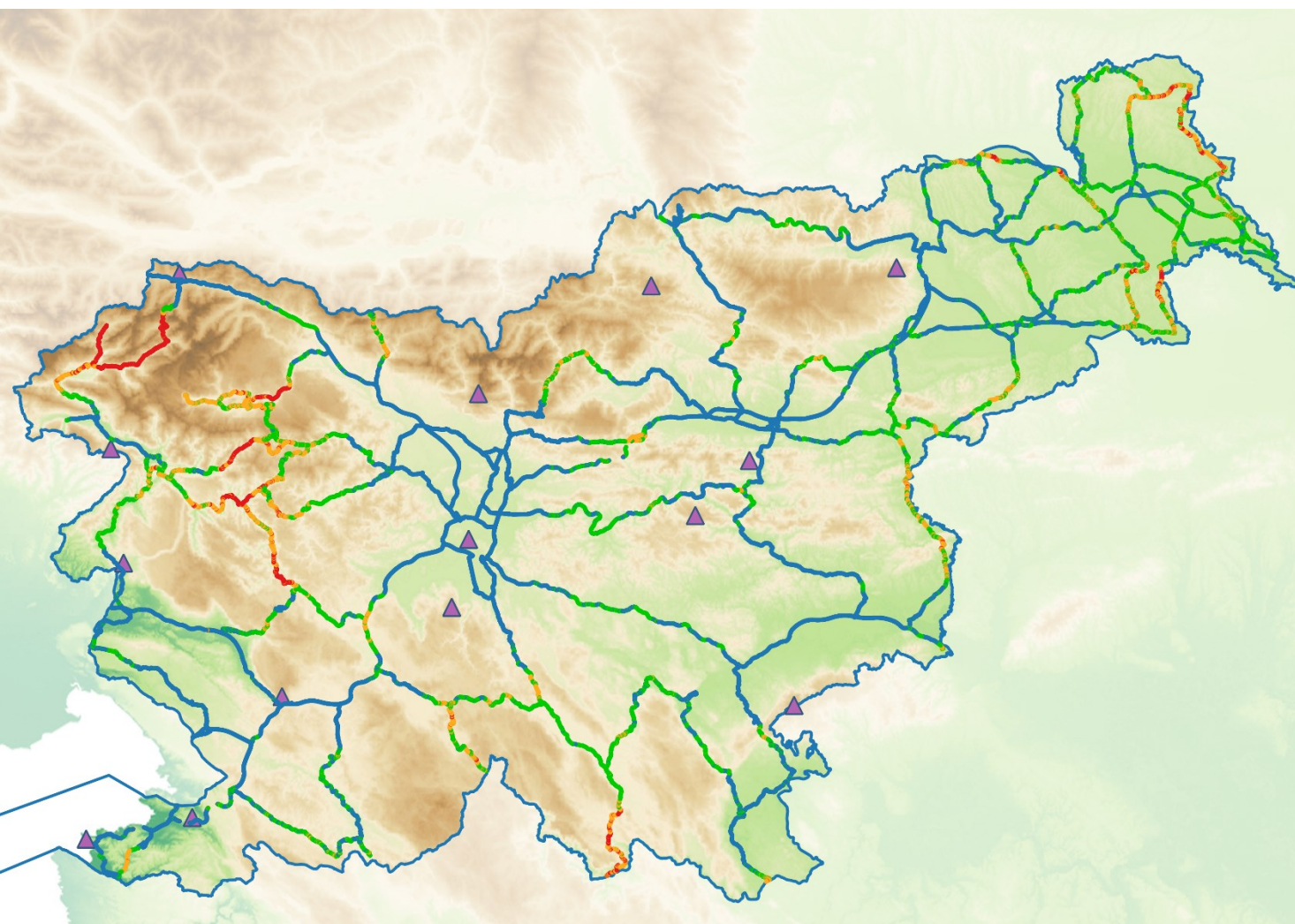




Poročilo:
Mobilne meritve pokrivanja
T-DAB+ omrežij - 2022





Številka: 38152-2/2022

Datum: 10. 11. 2022

Agencija za komunikacijska omrežja in storitve RS

Stegne 7

1001 Ljubljana

Slovenija

+386 1 583 63 00

info.box@akos-rs.si

www.akos-rs.si



KAZALO VSEBINE

1. UVOD	5
2. PARAMETRI MERILNE KAMPANJE	6
2.1 Lastnosti posameznih DAB+ omrežij v Sloveniji	6
2.1.1 Digitalno radijsko omrežje DAB+ R1	6
2.1.2 Digitalno radijsko omrežje DAB+ R2	7
2.1.1 Digitalno radijsko omrežje DAB+ R3	10
2.2 Trasa meritev.....	11
2.3 Uporabljena merilna oprema	11
2.4 Določitev mejnih vrednosti	12
3. REZULTATI.....	14
3.1 Multipleks DAB+ R1	14
3.2 Multipleks DAB+ R2 VZHOD	15
3.3 Multipleks DAB+ R2 ZAHOD	16
3.4 Multipleks DAB+ R3.....	17
4. ZAKLJUČEK	17

KAZALO SLIK

Slika 1: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R1 z lokacijami oddajnikov	6
Slika 2: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R2 VZHOD z lokacijami oddajnikov.....	8
Slika 3: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R2 ZAHOD z lokacijami oddajnikov.....	8
Slika 4: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R3 z lokacijo oddajnika	10
Slika 5: Karta prevoženih cest v merilni kampanji	11
Slika 6: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R1	14
Slika 7: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R2 VZHOD	15
Slika 8: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R2 ZAHOD	16
Slika 9: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R3	17



KAZALO TABEL

Tabela 1: Programi v DAB+ R1 multipleksu	7
Tabela 2: Programi v DAB+ R2 VZHOD multipleksu	9
Tabela 3: Programi v DAB+ R2 ZAHOD multipleksu	9
Tabela 4: Programi v DAB+ R3 multipleksu	10
Tabela 5: Razredi glede na vrednosti električnih poljskih jakosti	13



1. UVOD

Agencija je v mesecih september in oktober 2022 opravila mobilne meritve, s katerimi je preverila možnost sprejema signalov prizemne digitalne avdio radiodifuzije T-DAB+ (v nadaljevanju: DAB+) na nekaterih cestah po Sloveniji. V merilni kampanji je bilo prevoženih 2870 km cest in sicer do nivoja G2 ter nekatere regionalne ceste reda R1 po klasifikaciji cest v Republiki Sloveniji¹. V merilni kampanji so bili izmerjeni nivoji sprejetih signalov ter parametri kvalitete posameznih programov znotraj multipleksov. Meritve so se izvedle za vse multiplekse DAB+ R1, DAB+ R2 in DAB+ R3. Omrežji R1 in R2 sta nacionalni omrežji in sta namenjeni pokrivanju celotnega ozemlja Republike Slovenije, R3 pa je lokalno omrežje, ki deluje le na področju Ljubljane.

¹ Uredba o kategorizaciji državnih cest (Uradni list RS, št. [102/12](#), [35/15](#), [38/15](#), [78/15](#), [21/16](#), [52/16](#), [64/16](#), [41/17](#), [63/17](#), [78/19](#), [89/20](#), [163/21](#), [20/22](#) in [132/22](#) – ZCes-2)

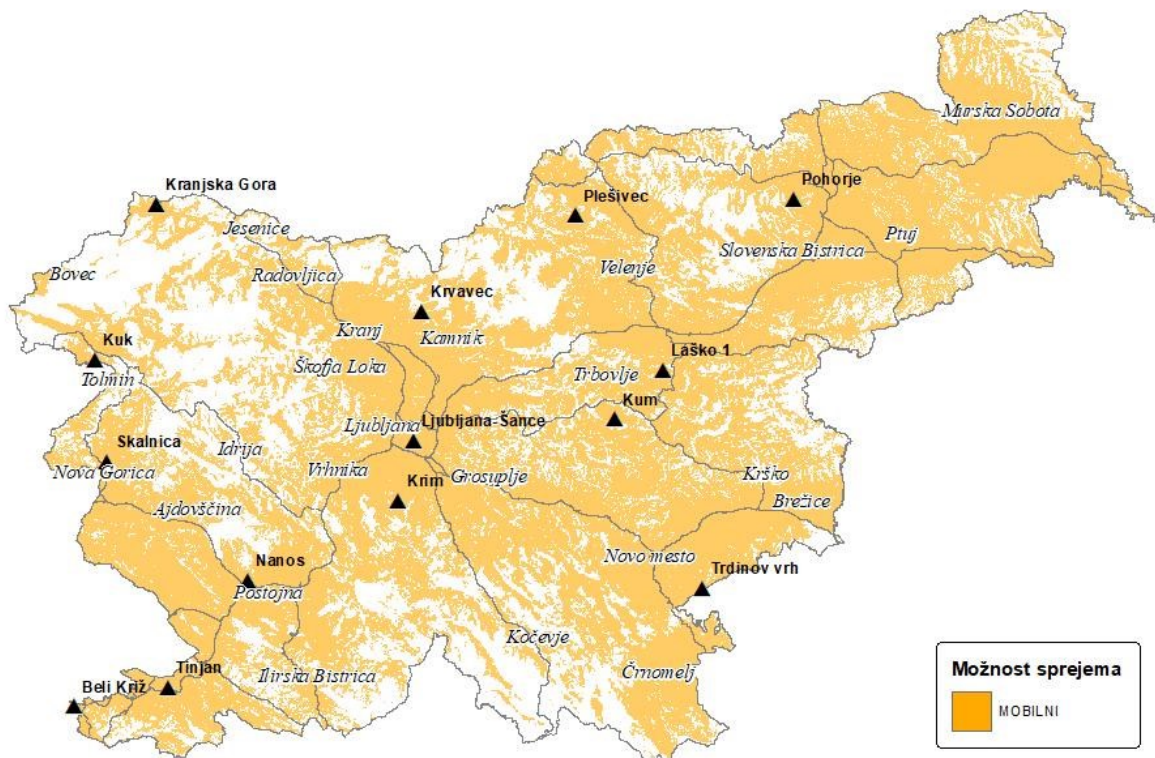
2. PARAMETRI MERILNE KAMPANJE

2.1 LASTNOSTI POSAMEZNIH DAB+ OMREŽIJ V SLOVENIJI

2.1.1 Digitalno radijsko omrežje DAB+ R1

Omrežje DAB+ R1 deluje v enofrekvenčnem načinu na celotnem področju Slovenije, na frekvenci 215,072 MHz (kanal 10D). Postavljeno je na 14 oddajnih lokacijah (Slika 1). V njem deluje 18 posameznih programov z različnimi parametri delovanja in zaščite (Tabela 1).

Slika 1: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R1 z lokacijami oddajnikov



Vir: <https://www.rtvsl.si/oz/oddajanje/dab/opis/523768>



Tabela 1: Programi v DAB+ R1 multipleksu

	Program	SID	CU	Protection	Bit Rate	Mode	Codec
1	PRVI	9201	96	EEP 3A	128 kbit/s	STEREO	HE-AAC
2	VAL 202	9202	102	EEP 3A	136 kbit/s	STEREO	HE-AAC
3	ARS	9203	96	EEP 3A	128 kbit/s	STEREO	HE-AAC
4	Radio Si	933A	96	EEP 3A	128 kbit/s	STEREO	HE-AAC
5	Center Slo	9414	54	EEP 3A	72 kbit/s	STEREO	HE-AAC
6	Rock Radio Slo	9516	60	EEP 3A	80 kbit/s	STEREO	HE-AAC
7	Radio Ognjisce	932F	36	EEP 3A	48 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
8	Radio 1 DAB	9442	36	EEP 3A	48 kbit/s	STEREO	HE-AAC
9	Radio 2	9459	12	EEP 4A	24 kbit/s	MONO	HE-AAC
10	Radio Antena	940B	12	EEP 4A	24 kbit/s	MONO	HE-AAC
11	Radio BOB	945B	12	EEP 4A	24 kbit/s	MONO	HE-AAC
12	Radio City	9415	54	EEP 3A	72 kbit/s	STEREO	HE-AAC
13	Radio Student	9440	18	EEP 3A	24 kbit/s	MONO	HE-AAC
14	Odpri Radio	9463	12	EEP 4A	24 kbit/s	MONO	HE-AAC
15	Radio Veseljak	9449	36	EEP 3A	48 kbit/s	STEREO	HE-AAC
16	Radio Net FM	942B	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC
17	Ekspres Slo	9462	36	EEP 3A	48 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
18	Radio Aktual	941C	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2

Vir: <https://digitalbroadcasting.org/?channel=dab>

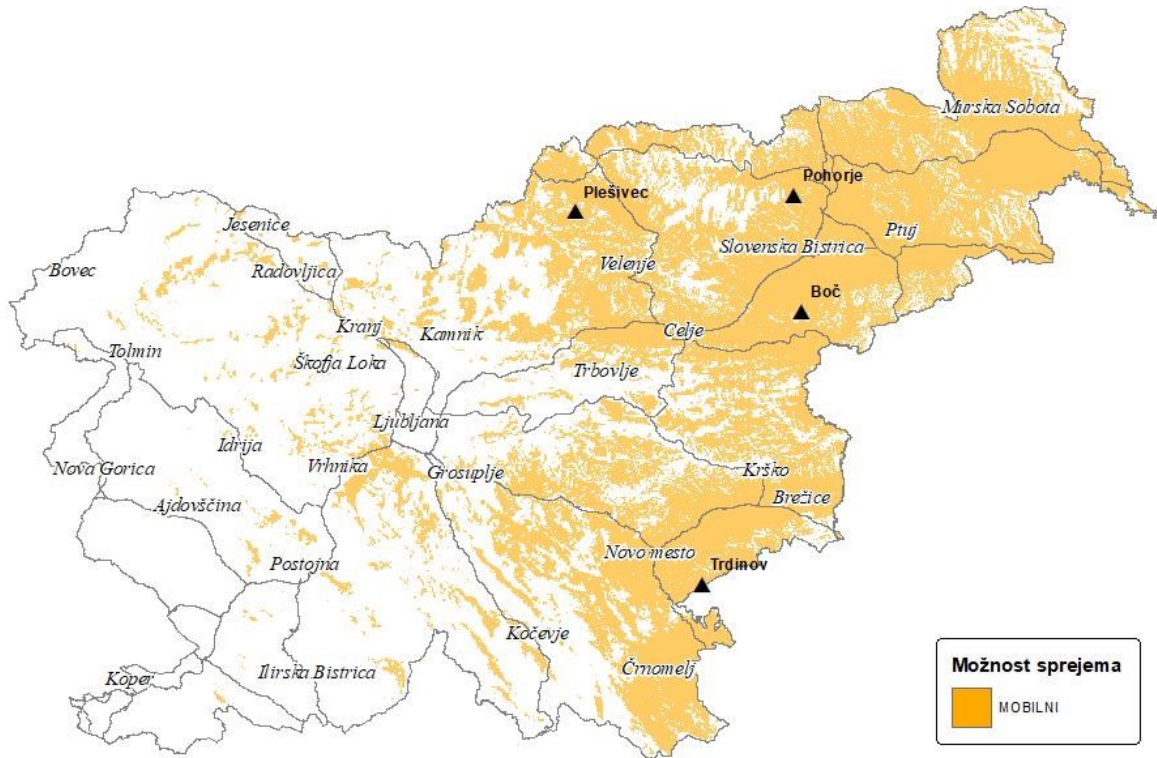
2.1.2 Digitalno radijsko omrežje DAB+ R2

Omrežje DAB+ R2 je namenjeno pokrivanju celotnega območja Slovenije in razdeljeno na dve geografski območji, s frekvencama:

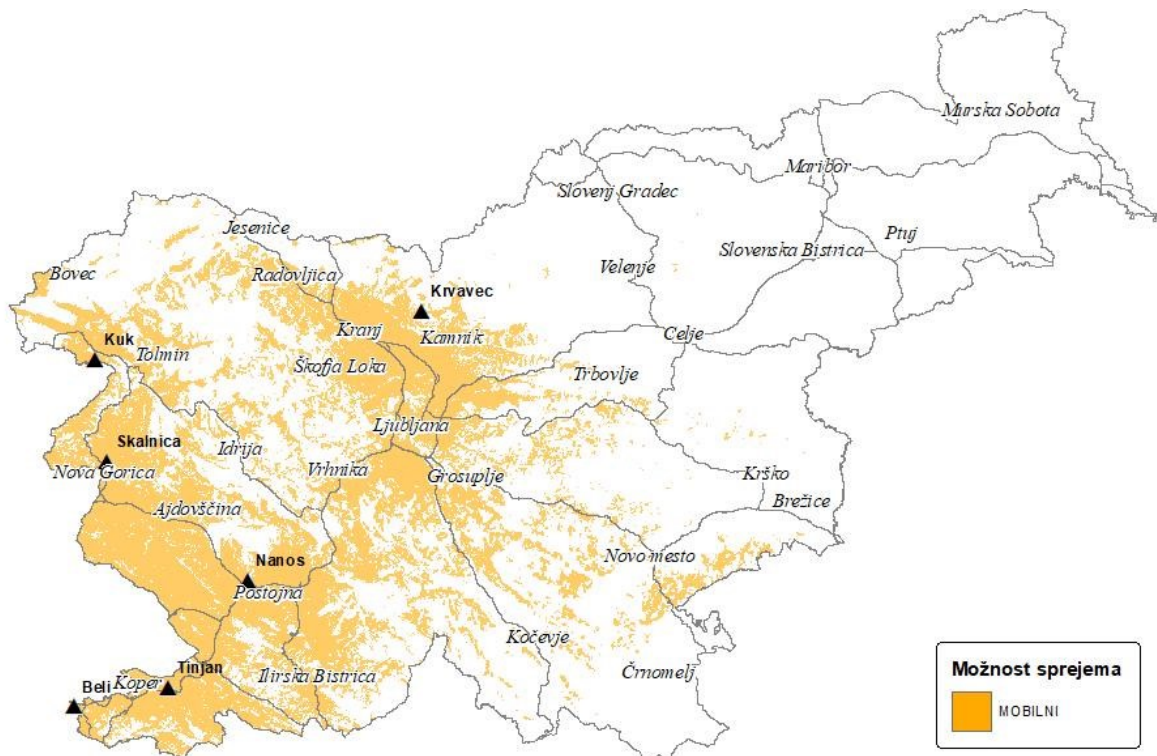
- VZHOD: 225,648 MHz (kanal 12B) in
- ZAHOD: 227,360 MHz (kanal 12C).

Postavljeno je na 9 oddajnih lokacijah, in sicer se 4 uporabljajo za vzhodno (Slika 2), ostalih 5 pa za zahodno območje (Slika 3). V vzhodnem multipleksu deluje 8 (Tabela 2), v zahodnem pa 7 programov (Tabela 3) z različnimi parametri delovanja in zaščite.

Slika 2: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R2 VZHOD z lokacijami oddajnikov



Slika 3: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R2 ZAHOD z lokacijami oddajnikov



Vir: <https://www.rtv slo.si/oz/oddajanje/dab/opis/523768>



Tabela 2: Programi v DAB+ R2 VZHOD multipleksu

	Program	SID	CU	Protection	Bit Rate	Mode	Codec
1	Radio Maribor	9426	66	EEP 3A	88 kbit/s	STEREO	HE-AAC
2	MMR	9456	66	EEP 3A	88 kbit/s	STEREO	HE-AAC
3	Radio Sraka	943D	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
4	Radio Murski Val	942A	54	EEP 3A	72 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
5	Koroski Radio	9452	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
6	Radio Krka	9423	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
7	Radio Ptuj	9434	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
8	Radio Maxi	9428	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2

Vir: <https://digitalbroadcasting.org/?channel=dab>

Tabela 3: Programi v DAB+ R2 ZAHOD multipleksu

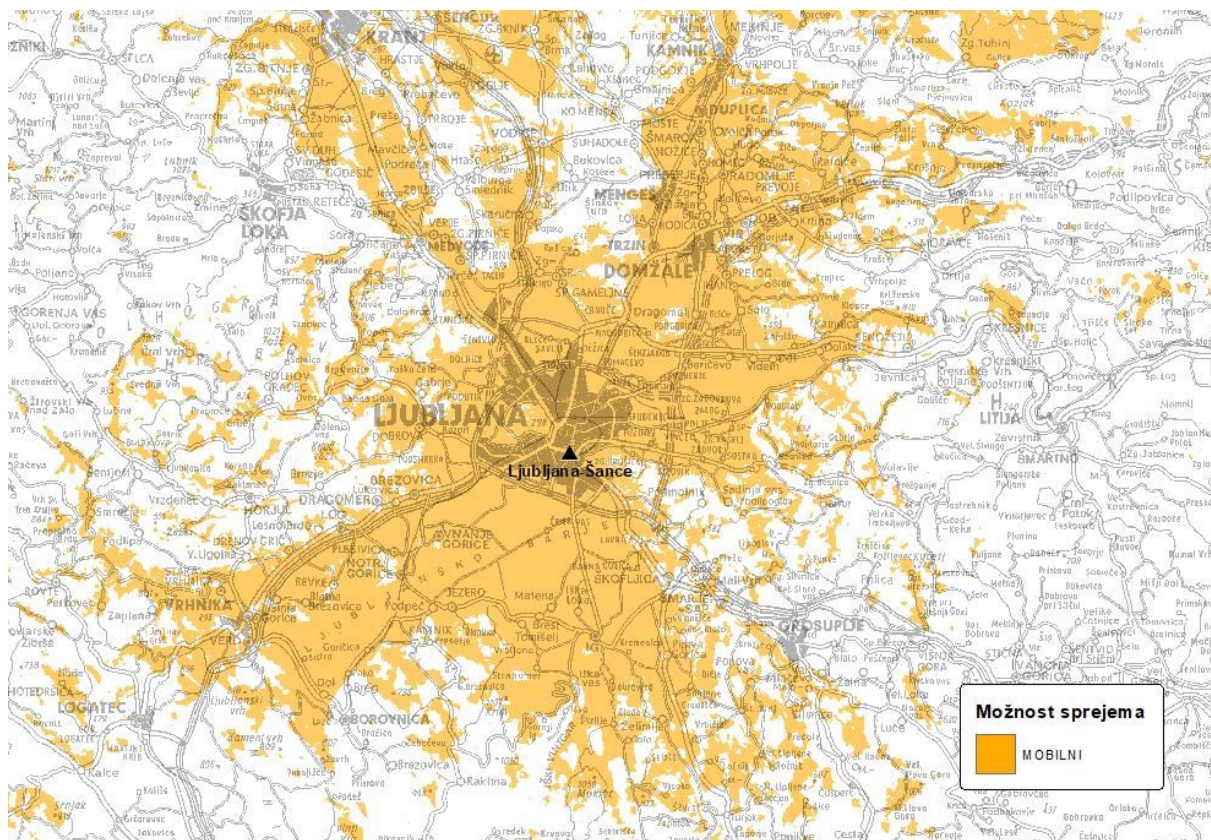
	Program	SID	CU	Protection	Bit Rate	Mode	Codec
1	Radio Koper	9421	66	EEP 3A	88 kbit/s	STEREO	HE-AAC
2	Capodistria	9411	66	EEP 3A	88 kbit/s	STEREO	HE-AAC
3	Radio 94	9409	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
4	Radio Sora	943C	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
5	Alpski Val	952E	48	EEP 3A	64 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
6	Radio Triglav	9444	42	EEP 3A	56 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
7	Radio Robin	9436	48	EEP 3A	64 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2

Vir: <https://digitalbroadcasting.org/?channel=dab>

2.1.1 Digitalno radijsko omrežje DAB+ R3

Pri omrežju DAB+ R3 gre za omrežje, ki oddaja samo iz ene lokacije (Ljubljana-Šance) in pokriva področje Ljubljane (Slika 4). Deluje na frekvenci 194,064 MHz (kanal 7D), v njem pa trenutno delujeta 2 programa (Tabela 4). V prihodnje se pričakuje, da bodo v tem multipleksu oddajali še dodatni štirje programi, ki imajo od oktobra 2022 pravico za oddajanje v omrežju DAB+ R3.

Slika 4: Simulacija možnosti sprejema DAB+ R3 z lokacijo oddajnika



Vir: <https://www.rtvsllo.si/oz/oddajanje/dab/opis/523768>

Tabela 4: Programi v DAB+ R3 multipleksu

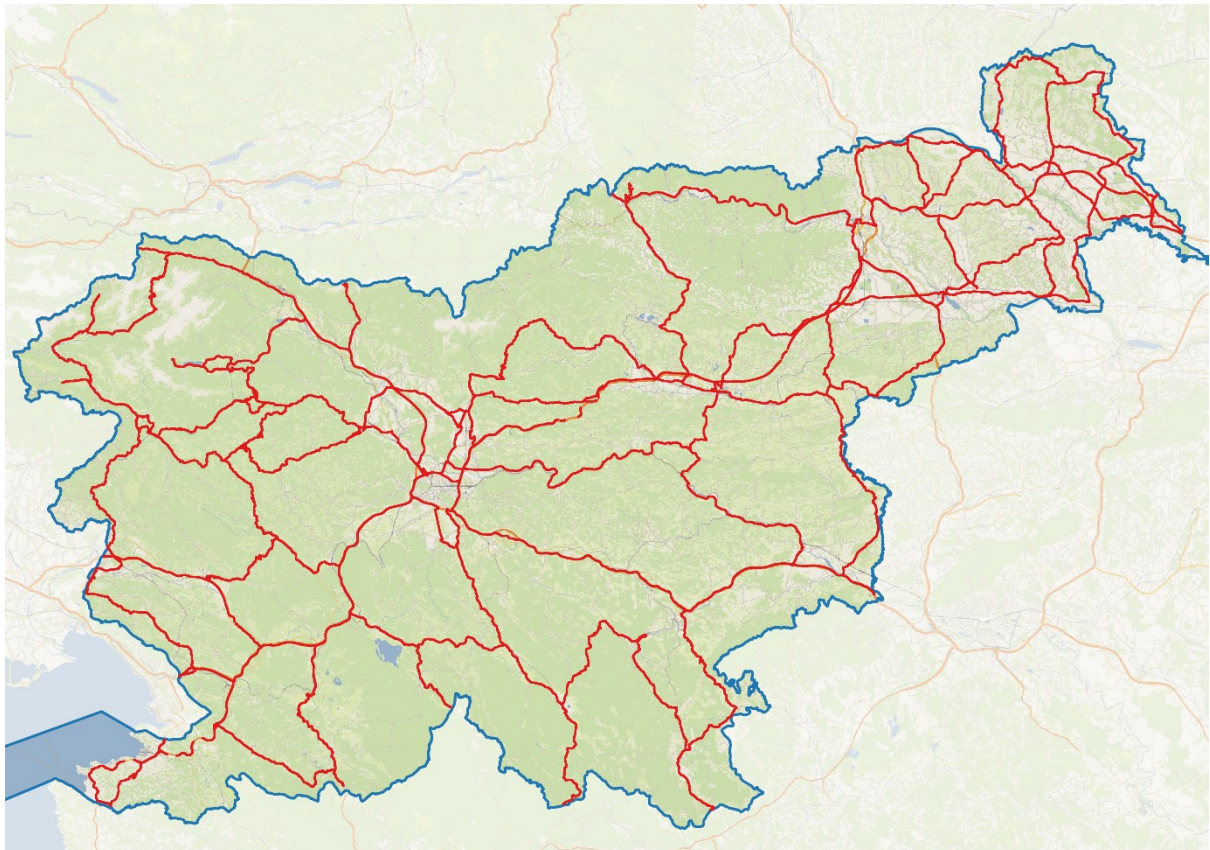
	Program	SID	CU	Protection	Bit Rate	Mode	Codec
1	Best FM	9438	54	EEP 3A	72 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2
2	Retro Radio	9465	64	EEP 2A	64 kbit/s	STEREO	HE-AAC v2

Vir: <https://digitalbroadcasting.org/?channel=dab> (stanje: 1. 12. 2022)

2.2 TRASA MERITEV

Merilna kampanja je bila opravljena med vožnjo po vnaprej določenih cestah (Slika 5), do nivoja glavnih cest 2. reda, ponekod pa še po nekaterih regionalnih cestah, v skupni dolžini 2870 km.

Slika 5: Karta prevoženih cest v merilni kampanji



2.3 UPORABLJENA MERILNA OPREMA

Merilna kampanja je bila izvedena z dvema različnima vrstama merilnih sprejemnikov. Z merilnim sprejemnikom R&S EB500 in dvema DAB radijskima sprejemnikoma Observa.

S kalibriranim merilnim sprejemnikom R&S EB500 smo izvajali meritve električnih poljskih jakosti na posameznem kanalu. Meritve so se izvajale zaporedno na vseh štirih frekvencah, ki se uporabljajo za DAB+ omrežja v Sloveniji, nastavljena pa je bila pasovna širina 1,25 MHz ter upoštevana korekcija 0,9 dB zaradi manjše pasovne širine, kot je pasovna širina T-DAB kanalov (1,536 MHz). Manjšo merilno pasovno širino smo uporabili zaradi zmanjšanja možnosti vpliva signalov na sosednjih kanalih. Na merilni sprejemnik je bila priključena vsesmerna vertikalna antena, uglašena na frekvenčno področje sprejema.

Merilni radijski sprejemnik Observa pa je poleg meritev jakosti sprejetih signalov omogočal dekodiranje posameznih multipleksov ter poslušanje programov in merjenja bitnih napak pri posameznem programu. S podatki iz tega sprejemnika smo določili nivoje električne poljske jakosti, pri kateri so posamezni programi delovali. Predvsem se je pokazala razlika pri sprejemu programov z boljšo stopnjo zaščite (EEP 3A) od tistih s slabšo (EEP 4A).

2.4 DOLOČITEV MEJNIH VREDNOSTI

Namen merilne kampanje je bil ta, da čimbolj realno ugotovimo in prikažemo možnost sprejema signalov digitalnega radija na geografskih kartah.

Digitalni radio DAB+ v Sloveniji deluje v frekvenčnem področju 174-230 MHz (Band III). V tem frekvenčnem področju so propagacijski pogoji nekoliko boljši, kot pri višjih frekvencah, zato za pokrivanje celotnega ozemlja Slovenije potrebujemo manj oddajnikov, kot pa npr. pri omrežjih javne mobilne telefonije. Sprejem signalov in posledično kvaliteta poslušanja med vožnjo je tudi v veliki meri odvisna od samega radijskega sprejemnika in namestitve antene na vozilo. Tudi posamezni programi znotraj multipleksa ne uporabljajo enake stopnje zaščite in bitnih hitrosti. Zaradi tega pride do razlik pri sprejemu različnih programov znotraj istega multipleksa, tako pri kvaliteti zvoka, kot tudi pri področju pokrivanja. Tako ima npr. program VAL202 znotraj DAB+ R1 multipleksa zaščito EEP 3A in bitno hitrost 136 kbit/s, v istem multipleksu pa program Radio BOB zaščito EEP 4A in le 24 kbit/s bitno hitrost (Tabela 1). Meritve so pokazale, da to v praksi pomeni nekoliko slabšo pokrivanje (slišnost) programa Radio BOB, kot VALA202, oziroma lahko na področjih, kjer so nivoji sprejetega signala nižji, Radio BOB prične prej prekinjati, slabša pa je tudi kvaliteta zvoka.

Prav tako je treba povedati, da se simulacije pokrivanja digitalnega radija računa na višini antene 10 m nad tlemi, meritve pa se izvajajo med vožnjo, z anteno nameščeno na strehi vozila, s tipično višino 1,5 do 2 m. Priporočila Evropske radiodifuzne zveze (<https://tech.ebu.ch/docs/tech/tech3391.pdf>; str. 28) priporočajo izvajanje meritev z vozili med vožnjo po določenih cestah, z anteno nameščeno na strehi vozila, pri nivojih signalov pa se naj upošteva faktor v vrednosti 12 dB zaradi meritev z anteno na višini 1,5 m.

Upoštevajoč vsega napisanega, kot tudi na podlagi izkušenj tujih regulatorjev in merilnih služb, smo določili kot minimalen nivo signala, da program z najboljšo zaščito EEP 3A deluje, pri 33 dB μ V/m (45 dB μ V/m na višini 10m). Pri tem nivoju je bil sprejem programov s to zaščito (EEP 3A) v večini primerov brez prekinitev, pri tistih s slabšo (EEP 4A) pa je prihajalo do prekinitev sprejema. Zato smo določili razred v velikosti 10dB, kjer se lahko zgodi, da pod določenimi pogoji tudi programi z boljšo zaščito ne delujejo, tisti s slabšo pa še manj. Zgornji nivo tega razreda je pri 43 dB μ V/m, oziroma 55 dB μ V/m na višini 10m. Pri nivojih višjih od te vrednosti pa sprejem vseh programov ni bil moten in je bila uporabniška izkušnja najboljša. Na to, kdaj bo sprejem posameznega programa moten vpliva veliko dejavnikov, ne samo nivo sprejetega signala, temveč tudi kvaliteta radijskega DAB sprejemnika. Pri naših meritvah smo za preverjanje delovanja programov uporabili pol profesionalen DAB radijski sprejemnik Observa, pri katerem smo ugotovili, da uspe dekodirati programe tudi ob slabših pogojih.

Glede na naše ugotovitve in različne dokumente, smo določili mejne vrednosti in razrede za prikaz električnih poljskih jakosti na geografskih zemljevidih (Tabela 5):

Tabela 5: Razredi glede na vrednosti električnih poljskih jakosti

	E (dBμV/m) h=2 m	E (dBμV/m) h=10 m
Ni sprejema	0-33	12-45
Pogojen sprejem	33-43	45-55
Mobilni sprejem	43-55	55-67
Mobilni in indoor sprejem	55+	67+

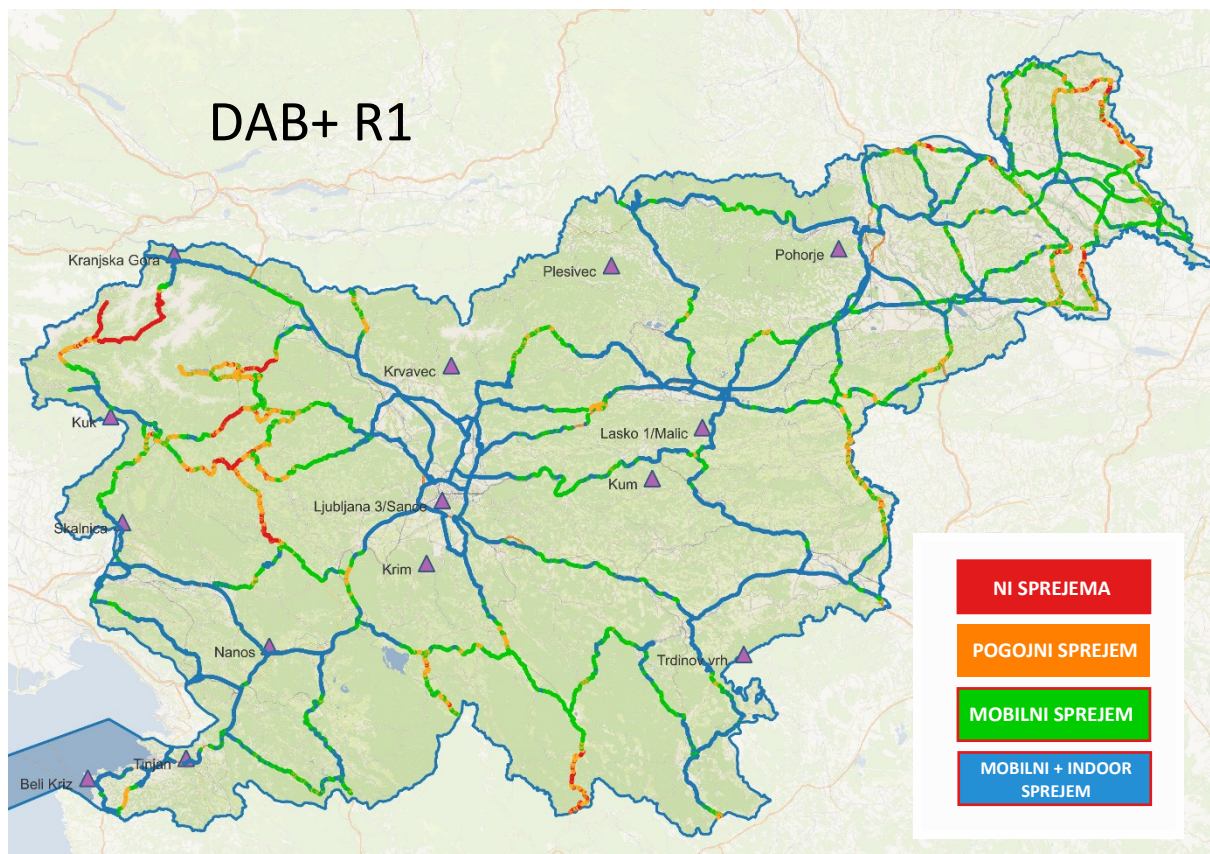
3. REZULTATI

V nadaljevanju so predstavljeni rezultati merilne kampanje za vsak multipleks posebej. Na geografskih kartah so prikazani nivoji električne poljske jakosti na merilnem sprejemniku in lokacije oddajnikov.

3.1 MULTIPLEKS DAB+ R1

Multipleks DAB+ R1 deluje na enotni frekvenci po celotnem ozemlju Slovenije, in sicer na 215,072 MHz. Kot je razvidno iz spodnje karte z vrisanimi vrednostmi električnih poljskih jakosti (Slika 6) je Slovenija dobro pokrita s signalom tega multipleksa. Do prekinitev prihaja na področjih Prekmurja ob meji z Madžarsko, v okolici Ljutomera, v Posotelju, od Kočevja proti Hrvaški, na področju Idrije, Cerknega, Železnikov, med Bledom in Bohinjem² ter med Bovcem in Kranjsko Goro (čez Vršič).

Slika 6: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R1

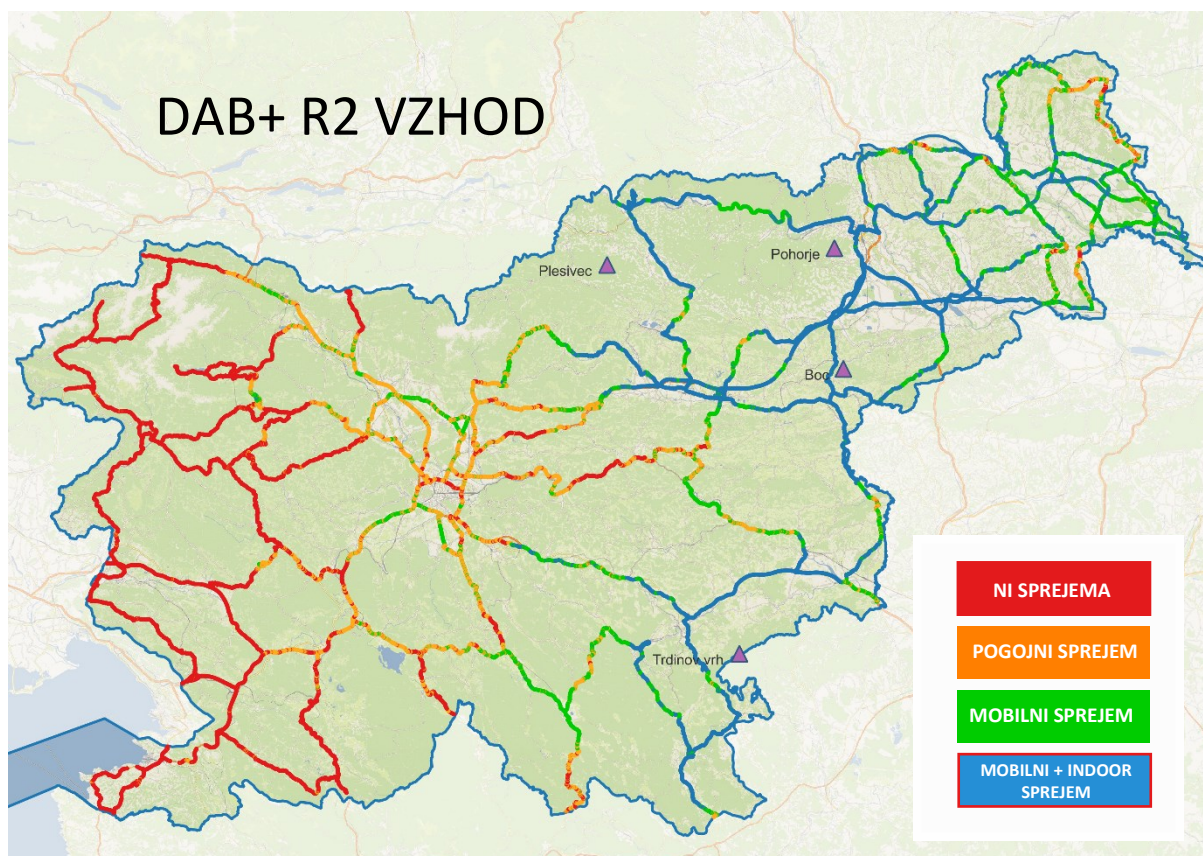


² Po opravljeni merilni kampanji je Agencija izdala ODRF za dodatno oddajno lokacijo »Vogel«, s katere bo to področje bolje pokrito s signalom multipleksa DAB+ R1

3.2 MULTIPLEKS DAB+ R2 VZHOD

Ta multipleks deluje na frekvenci 225,648 MHz in pokriva vzhodno polovico Slovenije (Slika 7). Nekoliko slabši sprejem programov tega multipleksa je na področju Prekmurja ob meji z Madžarsko, okolici Ljutomera in na področju Posavja ter Bizeljskega.

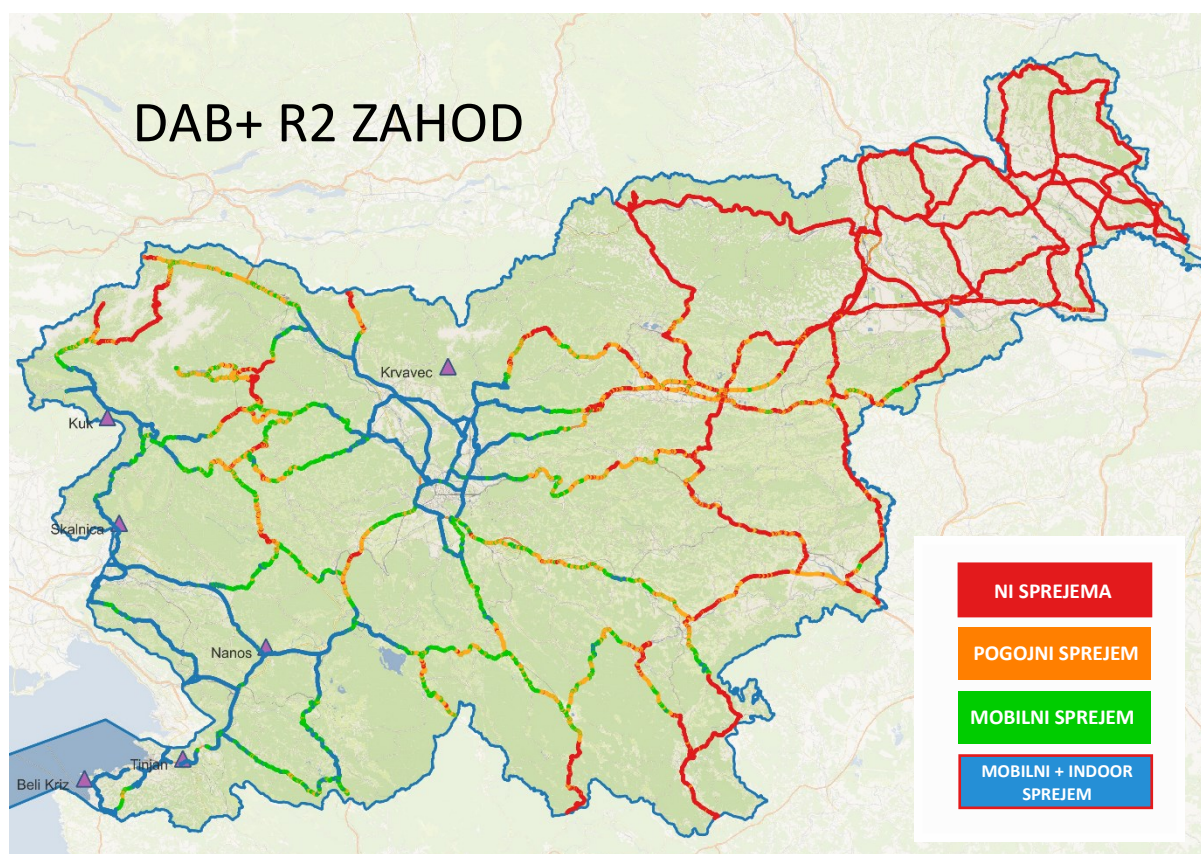
Slika 7: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R2 VZHOD



3.3 MULTIPLEKS DAB+ R2 ZAHOD

Ta multipleks deluje na frekvenci 227,36 MHz (kanal 12C) in pokriva zahodni del Slovenije. Glede na razgibanost terena na tem področju in na dejstvo, da je za pokrivanje uporabljeno le 5 oddajnikov, je pričakovano slabši sprejem na področju Julijskih Alp, Bleda, Železnikov, Cerknega in Idrije ter v okolici Vrhnike (Slika 8).

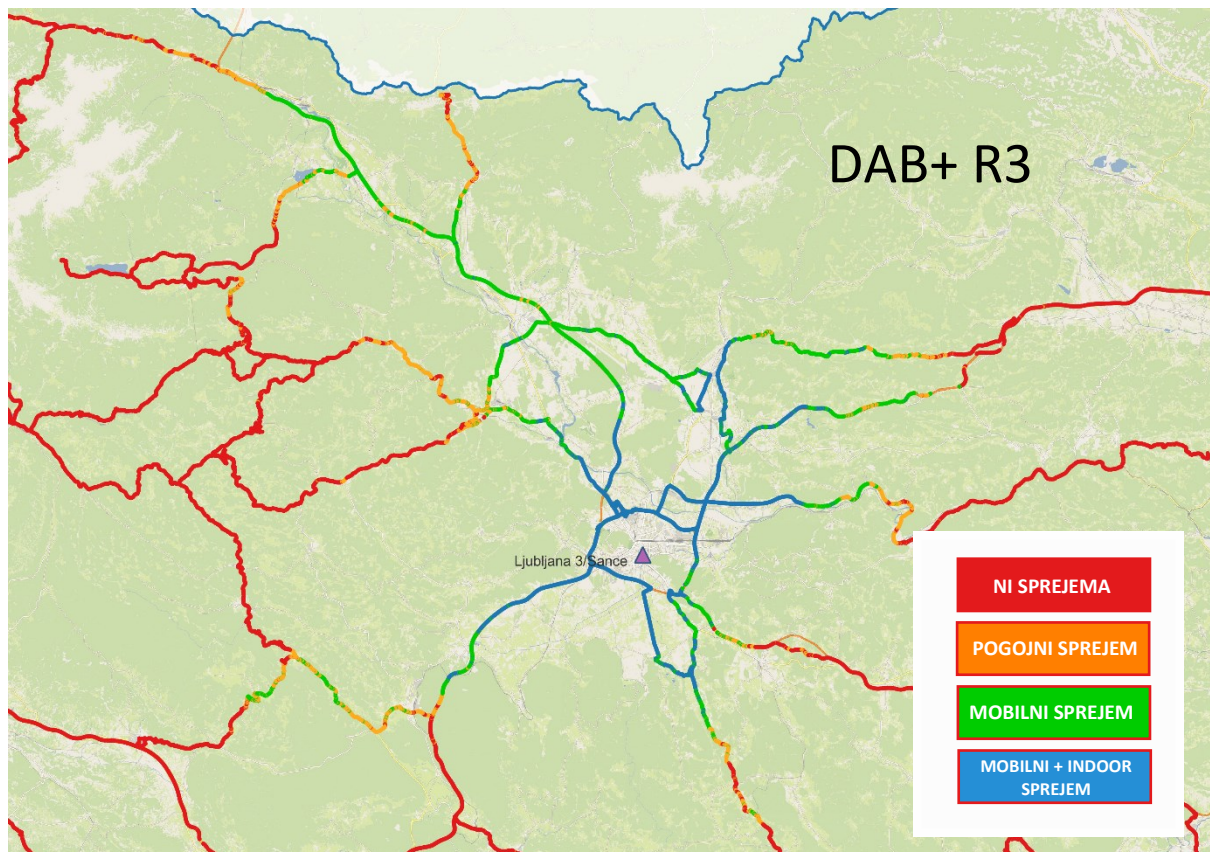
Slika 8: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R2 ZAHOD



3.4 MULTIPLEKS DAB+ R3

Pri multipleksu DAB+ R3 gre za lokalni multipleks, ki oddaja samo iz ene lokacije, v njem pa sta trenutno dva programa. Poslušanje programov tega multipleksa je mogoče v Ljubljani in okolici do Jesenic, Logatca, Trojan in drugje, kot je to razvidno na spodnji karti (Slika 9).

Slika 9: Karta izmerjenih vrednosti električnih poljskih jakosti za DAB+ R3



4. ZAKLJUČEK

V merilni kampanji smo prevozili večino najbolj prometnih cest in ugotovili, da je s tehnologijo DAB+ pokrita velika večina Slovenije, kljub relativno majhnemu številu oddajnikov. Najslabši sprejem je na področjih, kjer je teren bolj razgiban (področje Julijskih Alp in bližnja hribovja) ter na področjih, ki so relativno daleč od oddajnikov (Prekmurje, Kočevsko, Posotelje...). Ugotovili smo, da do razlik pri sprejemu posameznih programov znotraj istega multipleksa prihaja zaradi uporabe različnih stopenj zaščite. Tako se lahko zgodi, da med vožnjo, ko preklapljamo med programi znotraj istega multipleksa, nekateri delujejo, drugi pa ne, kljub temu, da je signala dovolj.