



DAB+ BUDUĆNOST DIGITALNOG RADIJA U SRBIJI

Jovan Zlatanović*,
Zoran Gaćinović,
Slađan Stanković

JP Emisiona tehnika i veze,
Beograd, Srbija

Rezime:

Digitalni radio, pregled i analiza svetskih trendova i dodatnih servisa koje nudi DAB+ sistem, šta nam zemlje u okruženju i Evropi kažu, kakva su iskustva, do koje tačke razvoja DAB+ sistema su stigle i koji su izazovi prilikom uvođenja i implementacije.

Srbija - sledeći izazov za uvođenje nove tehnologije, kako i šta realizovati – osnovna načela – planovi u budućnosti. Upoređićemo tehničko – tehnološka rešenja nekoliko proizvođača, pre svega distributivne opreme DAB+ sistema koji nam daje potrebnu modulaciju za napajanje, odnosno ulaz VHF predajnika, serije 7000 R&S (Rohde & Schwartz). Upoznaćemo se sa mogućnostima nadogradnje postojećih VHF predajnika, čime se postiže da pomenuti emituju digitalni radio odgovarajućom prepravkom. Takođe ćemo pokazati kako novi nadograđeni sistem funkcioniše sa svim naprednim softverskim alatima visoko efikasne nelinearne digitalno adaptivne (DAP) prekorekcije i linearne DAP prekorekcije za ispravljanje distorzija filtara. Pokazaćemo softverske alate za predikciju polja DAB+ sistema – LS Telcom CHIRPlus_BC, koji koristi IRT-3D propagacioni model, sa digitalnim modelom terena rezolucije 100 x 100 metara, sa 16 nivoa klatera. Uređaji će raditi u SFN i MFN modu rada. Na kraju, ćemo ukratko opisati prednosti DAB+ digitalnog radija u odnosu na FM analogni radio.

Ključne reči:

DAB+, VHF predajnici, DAP, LS Telcom, SFN mod rada.

1. UVOD

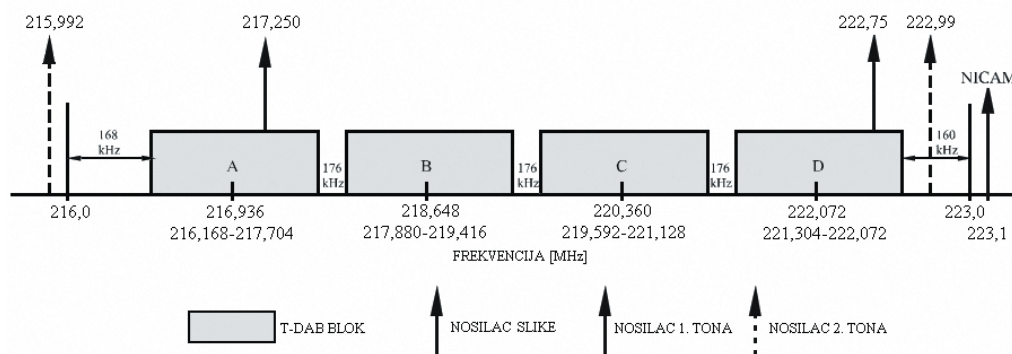
DAB+ standard je danas u širokoj upotrebi, sa velikim brojem prijemnika na EU tržištu i praktično predstavlja Evropski standard za emitovanje digitalnog radija. Prvobitni naziv je bio Projekat EUREKA 147, koji je otpočeo još 1987 godine. DAB+ sistem je predviđen za rad u VHF III frekventijskom opsegu (174 – 230 MHz) [13], na taj način se koristi frekventijski spektar koji se ranije bio namenjen za analognu televiziju i koji obezbeđuje dovoljno prostora u budućnosti za razvoj digitalnog radija. Širina emisionog kanala je 7 MHz, a svaki emisioni kanal je podeljen na 4 frekventijska bloka, čija je nominalna širina 1,75 MHz (stvarna širina je 1,536 MHz).

Odgovorno lice:

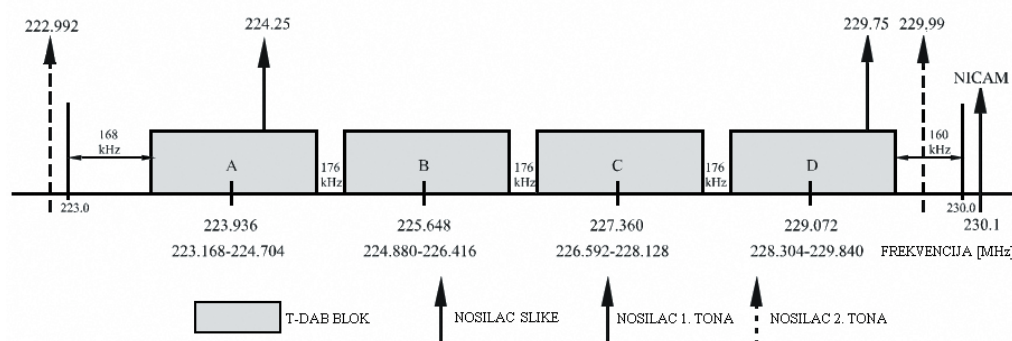
Jovan Zlatanović

e-pošta:

jovan.zlatanovic@etv.rs



Slika 1. Raspored DAB+ blokova u 11. VHF kanalu



Slika 2. Raspored DAB+ blokova u 12. VHF kanalu

Ovime se obezbeđuje veća spektralna efikasnost. Uređaji imaju mogućnost rad u SFN (Single Frequency Network) modu [17], koji podrazumeva rad više predajnika na istoj frekvenciji, čime se ostvaruje racionalno iskorišćenje frekvencija, kao ograničenog prirodnog resursa. Koristi se HE AACv2 (AAC+) kodiranje (High-Efficiency Advanced Audio Coding). Po kanalu se može emitovati 12 - 18 programa u zavisnosti od željenog kvaliteta audio programa. Veoma bitno je reći da korišćenjem DAB+ digitalnog radija postoji mogućnost pružanja dodatnih usluga i servisa za korisnike, informacije o saobraćaju i stanju na putevima, kako bi se obezbedila poboljšana bezbednost saobraćaja. DAB+ je mnogo više od digitalizovanog audio signala, jer omogućava korišćenje dodatnih servisa: grafika, *web*, prognoza, promet... Dodatni servisi DLS: EPG, novine, SLS servisi: podrazumeva vizualizaciju radija, fotografije iz studija, reklame, prikaz sportskih rezultata. Postoji mogućnost emitovanja mobilne TV – DMB, koja koristi H.264 kodiranje. Takođe, treba spomenuti i TPEG – saobraćajne informacije na DAB+ platformi i TTI (traffic and travel)

informacije u realnom vremenu tj. događaji i vesti, navigacija, predviđanje gustine saobraćaja, informacije o parkingu, cene goriva, sve ovo naravno nezavisno od jezika. EU ITS Direktiva koja se odnosi na slobodan pristup univerzalnim saobraćajnim informacijama, Emergency Warning Functionality – grafičke i tekstualne poruke u slučaju nesreća širih razmera i katastrofa, kojima se praktično iz centara za praćenje i obaveštavanje šalju poruke iz raznih izvora. Povratne funkcije – digitalni radio skenira sve dostupne radio stanice i čuva ih na listi alfabetskih stanica. U daljem radu ćemo analizirati razvoj DAB+ u susednim zemljama i svetu. Zatim ćemo predstaviti način na koji smo zamislili razvoj DAB+ digitalnog radija u sledeće 2 godine u Srbiji. Na kraju ćemo predstaviti koncept pokrivanja teritorije Republike Srbije, digitalnim radijom DAB+, gde su prikazani proračuni pokrivanja realizovani korišćenjem softverskog alata LS Telcom CHIRPlus_BC. Biće predstavljen i kratka analiza i poređenje FM analognog radija sa DAB+ digitalnim radijom.



2. DAB+ U SVETU

Jedina platforma, na kojoj se prenos radio signala obavlja analogno je emitovanje radijskih programa na FM frekvencijskom opsegu. U svetu je kao standard za digitalno emitovanje [1] radijskog signala usvojen DAB sistem. Veliki broj zemalja je otpočeo sa prelaskom na DAB sistem, ali u većini tih zemalja, paralelno sa emitovanjem digitalnog radio signala, emituje se i radio program na FM frekvencijskom opsegu, jer još uvek broj digitalnih prijemnika u domaćinstvima i automobilima nije na zadovoljavajućem nivou. Svetski trendovi su takvi da je zastupljenost DAB+ digitalnog radija [2] [3] [14] trenutno najveća u skandinavskim zemljama. U Norveškoj je 2017. godine urađen *switch-off* FM analognog radija.

Zemlje u regionu su počele sa probnim emitovanjem DAB+ digitalnog radija, sa dodatnim servisima koji uz njih idu.

Na početku treba spomenuti Sloveniju i u tabeli ćemo pokazati osnovne podatke emitovanju digitalnog radija [4].

Coverage	Motorway&highway 89%/indor portable reception 67%
Mod network	SFN network on channel 10D - 215,072 MHz
Encoding stanadard	MPEG-4 HE-AAC version 2
Number of station	7 mandatory/optional sites
ERP	Typicaly 5kW
Required bitrate for min. quality	Stereo 48kbit/s, mono 24 kbit/s
content	Publick tender for content
New services	Dynamic label, slideshow, jornaline, EPG
Number of service per channel	4 national public radio and 8 regional radio

Tabela 1. Osnovni karakteristike emitovanja DAB+ u Sloveniji

Coverage	Portable outdoor reception/portable outdoor reception (1.6/2.1 mil. Inhabitants)
Mod network	SFN network on channel 9C- 206,352 MHz
Encoding standard	MPEG-4 HE AAC version 2 (AAC+)

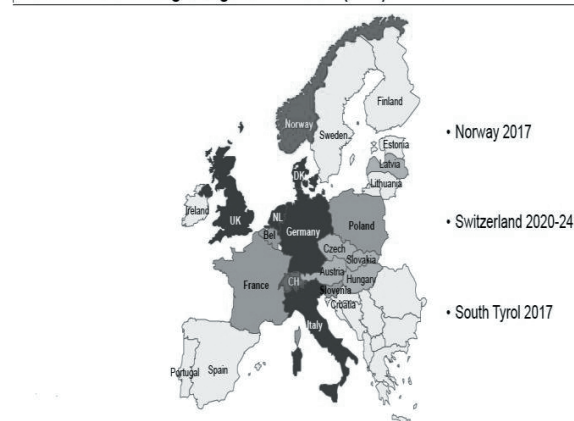
Number of station	3 mandatory
ERP	Max 8kW
Max capacity	1.5Mbps, average 1.152kbps (FEC 3A), stereo 64kbit/s
Number of CU	864
Number of service per channel	12-18 depend of quality
New service	Slideshow, Dynamic label, EPG

Tabela 2. Osnovne karakteristike emitovanja DAB+ u Hrvatskoj

Odašiljači i veze iz Republike Hrvatske takođe imaju testnu DAB+ mrežu, puštena je u rad krajem prošle godine i parametri mreže prikazani su u Tabeli 2 [4].

Na slici je prikazan evropski trend razvoja DAB+.

First countries moving to Digital Switchover (DSO)

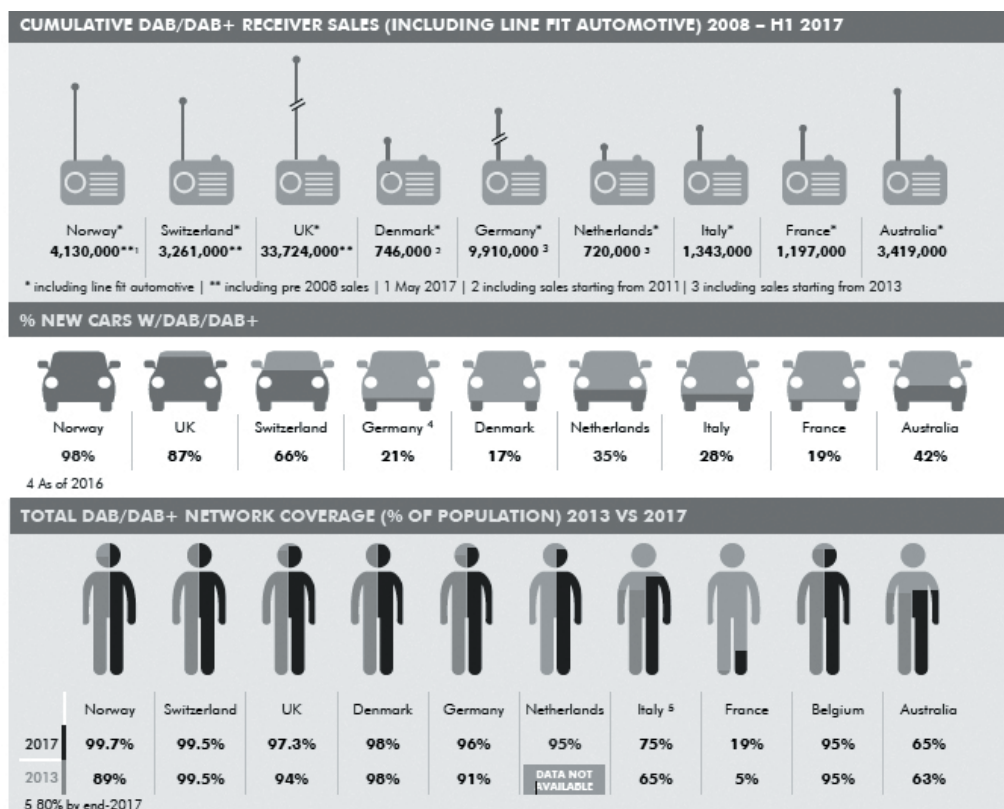


Slika 3. Stepen razvoja DAB+ u Evropi

Crvenom bojom su označene države koje su uradile ili će uraditi potpuni prelazak na DAB+ (DSO). Tamno ljubičastom su označene države u kojima je DAB+ digitalni radio funkcioniše i ima dobru pokrivenost i slušaoci su ga prihvatili kao novi servis u značajnoj meri. Svetlo ljubičastom bojom su označene države u kojima je DAB+ digitalni radio u početnoj fazi i u kojoj se tek očekuje ekspanzija i njegov razvitak sa svim dodatnim servisima.

Ostale države Evrope razmišljaju na tu temu i prave prve korake među njima je i Srbija.

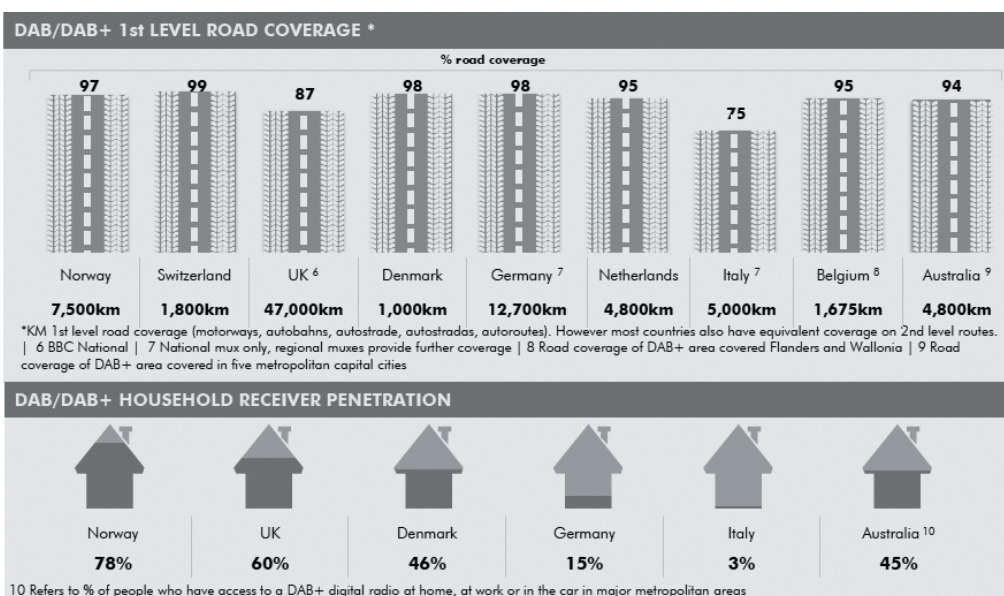
Na koji način i koliko su duboko u tehnologiji stigle pomenute države biće jasnije kad predstavimo sledeće grafike.



Slika 4. Broj prodatih DAB+ prijemnika i pokrivenost populacijom u pojedinim zemljama

Prvi grafik (Slika 4) predstavlja broj prodatih DAB+ prijemnika od 2008 do 2017. godine na svetskom nivou. Vidimo da i Australija aktivno kreira i podržava razvoj digitalnog radija. Naravno pri ovoj analizi treba uzeti u obzir i broj stanovnika svake od pomenutih država

da bi se došlo do pravih zaključaka. Tako, iako je u UK prodato čak preko 33 miliona digitalnih risivera, a u Norveškoj oko 4 miliona – to praktično znači da svako domaćinstvo u Norveškoj poseduje digitalni risiver, što u UK nije slučaj [6].

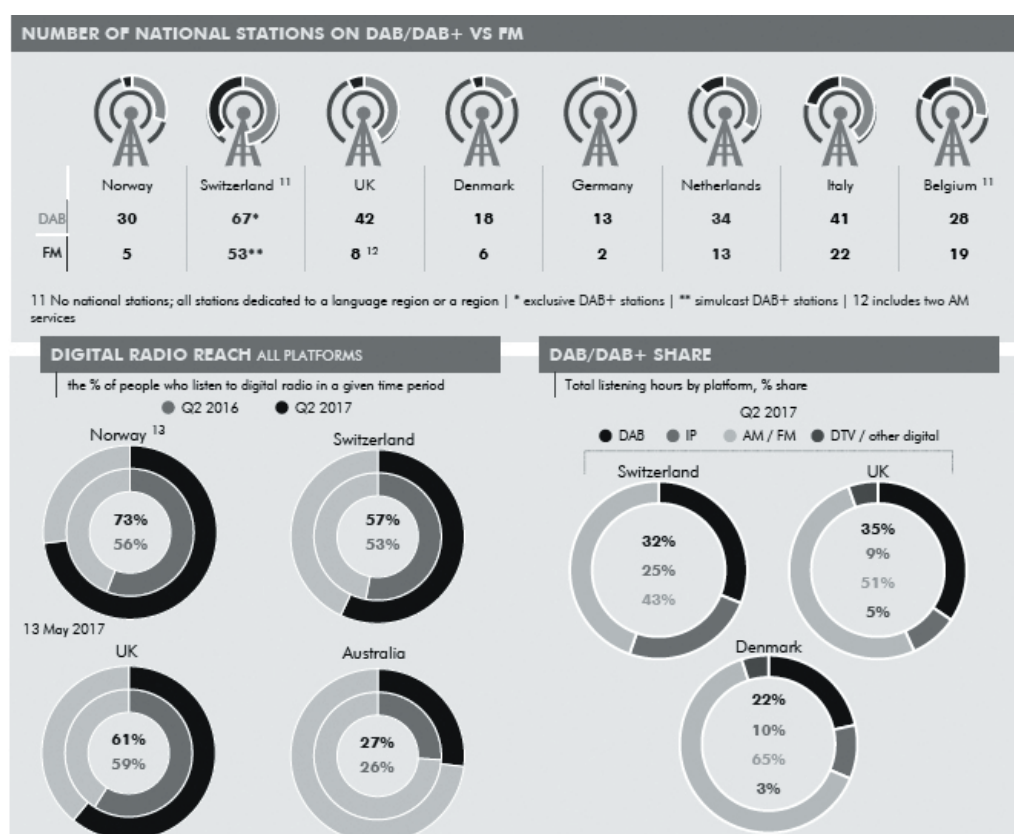


Slika 5. Pokrivenost saobraćajnica i broj DAB+ prijemnika u kućnim domaćinstvima



Na drugom grafiku je broj novougrađenih prijemnika u novim automobilima. Lider je opet Norveška. Istakli bismo primer audija, DAB radio u 2015 je bio 14.4%, u 2016 je bio 21%, a 2017 čak 39.1% [8].

Na trećem je uporedo dato koliko je stanovništva pokriveno DAB+ digitalnim radijom i vidimo da se u svim zemljama vidi značajan porast [7].



Slika 6. Poređenje analognog FM radija i digitalnog DAB+ radija iz više aspekata

Na sledećim graficima je predstavljena pokrivenost saobraćajnica, na što se akcenat i stavlja gde se vidi da su one izuzetno dobro pokrivene, pa čak i među zemljama koje tek kreću u razvoj digitalnog radija – Belgija.

Na drugom grafiku je prikazana zastupljenost risivera u kućnim domaćinstvima. Vidimo da je ona značajno manja i da je tek u razvitku, odziv stanovništva je jako mali kao na primer u Italiji, gde je pokrivenost saobraćajnicama DAB+ jako velika.

Kada se govori o zastupljenosti prijemnika, treba imati u vidu da su se navike slušanja radija promenile, tako da se danas radio najviše sluša u pokretu na različitim platformama, u kolima, na mobilnim telefonima, tabletima. Kod prijemnika namenjenih za, da kažemo, stacionarni prijem, karakteristična je njihova interaktivnost, odnosno mogućnost povezivanja sa internetom – hibridni radio.

Na kraju poređenja sa analognim FM radijom. Nacionalne stanice su zastupljenije u DAB/DAB+ digitalnom radiju i prepoznaju ga kao tehnologiju budućnosti.

Na poslednjem grafiku se vidi da se slušanje DAB+ digitalnog radija povećava iz godine u godinu, ali da u pojedinim zemljama koje razvijaju DAB+ platformu FM analogni radio ima veliki broj slušalaca.

3. DAB+ U SRBIJI

Ove godine u Srbiji počinje projekat digitalizacije radija. Za potrebe planiranja i izrade Plana GE06 [9] teritorija Republike Srbije je podeljena na 8 oblasti u 11. kanalu i 6 oblasti u 12 kanalu za T-DAB za digitalno emitovanje radio signala. Svako od oblasti pridružen je određen frekvencijski blok unutar dodeljenog radio kanala [10] [11].



JP ETV uvek se trudi da uvodi i razvija nove tehnologije u skladu sa najsavremenijim trendovima u oblasti radiodifuznog emitovanja i da uvede nove servise kojima će se privući novi korisnici. Projekat uvođenja digitalnog radija DAB+ se izvodi u fazama prema planu. Svaka faza projekta obuhvata određene aktivnosti. Evidencija izvedenih aktivnosti prati se preko Evidencije izvođenja projekta. Iskoristićemo uz nadogradnju, postojeće VHF TV predajnike i antenske sisteme, koji nisu u upotrebi, za izgradnju pilot DAB+ mreže. Nadograđićemo 6 postojećih VHF predajnika proizvođača R&S (Rohde & Schwarz) zamenom postojećeg analognog eksajtera sa digitalnim eksajterom [5].

U prvoj fazi realizacije, 2018. godine predviđeno je da se DAB signal pusti sa emisione lokacije Avala, što podrazumeva instalaciju i podešavanje karakteristika digitalnog eksajtera, zatim fizičko povezivanje i adaptacija na predajnik. Na taj način ga integrišemo u jedinstven sistem predajnika, koji sada radi kao digitalni DAB+ radijski predajnik, a ne više kao analogni VHF predajnik. U tom terminu potrebno je instalirati i pustiti u rad DAB+ distributivni centar, odnosno DAB+ Head End, koji daje željenu modulaciju predajničkom eksajteru. Članovi projektnog tima će učestvovati u realizaciji nadogradnje eksajtera i instaliranja distributivnog centra zajedno sa podrškom odnosno ekspertskim timom iz telekomunikacionih kompanija, za čije se uređaje budemo odlučili.

U drugoj fazi, čija je realizacija predviđena za 2019. godinu, planirana je nadogradnja preostalih 5 predajnika, na lokacijama Crveni Čot, Jastrebac, Subotica, Ovčar i Tupižnica / Crni Crh Jagodina, do kojih će se iz centralnog HeadEnd-a dostavljati modulacioni strim.

Nakon završetka ovih aktivnosti imali bi smo realizovanu pilot mrežu predajnika koji bi pokrivali dobar deo stanovništva i glavne magistralne pravce. Ova pilot mreža bi nam poslužila za sticanje neophodnih znanja i iskustava koja bi nam poslužila za realizaciju generalnog projekta digitalizacije radija u Republici Srbiji.

U nastavku ćemo objasniti i pokazati moguća tehnička rešenja i opremu koju trenutno posedujemo, a koja će biti iskorišćena.

Predstavićemo prvo postojeću opremu u Tabeli 3.

Lokacija	Snaga uređaja (kW)	Antenski sistem	Gain antena system	Max ERP (dBW)
Avala	10	8/4	10.36	15
Cr. Čot	10	8/4	12.2	10
Jastrebac	10	4/4	7.8	15
Subotica	5	4/4	7.8	10
Tupižnica	5	4/4	7.8	10
Ovčar	5	6/3	9.8	15

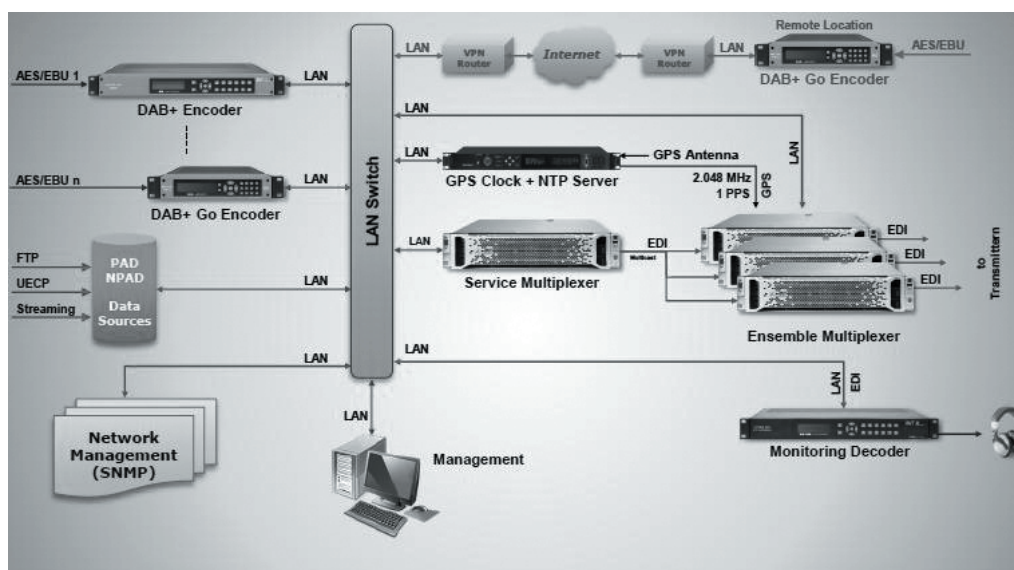
Tabela 3. Pregled postojeće opreme koja će biti iskorišćena za DAB+ digitalni radio

Iz tabele uočavamo da posedujemo 3 analogna VHF predajnika nominalne snage 10 kW i 3 analogna VHF predajnika nominalne snage 5 kW, sa pripadajućim antenskim VHF sistemima. Takođe, u tabeli su date i vrednosti za efektivne izračene snage, koja će biti realizovane nakon adaptacije analognih predajnika u DAB+ predajnike.

Na Slici 7 prikazana je realizacija distributivnog centra DAB+ sistema, kojoj ćemo težiti u realizaciji. Audio sadržaj dobijamo od korisnika kroz AES/EBU ulaz koji se preko enkodera distribuiraju kroz lokalnu mrežu do multipleksa. Osim audio sadržaja distribuira se kroz mrežu i PAD (Programme Associated Data) i NPAD podaci.

PAD podaci su vezani za konkretni radijski program i sadrže tipične aplikacije: EPG, oznake radijskih kanala, slike koje se menjaju u toku programa i druge aplikacije. Naravno PAD podaci zauzimaju određeni kapacitet i degradiraju korisni audio signal. NPAD podaci su vezani za konkretni radijski program i sadrže servisne informacije i aplikacije:

- ♦ PAD = Program Associated Data
 - » Direktna veza sa audio programom
 - » Tipične aplikacije: Dynamic Label (+), Slideshow, Broadcast Website, EPG, etc.
 - » Primedba: PAD uvek smanjuje kvalitet audija, preporuka je da se koristi max. 10% audio protoka za PAD
- ♦ NPAD = Non Program Associated Data
 - » Omogućava bilo koji data sadržaj, koji nije povezan za pojedinačan servis
 - » Tipične aplikacije: Slideshow, Broadcast Website, EPG, TPEG, etc.
 - » Dva različita prenosna formata:
 - › Packet Data – za Broadcast Website, EPG
 - › Stream Data – prenos kontinualnih eksternih data strimova (nor. TPEG)
 - » Data rates: $n \times 8 \text{ kbit/s}$ ($n = 1...216$)



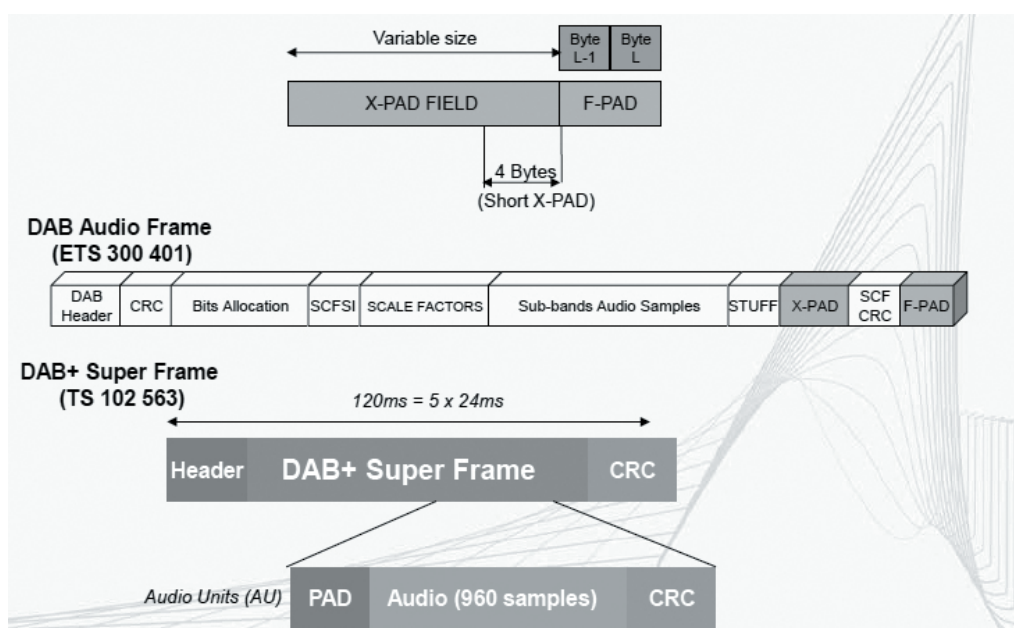
Slika 7. Koncept realizacije DAB+ Head enda

Realizacija encodera i pravljenje super frejma uz zaštitu koja Brzina odabiranja HE-AACv2 je 16, 24, 32, 48 kHz, maksimalana brzina odabiranja je 192 kHz, audio

super okvir traje 120 ms, kao što je prikazano na Slici 9. ulazi u multiplexer je predstavljena na Slici 8. Koristimo HE-AAC verzija 2 kodiranje.



Slika 8. Prenosni put podataka od ekodera do multipleksera



Slika 9. DAB+ super okvir (superframe)



AU (access unit) sadrži audio odbirke. RS (Reed-Solomon) je definisan kroz polja Galoa, dužine je 120 bajtova, 110 bajtova super okvira i 10 bajtova za proveru parnosti. Do 5 bajtova slučajno odabranih se mogu ispraviti.

Ovako organizovani podaci ulaze na multiplekser gde se pakuju i kao rezultat dobijamo EDI – encapsulation of DAB interface. Standard koji podržava IP emitovanje koje koristi DCP (Distribution and Communication Protocol) protokol i omogućava FEC – forward error correction je ETSI TS 102 693. Za sinhronizaciju u vremenu se koristi GPS prijemnik, koji omogućava sinhronizaciju svih uređaja dajući precizne vremenske impulse -1PPS signal, tako da više predajnika mogu emitovati na istoj frekvenciji – SFN mod rada.

Osnovna ideja realizacije je da se iskoriste postojeći VHF analogni predajnici i antenski sistemi za emitovanje DAB+ signala jer se koristi isti frekventni opseg te je potrebno samo zameniti postojeći eksajter odgovarajućim za DAB+ dok svi ostali pojačavački sklopovi predajnika mogu da se iskoriste. frekvencijskom opsegu. Novi digitalni eksajter savremenim metodama za digitalno adaptivnu prekorekciju (u daljem tekstu DAP) koriguje nelinearnosti i nesavršenosti pojačavača i izlaznih filtera i obezbeđuje dobar kvalitet izlaznog signala i sa predajnicima starije generacije koji nisu izvorno projektovani za tu namenu. Na izlazu daje maksimalan nivo od +20dBm, koji ide ka pojačavačima. Takođe, omogućava AGC – Automatic Gain Control, mogućnost da upravlja snagom pojačavača kroz automatsku kontrolu izlaznog nivoa iz digitalnog eksajtera. Ima funkciju zaštite u slučaju gubljenja ulaznog signala tj. uređaj ne emituje, kao i u slučaju nesinhronizacije. U potpunosti podržava daljinsku kontrolu i daljinsko nadograđivanje softvera i u skladu je sa metodama EN 300 401 v1.4.1[2] i EN TS 102 482 v1.1.1.

4. POKRIVANJE DAB+ SIGNALOM – REZULTATI PROČUNA [12] [15]

Proračun pokrivanja DAB+ signalom sa 6 emisionih lokacija (Avala, Subotica, Crveni Čot, Jastrebac, Ovčar i Tupižnica/Crni Vrh Jagodina) urađen je u softverskom paketu LS Telcom CHIRPlus_BC, korišćenjem IRT 3D propagacionog modela [12], koji predstavlja kombinaciju statističko-determinističkog modela, korišćenjem digitalnog modela terena rezolucije 100 x 100 metara, sa 16 nivoa podloga (clutter-a), kao i populacione mape Srbije (osnova je popis stanovništva iz 2011 godine) [19]. Proračun pokrivanja je urađen za vrednosti minimalnog

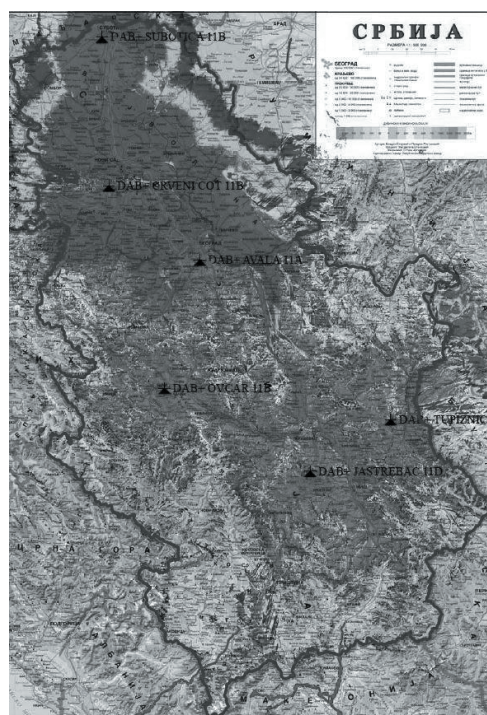
upotrebljivog polja od 58 dBμV/m za mobilni prijem i 65 dBμV/m [16] za portabl sobni prijem, za prijemnu antenu na visini od 10 metara. Rezultati proračuna pokrivanja prikazani su na sledećim slikama.

Analizom rezultata proračuna dobijeni su sledeći rezultati:

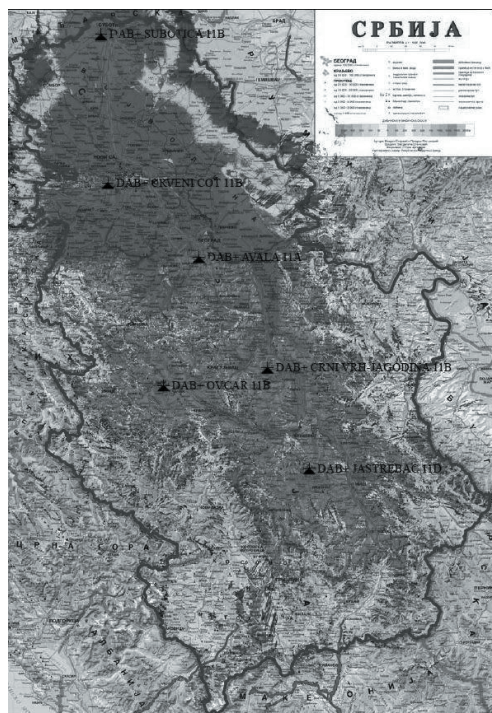
SU – CC – AV – OT – TP – JS (slika 10)		
	Stanovništvo	Teritorija
58 dBμV/m	77,39%	56,9%
65 dBμV/m	68,59%	44,48%
SU – CC – AV – OT – CV – JS Slika 11)		
	Stanovništvo	Teritorija
58 dBμV/m	79,49%	56,64%
65 dBμV/m	72,23%	45,11%

Tabela 4. Rezultati proračuna

Grafički prikaz rezultata proračuna, za date referentne vrednosti dat je na slikama 10. i 11.



Slika 10. Pokrivanje sa lokacija SU-CC-AV-OT-TP-JS



Slika 11. Pokrivanje sa lokacija SU-CC-AV-OT-CV-JS

Proračun pokrivanja je urađen na planskim kanalima [18].

5. ZAKLJUČAK

Postoji nekoliko tehnoloških, ekonomskih i ekoloških aspekata koji ga čine DAB+ zemaljski digitalni radio povoljnim za korišćenje. Prvo ćemo ga uporediti sa postojećim analognim radijskim FM sistemom. Mnogi relevantni istraživački centri i eksperti su analizirali i poredili DAB+ sistem emitovanja i FM sistem. Krenulo se od potrošnje električne energije i kako će snabdevanje električnom energijom i njegov utrošak postati ključno pitanje u godinama i decenijama ispred, konkretno planiranje će biti od presudnog značaja za budućnost emitovanja. U zemljama zapadne Evrope rade i FM analogni radio i DAB+ digitalni radio sa mrežom predajnika. Analizom je utvrđeno da je odnos 1 prema pet, DAB+ u odnosu na FM. Ovo je potkrepljeno praktičnim implementacijama koje pokazuju da je DAB+ ekonomski i ekološki jeftiniji i pozitivniji nego postojeći FM sistem.

Šta nam donosi DAB+ standard:

Za Ministarstvo, Regulatorna tela i JP ETV:

- ♦ Bolju spektralnu efikasnost
- ♦ Mogućnost emitovanja 12 – 18 radijskih programa u jednom frekvencijskom bloku

- ♦ Omogućava uvođenje dodatnih servisa i izbora za građane
- ♦ Omogućava saobraćajne i informacije o putu čime se obezbeđuje bezbednija mreža puteva za građane

Za emitere:

- ♦ Izgrađivanje brenda emitera (logo emitera, baneri)
- ♦ Vizuelizacija (osnovne informacije, prenos mirne slike koja prati vest na radiju, omot CD-a)
- ♦ Veća pokrivenost i uštede sopstvene mreže emitovanja
- ♦ Novi izvor prihoda
- ♦ Obezbeđen je deo frekventnog spektra za radio stanice
- ♦ Radio budućnosti u digitalnom svetu
- ♦ Niže troškove po stanici
- ♦ Mogućnost raznovrsnog sadržaja
- ♦ Mnogo više za svoje slušaoce

Za slušaoce, koji sada postaju i gledaoci:

- ♦ Širi izbor stanica
- ♦ Raznovrsnost programskog sadržaja
- ♦ Poboļšān kvalitet zvuka
- ♦ Jednostavna podešavanja
- ♦ Unapređene i poboljšane informacije o saobraćaju i samom putovanju.
- ♦ Interaktivni vizuelni radio

LITERATURA

- [1] AES Fellow Wolfgang Hoeg, Prof. Dr. rer. nat. Thomas Lauterbach PH.D. <https://doi.org/10.1002/0470871431.app1/> pristup 20.03.2018.
- [2] ETSI EN 300 401 v1.4.1 – original DAB specification, [etsi.org/](https://www.etsi.org/) pristup 22.03.2018.
- [3] ETSI TS 102 563 V1.2.1 (2010-05) Technical Specification, [etsi.org/](https://www.etsi.org/) pristup 22.03.2018.
- [4] Forum o uvođenju digitalnog radija u Hrvatskoj 04.05.2017./ prezentacije Bojana Ramsaka iz RTV Slovenija i Bruna Cigrovskog iz OIV-a
- [5] "Field trials with a high power VHF single frequency network for DAB" (PDF). European Broadcasting Union. 2004. Archived from the original (PDF) on 15 June 2007. Retrieved 2007-06-12.
- [6] DAB digital radio – a platform for Europe, Patrick Hannon, President, WorldDAB / prezentacija na Forumu uvođenja digitalnog radija u Hrvatskoj 04.05.2018.



- [7] https://www.worldddab.org/publicdocument/file/796/BDR_DAB_Greenbroadcast_160728.pdf, Bayern Digital Radio GmbH/Pristup 21.03.2018
- [8] WorldDAB, 55 New Oxford Street, London, WC1A 1BS, <https://www.worldddab.org/technology-rollout/standards/> pristup 19.03.2018.
- [9] Završna akta Regionalne konferencije o radio-komunikacijama za planiranje digitalbe terestričke radio-difuzne službe u delovima regiona 1 i 3, u frekvencijskim opsezima 174 – 230 MHz i 470 – 862 MHz (RRC-06)
- [10] Strategija prelaska sa analognog na digitalno emitovanje radio i televizijskog programa u Republici Srbiji (“Sl. Glasnik RS“ br.52/09) I Odluka o izmenama Strategije (“Sl. Glasnik RS“ br.18/12)
- [11] Plan namene radio frekvencijskih opsega (“Sl. Glasnik RS“ br.99/12)
- [12] *Preporuka ITU-R P.1546-5*: Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz
- [13] *Preporuka ITU-R BS.1660-7*: Technical basis for planning of terrestrial digital sound broadcasting in the VHF band
- [14] *Preporuka ITU-R BS.1114-9*: Systems for terrestrial digital sound broadcasting to vehicular, portable and fixed receivers in the frequency range 30 3 000 MHz
- [15] *Preporuka ITU-R P.1812-4*: A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands
- [16] *EBU Izveštaj TR021*: Technical bases for T-DAB services network planning and compatibility with existing broadcasting services
- [17] *EBU Izveštaj TR24*: SFN frequency planning and network implementation with regard to T-DAB and - DVB-T
- [18] *EBU Izveštaj TR25*: Report on frequency and network planning parameters related to DAB+
- [19] *Izveštaj ITU-R BS.2214-2*: Planning parameters for terrestrial digital sound broadcasting systems in VHF bands