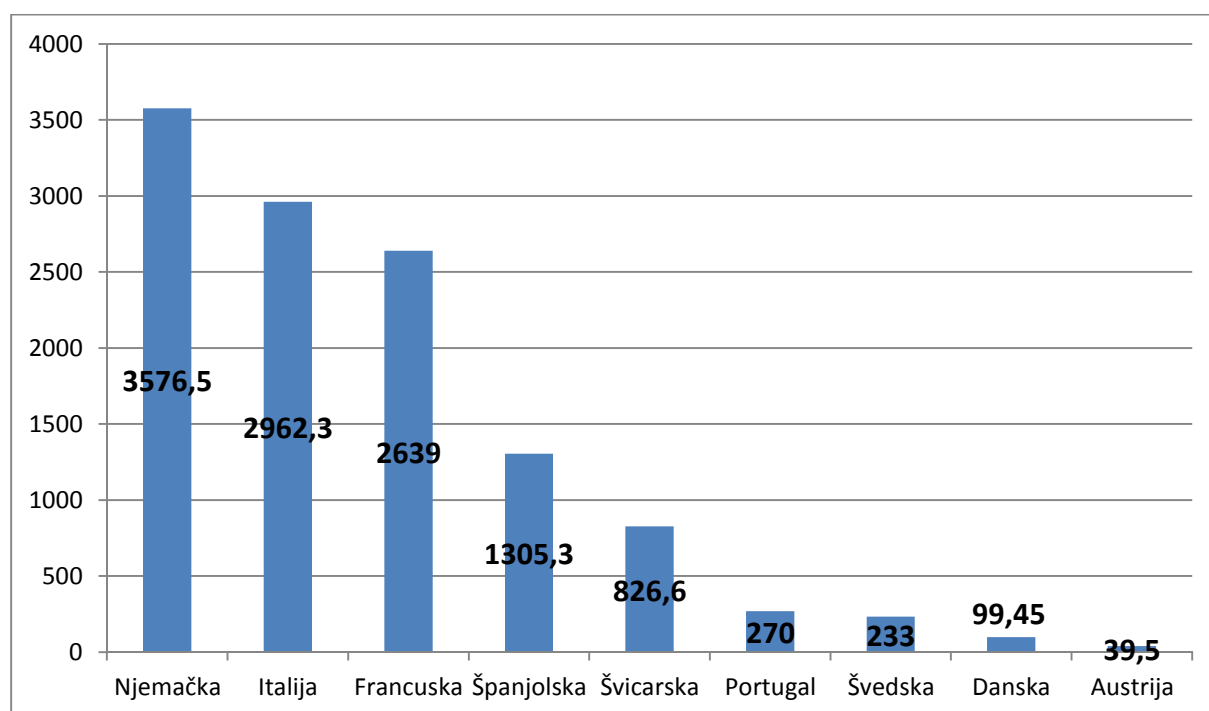
BoomTV u budućnosti predviđa prelazak na DVB-T2 sustav, te korištenje prijarnika s integriranim mrežnim Ethernet sučeljem koji će omogućiti povratnu vezu.

### **9.3. Iskustva pri implementaciji mreža mobilnih komunikacija u frekvencijskom području 790-862 MHz**

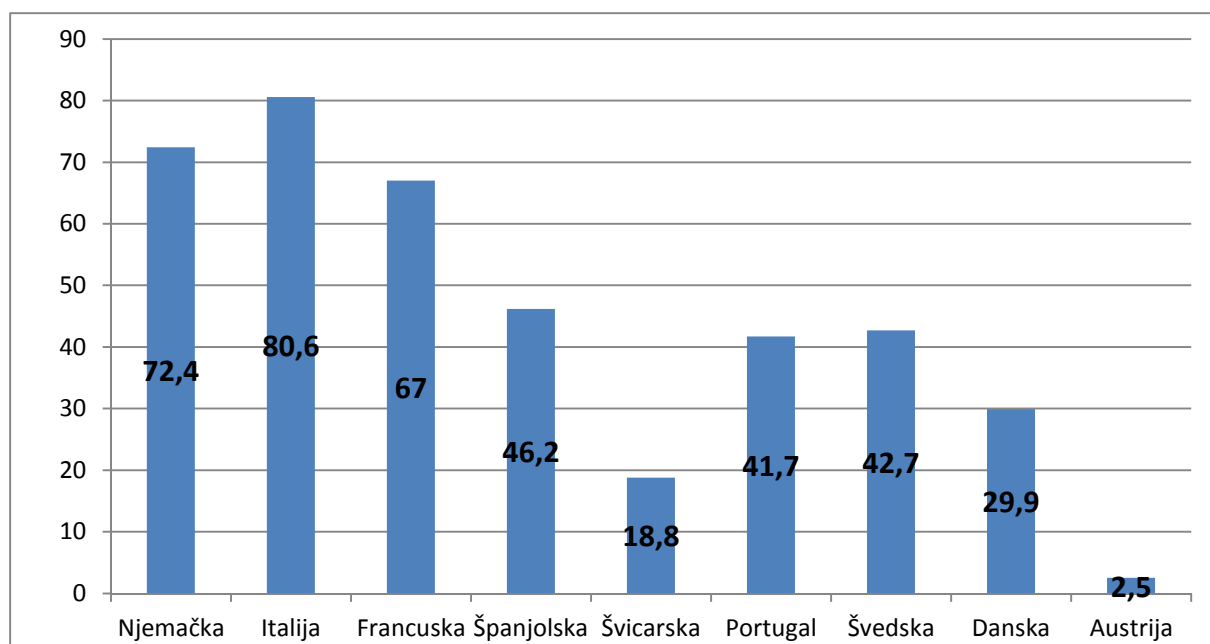
Većina država Europske Unije odlučila je frekvencijsko područje 790-862 MHz namijeniti za LTE mreže mobilnih komunikacija. Prije puštanja u rad LTE mreža, potrebno je osloboditi ovaj frekvencijski pojas od smetnje koju mogu uzrokovati odašiljači digitalne televizije. U mnogim europskim zemljama održane su aukcije za radiofrekvencijski spektar digitalne dividende na 800 MHz (slika 9.4) kako bi se postigli što bolji financijski prihodi od prodanog spektra. Postignute cijene na aukcijama razlikuju se od države do države, kao i obveze operatora za pokrivanjem mreža (slike 9.5 i 9.6).



**Slika 9.4.** Prikaz država EU u kojima je dodijeljen frekvencijski spektar za LTE mreže mobilnih komunikacija



**Slika 9.5.** Ukupne cijene za dodjelu spektra digitalne dividende na 800 MHz u milijunima Eura

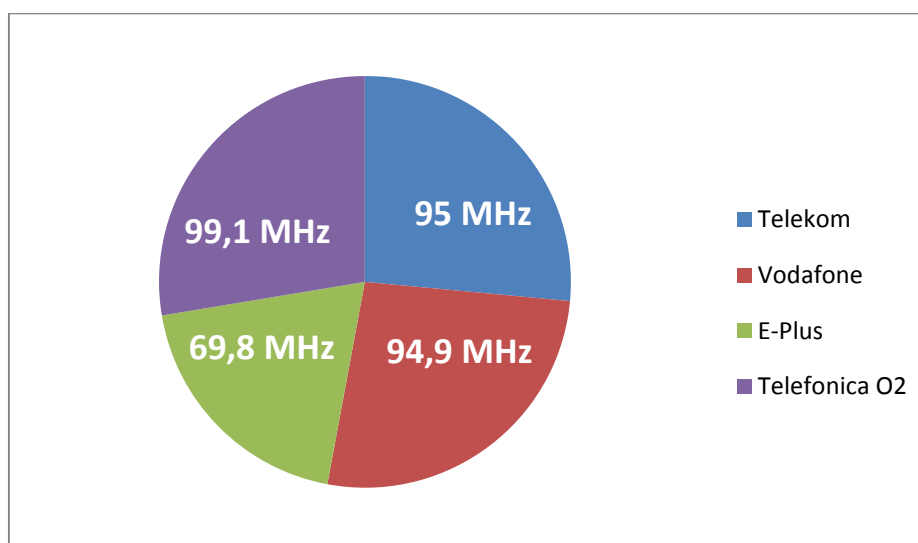


**Slika 9.6.** Cijene za dodjelu 1 MHz spektra digitalne dividende na 800 MHz po stanovniku u Euro centima

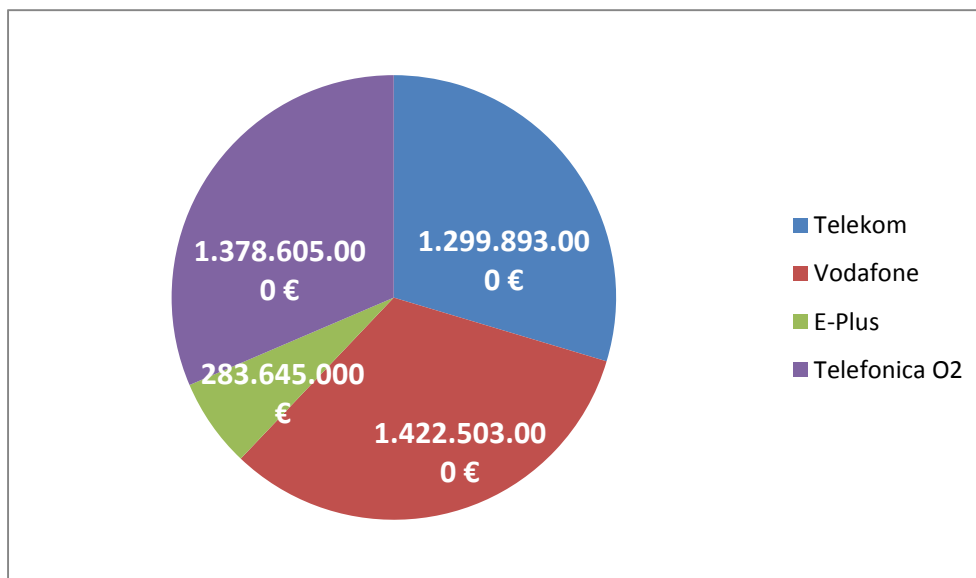
U nastavku je dan prikaz nekih specifičnosti dodjele frekvencijskog spektra za LTE u Njemačkoj, Italiji, Francuskoj i Španjolskoj.

### 9.3.1. Njemačka

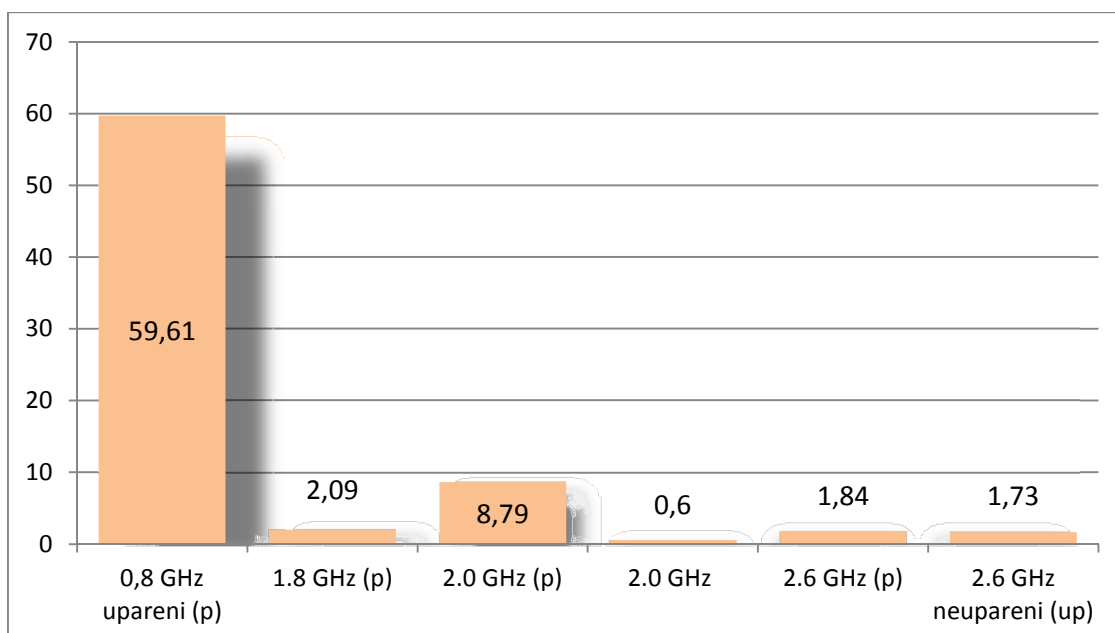
U Njemačkoj je aukcija radiofrekvencijskog spektra digitalne dividende na 800 MHz provedena u razdoblju od 12. travnja 2010. godine do 20. svibnja 2010. godine. Na aukciji se trgovalo s radiofrekvencijskim spektrom ukupne širine 358,8 MHz u frekvencijskim područjima 800 MHz, 1.8 GHz, 2.0 GHz i 2.6 GHz, a ukupna početna cijena spektra bila je 90 milijuna Eura. Provedeno je 224 krugova aukcije te se postigla ukupna cijena od 4,38 milijardi Eura, od čega je najveći iznos od 3,57 milijardi Eura dobiven za frekvencijsko područje 800 MHz (slike 9.7 do 9.9).



**Slika 9.7.** Ukupno dodijeljeni spekter operatorima u Njemačkoj



**Slika 9.8.** Iznosi plaćenih naknadi za dodijeljeni spektar u Njemačkoj



**Slika 9.9.** Prosječna cijena spektra u pojedinim pojasevima u Njemačkoj u [Euro/Hz]

Sustav prodaje radiofrekvencijskog spektra u Njemačkoj je detaljno uređen i strukturiran kako bi se za državu ostvarila najveća ekonomska korist.

Osim financijske koristi od prodaje radiofrekvencijskog spektra u Njemačkoj htjelo se ostvariti sljedeće ciljeve:

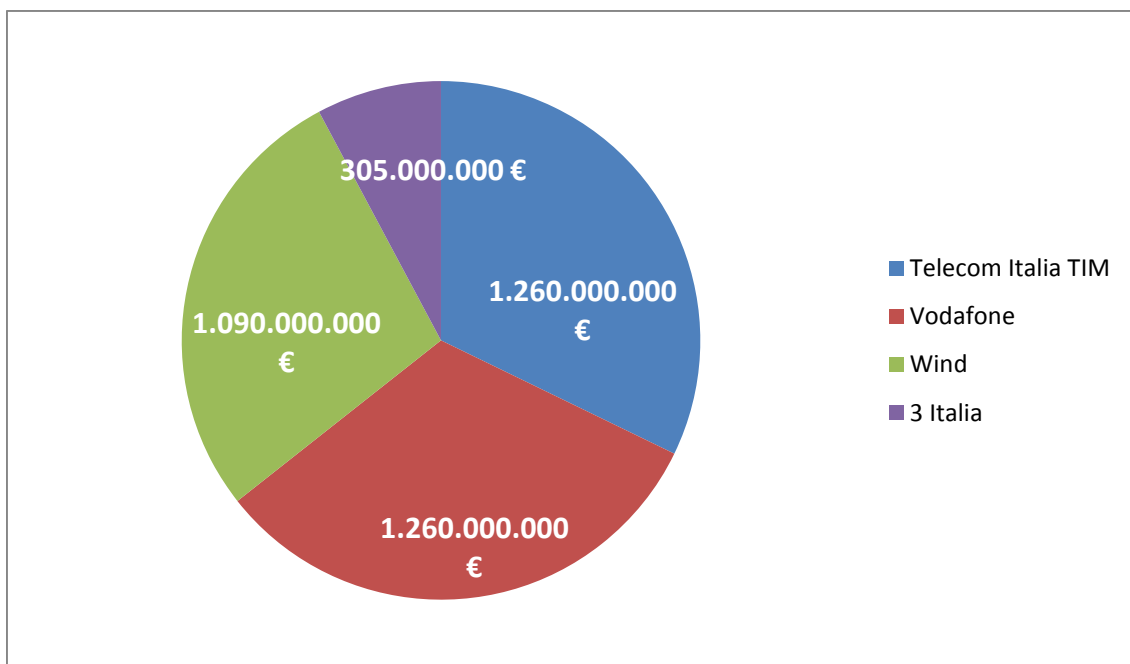
- do kraja 2010. godine u cijeloj Njemačkoj postoji mogućnost širokopojasnog pristupa Internetu,
- brzina pristupa od 50 Mbit/s bit će dostupna do kraja 2014. godine za 75% kućanstava odnosno do 2018. godine za sva kućanstva u Njemačkoj.

Kako bi se ostvario cilj dostupnosti Interneta uvedena je obveza pokrivanja signalom na 800 MHz do sad nepokrivenog područja (*white areas*) koja se mora ostvariti u prvoj fazi izgradnje mreže za LTE.

Pojedini operatori u Njemačkoj počeli su s pružanjem usluge, a najviše je napravio Vodafone koji danas pruža komercijalnu uslugu, pokriva 10 milijuna kućanstava (25%) i ima 100 tisuća pretplatnika.

### 9.3.2. Italija

U Italiji je aukcija radiofrekvencijskog spektra digitalne dividende na 800 MHz provedena u rujnu 2011. godine. Tri para frekvencijskih blokova 2x10 MHz dodijeljeni su operatorima mreža mobilnih komunikacija Telecom Italia, Vodafone i Wind. Na aukciji se trgovalo s radiofrekvencijskim spektrom u frekvencijskim područjima 800 MHz, 1.8 GHz i 2.6 GHz, a ukupna cijena dodijeljenog spektra bila je 3,19 milijardina Eura (slika 9.10). Operatoru 3 Italia nije dodijeljen radiofrekvencijski spektar digitalne dividende na 800 MHz.



**Slika 9.10.** Iznosi plaćenih naknadi za dodijeljeni spektar u Italiji

Iako je radiofrekvencijski spektar dodijeljen, u Italiji će upotreba frekvencija u pojasu 800 MHz biti moguća nakon 1. siječnja 2013. godine, s obzirom da se u trenutku provedbe aukcije ovaj frekvencijski pojas koristio za digitalnu televiziju. Italija ima velik broj nakladnika televizijskih programa i koristi sve frekvencije za digitalnu i analognu televiziju, a u velikom broju slučajeva koristi i frekvencije dodijeljene Republici Hrvatskoj.

Tijekom 2012. godine radiofrekvencijski spektar u Italiji u području 790-862 MHz potpuno je očišćen i ugašene su sve televizijske postaje koje su radile u ovom pojasu.

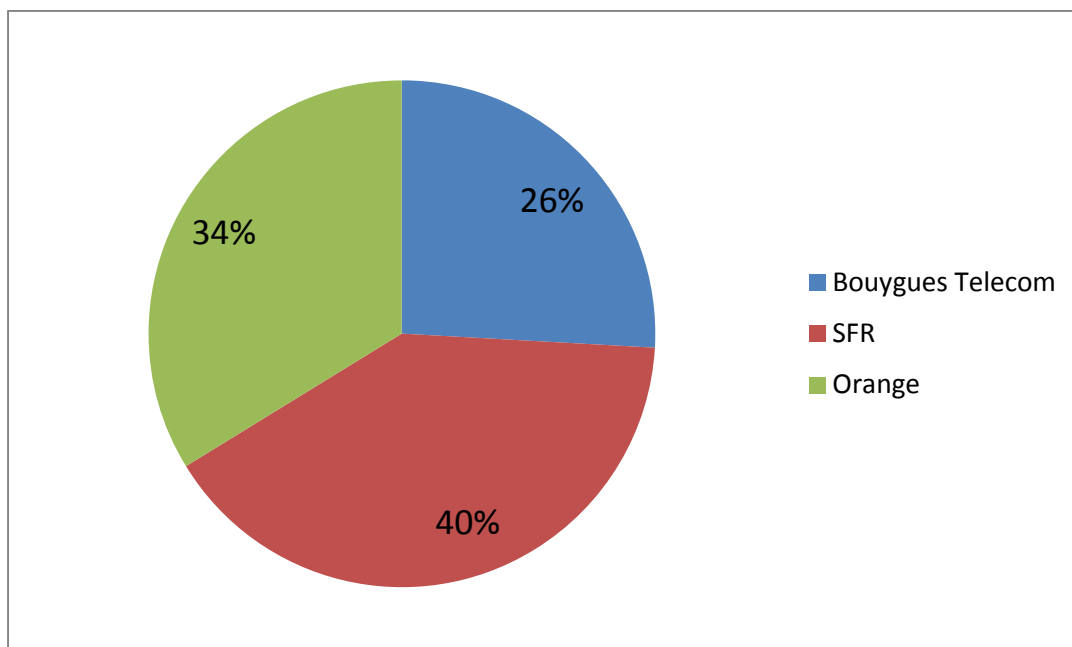
U Italiji će se dio novca dobivenog za radiofrekvencijski spektar digitalne dividende na 800 MHz reinvestirati na tržištu elektroničkih komunikacija. Prema studijama provedenim u Italiji, rast penetracije širokopojasnog pristupa internetu za 10% donosi povećanje BDP-a za 1%.



Prema dozvolama za LTE mreže mobilnih komunikacija u frekvencijskom pojasu 790-862 MHz operatori su obvezni ostvariti pokrivanje 30% općina u roku od 3 godine odnosno 75% u roku od 5 godina.

### 9.3.3. Francuska

U Francuskoj je aukcija radiofrekvencijskog spektra digitalne dividende na 800 MHz provedena u prosincu 2011. godine. Tri para frekvencijskih blokova 2x10 MHz dodijeljeni su operatorima mreža mobilnih komunikacija Bouygues Telecom, Orange i SFR i mogu se koristiti od siječnja 2012. godine. Na aukciji se trgovalo s radiofrekvencijskim spektrom u frekvencijskom području 800 MHz koji je bio podijeljen na četiri para blokova: Blok A: 791-801 MHz, 832-842 MHz, Blok B: 801-806 MHz, 842-847 MHz, Blok C: 806-811 MHz, 847-852 MHz i Blok D: 811-821 MHz, 852-862 MHz. Na aukciji je sudjelovalo 4 operatora mreža mobilnih komunikacija, međutim bolju cijenu za oba bloka B i C ponudio je operator SFR kojem je i dodijeljen ovaj spektar, što je izazvalo kritike sustava u kojem se vrednuje samo ponuđena cijena. Ukupna postignuta cijena spektra na aukciji bila je 2,64 milijardi Eura (slika 9.11).



**Slika 9.11.** Iznosi plaćenih naknadi za dodijeljeni spektar u Francuskoj

Prema dozvolama za LTE mreže mobilnih komunikacija u frekvencijskom pojasu 790-862 MHz operatori u Francuskoj su obvezni ostvariti pokrivanje definirano za svaku regiju, s prioriteto pokrivanja područja koja nemaju pokrivenost signalom u frekvencijskom području iznad 1 GHz.

## **10. Mogući scenariji uporabe pojedinih pojaseva: 174-230 MHz, 470-694 MHz, 694-790 MHz i 790-862 MHz**

### **10.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 174-230 MHz**

Frekvencijski pojas VHF III (174-230 MHz) može se upotrebljavati za medijske usluge digitalnog radija temeljene na Eureka 147 grupi standarda (DAB, DAB+, DMB) i za medijske usluge digitalne televizije temeljene na DVB-T/DVB-T2 standardu.

#### **10.1.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 174-230 MHz za medijske usluge digitalne televizije**

U Republici Hrvatskoj, kao i u cijeloj Europi, s uvođenjem digitalne televizije započeto je u UHF frekvencijskom pojasu koji zbog većeg frekvencijskog opsega omogućava i veći broj pokrivanja (prosječno 7 pokrivanja).

Prema „Sporazumu GE06“ u Hrvatskoj je na raspolaganju jedno pokrivanje za digitalnu televiziju u VHF III frekvencijskom pojasu koje će se moći koristiti nakon gašenja analogne televizije u susjednim zemljama: Mađarskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji i Crnoj Gori. Mreža odašiljača u VHF III pojasu se znatno razlikuje od mreže u UHF pojasu. Istokanalne mreže (SFN) u VHF III pojasu imaju veća područja pokrivanja (slika 2.3), a također se u VHF III pojasu koriste drugačiji antenski sustavi. Zbog toga je potrebno izgraditi novu odašiljačku mrežu što predstavlja znatnije investicije, a uštede se mogu ostvariti ukoliko bi se koristio dio antenskih sustava koji su se koristili za ugašenu analognu televiziju. Prijamnička strana također zahtjeva prijamnu antenu pogodnu za prijam u VHF III pojasu. Većina domaćinstava u Hrvatskoj koristi vanjske antene na krovovima kuća (Yagi, logaritamske) od kojih su samo neke pogodne za prijam VHF signala, dok su svi DVB-T/DVB-T2 prijmnici predviđeni za prijam i VHF signala. Također, postoje domaćinstava koja televizijski signal primaju preko sobne antene koja nije prilagođena prijama VHF signala te neće imati mogućnost prijama VHF signala bez dodatne antene. Tablica 10.1 daje SWOT analizu uvođenja usluge televizije u VHF III frekvencijski pojas s istaknutim prednostima, slabostima, prilikama i prijetnjama.

**Tablica 10.1.** SWOT analiza uvođenja usluga televizije u VHF III frekvencijskom pojasu

<b>Prednosti:</b>	<b>Slabosti:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• jednostavna i u domaćinstvima već uvedena prijamnička oprema,</li> <li>• povoljna cijena prijavnika,</li> <li>• pogodno rasprostiranje elektromagnetskih valova,</li> <li>• mogućnost izgradnje mreže s velikom pokrivenošću (99% stanovništva),</li> <li>• dostupnost frekvencijskih resursa od 2015. godine,</li> <li>• postojanje odašiljačke antenske opreme za analognu televiziju,</li> <li>• regulatorni okvir je definiran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nemogućnost uvođenja usluge prije 2015. godine zbog analognih mreža u susjednim zemljama,</li> <li>• sobne antene i neke vanjske antene nisu pogodne za prijam VHF signala,</li> <li>• nemogućnost prijenosa regionalnih programa zbog drugačije konfiguracije istokanalnih mreža,</li> <li>• nemogućnost korištenja postojeće odašiljačke infrastrukture za UHF pojas.</li> </ul>
<b>Prilike:</b>	<b>Prijetnje:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DVB-T(2) standard je prihvaćen i implementiran u cijeloj Europi,</li> <li>• 60% zemaljskog prijama u RH,</li> <li>• jednostavna implementacija kod korisnika.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• porast zastupljenosti drugih platformi (kabelske i IPTV),</li> <li>• zasićenost tržišta programima koji su slobodni za prijam u javnosti.</li> </ul>

### 10.1.2. Uporaba frekvencijskog pojasa 174-230 MHz za medijske usluge digitalnog radija

U Republici Hrvatskoj postoji nekoliko opcija za uvođenje digitalnog radija koje se razlikuju prema standardu koji će se koristiti kao i frekvencijskom području u kojem će se implementirati usluge.

Najzanimljivija je uporaba:

- DAB+ standarda za odašiljanje radijskih programa na nacionalnoj razini u frekvencijskim pojasevima VHF III i L-pojasu,
- DRM+ standarda za odašiljanje programa lokalnih nakladnika radija u frekvencijskom pojasu VHF II koji se trenutno koristi za odašiljanje putem analogne FM tehnologije.

U Republici Hrvatskoj postoje sve regulatorne i tehničke podloge za izgradnju mreže zemaljskih DAB+ odašiljača u pojasu VHF III. Republika Hrvatska raspolaže s resursima za izgradnju tri mreže na nacionalnoj razini u području VHF III (s izuzetkom jedne digitalne regije na sjeverozapadu zemlje u trećem pokrivanju). Također moguća je prenamjena jednog pokrivanja za digitalnu televiziju u VHF III pojasu u dodatna 4 pokrivanja za digitalni radio što bi ukupno dalo 7 nacionalnih pokrivanja za digitalni radio DAB+.

S druge strane ne postoje frekvencijski resursi koji bi se koristili za pokrivanja lokalnog karaktera, a koji bi zamijenili pokrivanja nakladnika koji danas posluju na lokalnoj razini putem analognog FM radija. Predviđa da će se eventualna digitalizacija radija provesti u VHF II pojasu na osnovu istog rastera kanala koji se koristi za FM radio, što omogućava DRM+ standard. DRM+ standard još uvijek nije dovoljno sazrio i još nije pogodan za uvođenje na malom tržištu kao što je Hrvatsko.

Veliki zamah uvođenju digitalnog radija dala bi odluka autoindustrije da se DAB+ ili DRM+ prijamnici počnu serijski ugrađivati u radijske prijamnike u automobilima, kao i ugradnja u HI-FI i druge kućne radijske prijamnike.

Promatrajući vremenski okvir uvođenja digitalnog radija u DAB+ standardu u VHF III pojasu, trenutno su u radu analogne televizijske mreže u Mađarskoj, Bosni i Hercegovini, Srbiji i Crnoj Gori, pa je prije puštanja u rad DAB+ odašiljača iste potrebno uskladiti s administracijama ovih zemalja. HAKOM provodi postupak usklađivanja frekvencija za T-DAB i očekuje se da bi jedno nacionalno pokrivanje moglo biti dostupno tijekom 2013. godine što bi omogućilo pokretanje javnog natječaja za izdavanje dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra za digitalni radio i prije 17. lipnja 2015. godine. Tablica 10.2 prikazuje analizu prednosti, slabosti, prilika i prijetnja uvođenja radija u frekvencijski pojas VHF III.

**Tablica 10.2.** SWOT analiza uvođenja usluga radija u VHF III frekvencijskom pojasu

<p><b>Prednosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• pogodno rasprostiranje elektromagnetskih valova,</li> <li>• mogućnost jednostavne izgradnje mreže za vanjski i mobilni prijam,</li> <li>• dostupnost frekvencijskih resursa od 2015. godine,</li> <li>• regulatorni okvir je definiran.</li> </ul>	<p><b>Slabosti:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• nemogućnost uvođenja prije 2015. godine zbog analognih mreža u susjednim zemljama,</li> <li>• visoka cijena prijamnika,</li> <li>• slaba ponuda prijamnika u maloprodaji,</li> <li>• nemogućnost pružanja usluga za veliki broj nakladnika na lokalnoj razini koncesije.</li> </ul>
<p><b>Prilike:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• mogućnost uvođenja novih radijskih programa koje nije moguće uvesti u FM tehnologiji zbog zasićenosti spektra,</li> <li>• jednostavna implementacija kod korisnika,</li> <li>• početak masovne proizvodnje prijamnika za DAB+ u radijskim uređajima.</li> </ul>	<p><b>Prijetnje:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• odabir drugog standarda za serijsku ugradnju u automobilima,</li> <li>• nezainteresiranost postojećih nakladnika za digitalizaciju zbog zadovoljavajuće kvalitete usluge FM radija,</li> <li>• nedostatak novih radijskih sadržaja.</li> </ul>

## 10.2. Uporaba frekvencijskog pojasa 470-790 MHz

U Republici Hrvatskoj medijske usluge digitalne televizije u UHF spektru mogu se pružati u frekvencijskom pojasu 470-790 MHz u skladu s DVB-T/DVB-T2 standardima. Međunarodna telekomunikacijska unija (ITU) je za Svjetsku radiokomunikacijsku konferenciju koja će se održati 2015. godine WRC'15 na dnevni red stavila uporabu frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija, pa se uporaba ovog pojasa razmatra odvojeno.

### 10.2.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 470-790 MHz za medijske usluge digitalne televizije

Prema „Sporazumu GE06“ Republika Hrvatska u frekvencijskom pojasu 470-694 MHz (kanali 21-49) raspolaže s 4 cjelovita pokrivanja na području Republike Hrvatske (tablica 10.3). Imajući u vidu da su trenutno već izdane dozvole za 5 mreža s nacionalnim pokrivanjem, vidljivo je da bi odluka Međunarodne telekomunikacijske unije o prenamjeni frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija imala značajne posljedice na tržište radiodifuzije u Hrvatskoj. Trenutne dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra izdane su na razdoblje od 10 godina i traju do 2019. godine za MUX A i B, do 2020. godine za MUX D odnosno do 2021. godine za MUX C i E.

**Tablica 10.3.** Raspored kanala po digitalnim regijama prema podjeli na frekvencijske pojaseve 470-694 MHz i 694-790 MHz

	Digitalne regije								
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
470-694 MHz	21	23	21	25	23	30	21	23	21
	36	26	34	28	28	34	22	33	22
	38	39	36	40	29	36	27	34	28
	44	43	44	42	39	44	31	41	29
				48	43		45	43	45
					46				
694-790 MHz	51	58	56	53	53	54	51	53	51
	56				57	56	59		59
ukupno pokrivanja 470-694 MHz	4	4	4	5	6	4	5	5	5
ukupno pokrivanja 470-790 MHz	6	5	5	6	8	6	7	6	7

Uvođenje novih pokrivanja za digitalnu televiziju treba temeljiti na DVB-T2 standardu koji je znatno učinkovitiji od DVB-T standarda i već je uveden u Hrvatskoj u mrežama za MUX C i MUX E.

Jedna od opcija koja se može razmatrati je prijelaz svih televizijskih programa slobodnih za prijam u javnosti koji se odašilju u DVB-T multipleksima MUX A, B i D u jedan DVB-T2 multipleks, dok bi se svi preostali kapaciteti digitalne televizije koristili za medijske usluge televizije uz uvjetovani pristup (*Pay TV*).

Prijelaz s DVB-T na DVB-T2 sustav može se provesti na osnovu postojećeg frekvencijskog plana iz „Sporazuma GE06“ ili se može pokušati provesti replaniranje frekvencijskih dodjela kako bi se povećao broj pokrivanja za DVB-T2.

### 10.2.2. Prijelaz na DVB-T2 sustav na osnovi postojećeg frekvencijskog plana iz „Sporazuma GE06“

Kako bi se nadomjestile postojeće usluge, ali i omogućilo uvođenje novih medijskih usluga televizije, svakako treba razmotriti prijelaz s DVB-T sustava i MPEG-2 norme za kodiranje videosignala na učinkovitiji DVB-T2 sustav i H.264/AVC normu za kodiranje videosignala uz statističko multipleksiranje programskih tokova čime bi se omogućio prijenos znatno većeg broja usluga kako je opisano u poglavlju 7 (tablica 7.3, 7.4 i 7.5). Tablica 10.4 prikazuje SWOT analizu uvođenja DVB-T2 sustava u frekvencijskom pojasu 470-790 MHz.

**Tablica 10.4.** SWOT analiza uvođenja DVB-T2 sustava u frekvencijskom pojasu 470-790 MHz na osnovi postojećeg frekvencijskog plana iz „Sporazuma GE06“

Prednosti:	Slabosti:
<ul style="list-style-type: none"><li>• postavljene antene za DVB-T koje se koriste i za DVB-T2,</li><li>• povećanje kapaciteta multipleksa za 67% u odnosu na DVB-T,</li><li>• povećanje broja SD programa u multipleksu s 5 na 26,</li><li>• povoljna cijena prijavnika,</li><li>• pogodno rasprostiranje elektromagnetskih valova,</li><li>• mogućnost izgradnje mreže s velikom pokrivenošću (90% stanovništva s 20 odašiljača),</li><li>• dostupnost frekvencijskih resursa od 2015. godine,</li><li>• regulatorni okvir je definiran.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• nemogućnost uvođenja prije 2015. godine zbog analognih mreža u susjednim zemljama,</li><li>• nisu u potpunosti iskorištene mogućnosti DVB-T2 sustava, odnosno ne ostvaruje se najveći mogući broj pokrivanja.</li></ul>
Prilike:	Prijetnje:
<ul style="list-style-type: none"><li>• DVB-T2 standard je prihvaćen i implementira se u svim novim mrežama u cijeloj Europi,</li><li>• 60% zemaljskog prijama u RH,</li><li>• jednostavna implementacija kod korisnika.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• namjena frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija,</li><li>• porast zastupljenosti drugih platformi (kabelske i IPTV),</li><li>• zasićenost tržišta TV sadržajima.</li></ul>

### 10.2.3. Prijelaz na DVB-T2 sustav uz replaniranje frekvencijskih dodjela

DVB-T2 sustav omogućava izgradnju većih istokanalnih mreža (SFN) što bi se moglo iskoristiti za replaniranje postojećih frekvencijskih resursa. Proširenjem pokrivanja jedne SFN mreže na područje susjedne digitalne regije ostvarilo bi se dodatno pokrivanje za susjednu digitalnu regiju i time bi se nadomjestilo izgubljeno pokrivanje za digitalnu televiziju zbog prenamjene radiofrekvencijskih pojaseva 694-790 MHz i 790-862 MHz.

DVB-T2 sustav ima sljedeće prednosti u pogledu planiranja mreža u odnosu na DVB-T sustav:

- niže razine prijamnog polja,
- bolje zaštitne odnose prema smetnji,
- duže trajanje COFDM simbola.

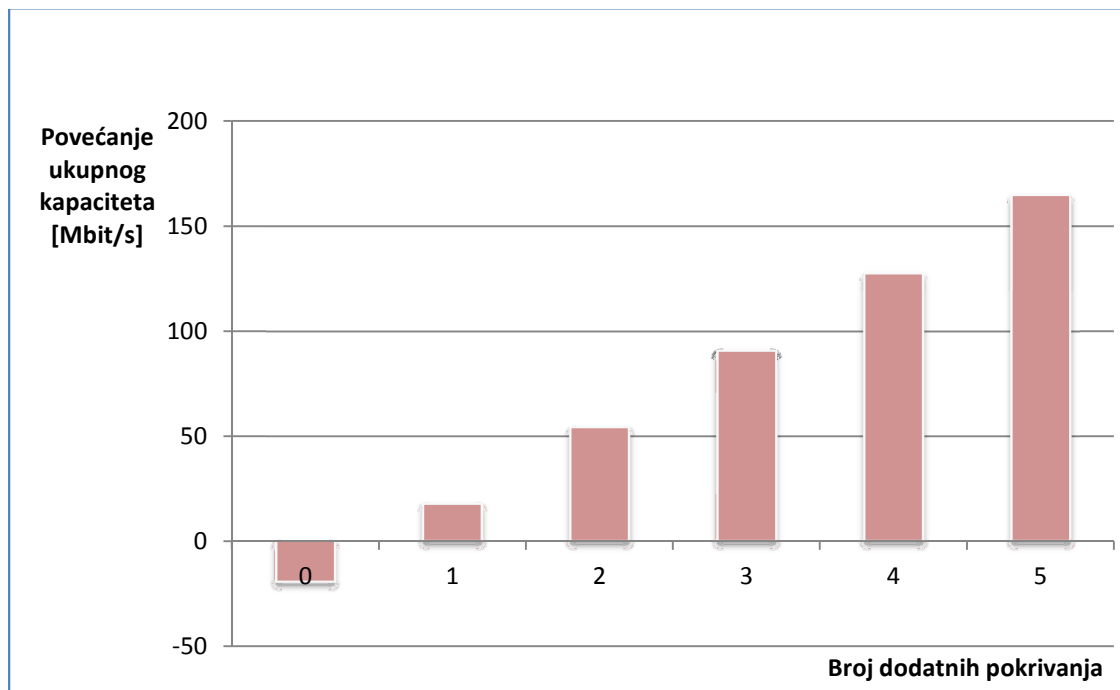
Najzanimljivije svojstvo DVB-T2 sustava proizlazi iz mogućnosti uporabe velikog broja frekvencijskih podnosioca (32K) koji ima najduže trajanje COFDM simbola odnosno najduži zaštitni interval što omogućava udaljenosti između odašiljača u istokanalnoj mreži i do 160 kilometara. Tablica 10.5 prikazuje najveće udaljenosti između odašiljača u istokanalnoj mreži.

**Tablica 10.5.** Najveće udaljenosti između odašiljača u istokanalnoj mreži za različite varijante DVB-T2 sustava

Broj podnosioca	Zaštitni interval						
	1/128	1/32	1/16	19/256	1/8	19/128	1/4
	Najveća udaljenost između odašiljača u SFN-u [km]						
<b>32K</b>	8,4	33,6	67,2	79,8	134,4	159,6	-
<b>16K</b>	4,2	16,8	33,6	39,9	67,2	79,8	134,4
<b>8K</b>	2,1	8,4	16,8	20	33,6	39,9	67,2
<b>4K</b>	-	4,2	8,4	-	16,8	-	33,6
<b>2K</b>	-	2,1	4,2	-	8,4	-	16,8
<b>1K</b>	-	-	2,1	-	4,2	-	8,4

DVB-T koji je imao najduži zaštitni interval u trajanju 1/4 COFDM simbola kod 8K podnosioca omogućavao je udaljenosti između odašiljača u SFN-u od 67,2 kilometara. DVB-T2 sustav omogućava gotovo dvostruke udaljenosti između odašiljača u SFN-u što znači da se područja pokrivanja mogu udvostručiti odnosno da se na istom kanalu mogu umjesto jedne pokriti dvije digitalne regije. Ovo povećanje zaštitnog intervala za posljedicu ima smanjenje kapaciteta multipleksa, ali bi se zbog nadomještanja pokrivanja mogao povećati ukupni kapacitet svih multipleksa. Na slici 10.1 prikazano je kako povećanje broja pokrivanja utječe na rast ukupnog kapaciteta svih multipleksa. Ako bi se proširivanjem pokrivanja ostvarilo jedno dodatno pokrivanje, odnosno ukupno 5 pokrivanja u frekvencijskom pojasu 470-694 MHz, ukupni bi se kapacitet povećao za otprilike 20 Mbit/s u odnosu na najveći kapacitet 4 pokrivanja u konfiguraciji DVB-T2 SFN mreža istovjetnoj onoj kod DVB-T mreža. Daljnja proširivanja ostvarila bi još veće dobitke kapaciteta.

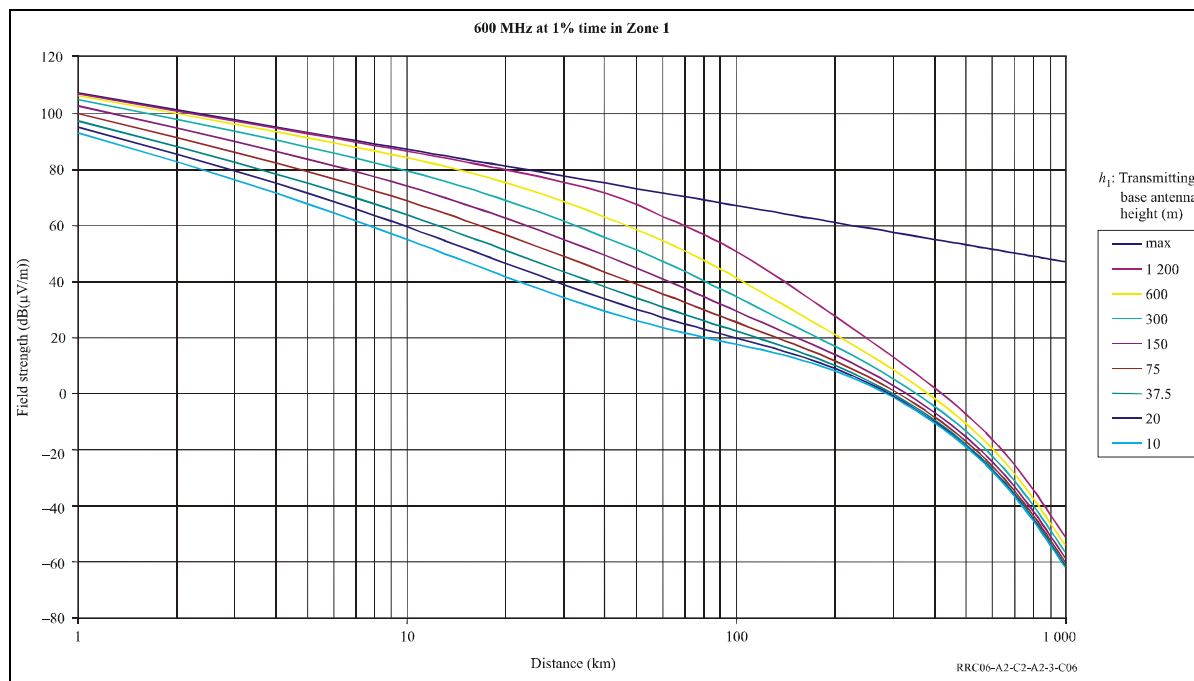
Ovakav način replaniranja frekvencijskih resursa za digitalnu televiziju zahtjeva dogovore sa susjednim zemljama jer svako proširenje utječe na istokanalne dodjele u planu iz „Sporazuma GE06“. Zbog različitih stavova pojedinih administracija, ovo može biti vrlo složen postupak i s neodređenim rokom izvršenja, ali svakako predstavlja najučinkovitiju uporabu radiofrekvencijskog spektra.



**Slika 10.1.** Povećanje ukupnog kapaciteta koji se ostvaruje dodatnim pokrivanjima

Grafična udaljenost između DVB-T2 odašiljača u istokanalnim mrežama od 159,6 km zapravo znači da će dva odašiljača koja rade na istom kanalu, a na udaljenosti su većoj od 159,6 km stvarati smetnju jedan drugome. S teoretskog razmatranja, kada se promatra krivulja rasprostiranja elektromagnetskih valova za ometajuće polje u 1% vremena na 600 MHz i za odašiljač snage ERP od 1 kW, može se iščitati da će na udaljenosti od 160 km polje interferencije iznositi 35 dB $\mu$ V/m za visinu odašiljača 1200 m, 27 dB $\mu$ V/m za visinu odašiljača 600 m, 22 dB $\mu$ V/m za visinu odašiljača 300 m i 18 dB $\mu$ V/m i manje za visinu odašiljača 150 m (slika 10.2). Ako na ove vrijednosti dodamo zaštitni odnos od 20 dB, odnosno 32,7 dB za polja proračunata na 95% lokacija, dobivamo vrijednost najmanjeg potrebnog prijamnog polja od 59,7 dB dB $\mu$ V/m (L=95%). Ova vrijednost gotovo odgovara najnižoj vrijednosti prijamnog polja za razmatranu DVB-T2 varijantu sustava od 57 dB dB $\mu$ V/m (L=95%), što znači da će zaštitni odnos samog DVB-T2 sustava na ovoj udaljenosti omogućiti beskonačno ponavljanje istog kanala uz teoretsku mrežu odašiljača na visini od 600 m i izračene snage ERP od 1 kW.



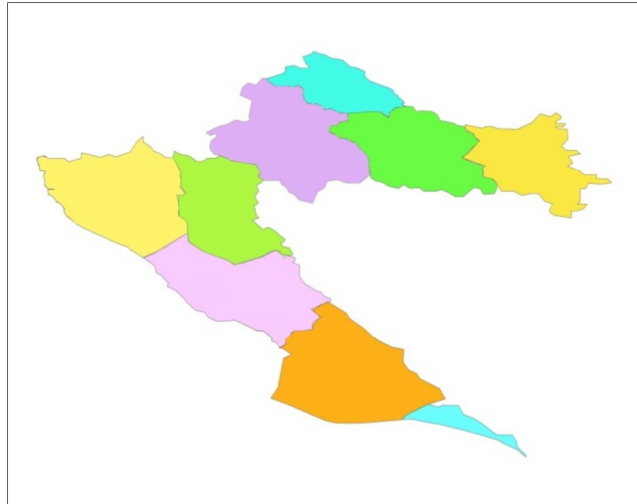


**Slika 10.2.** Krivulje rasprostiranja elektromagnetskih valova za polje interferencije (1% vremena) na 600 MHz i za odašiljač snage ERP od 1 kW

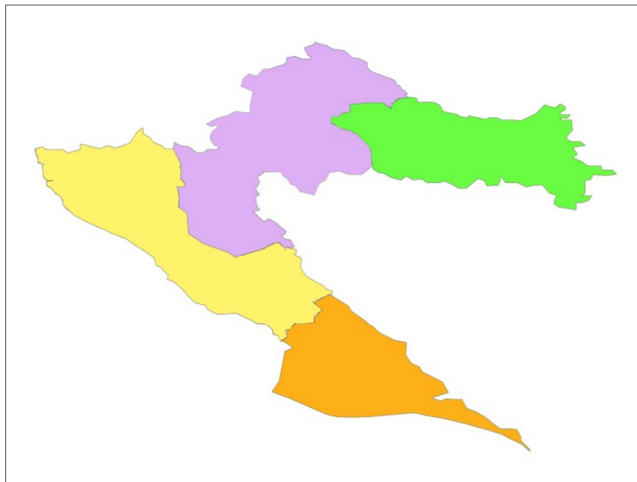
U praksi se u Republici Hrvatskoj koriste visoke lokacije odašiljača, ali i velike snage odašiljača (i do 100 kW ERP). Također, u praksi postoje geografske prepreke koje ograničavaju širenje elektromagnetskih valova. Uzevši u obzir sve navedeno, napravljena je računalna simulacija DVB-T2 pokrivanja cijelog teritorija Republike Hrvatske u jednoj SFN mreži uz stvarne parametre odašiljača istovjetne DVB-T odašiljačima u radu (iste izračene snage, iste lokacije, isti antenski dijagrami). Rezultati ove simulacije pokazuju da se bez sinkronizacije SFN odašiljača istokanalna smetnja pojavljuje samo na 0,84% teritorija Republike Hrvatske odnosno da će samo 0,32% stanovništva imati problema s prijamom zbog interferencije.

Ova simulacija nam pokazuje koliko DVB-T2 sustav pruža mogućnosti za replaniranje postojećih frekvencijskih resursa planiranih za uporabu za DVB-T sustav. Iako se u praksi zbog upotrebe istih frekvencija u susjednim zemljama neće moći koristiti jedan kanal za cijelo područje Republike Hrvatske, možemo zaključiti da DVB-T2 sustav omogućava kombiniranje pokrivanja više od dvije regije u istoj SFN mreži.

Stoga se za potrebe replaniranja može razmatrati nova podjela na digitalne regije za DVB-T2 sustav poput ove prikazane na slici 10.3.



a) Podjela na 9 digitalnih regija za DVB-T2 sustav: istovjetna podjeli za DVB-T sustav



b) Podjela na četiri digitalne regije za DVB-T2 sustav: spajanje 2-3 regije za DVB-T



c) Podjela na dvije digitalne regije za DVB-T2 sustav: spajanje 4 i više regija za DVB-T

**Slika 10.3.** Moguća podjela Republike Hrvatske na digitalne regije za DVB-T2 sustav

Uz ovakvu preraspodjelu frekvencijskih resursa, u Republici Hrvatskoj bi se moglo ostvariti ukupno 7-8 pokrivanja za DVB-T2 u frekvencijskom pojasu 470-790 MHz, odnosno 6-7 pokrivanja za DVB-T2 u frekvencijskom pojasu 470-694 MHz. Jedno pokrivanje za DVB-T2 trebalo bi zadržati postojeću podjelu na 9 digitalnih regija istovjetnih digitalnim regijama za DVB-T kako bi se omogućio prijenos regionalnih sadržaja u multipleksu (postojeći sadržaj MUX-a D). Ovaj DVB-T2 multipleks mogao bi prenositi sve programe slobodne za prijam u javnosti odnosno sadržaje multipleksa A, B i D, dok bi se kapaciteti ostalih multipleksa namijenili za medijske usluge televizije uz uvjetovani pristup (*Pay TV*). SWOT analiza uvođenja DVB-T2 sustava u frekvencijskom pojasu 470-790 MHz dana je u tablici 10.6.

**Tablica 10.6.** SWOT analiza uvođenja DVB-T2 sustava u frekvencijskom pojasu 470-790 MHz na osnovi replaniranja dodjela iz frekvencijskog plana iz „Sporazuma GE06“

Prednosti:	Slabosti:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• antene za DVB-T koje se koriste i za DVB-T2 su već postavljene,</li> <li>• povećanje kapaciteta multipleksa za 67% u odnosu na DVB-T,</li> <li>• povećanje broja SD programa u multipleksu s 5 na 23,</li> <li>• povećanje ukupnog broja pokrivanja u frekvencijskom pojasu 470-694 MHz s 4 na 6 ili 7,</li> <li>• koriste se sve prednosti DVB-T2 sustava</li> <li>• povoljna cijena prijamnika,</li> <li>• pogodno rasprostiranje elektromagnetskih valova,</li> <li>• mogućnost izgradnje mreže s velikom pokrivenošću (90% stanovništva s 20 odašiljača),</li> <li>• dostupnost frekvencijskih resursa od 2015. godine,</li> <li>• regulatorni okvir je definiran.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nemogućnost uvođenja svih pokrivanja prije gašenja analognih mreža u susjednim zemljama,</li> <li>• nemogućnost proširenja pokrivanja prije usklađivanja sa svim susjednim zemljama,</li> <li>• različiti stavovi i potrebe susjednih zemalja u vezi broja pokrivanja,</li> <li>• dugotrajnost postupka usklađivanja.</li> </ul>
Prilike:	Prijetnje:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DVB-T2 standard je prihvaćen i implementira se u svim novim mrežama u cijeloj Europi,</li> <li>• 60% zemaljskog prijama u RH,</li> <li>• jednostavna implementacija kod korisnika.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• namjena frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija,</li> <li>• porast zastupljenosti drugih platformi (kabelske i IPTV),</li> <li>• zasićenost tržišta TV programima,</li> <li>• neuspjeh u postupku usklađivanja frekvencija.</li> </ul>

### 10.3. Uporaba frekvencijskog pojasa 694-790 MHz

Namjena frekvencijskog pojasa 694-790 MHz, koji je bio isključivo namijenjen za digitalnu televiziju, razmatrano je na Svjetskoj radiokomunikacijskoj konferenciji WRC'12 (Ženeva 2012. godine). Svjetska radiokomunikacijska konferencija WRC'12 odlučila je da se frekvencijski pojas 694-790 MHz prenamijeni i da se uz digitalnu televiziju dodatno omogući upotreba ovog pojasa za mreže mobilnih komunikacija uz napomenu da se upotreba ovog pojasa za mreže mobilnih komunikacija treba dodatno istražiti, te potvrditi na idućoj Svjetskoj radiokomunikacijskoj konferenciji WRC'15 koja će se održati 2015. godine.

U međuvremenu je Međunarodna telekomunikacijska unija (ITU) osnovala zajedničku radnu skupinu „Joint Task Group 4-5-6-7“ koja treba izraditi studije o upotrebi frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija.

Obzirom da se mreže mobilnih komunikacija koje bi koristile frekvencijski pojas 694-790 MHz temelje na LTE tehnologiji, može se zaključiti da nije moguća upotreba istog frekvencijskog pojasa za obje namjene, LTE i DVB-T(2). Cijeli taj frekvencijski pojas trebati namijeniti jednoj od tih dviju službi: LTE ili DVB-T2.

Republika Hrvatska će svakako pratiti odluke zemalja članica Europske Unije, te će radiofrekvencijski spektar namijeniti u skladu s trendovima u telekomunikacijskom sektoru.

U Republici Hrvatskoj frekvencijski pojas 694-790 MHz se već koristi za digitalnu televiziju. Mreže digitalne televizije za koje su izdane dozvole: MUX A, B, C, D i E koriste kanale od 49. do 60. kako je prikazano u tablici 10.7. pa bi prenamjena ovog pojasa za mreže mobilnih komunikacija zahtijevala promjene svih izdanih dozvola. Također, bilo bi potrebno promijeniti odašiljačke kanale u mreži, odnosno ponovno programirati prijamnike u 60% kućanstava koja primaju signal zemaljske digitalne televizije. Očekuju se i problemi interferencije između sustava LTE i digitalne zemaljske televizije.

**Tablica 10.7.** Kanali od 49. do 60. koji se koriste u multipleksima za digitalnu televiziju prema izdanim dozvolama

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	d42	d71	d72
<b>MUX A</b>							51		51			
<b>MUX B</b>							59	53	59			
<b>MUX D</b>		58				54				57		
<b>MUX C</b>	51	+51 / +53	+53	53	57							
<b>MUX E</b>	56	+56 /										

Ukoliko se na Svjetskoj radiokomunikacijskoj konferenciji WRC'15 pojas 694-790 MHz prenamijeni za mreže mobilnih komunikacija potrebno je razmisliti i o financijskom aspektu ovog prijelaza s DVB-T na DVB-T2 sustav. S obzirom na značajne iznose naknada koje operatori mreža mobilnih komunikacija plaćaju za dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra, predlaže se da se dio tih naknada usmjeri na troškove operatora mreža za digitalnu televiziju odnosno za subvencije kod nabavke novih prijamnika za domaćinstva.

### 10.3.1. Uporaba frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za digitalnu televiziju

Prema planu iz „Sporazuma GE06“, Republika Hrvatska u frekvencijskom pojasu 694-790 MHz raspolaže s 1-2 pokrivanja za DVB-T na državnoj razini (tablica 3.5 i 10.7).

Ukoliko se pri prijelazu s DVB-T na DVB-T2 sustav iskoristi replaniranje frekvencijskih dodjela kako bi se povećao broj pokrivanja u pojasu 470-790 MHz, u frekvencijskom pojasu 694-790 MHz mogla bi se koristiti 2 pokrivanja za DVB-T2 na državnoj razini. Tablica 10.8 daje SWOT analizu uvođenja DVB-T2 sustava u frekvencijski pojas 694-790 MHz.

**Tablica 10.8.** SWOT analiza uvođenja DVB-T2 sustava u frekvencijskom pojasu 694-790 MHz na osnovi replaniranja dodjela iz frekvencijskog plana iz „Sporazuma GE06“

Prednosti:	Slabosti:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• antene za DVB-T koje se koriste i za DVB-T2 su već postavljene,</li> <li>• povećanje kapaciteta multipleksa za 67% u odnosu na DVB-T,</li> <li>• povećanje broja SD programa u multipleksu s 5 na 23,</li> <li>• dodatna dva pokrivanja za digitalnu televiziju,</li> <li>• povoljna cijena prijarnika,</li> <li>• pogodno rasprostiranje elektromagnetskih valova,</li> <li>• mogućnost izgradnje mreže s velikom pokrivenošću (90% stanovništva s 20 odašiljača),</li> <li>• dostupnost frekvencijskih resursa od 2015. godine,</li> <li>• regulatorni okvir je definiran,</li> <li>• ne treba mijenjati dozvole i kanale u mreži.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nemogućnost uvođenja svih pokrivanja prije gašenja analognih mreža u susjednim zemljama,</li> <li>• nemogućnost proširenja pokrivanja prije usklađivanja sa svim susjednim zemljama,</li> <li>• različiti stavovi i potrebe susjednih zemalja u vezi broja pokrivanja,</li> <li>• dugotrajnost postupka usklađivanja,</li> <li>• nema mogućnosti povećanja kapaciteta za LTE mreže mobilnih komunikacija.</li> </ul>
Prilike:	Prijetnje:
<ul style="list-style-type: none"> <li>• DVB-T2 standard je prihvaćen i implementira se u svim novim mrežama u cijeloj Europi,</li> <li>• 60% zemaljskog prijama u RH,</li> <li>• jednostavna implementacija kod korisnika,</li> <li>• mogućnost nadogradnje dodatnim uslugama televizije.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• namjena frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija,</li> <li>• porast zastupljenosti drugih platformi (kabelske i IPTV),</li> <li>• zasićenost tržišta TV programima,</li> <li>• neuspjeh u postupku usklađivanja frekvencija.</li> </ul>

### 10.3.2. Uporaba frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija

Uporabom frekvencijskog pojasa 694-790 MHz za mreže mobilnih komunikacija ostvarilo bi se povećanje kapaciteta za mreže mobilnih komunikacija. Najvjerojatnija raspodjela za sustav LTE prikazana je na slici 10.4. Kako je vidljivo na slici 10.4, kapaciteti LTE sustava bi se udvostručili.

694-703	703-708	708-713	713-718	718-723	723-728	728-733	733-758	758-763	763-768	768-773	773-778	778-783	783-788	788-790
Zaštitni pojas	Uzlazna veza						Dupleksni razmak	Silazna veza						Zaštitni pojas
5 MHz	30 MHz (6 blokova po 5 MHz)						25 MHz	30 MHz (6 blokova po 5 MHz)						2 MHz

**Slika 10.4.** Podjela na frekvencijske blokove za sustav LTE u pojasu 694-790 MHz

Iako trenutno nije dodijeljen jedan blok frekvencija za LTE u frekvencijskom pojasu 790-862 MHz očekuje se da će se s razvojem usluga i mreža u skoroj budućnosti iskoristiti svi kapaciteti za LTE u frekvencijskom pojasu 790-862 MHz, te da će nakon toga operatori mreža mobilnih komunikacija iskazati interes za korištenje dodatnih kapaciteta u frekvencijskom pojasu 694-790 MHz. S obzirom da će LTE u frekvencijskom pojasu 790-862 MHz omogućiti širokopojasni pristup Internetu u mrežama mobilnih komunikacija, a da će LTE u frekvencijskom pojasu 694-790 MHz predstavljati samo nadopunu kapaciteta, pitanje je koliko će operatori biti spremni investirati u nadogradnju mreže, kao i platiti istu visinu naknada za upotrebu radiofrekvencijskog spektra (tablica 10.9).

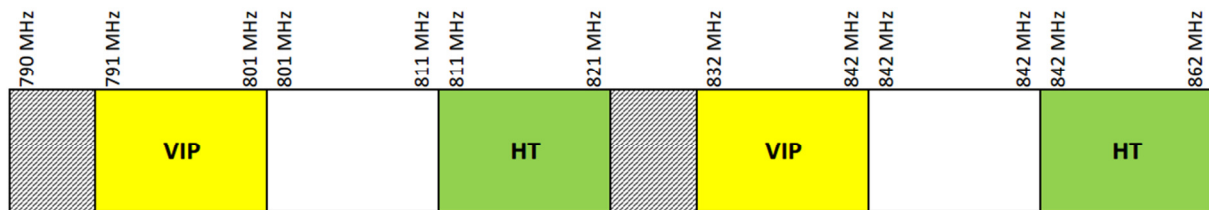
**Tablica 10.9.** SWOT analiza uvođenja LTE sustava u frekvencijskom pojasu 694-790 MHz

<b>Prednosti:</b>	<b>Slabosti:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• udvostručenje prijenosnih kapaciteta za LTE mreže mobilnih komunikacija u UHF frekvencijskom pojasu,</li> <li>• pogodno rasprostiranje elektromagnetskih valova,</li> <li>• mogućnost izgradnje mreže s velikim ćelijama i malim brojem baznih postaja,</li> <li>• dostupnost širokopojasnog pristupa Internetu u ruralnim područjima,</li> <li>• financijski prihodi državnog proračuna od naknade za uporabu radiofrekvencijskog spektra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• gubitak 2 pokrivanja za digitalnu televiziju,</li> <li>• nužnost promjene izdanih dozvola za digitalnu televiziju,</li> <li>• pojava troška zbog prelaska digitalne televizije u frekvencijski pojas 470-694 MHz,</li> <li>• mreže mobilnih komunikacija nisu učinkovite za prijenos linearnih usluga kao što je televizija.</li> </ul>
<b>Prilike:</b>	<b>Prijetnje:</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• LTE je standardiziran u cijeloj Europi,</li> <li>• Razvoj novih aplikacija za pametne telefone i tablete.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• dugotrajan postupak harmonizacije spektra,</li> <li>• nezainteresiranost operatora za dodatne prijenosne kapacitete,</li> <li>• produbljenje gospodarske krize i stagnacija ulaganja,</li> <li>• različite strategije u susjednim zemljama,</li> <li>• interferencija prema DVB-T2.</li> </ul>

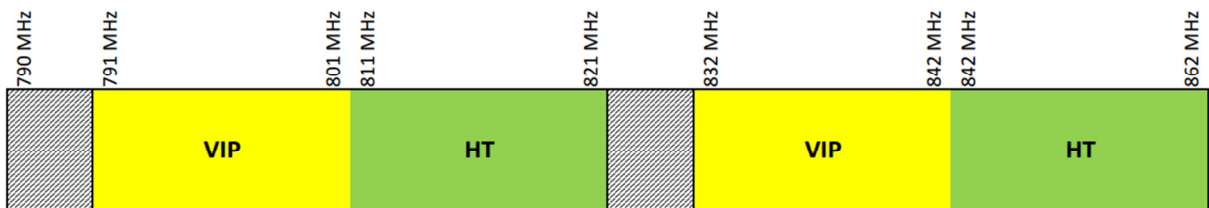
## 10.4. Uporaba frekvencijskog pojasa 790-862 MHz

Frekvencijski pojas 790-862 MHz u Republici Hrvatskoj je dodijeljen operatorima mreža mobilnih komunikacija. Trenutno su dodijeljena 2 bloka širine 10 MHz operatorima mreža mobilnih komunikacija VIP net-u i T-HT-u. LTE sustav omogućava u bloku širine 10 MHz brzine silazne veze do 44,7 Mbit/s bez MIMO tehnike odnosno do 85,7 Mbit/s uz uporabu 2x2 MIMO tehnike.

Iako je i za treći blok širine 10 MHz raspisan javni poziv za izdavanje dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra, nije bilo interesa za dodjelu tog bloka. Treći blok u budućnosti se može dodijeliti kao proširenje dodjeljivih blokova s 10 na 15 MHz ili novom, trećem operatoru mreža mobilnih komunikacija (slika 10.5.).



(a) trenutno stanje



(b) mogućnosti dodjele

Slika 10.5. Mogućnosti dodjele trećeg bloka za LTE

## 11. Zaključak

Mogućnosti uporabe digitalne dividende u Republici Hrvatskoj (kao i u cijeloj Europi) mogu biti raznolike, a u osnovi se svode na dva glavna područja: uporaba digitalne dividende za pružanje usluga radiodifuzije radijskih i televizijskih programa te uporaba digitalne dividende za uspostavljanje mobilnih elektroničkih komunikacijskih mreža za potrebe radijskog širokopojasnog pristupa. Ostali korisnici digitalnu dividendu rabiće najčešće na sekundarnoj osnovi, tj. na način da ne ometaju rad primarnih korisnika. Prilikom davanja preporuka za uporabu digitalne dividende u Republici Hrvatskoj treba uzeti u obzir sljedeće činjenice:

- Hrvatska je mala zemlja, odnosno malo tržište. Sukladno tome moramo biti svjesni da ne možemo samostalno birati tehnologije koje će pružati željene osnove za implementaciju novih komunikacijskih sustava i usluga. U odabiru tehnologija treba slijediti velike europske države (zbog veličine tržišta) i nama susjedne zemlje. Usvajanjem tehnologija prisutnih i sazrelih na velikim tržištima, korisnici u RH profitiraju od niže cijene prijarnika. Dionici tržišta elektroničkih komunikacija u Republici Hrvatskoj nisu u poziciji da diktiraju tehnologiju ni trendove implementacije već trebaju pažljivo pratiti i pametno slijediti razvijene zemlje vodeći računa o našim specifičnostima.
- Hrvatska je mala zemlja pa lakše može zadovoljiti sve svoje potrebe za odašiljanjem radijskih i televizijskih programa te za pružanjem širokopojasnog radijskog pristupa u raspoloživim frekvencijskim pojasevima. Trenutno dostupna tehnologija i frekvencijski kapacitet osiguravaju potrebe našeg društva na duži vremenski rok te omogućavaju razvoj novih usluga i sadržaja.
- Proces prijelaza na digitalno odašiljanje televizije završio je prije dvije godine na vrlo uspješan način. Trenutne dozvole za uporabu radiofrekvencijskog spektra za radiodifuziju televizijskih programa traju do 2019. godine za multipleks A i B, do 2020. godine za multipleks D te do 2021. godine za multiplekse C i E.
- Obzirom na veličinu marketinškog tržišta u Hrvatskoj, korištenje kapaciteta digitalne zemaljske televizije za uvođenje novih programa slobodnih za prijam u javnosti teško može osigurati održivi poslovni model. Izuzetak može biti javna televizija koja se financira putem RTV pristojbe i marketinga. Novi nakladnici televizijskog programa mogli bi opstati samo uz neki oblik sufinanciranja.
- Trenutno se u zemaljskoj radiodifuzijskoj mreži uvode dva multipleksa u kojima će se nuditi paketi televizijskih programa uz plaćanje. Programi koji se emitiraju su zaštićeni uz uvjetovani pristup i za prijam je potreban programski ili sklopovski dodatak prijarniku. Ovime platforme kabelaške televizije i IPTV-a dobivaju konkurenciju u pogledu distribucije većeg broja televizijskih programa.
- Digitalna zemaljska televizija je u Hrvatskoj dominantna platforma za distribuciju televizijskih programa do gledatelja. U RH 60 % domaćinstava gleda isključivo digitalnu zemaljsku televiziju.
- Proces prijelaza na digitalno odašiljanje radijskih programa nije započeo. Postoji velik broj radijskih nakladnika na gradskoj i lokalnoj razini (133).
- Digitalna dividenda se već koristi u RH za:
  - nove televizijske programe slobodne za prijam u javnosti (multipleks B i dio multipleksa D),
  - nove televizijske programe uz dodatnu pretplatu (multipleksi C i E),
  - mreže mobilnih komunikacija za širokopojasni radijski pristup u pojasu 790-862 MHz (LTE).



Preporuke o korištenju digitalne dividende u Republici Hrvatskoj mogu se razmatrati po frekvencijskim pojasevima: 174-230 MHz, 470-694 MHz i 694-790 MHz koji se međusobno razlikuju po načinu uporabe, propagacijskim značajkama i količini slobodnih kapaciteta.

Frekvencijski pojas 174-230 MHz bi se prvenstveno trebao koristiti za medijske usluge digitalnog radija. Proces prijelaza na potpuno digitalno odašiljanje radija će biti dulji i složeniji nego što je to bilo kod uvođenja digitalne zemaljske televizije. Trenutno se najprikladnija čini tehnologija DAB+ koja je pogodna za nakladnike na državnoj, regionalnoj i županijskoj razini. Uvođenje digitalnog radija u pojas VHF III temeljni je preduvjet da se krene prema potpunom digitalnom odašiljanju radijskih programa. Veliki problem ostaju radijski nakladnici na gradskoj i lokalnoj razini, kojima odašiljanje unutar multipleksa koji pokriva veliko područje, nije prihvatljivo. U konačnom rješenju digitalizacije odašiljanja radijskih programa treba svakako sačuvati male postaje jer one predstavljaju bogatstvo naše zajednice.

Frekvencijski pojas 470-694 MHz koristi se za medijske usluge digitalne televizije. Usvojene tehnologije ne trebaju se često mijenjati te se treba pridržavati rokova izdanih dozvola. Iako je u ovoj studiji obrađena mogućnost prijelaza sa sustava DVB-T na sustav DVB-T2 na osnovu postojećeg plana i uz replaniranje frekvencijskih dodjela, preporuka bi bila da se postojeći multipleksi izgrađeni u DVB-T tehnologiji još ne zamjenjuju DVB-T2 tehnologijom. Korisnike se ne smije tjerati na novi trošak, a zbog teške ekonomske situacije teško je osigurati sredstva za subvencioniranje troška nabave novih prijamnika. DVB-T2 tehnologija se treba rabiti za uvođenje novih multipleksa u zemaljski radiodifuzijski sustav.

Frekvencijski pojas 694-790 MHz treba ostaviti isključivo za digitalnu televiziju (barem još 10-15 godina). Kada bi svi multipleksi prešli na DVB-T2 tehnologiju i kada bi se napravilo replaniranje frekvencijskih dodjela tek tada bi se mogli steći uvjeti za dodjeljivanje ovog pojasa mobilnim komunikacijskim sustavima. Pitanje je bi li to i tada bilo opravdano (ovo traži posebnu analizu), ali sigurno je da je ovo pitanje stvar budućnosti. U prilog ovome idu i sljedeće činjenice:

- za pojas 790-862 MHz u Republici Hrvatskoj nije vladao preveliki interes jer je jedan upareni blok ostao nedodijeljen,
- mobilnim operatorima se prihodi smanjuju, a trebaju ulagati u izgradnju nove mreže u dobivenom pojasu 790-862 MHz. Mobilni operatori bi mogli imati znatne troškove kako bi spriječili smetnje koje rad njihovog sustava može izazvati u sustavu digitalne zemaljske televizije.
- mobilnim operatorima stoje na raspolaganju i druga frekvencijska područja gdje je posebno atraktivan pojas oko 1800 MHz. Trenutno se u tom pojasu tehnologija LTE najviše implementira. Kao najbolja implementacija LTE-a čini se sljedeća kombinacija: pojas 790-862 MHz za ruralna pokrivanja, a pojas oko 1800 MHz za gradska pokrivanja. Pojas oko 1800 MHz znatno je jeftiniji od pojaseva digitalne dividende, a izbjegava se problem interferencije s digitalnom zemaljskom televizijom.

## Literatura

- [1] ASTRA, Satellite TV & Radio via ASTRA - Satellite Company – ASTRA, dostupno na: <http://www.onastra.com>
- [2] CEPT Report 030: Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on “The identification of common and minimal (least restrictive) technical conditions for 790 - 862 MHz for the digital dividend in the European Union”, 2009.
- [3] CEPT Report 31: Report from CEPT to the European Commission in response to the Mandate on “Technical considerations regarding harmonisation options for the digital dividend in the European Union”, “Frequency (channelling) arrangements for the 790-862 MHz band”, 2009.
- [4] Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2011–2016, Cisco Systems, 2012.
- [5] COM(2005) 204 final, Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the European Economic and Social committee and the Committee of the Regions on accelerating the transition from analogue to digital broadcasting, 2005.
- [6] Cullen International, Spectrum awards in progress, 2012.
- [7] Cullen International, Supply of services in monitoring regulatory and market developments for electronic communications and information society services in Enlargement Countries, 2012.
- [8] Deloitte, Mobilna telefonija i oporezivanje u Hrvatskoj, Deloitte LLP, 2011.
- [9] DVB BlueBook A151, Commercial Requirements for 3D-TV, 2010.
- [10] DVB Project, DVB Fact Sheet: DVB-T2 - 2nd Generation Terrestrial Broadcasting, DVB Project Office, April 2012.
- [11] EBU, TECH 3299: High Definition (HD) Image Formats for Television Production, Geneva, 2010.
- [12] EBU, Technical Report 008: HDTV Contribution Codecs, 2010.
- [13] EBU, Technical Report 013: The Future of Terrestrial Broadcasting, 2011.
- [14] EBU, Technical Report 3348: Frequency and Network Planning Aspects of DVB-T2, 2012.
- [15] ECC/DEC/(09)03, Harmonised conditions for mobile/fixed communications networks (MFCN) in the band 790-862 MHz, 2009.
- [16] ETSI EN 300 421 V1.1.2 (1997): Digital Video Broadcasting; Framing structure, channel coding and modulation for 11/12 GHz satellite services
- [17] ETSI EN 300 429 V1.2.1 (1998): Digital Video Broadcasting; Framing structure, channel coding and modulation for cable systems
- [18] ETSI EN 300 744 V1.6.1 (2009): Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television
- [19] ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004): Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H)
- [20] ETSI EN 302 307 V1.2.1 (2009): Digital Video Broadcasting (DVB); Second generation framing structure, channel coding and modulation systems for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications (DVB-S2)
- [21] ETSI EN 302 583 V1.1.2 (2010): Digital Video Broadcasting (DVB); Framing Structure, channel coding and modulation for Satellite Services to Handheld devices (SH) below 3 GHz
- [22] ETSI EN 302 755 V1.3.1 (2012): Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)

- [23] ETSI EN 302 769 V1.1.1 (2010-04): Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital transmission system for cable systems (DVB-C2)
- [24] European Commission, Information Society and Media Directorate-General, Consultation document - Transforming the digital dividend opportunity into social benefits and economic growth in Europe, 2009.
- [25] Gosta, M., Šakić, K., Digital Dividend after the Transition to DVB-T2, Proceedings of the 54th International Symposium ELMAR-2011, Zadar, str. 243-246, 2012.
- [26] HAKOM, Cjelokupni godišnji izvještaji: Telefonske usluge u javnoj pokretnoj komunikacijskoj mreži, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [27] HAKOM, Cjelokupni godišnji izvještaji: Telefonske usluge u javnoj nepokretnoj komunikacijskoj mreži, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [28] HAKOM, Cjelokupni godišnji izvještaji: Usluga širokopojasnog pristupa Internetu, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [29] HAKOM, Cjelokupni godišnji izvještaji: Usluga televizije, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [30] HAKOM, Cjelokupni kvartalni izvještaji: Telefonske usluge u javnoj pokretnoj komunikacijskoj mreži, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [31] HAKOM, Cjelokupni kvartalni izvještaji: Telefonske usluge u javnoj nepokretnoj komunikacijskoj mreži, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [32] HAKOM, Cjelokupni kvartalni izvještaji: Usluga širokopojasnog pristupa Internetu, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [33] HAKOM, Cjelokupni kvartalni izvještaji: Usluga televizije, dostupno na: <http://www.hakom.hr/default.aspx?id=329>
- [34] HAKOM, Plan dodjele radijskih frekvencija za službe zemaljske radiodifuzije u frekvencijskim pojasevima 148,5 kHz-1492,0 MHz, dostupno na: [http://www.hakom.hr/UserDocImages/2011/radiodifuzija\\_i\\_dozvole/Plan%20dodjele%20za%20Radiodifuziju20110913.pdf](http://www.hakom.hr/UserDocImages/2011/radiodifuzija_i_dozvole/Plan%20dodjele%20za%20Radiodifuziju20110913.pdf)
- [35] HAKOM, Plan dodjele za frekvencijski pojas 791-821/832-862 MHz, dostupno na: <http://www.hakom.hr/UserDocImages/2012/radiokomunikacije/VL-RK-PR-INTV-Plan%20dodjele%20za%20800%20MHz-20120912.pdf>
- [36] Holma, H., Toskala, A., LTE for UMTS – OFDMA and SC-FDMA Based Radio Access, John Wiley & Sons, Ltd, 2009.
- [37] ISO/IEC 13818-2: Information Technology - Generic Coding of moving pictures and associated audio information: Video, 1996.
- [38] ISO/IEC 13818-1: Information technology - Generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems, 1996.
- [39] ITU-R Recommendation BT.709-5: Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange, 2002.
- [40] ITU-T Recommendation H.264/ISO/IEC 14496-10: Information technology - Coding of audio-visual objects - Part 10: Advanced Video Coding, 2004.
- [41] ITU - Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), Geneva, 2006.

- [42] ITU - Final Acts of the Regional Radiocommunication Conference for planning of the digital terrestrial broadcasting service in parts of Regions 1 and 3, in the frequency bands 174-230 MHz and 470-862 MHz (RRC-06), Geneva, 2006.
- [43] ITU - WRC Final Acts - WRC-07, Geneva, 2007.
- [44] ITU CPM15-1 Decision on the Establishment and Terms of Reference of Joint Task Group 4-5-6-7, 2012.
- [45] ITU, Final acts of the World Radiocommunication Conference 2007 (WRC-07), 2007.
- [46] ITU, Final acts of the World Radiocommunication Conference 2012 (WRC-12), 2012.
- [47] Kamaci, N., Altunbasak, Y., Performance comparison of the emerging H.264 video coding standard with the existing standards, ICME '03 Proceedings of the 2003 International Conference on Multimedia and Expo – vol. 2, 2003, str. 345-348
- [48] McCann, K., Review of DTT HD Capacity Issues, An Independent Report from ZetaCast Ltd. Commissioned by Ofcom, 2007.
- [49] Modlic, B., Grgić, S., Kos T., Šišul, G., Cvitković, M., Bojanjac, D., Migracija prema digitalnom odašiljanju radija u zemaljskoj mreži (studija), FER, Zagreb, 2010.
- [50] Modlic, B., Grgić, S., Kos T., Grgić, M., Šišul, G., Cvitković, M., Analiza učinaka digitalnog odašiljanja televizije na spektar frekvencija u VHF i UHF pojasu (studija), FER, Zagreb, 2009.
- [51] Odluka o početku digitalnog emitiranja i prestanku analognog emitiranja televizijskih programa u Republici Hrvatskoj, Narodne novine br. 91/08
- [52] OEDC, OEDC Communications Outlook 2011, OECD Publishing, 2011.
- [53] Ozaktas, H. M., Onural, L., Three-Dimensional Television - Capture, Transmission, Display, Springer, 2008.
- [54] Pravilnik o namjeni radiofrekvencijskog spektra, Narodne novine br. 136/08, 17/10, 118/10, 119/10, 87/11, 53/12
- [55] Pravilnik u uvjetima dodjele i uporabe radiofrekvencijskog spektra, Narodne novine br. 45/12, 50/12
- [56] Pregled tržišta telekomunikacija u Republici Srbiji u 2011. godini, dostupno na: [http://www.ratel.rs/trziste/pregledi\\_trzista.230.html](http://www.ratel.rs/trziste/pregledi_trzista.230.html)
- [57] Sakal, I., Tabaković, Ž., Grgić, S., Tralić, D., The Electronic Communications Regulatory Challenges – Experiences from the Looking to the Future Project Croatian approach to Digital Dividend, Proceedings of the Workshop on electronic communications regulatory challenges, SoftCOM 2011, Split, str. 34-42, 2011.
- [58] SMPTE ST 296: Television - 1280 X 720 Progressive Image Sample Structure - Analog And Digital Representation And Analog Interface, 2001.
- [59] SMPTE ST 274: Television - 1920 x 1080 Image Sample Structure, Digital Representation and Digital Timing Reference Sequences for Multiple Picture Rates, 2003.
- [60] Šakić, K., Grgić, S., The Influence of the LTE System on DVB-T Reception, Proceedings of the 52nd International Symposium ELMAR-2010, Zadar, str. 235-238, 2010.
- [61] Vieracker, T., Planning DVB-T2, White Paper, LS Telcom AG, 2010.
- [62] Vlada Republike Hrvatske, Strategija prelaska s analognog na digitalno emitiranje televizijskih programa u Republici Hrvatskoj, 2008.
- [63] Vlada Republike Hrvatske, Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2012. do 2015. godine, 2011.
- [64] Zakon o elektroničkim medijima, Narodne novine br. 153/09, 84/11
- [65] Zakon o Hrvatskoj radioteleviziji, Narodne novine br. 137/10, 76/12

Ovu studiju izradila je skupina stručnjaka sa Zavoda za radiokomunikacije, Sveučilišta u Zagrebu Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

Voditelj tima za izradu studije sa Sveučilišta u Zagrebu  
Fakulteta elektrotehnike i računarstva:

  
Prof.dr.sc. Sonja Grgić

U Zagrebu, 21. studenoga 2012. godine