

Tone Marinček
Elektroinštitut Milan Vidmar
tone.marincek@eimv.si

mag. Igor Rozman
Elektroinštitut Milan Vidmar
igor.rozman@eimv.si

NADZEMNI 110 kV DALEKOVOD ILI 110 kV PODZEMNI KABEL: KRITERIJI IZBORA

SAŽETAK

Predložen rad opisuje prilike i probleme, koji se pojavljuju, kao rezultat promjene društvenog i ekonomskog sustava. Te promjene su po jednoj strani utemeljile nove kvalitete u mišljenju, to je brigu za što manje zagađenu životnu okolinu, a po drugoj strani vlasništvo kapitala zajednice i pojedinaca.

U takvim prilikama, opisuje se namjera za izgradnju potrebne 110 kV elektroenergetske linije, koja bi omogućila pouzdano i kvalitetno napajanje električnom energijom obalnog područje R. Slovenije, uz poseban osvrt na područje grada Izole. Analizirani su problemi, koji se pojavljuju u prostoru zbog prenaseljenosti prigradskih područja, bojazni ljudi za zdravlje zbog eventualnog štetnog utjecaja elektromagnetnih polja. Opisana je tehnička i okolišna regulativa, koja je na snazi u R. Sloveniji, a vjerojatno se puno ne razlikuje od regulative drugih država, jer bazira na Evropskoj regulativi.

Prikazan je konkretni primjer umještanja 110 kV kabela u tijelo autoceste Kopar - Lucija (blizu granice sa Hrvatskom). Rješenje za korištenje zajedničkog koridora za autocestu i 110 kV kabelsku liniju, imao je za posljedicu dodatne preračune za zaštitu cestovne infrastrukture pred utjecajem kabela na nju.

Ključne riječi: zakonska regulativa, zaštita okoline, utjecaji, elektroenergetski koridori.

OVERHEAD 110 kV LINE OR UNDERGROUND 110 kV CABLE: SELECTION CRITERIA

SUMMARY

Submitted paper shows circumstances and problems that are being described, appeared as a result of change of social and economic system. That changes established a new quality in a manner of thinking, as for example, care for less polluted environment. On the other hand, those changes brought out the problem of property ownership, because it is a foundation of private and/or community capital.

According to these new circumstances, the paper describes intention for construction of 110 kV power line, that will provide reliable and qualitative transmission of electrical energy for coastal area of Slovenia and especially the town of Izola. Problems that are being analysed occurred because of over populated suburban areas and health related worries of inhabitants because of eventual harmful influences of electromagnetic field. Technical and environmental regulation is described, that is used in Slovenia for managing projects like this one, and that regulation is probably similar to those in other European countries, because it was made on base of European regulations.

This is an actual case of integration 110 kV cable in a structure of the highway between Koper and Lucija (near Croatian border). Solution, at which electric power cable and the highway use the same corridor, has demanded additional calculations for protection of road infrastructure before cable impacts on it.

Key words: legal regulations, environmental protection, impact, energy corridors.

1. UVOD

Izgradnja nove elektroenergetske 110 kV linije, dalekovoda ili kabela postaje mora elektroenergetskih djelatnika i ljudi, odnosno organizacija, koji im pri tome pomažu. Ta situacija nije došla sama po sebi već je to rezultat stvarnosti, koji nastao posle promjene društvenog a time i gospodarskog sustava u državi.

S tim je došlo do novih vrednovanja i vrednota u pogledu mišljenja i zahtjeva za suživot ljudi u prirodi i životnoj sredini sa elektroenergetskim linijama. Kako je elektrifikacija pojedinih država, pa tako i R. Slovenije završena, gradnja novih dopunskih linija izgubila je svoju prioritetu i ulogu koju je do sada imala.

Vlasništvo dobara zajednice i pojedinaca poprima jednu vodećih mjesta u društvenom sustavu pa tako dolazi do maksimalnog uvažavanje slobodnog prostora za različite radnje i djelatnosti, koje imaju sve veću prioritetu.

Nadzemni 110 kV dalekovodi i podzemni 110 kV kabeli svojom konstrukcijom i osobinama dva su po namjeni istovjetna a po potpuno različita objekta. Zbog svojih osobina zauzimaju ti objekti različite širine prostora, pa kako je prostor i njegovo vlasništvo postalo prioritetan pojam, dolazi do težnje graditi objekt, koji zauzima što manji prostor. Svakako tu veliku ulogu igra i fleksibilnost prilagođavanje objekta terenu i njihov suživot sa ostalim infrastrukturnim sistemima, koji već ili se pripremaju da zaposjednu određeni prostor.

U toj trci za prostorom i gore već nabrojanim problemima, koji sada imaju prioritetu u razmišljanju ljudi i zajednice dobivaju se osnovni kriteriji za vrijednost gradnje pojedinih objekta. Tu činjenicu, koja je sada prisutna i ispostavljena potrebno je da shvate svi od djelatnika u elektroprivredi do pratećih organizacija, od vladinih službi do pučanstva. Brzina izgradnje a time i puštanje u pogon 110 kV prijenosne linije je u vrijeme trgovanja sa električnom energijom je onaj faktor, koji diktira opravdanost visine troškova gradnje, pogona i održavanja prijenosne linije.

Na primjeru gradnje 110 kV kabela *obmorska zanka* u tijelu hitre ceste daje puno istočnica za razmišljanje, kako i gdje tražiti nova prostorna rješenja za gradnju novih elektroenergetskih linija na 110 kV nivou.

Suživot dvaju linijskih sustava, tamo gdje je to moguće, vjerojatno je tehnički pravilno i prostorno opravdano rješenje za razvoj i širenje tih dvaju infrastrukturnih sustava. Zajednički koridor dvaju linijskih transportnih sustava praktično nije širi od jednog, a to je za javnost ugodnije i spremljivije.

Prednosti takvog pristupa donosi dogovor i ugovor o korištenju zajedničkog prostora dvaju partnera, a ne dogovaranje i traženje suglasnosti sa više hiljada pojedinaca, koji imaju svaki svoj interes i pristup tom problemu.

2. ENERGETSKO UTEMELJENJE IZGRADNJE LINIJE

Porast potrošnje električne energije na širem području ELEKTRO Primorske nametnuo je zahtjeve za brži razvoj visoko i srednje naponske mreže na tom području i usporednu izgradnju novih TS, a sve u svrhu ispunjavanja osnovnih kriterija sigurnog i kvalitetnog napajanja potrošača. Sukladno gorjem razmišljanju studirala se i posljedično tome analizirala buduća mreža sa transformacijama, kako bi se ispunili gore spomenuti osnovni kriteriji. Taj zadatak razmatran i analiziran na Elektrotinstitutu Milan Vidmar u studiji REDOS 2030 [1].

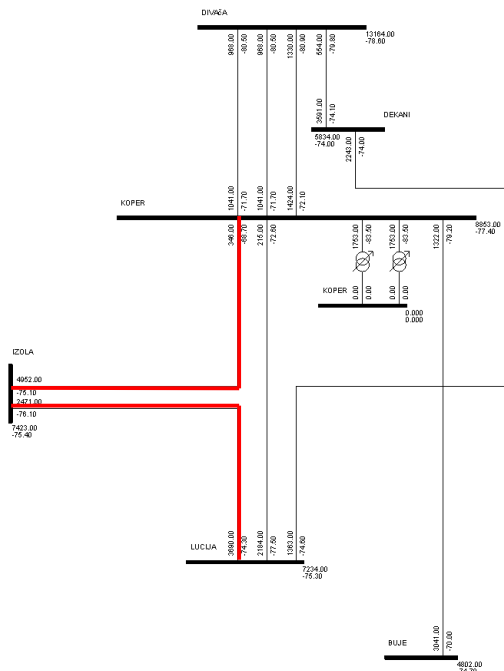
Studija analizira razvoj buduće VN I SN mreže i transformacije 110/10/20 kV na području Slovenske obale in Istre za razdoblje od 2005-2030.

Da bi se ostvarilo sigurnosno i kvalitetno napajanje obalnog područja R. Slovenije ustanovilo se je, da je najnužnije pristupiti izgradnji TS 110/20 kV Izola i to prije 2010 godine. Za njeno uključanje u 110 kV mrežu studirane su različite varijante od 110 kV dalekovoda do 110 kV kabela. Na kraju je pod pritiskom javnoga mnjenja, bilo odlučeno, da se u prostornim aktima općine predvidi rešenje, koje podupire izgradnju novog 110 kV kabela od Koprca do Izole a potom u II fazi od Izole do Lucije. Time bi dobili dvostrano napajanje svih obalnih TS što omogućuje i *ustrezan rasplet 110 kV mreže*. Te predviđene energetske linije (kabeli) nazvani su *obmorska zanka*, koju prikazuje slika1.

Prvo rešenje izgradnje takozvane *Primorske zanke* predviđalo je izgradnju kabela energetske linije preko brda Markovec. Razmišljanje o gradnji kabela preko brda Markovec dobilo je novu smjer, kada je došla ponuda sa strane DARS-A (Družbe za autoceste republike Slovenije), da bi se mogao ugraditi predviđeni kabel kroz tunel Markovec, a zatim i kroz tunel od Izole do Lucije i time ostvariti plan izgradnje *obmorske zanke*. Projekt gradnje autoceste, koji je već imao državnu lokacijsku dozvolu

(DLN) omogućio je, da je praktički otpao cijeli dio posla za pridobivanje prostora i suglasnosti za umjestanje predviđenih kabela u prostor.

Terminski plan gradnje autoputa Kopar-Hrvatska granica podudario se potrebama Elektro Primorske za gradnju predviđenih kablskih 110 kV linija. Kao zanimljivost spomenimo, da je u martu ove godine DARS na natječaju već izabrao izvođača za izgradnju tunela, a time je počela i priprema za izgradnju kabela.



Slika 1. 110 kV mreža Slovenske obale i Istre

3. KRITERIJI UMJESTANJA ELEKTOENERGETSKE LINIJE U PROSTOR

3.1. Koridor elektroenergetskih linija

Za pripreme radnje, dobivanje potrebnih suglasnosti, gradnju, pogon i održavanje te uticanje poznajemo sljedeće vrste koridora elektroenergetskih linija:

- urbanistički,
- građevinski,
- pogonski,
- održavanja,
- elektromagnetskih zračenja, buke i
- uticanja na susjedne paralelne sisteme.

Širine pojedinih koridora elektroenergetske linije imaju u funkciji svog životnog vijeka različite širine u zavisnosti od konstrukcijske vrste linije i visine naponskog nivoa. Naravno gornja klasifikacija je napravljena za objekta napona 110 kV i više.

3.1.1. Građevinski koridor

Predviđena širina zemljišta za svrstavanje elektroenergetske linije u prostor, mora imati kao što je gore navedeno višestruku namjenu. Tako možemo/moramo taj prostor nazivati građevinski, pogonski, utjecajni te remontni koridor elektroenergetske linije. U tom definiranom prostoru mora objekt svojim tehničkim rešenjima zadovoljavati sve zahtjeve za gradnju, zaštitu okoliša i živih bića i imovinu zajednice kao i pojedinaca.

Širina pojasa zemljišta, koju zauzima elektroenergetska linija definirana je u pravilnicima [2] i [3]. Tako je potrebno za 110 kV dalekovod rezervirati minimum ± 15 metara od osi njegovog vanjskog vodiča, a za 110 kV kabel je potrebno predvidjeti ± 10 metara od vanjskog vodiča.

Gore navedeni koridori za obje elektroenergetske linije, koje su bile razmatrane i planirane za kot koji

3.1.2. Elektromagnetni koridor 110 kV DV i 110 kV kabela

Elektromagnetne koridore elektroenergetskih linija, dalekovoda i kabela naponskih nivoa 110 kV i više vrednujemo na osnovi kriterija danim u *Uredbi o elektromagnetnom sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ur. l. RS št. 70/96, 6.12.1996 [4]*.

Kriteriji za vrednovanje su u Uredbi definirani su graničnim vrijednostima električnog (E) i magnetnog (B) polja za dva prostorna područja i dva stupnja zaštite. Kako prijenosni dalekovodi ili kabele imaju svaki svoj građevinski koridor nije nužno da se ti podudaraju sa svojim elektromagnetskim. Širina elektromagnetskog koridora dana je kriterijima u Uredbi i zavisi od naponskog nivoa i da bi dobili njegovu vrijednost potrebno je izvršiti proračun.

Prostor po kojem je umješten prijenosni dalekovod odnosno kabel nije ograđen i stoga je dostupan općoj populaciji. Takav neograđen prostoru vira elektromagnetskog zračenja definiramo, kao nenadzorovani prostor.

Vrijednosti postavljenih kriterija za zaštitu pred zračenjem i područja za vire zračenja u *Uredbi* prikazani su u tablica I.

Tablica I - Mjerne vrijednosti za električno i magnetsko polje po Uredbi [4].

	I. područje za nove in rekonstruirane vire zračenja	II. područje za nove in rekonstruirane vire zračenja i I. in II. Područje - za postojeće vire zračenja
Za magnetno polje (B)	10,0 μ T	100,0 μ T
Za električno polje (E)	500,0 V/m	10.000,0 V/m

Stupnjevi zaštite ispred zračenja, koje prouzrokuju elektromagnetni viri svrstavaju se s obzirom na područja u I. i II. stupanj i s obzirom na zaštitu pred elektromagnetnim zračenjem na I. in II. stupanj zaštite.

I. stupanj zaštite važi područja, gdje je povećana potreba zaštite pred elektromagnetnim zračenjem kao na primjer; bolnice, škole, rekreacioni parkovi, stambena naselja i slično.

II. stupanj zaštite pred elektromagnetnim zračenjem važi za područja, gdje su industrijski kompleksi, obrtne zone, transportno-skladišna radinost i sva druga područja, koja nisu navedena u I. području zaštite pred elektromagnetnim zračenjem.

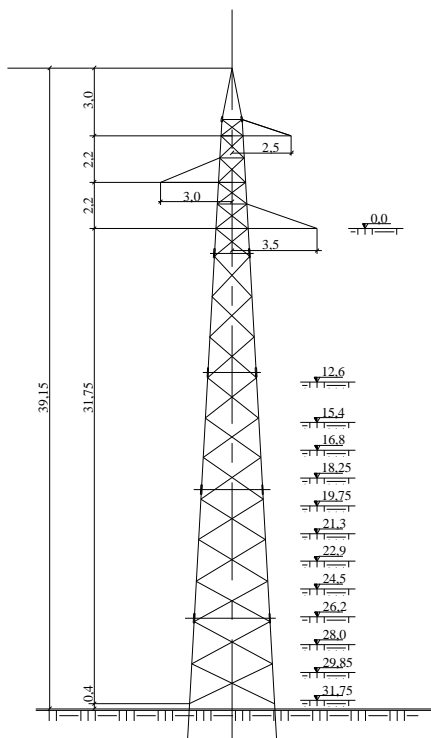
II. stupanj zaštite pred zračenjem važi također za sve površine, koje su u I. stupnju zračenja, a namjene su javnom cestovnom i željezničkom prometu.

3.1.3. Koridor lokacije

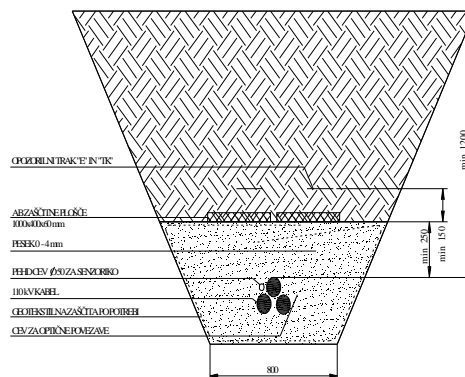
Koridor lokacije je funkcija geografske lokacije elektroenergetske linije, koji se uspostavi prilikom rezerviranja prostora za novu liniju. Za naponske nivoe niže od 400 kV je širina tog prostora 50 metara a za 400 kV 200 metara.

3.1.4. Parametri istraživanih 110 kV DV vs 110 kV KB

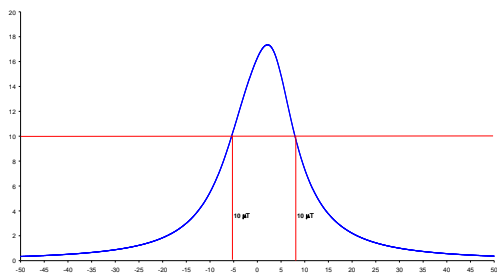
Za usporedbu između parametara studiranog 110 kV dalekovoda i izabranog 110 kV kabla dani su njihovi parametri na slikama 2 i 3 te određen tablični prikaz u tablici 2..



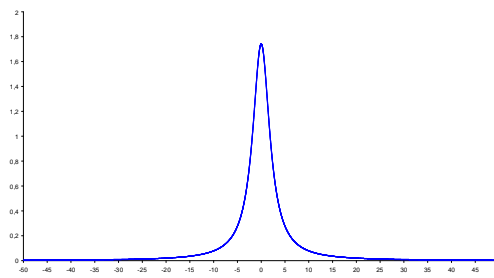
Slika 2. Skica geometrije 110 kV stupa



Slika 3. Skica geometrije polaganja 110 kV kabela



Slika 4. Izračun magnetskog polja na visini 1 m od tal za dalekovod



Slika 5. Izračun magnetskog polja na visini 1 m od tal za 110 kV kabal

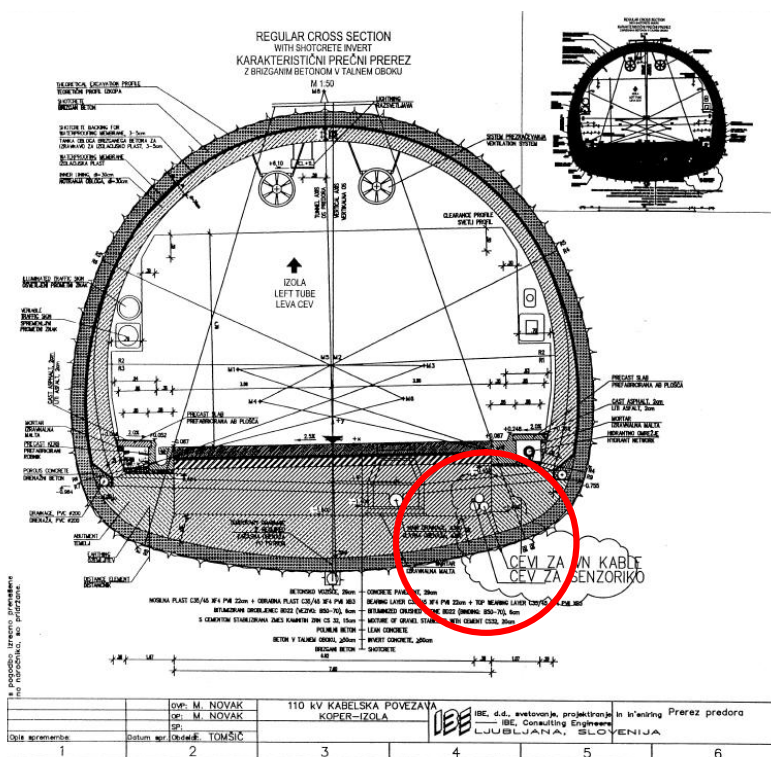
Tablica 2 – Parametri i tehničke karakteristike

	110 kV dalekovod	110 kV kabal
Napon	110 kV	110kV
Struja	634 A	524 A
Snaga	100 MW	100 mW
Redukcijski faktor	0,63	0,28
Granične vrijednosti električnih polja	0,5 kV/m	-
Granične vrijednosti magnetnih polja	10 μT	10 μT
Građevinski koridor	30 m	10 m

4. ZAŠTITA INFORMACIJSKE INFRASTRUKTURE TUNELA

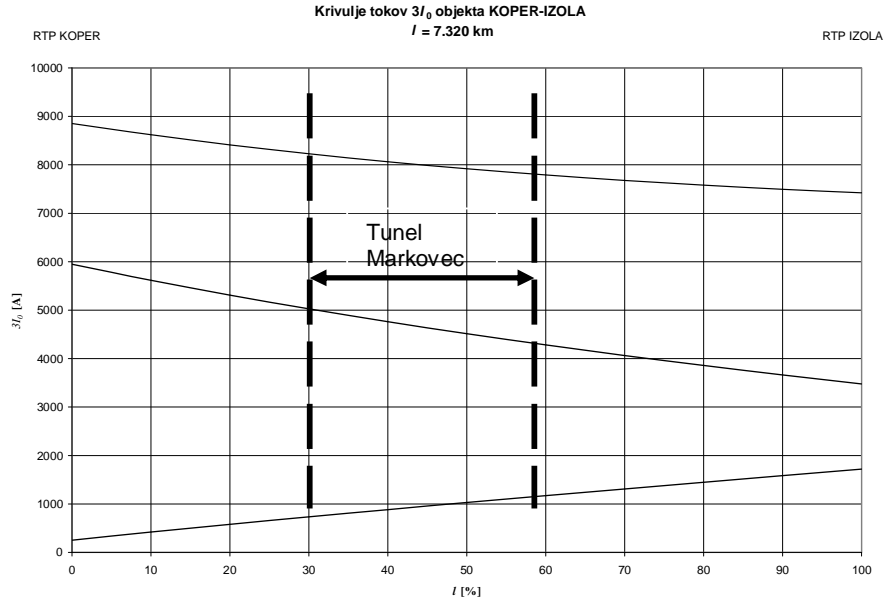
Trasa predviđenog 110 kV kabla počinje iz TS Kopar i ima predviđen ulazak u koridor autoceste H5 KOPAR-LUCIJA, U kolniku ceste do ulaska u tunel biti će dužina kabla 2125 metara. Tu ulazi u tunel (vidi sliku 5) u kome će imati dužinu 2141,94 metra. Od izlaska iz tunela kod portala Markovec izlaz do TS Izola kabel će imati dužinu 2915 metara. Iz gornje je razvidno da će ukupna dužina kabla TS Kopar-TS Izola iznositi ca. 7.4 kilometra.. Prikaz situacije budućeg 110 kV kabla na relaciji TS Kopar 110/20 kV - TS Lucija 110/20 kV dan je na slici 9, koja je prenesena iz dokumentacije [5].

Informacijska infrastruktura tunela sastoji se iz komandnih, signalizacijskih i mjernih sustava. Kako so od njih očekuje siguran i pouzdan rad bilo je potrebno proučiti i isključiti bilo kakav moguć negativni vanjski utjecaj odnosno poticaj, koji bi ugrozio njihovo djelovanje. Tako je bilo potrebno provjeriti, koliki bi se naponi indukovali u strujnim krugovima slabo strujne infrastrukture tunela, ako bi se dogodio jednopolni zemljo spoj u tunelu na planiranom 110 kV kabelu Kopar-Izola. Skica smještanja kabla u tunel Markovec (desna cijev) je prikazana na slici 6.



Slika 6. Pozicija 110 kV kabla u desnoj cijevi tunela Markovec

Iz slike se vidi, da su kabelske faze uvučene u PVC cijevi, koje su postavljene u trokut radi smanjenje geometrijskog obujma i betonirane u kolnik tunelu. Visine struja jednopolnog zemljo spoja izračunata su sa programom PSE za mrežu sa slike 1. i prikazane su na slici 7,



Slika 7. Dijagram krivulja struje $3I_0$ kB Kopar - Izola

Sa dijagrama na slici 6 se vidi, da je najviša struja uticanja jednofaznog zemljo spoja u tunelu Markovec na 59% cijele dužine kabela Kopar -Izola.

Izračun visine inducirano napona je računat po formuli:

$$U_i = 2\pi f r_{rez} M 3I_0 w l \quad (1)$$

gdje su: U_i [V] indukovani napon na utičuhoj liniji;
 f [Hz] frekvencija;
 r_{rez} [-] rezultanti redukcionni faktor;
 M [H] međusobna induktivnost;
 $3I_0$ [A] struja zemljo spoja;
 l [m] dužina paralelizma utjecajne i uticane linije i
 w [-] faktor vjerovatnoće događaja zemljo spoja.

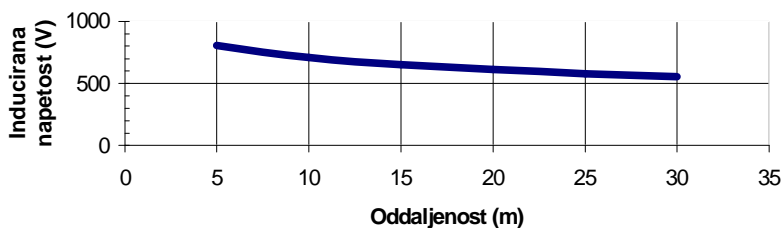
Uzdružni inducirani naponi U_i [V/kA] izračunani su za sljedeće ulazne podatke: $\rho = 200 \Omega m$, $3I_0 = 1 \text{ kA}$, $r_{kB110} = 1$ i $r_{kB20} = 1$, kod različitih poprečnih udaljenosti sekundarnih instalacija od osi 110 kV kabela RTP Kopar - RTP Izola.

Tablica 3 - Rezultati izračuna visina napona kod $\rho = 200 \Omega m$, $3I_0 = 1 \text{ kA}$, $r_{kB110} = 1$ in $r_{kB20} = 1$

Razdalja (m)	5	10	15	20	25	30
U_i [V/kA]	806,1	708,0	650,7	610,1	578,8	553,2

Kako su u tunelu polagane infrastrukturne slabo strujne linije u različitim udaljenostima od kabela proračunom su dobivene poprečne visine undukovanih napona za različite udaljenosti od osi kabela. Rezultati izračuna su prikazani grafički na slici 8.

Inducirana napetost na sekundarnih tokokrogih pri njihovi oddaljenosti 5-20 m od 110 kV kabla



Slika 8. Odsek Markovec ulaz -Markovec izlaz

Stvarne visine indukovanih napona u strujnim krugovima sekundarnih instalacija tunela potrebno je bilo računati sa vrijednostima struja zemljo spoja iz slike 7, rezultatnim redukcionim (produkt $r_{kb110} \cdot r_{kB20}$) faktorom in faktorom vjerojatno će događaja EKS, koji ima vrijednost $w=0,7$. U izračunu je bilo potrebno uvažiti, da ima zemljište na relaciji između ulaznog portala Markovec – izlaznog portala Markovec vrijednost specifična upornost $\rho = 20 \Omega m$.

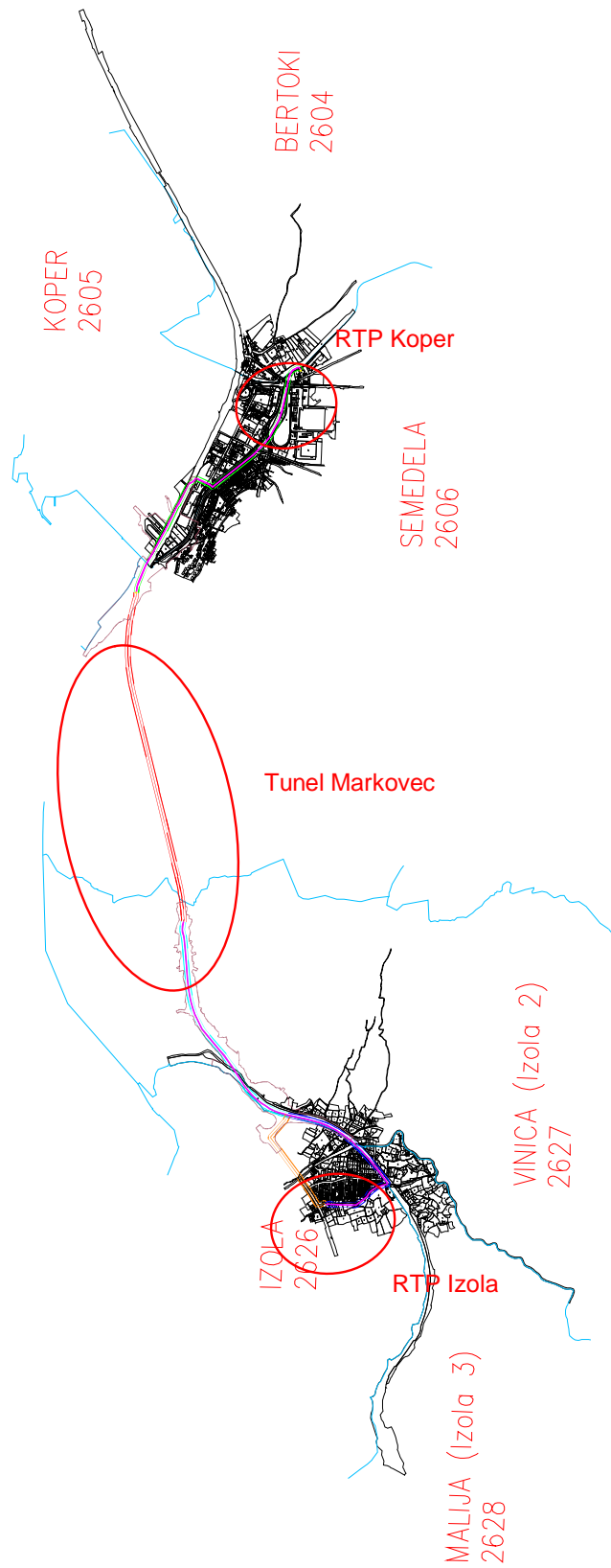
5. ZAKLJUČAK

Na osnovi analize, koja je slijedila pripremnim radovima, idejnim projektima za pridobivanje dozvola za gradnju 110 kV kabla u tijelu autoceste mogli smo zaključiti da je:

- otpala većina posla vezana za problematiku zaštite okoliša i ljudi,
- Elektro Primorska je imala u pogledu traženja suglasnosti za umještanje kabela u prostor pregovore i dogovore samo sa trema strankama (DARS, SO Kopar i SO Izola), umjesto sa par tisuća, koliko bi po procjeni bilo potrebno ako bi se gradio 110 kV dalekovod,
- ovakvim pristupom polaganja kabela u tijela autocesta izbjegnuto problem sklapanja služnosti sa individualnim vlasnicima parcela,
- vrijeme, koje je bilo potrebno za dobijanje građevinske dozvole bilo je nevjerojatno kratko nasuprot već skoro ustaljenoj praksi od više godina, koja sada važi,
- rješenja zaštite informacione infrastrukture autoceste projektirana u skladu sa UTI kriterijima [6].

LITERATURA

- [1] T. Mohar, L. Valenčič, "Razvoj elektrodistributivnoga omrežja javnoga podjetja Elektro Primorska - Slovenska obala in Istra", REDOS 2030, Elektroinštitut Milan Vidmar, ref; št. 1732/5, Ljubljana, Oktobar, 2006.
- [2] Pravilnik o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajočimi zemljišči. Ur. L. R. Slovenije, št. 114/2003, 21.11.2003.
- [3] Pravilnik o spremembah in dopolnitvah pravilnika o vrstah zahtevnih, manj zahtevnih in enostavnih objektov, o pogojih za gradnjo enostavnih objektov brez gradbenega dovoljenja in o vrstah del, ki so v zvezi z objekti in pripadajočimi zemljišči. Ur. L. R. Slovenije št. 130/2004, 3.12.2004.
- [4] Uredba o elektromagnetnem sevanju v naravnem in življenjskem okolju, Ur. l. R. Slovenije št. 70/96, 6.12.1996
- [5] M. Novak, "110 kV KABELSKA POVEZAVA RTP KOPER-RTP IZOLA", Nova gradnja , Idejne zasnove projekt št., DK01-A650/051A, IBE, Ljubljana, Marec 2006.
- [6] DIRECTIVES concerning the protection of telecommunication lines against harmful effects from electric power and electrified railway lines ITU-T, 1999.



Slika 9. Trasa kablovoda