

## **PRIMJER SVJETLOVODNE KOMUNIKACIJSKE MREŽE PRINCIPI PROJEKTIRANJA I TEHNOLOŠKE ODREDNICE**

### **EXAMPLE OF THE FIBER OPTIC COMMUNICATION NETWORK PRINCIPLES OF DESIGN AND TECHNICAL SOLUTIONS**

**mr.sci. Sead Dubravić**

**Sažetak:** U radu se nastoje prezentirati načela planiranja i odabir tehnoloških odrednica bitnih za izradu konačnog projektnog rješenja, oslanjajući se na jedan primjer iz prakse autora. Posebna pažnja posvećena je dimenzioniranju optičkog kabelskog sustava u smislu zadovoljenja potreba investitora. Detaljnije se obrazlažu utjecaji radova izgradnje kabelske kanalizacije na postojeći okoliš od posebnog značenja, kako bi isti zaštito i minimalno ugrozio obzirom na očekivane građevinske zahvate. Sa time u svezi, nastojalo se iskoristiti postojeće cestovne i pješačke koridore, a potpuno izbjegći zahvate u zelenim površinama. Posebna pažnja posvećena je dimenzioniranju topološkog rješenja, u smislu prave mjere između potreba investitora i minimizacije ugroze okoliša. U radu je istaknuta i uloga nadzora koji će kontrolirati pravilno izvođenje i time zaštiti okoliš. Na kraju je objašnjena verifikacija i validacija projektom predviđenog optičkog kabelskog sustava na performanse, ali i na kakvoću.

**Summary:** The paper seeks to present the principles of planning and selection of technological determinants essential to the final design solution based on the example from author's practice. Particular attention is paid to the dimensioning of the optical cable system in terms of meeting the needs of the investor. More detailed explanations are given on the impact of works on the construction of cable sewerage on the existing environment of special significance. With this in mind, the existing roads and the pedestrian corridors were used, avoiding the interventions in green areas. Particular attention is paid to dimensioning the topological solution, in terms of the right choice between the investor's needs and the environmental hazards. The paper also emphasizes the role of supervisor that will control the proper performances and thereby protect the environment during installation. Finally, verification and validation of the designed fiber optic cabling on performance and quality is explained.

### **1.1. PROJEKTNI ZADATAK**

#### **1.1.1. NAMJENA**

U sklopu buduće izgradnje svjetlovodne kabelske infrastrukture Nacionalnog Parka (NP) potrebno je izraditi snimku postojećeg stanja kabelske kanalizacije i napraviti Glavni projekt svjetlovodne kabelske infrastrukture koja će biti okosnica za rješenje brze poslovne mreže NP, ali i usluge brzog širokopojasnog pristupanja internet uslugama za sve goste i posjetitelje.

Glavni projekt mora sadržavati i detaljnu snimku postojeće distribucijske telekomunikacijske kanalizacije (DTK) i postojećeg kabelskog sustava. Detaljna snimka se kreira na grafičkoj podlozi – Ortofoto karti koju je osigurao Naručitelj u formi pogodnoj za importiranje u elektroničke programe za crtanje (AutoCad). Konačni Glavni projekt koristit će kao osnova za prikupljanje ponuda izvođača i u konačnici za građenje kabelske kanalizacije i pripadajuće optičke kabelske infrastrukture. Projektirati treba na način da se omogući zajedničko planiranje sa ostalim infrastrukturama, radi boljeg korištenja prostora i zaštite okoliša.

Projekt također mora zadovoljiti stroge uvjete zaštite prirode obzirom da se buduća izgradnja treba obaviti na području zakonom zaštićenog područja Nacionalnog Parka.

#### **1.1.2. PODACI O SVJETLOVODNOJ DISTRIBUCIJSKOJ MREŽI**

Prije izrade Glavnog projekta napravljena je snimka postojeće kabelske kanalizacije i postojećeg optičkog kabelskog sustava, te u suradnji sa Naručiteljem izrađen Idejni projekt u kojem je snimka grafički i tekstualno prezentirana. Na osnovu tako dobivene ažurne snimke postojećeg stanja kabelske kanalizacije i vodova potrebno je u Glavnom projektu projektirati sve elemente svjetlovodne kabelske infrastrukture tako da se kvalitetno povežu sve bitnije točke bez zahvata u području izvan Nacionalnog parka. Snimka treba uključiti sve postojeće kabelske sustave u obuhvatu projekta, što uključuje DTK i pripadajuće postojeće kabele.

Svetlovodnu distribucijsku infrastrukturu potrebno je projektirati sukladno „*Zakonu o električnim komunikacijama*“ i pripadajućim Pravilnicima. Pri tome je potrebno poštivati postojeće Pravilnike, ali i primjeniti najnovije trendove u građenju svjetlovodnih mreža.

#### **1.1.3. MATERIJAL I IZVEDBA SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE**

Kabelsku kanalizaciju je potrebno projektirati sukladno „*Zakonu o električnim komunikacijama*“ i pripadajućim Pravilnicima korištenjem PEHD cijevi malog promjera 20-50mm, mikrocijevi promjera 3-16mm i tipiziranih zdenaca kabelske kanalizacije, te eventualno nadzemnih vanjskih prespojnih ormarića.

Terminiranje svjetlovodnih niti je potrebno izvesti LC konektorima. Projektirani optički kabeli moraju biti u izvedbi kao mikro-optički kabeli iz razloga da zauzimaju manje prostora u cijevima postojeće kabelske kanalizacije, a time smanjuju cijenu izgradnje DTK i omogućuju jednostavno dodavanje novih kabela. Projektom predviđene svjetlovodne kabelske spojnice i mikrocjevne spojnice trebaju biti odgovarajućeg stupnja mehaničke zaštite i zaštite od prodora vlage.

Optički kabeli se u izvedenu kabelsku kanalizaciju dijelom uvlače ručno ili se upuhuju odgovarajućom tehnologijom i opremom, prema uputama proizvođača opreme, a sukladno tehnološkoj izvedbi kabelske kanalizacije i pripadajućih PEHD cijevi.

Projektom je definiran sustav označavanja svih elemenata svjetlovodne pristupne mreže i ostalih povezanih elemenata, radi jednoznačnosti kod održavanja i eksploracije ove infrastrukture.

#### **1.1.4. PROPISI NA KOJIMA JE UTEMELJENA IZVEDBENA PROJEKTNA DOKUMENTACIJA**

Projekt mora biti usklađen sa sljedećim zakonima, odredbama posebnih zakona, propisima, pravilnicima i normama:

- Pravilnik o tehničkim uvjetima za kabelsku kanalizaciju (NN 114/10 i 29/13)
- Pravilnik o svjetlovodnim distribucijskim mrežama (NN 57/14)
- Zakon o gradnji (NN RH 153/13)
- Zakon o zaštiti na radu (NN RH br. 19/83 i 59/96 94/96 i 114/03)
- Zakon o zaštiti od požara (NN RH br. 58/93 i 33/05)
- Zakon o preuzimanju Zakona o standardizaciji (NN 53/91)
- Uredba o izmjenama i dopunama Zakona o standardizaciji (NN 44/95)
- Zakon o električnim komunikacijama (NN 71/14)
- Pravilnik o načinu i uvjetima pristupa i zajedničkog korištenja električke komunikacijske infrasstrukture i povezane opreme (NN 36/16)
- Pravilnik o načinu i uvjetima određivanja zone električke komunikacijske infrastrukture i povezane opreme, zaštitne zone i radijskog koridora te obveze investitora radova (NN 75/13)
- Pravilnik o tehničkim uvjetima za električku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada (NN 155/09)
- Pravilnik o prostornim standardima, urbanističko tehničkim uvjetima i normativima za sprječavanje stvaranja arhitektonsko-građevinskih barijera (NN 47/82)
- HRN norme i standardi za pojedine vrste materijala i radova (MM 44/95)
- Zakon o zaštiti okoliša (NN 80/13, 153/13 i 78/15)
- Zakon o zaštiti prirode (NN 80/13)
- ITU-T L.48 Minitrench installation technique
- ITU-T G.652 Characteristics of a Single-mode optical fibre cable
- Gdje god je moguće koristiti nove trendove građenja pristupnih mreža

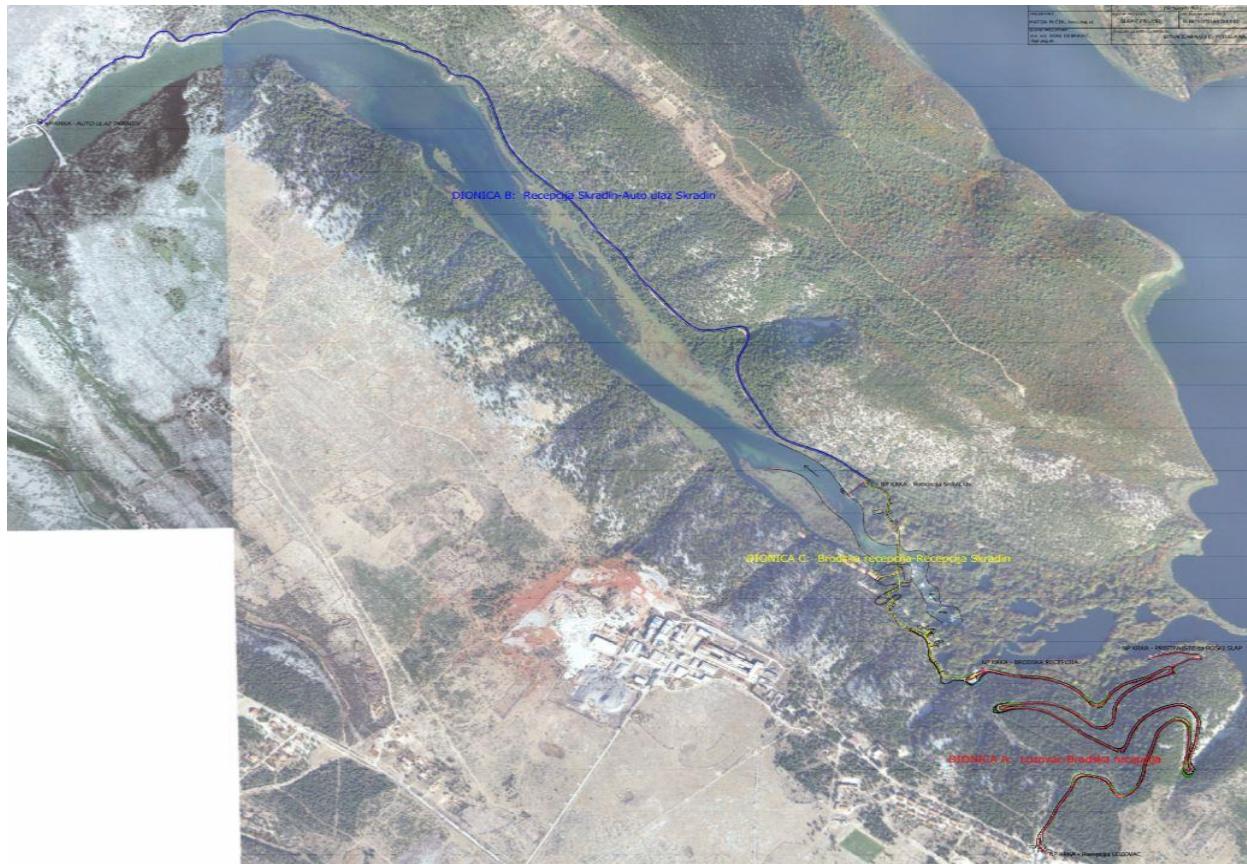
Projektant se obvezuje pridržavati postojećih zakona, odredbama posebnih zakona, propisima, pravilnicima i normama, te gdje god je moguće koristiti nove trendove građenja pristupnih komunikacijskih mreža

## 1.2. SNIMKA POSTOJEĆEG STANJA

Nacionalni park NP je smješten na živopisnom i zakonom zaštićenom okolišu u dolini kraške rijeke koja obiluje slapovima i barijerama. Na području živi velik broj zakonom zaštićenih, pa i endemičnih biljaka i životinja. Obzirom na vrlo velik broj posjetitelja Nacionalnog parka, provedena je njegova informatizacija sa ciljem njihovog što boljeg usluživanja. Postoje međutim problemi zbog toga što informatička oprema počiva na bežičnoj - radiokomunikacijskoj mreži, koja je često preopterećena, sklona ispadima i zagušenjima, što rezultira četou (pre)digim redovima za čekanje na ulaz u Park, a ponekad dolazi do potpune blokade sustava. Također je potrebno kvalitetno riješiti priključenje informatičke infrastrukture Parka na telekom operatore kako bi se postigla pouzdana i brza veza na Internet, zbog internih poslovnih primjena, ali i zbog potreba gostiju i posjetitelja za wi-fi pristupom velikih brzina. Nadalje, posebno je bitno kvalitetno povezati sve postojeće poslovno-informatičke točke u NP: recepcije, brodska pristaništa, blagajne, turističke objekte i dr... Projektirana optička mreža treba efikasno riješiti sve navedene probleme.

Postojeća bežična mreža koja povezuje lokacije u NP ne zadovoljava sa stajališta pouzdanosti, propusnosti i raspoloživosti, pa je rješenje potraženo u podzemnoj optičkoj kabelskoj infrastrukturi, kao ultrabrzoj okosnici informatičke mreže, raspoloživih brzina i iznad 10Gbs.

Za trase polaganja optičkih kabela i pripadajuće opreme, kao i trase kabelske kanalizacije, potrebno je maksimalno iskoristiti postojeću infrastrukturu, odnosno gdje to nije moguće planirati izgradnju koja će se držati postojećih cestovno-pješačkih koridora i koja neće ugrožavati prirodno-ekološki integritet Nacionalnog Parka. NP koji se zemljopisno proteže između dvaju ulaznih rampi NP Ulaz 1 i NP Ulaz 2 se može podijeliti na tri zemljopisno-tehnološke cjeline sa stajališta kabliranja, a prema donjoj [Slici 1](#):



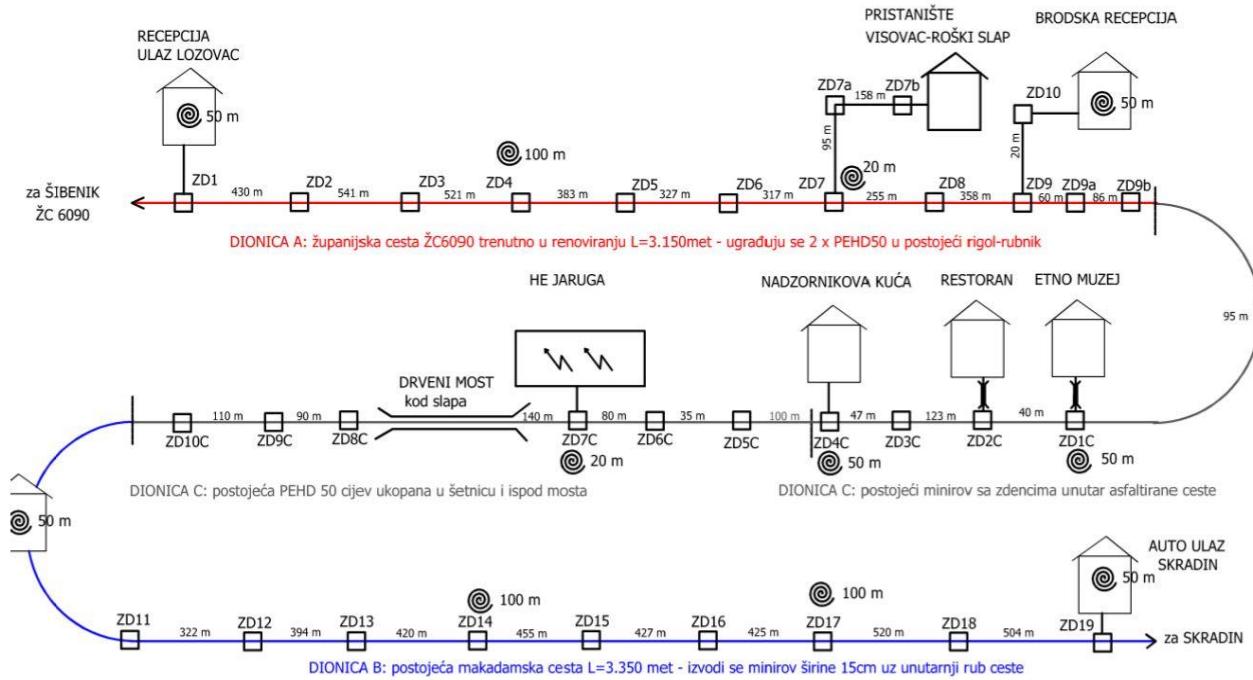
Slika 1: SITUACIONI NACRT – PODJELA PO DIONICAMA na ortofoto

- Dionica A: od Auto Ulaza NP 1 do Brodske recepcije jeste asfaltirana županijska cesta, koja se nizom serpentina spušta ka kanjonu rijeke, ukupne duljine 3.017 metara. Na ovoj cesti se trenutno renovira asfalni sloj te se proširuje cesta u zavojima, a također i uređuje rubnjak (rigol), što bitno olakšava mogućnost polaganja kabela ovom dionicom.
- Dionica B: od Auto Ulaza NP 2 do pješačke Recepције NP2 je neasfaltirana cesta (makadam) duljine 3.350 metara koja prati dolinu rijeke. Ovdje je prihvatljivo rješenje iskop minirova dimenzija 15cm x D40 cm i pripadajućih zdenaca unutar postojećeg cestovnog koridora, odnosno unutar unutarnjeg ruba ceste (prema brdu).
- Dionica C: Centralni dio Parka je pješačka turistička zona sa brojnim šetnicama lociranim oko drvenog mosta koji prialazi rijeku u području slapova, duljine cca 800 metara jeste. Ovaj dio u najjužem smislu te riječi je srž Nacionalnog Parka, a postojeća komunikacijska infrastruktura izvedena je jednim dijelom kroz postojeću asfaltiranu cestu, kao minirov širine cca 10cm unutar ceste i unutar kojeg su već bile položene PEHD cijevi i postoje bakreni komunikacijski kabeli. Preostali dio je šetnica kroz koju su PEHD cijevi i kabeli unutar njih ukopani plitko unutar pješačkih staza i kaldrma, a za donju stranu starog drvenog mosta kod slapova učvršćene su i dvije PEHD cijevi kroz koje prolaze svi postojeći kabeli. Na ovom dijelu predviđeno je provlačenje novih optičkih kabela kroz postojeće cijevi, uz ponegdje manje sanacijske radove, ali sve unutar pješačkih koridora.

### 1.3. TEHNIČKI OPIS ZAHVATA U PROSTORU

#### 1.3.1. SITUACIONI NACRT I PODJELA NA TEHNOLOŠKE DIONICE

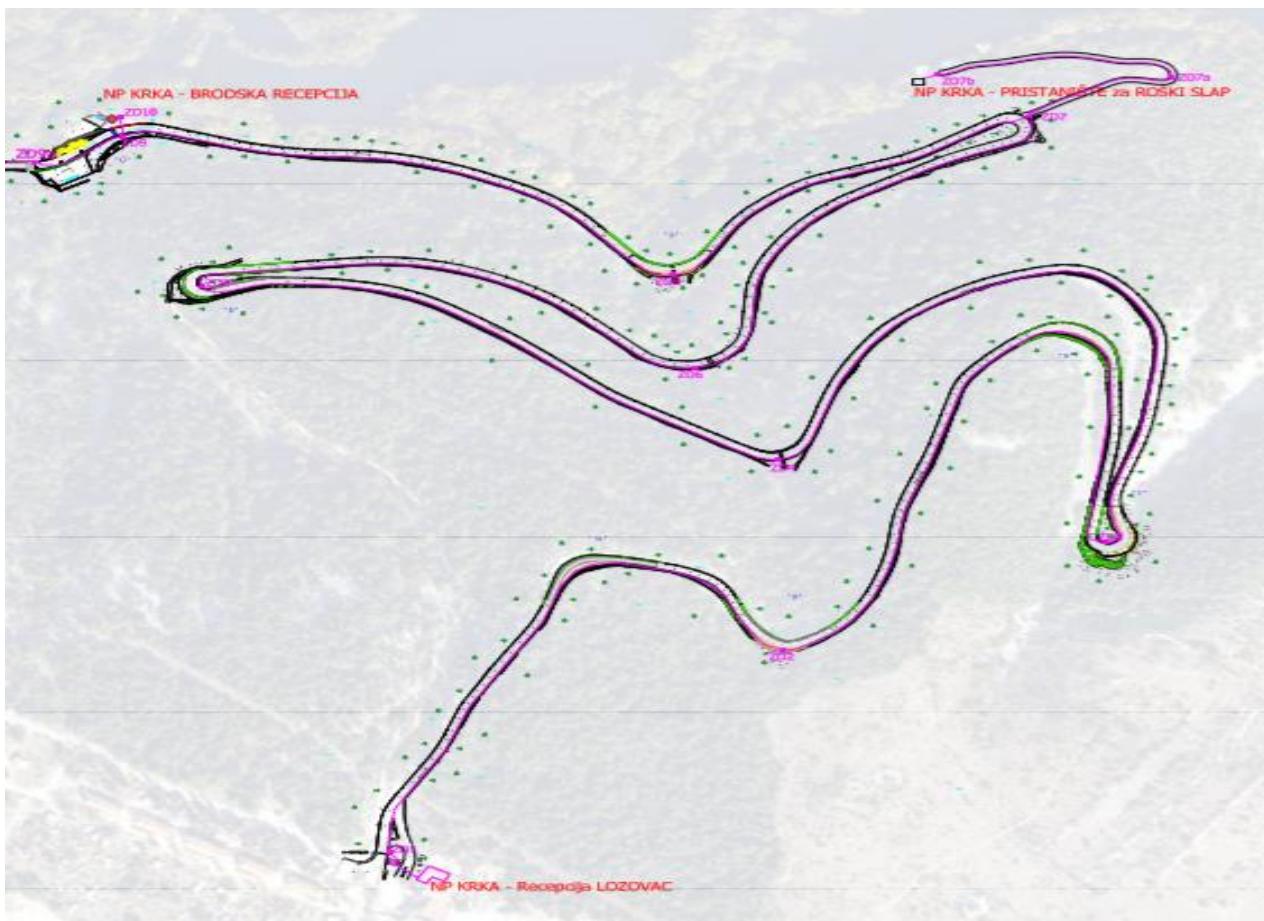
Sa gledišta mogućnosti realizacije optičke komunikacijske infrastrukture i polaganja svjetlovodnih kabela Park se može podijeliti u 3 međusobno povezane tehnološke cjeline-dionice, kako je prikazano na Slici 2.



Slika 2: ODABIR TEHNOLOŠKE IZVEDBE PO DIONICAMA

Područje NP sa stajališta komunikacijsko-poslovne mreže ima dva glavna čvorišta RECEPCIJA-Ulaz NP1 i RECEPCIJA-Ulaz NP2, koji predstavljaju točke gdje je smještena glavna informatička oprema i gdje su smještene blagajne za kupovinu ulaznica u Park. Između ova dva glavna čvorišta nalaze se i druge lokacije od interesa za poslovno-komunikacijsku integraciju Parka, gledano slijedno od Ulaza NP1: Brodsko pristanište za turističke riječne brodove - Brodska recepcija sa parkiralištem -Turistički objekti (Suvenirnica i dr.) - Turistički objekti (Restoran i dr.) - Nadzornikova kuća - Hidroelektrana HE - Autoulaz NP2.

1.3.1.1. Dionica A: od Ulaza NP1 do Brodske recepcije je asfaltirana županijska cesta ukupne duljine 3.017 metara, koja se nizom serpentina spušta ka kanjonu rijeke. Na ovoj cesti se trenutno renovira asfalni sloj te se proširuje cesta u zavojima, a također i uređuje njen rubnjak (rigol), što bitno olakšava polaganje cijevi i kabela ovom dionicom. Očekuje se da će ovi radovi biti završeni u sljedećih mjeseci, pa je bitno unutar istih riješiti kvalitetno i kabelsku kanalizaciju na ovoj dionici. Stoga se nužno hitno stopirati postojeće građevinske radove i u suradnji sa građevinarima planirati ugradnju kabelske kanalizacije unutar koridora ceste, a tek potom odobriti polaganje završnog asfaltnog sloja.

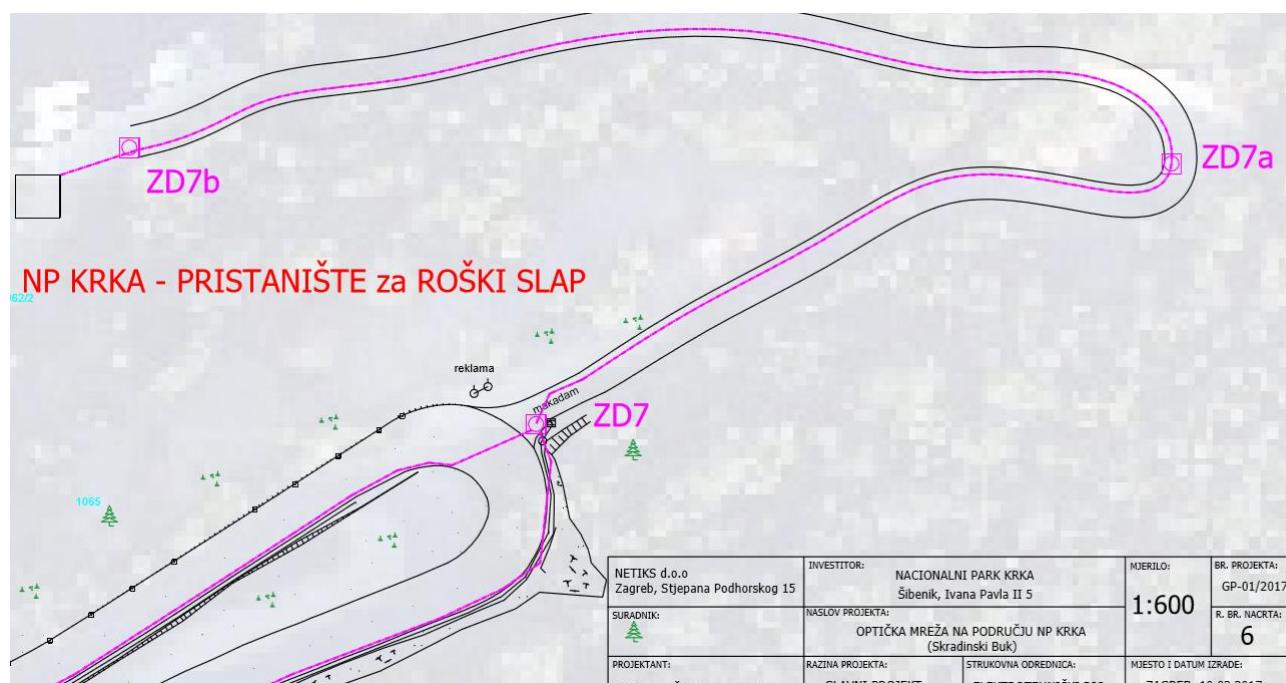


Slika 3: SITUACIONI NACRT DIONICE A: na geodetskoj podlozi

Na Slici 3. je prikazan geodetski snimak trase županijske ceste ŽCxxxx koja je u biti sastavni dio postojećeg građevinskog projekta renoviranja ceste. Trasa kabelske kanalizacije (DTK) previđena je kako je ucrtano - unutar postojećeg rubnika (rigola) koji se također renovira. Iz prikaza je vidljivo da trasa KK ide unutarnjim rubom ceste (prema brdu), a na pojedinim zavojima-serpentinama prelazi ispod kolničke trase kao bi se sačuvalo gore navedeno pravilo. U tako izgrađenu kabelsku kanalizaciju, u jednu PEHD cijev predviđeno je

strojno upuhivanje mikrocijevi, a potom u nju pripadajućeg mikrokabela odgovarajućeg kapaciteta. Preostala druga cijev je rezervna i predviđena za potrebe drugih zainteresiranih subjekata.

Posebnu cjelinu predstavlja međutim izdvojena veza budućeg magistralnog kabela koji ide cestom ŽCxxxx i objekti na brodskom Pristaništu za riječne turističke izlete. Do Pristaništa od cestovnog zdenca ZD-7 vodi cesta-kaldrma u kojoj treba iskopati minirov duljine cca 200 metr i položiti barem jednu cijev PEHD 50mm koja vodi do tih objekata. Položaj minirova bio bi unutar lijevog ruba postojeće kaldrme (uz otvoreni odvodni kanal). Za tu svrhu u zdencu ZD-7 trebat će izvesti izvod - kabelsku spojnicu. Na Slici 4. prikazana je ta dionica na postojećoj geodetskoj podlozi.

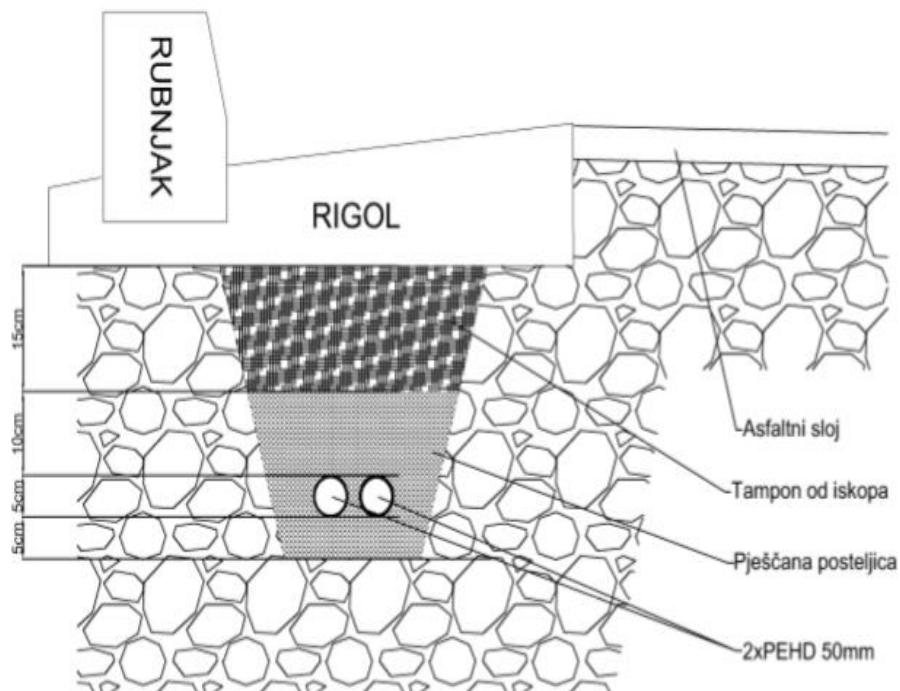


Slika 4 : DETALJ SPOJNE KK ZA BRODSKO PRISTANIŠTE na ortofoto

Na određenim mjestima predviđena je unutar proširene kolničke trase na zavojima ugradnja tipskih kabelskih zdenaca MZ-D1, kako bi se omogućilo uvlačenje (upuhivanje) mikrocijevi i optičkih mikrokabela) u PEHD cijev, njih ukupno 10 (ZD1 do ZD10). Projektirana maksimalna udaljenost zdenaca ne prelazi 500 metara, a na pojedinim mjestima su i bliži uslijed zavojitosti ceste ili zbog odvojaka na podlokacije.

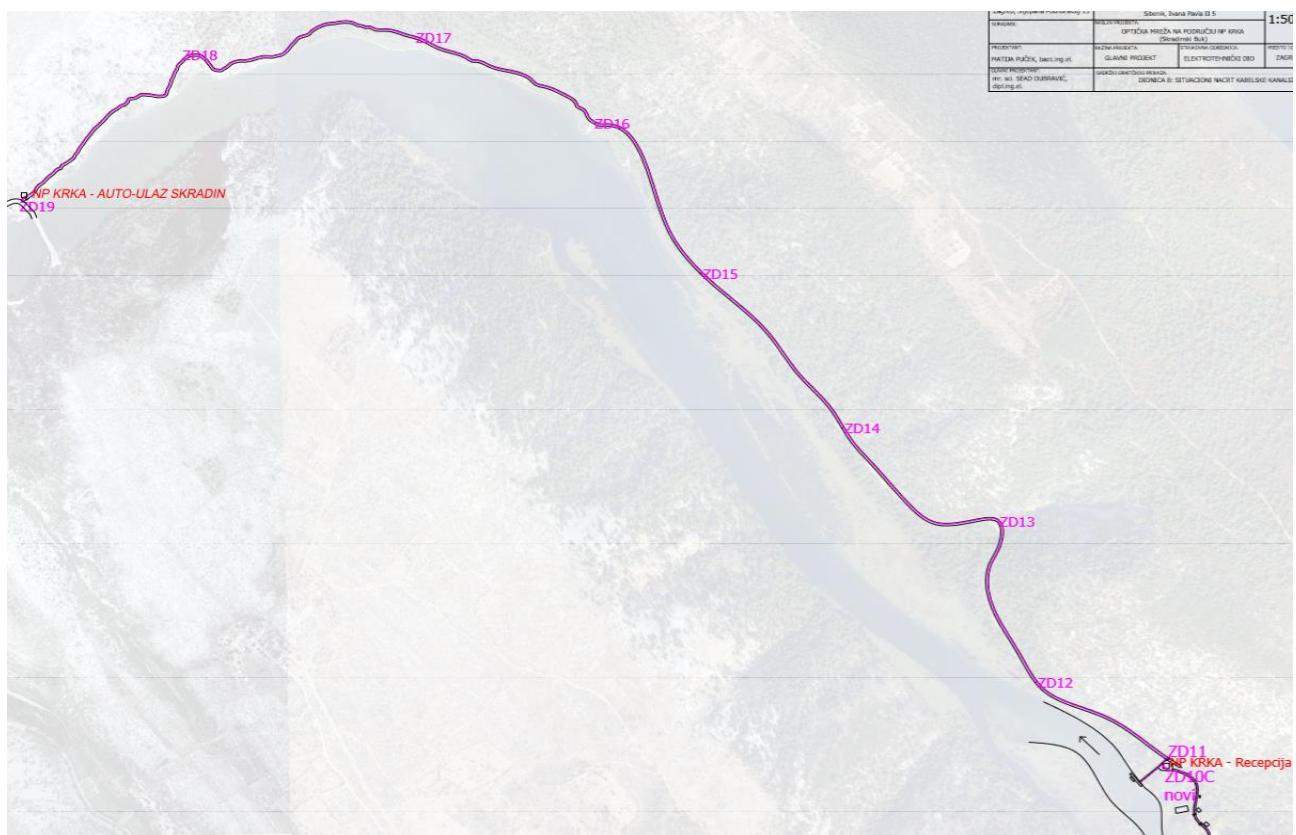
Navedene tehničko-tehnološke značajke ove dionice ugrađene su u postojeći građevinski projekt restauracije ove ceste duljine 3.017 met. Za ove radove neophodan je nadzor ovlaštenog inženjera elektrotehničke struke, kao i pripadajuća testiranja tlačnom probom i kalibracijom cijevi, a sve prije polaganja završnog sloja ceste.

Na Slici 5. vidi se detalj izvedbe kolničkog rubnika - rigola i KK rova, te pripadajućih PEHD cijevi u koje će se naknadno upuhati optokabel. Sukladno Zakonu o elektroničkim komunikacijama, te pripadajućim Pravilnicima, predviđeno je polaganje dvije PEHD cijevi promjera 50mm, obzirom da se radi o županijskoj cesti. Cijevi se zaštituju pješčanom posteljicom minimalne debljine 20cm, kako bi se zaštite od pritiska kod nabijanja cestovnih podloga, a širina iskopa treba biti barem 30cm na najužem dijelu. Tehničko rješenje izvedbe rigola i pripadajuće kabelske kanalizacije dao je projektant ceste kako je prikazana na prilogu 3, kao izvadak iz postojećeg Građevinskog projekta, a na osnovu zahtjeva projektanta mreže.



Slika 5 – DETALJ CESTOVNOG RUBNJAKA SA SMJEŠTAJEM KK

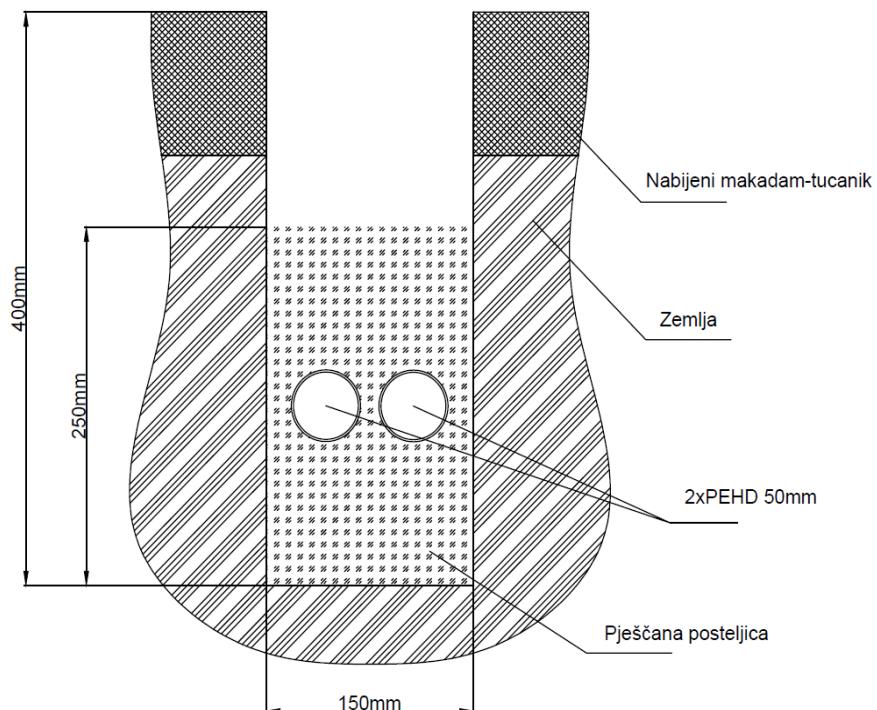
1.3.1.2. Dionica B: od Auto-ulaza NP2 do Recepkcije NP2 je neasfaltirana (makadamska) cesta duljine 3.350 metara koja prati obalu rijeke. Cijela dionica B sa položajem trase prikazana je na Slici 6.



Slika 6 – SITUACIONI NACRT KABELSKIE KANALIZACIJE DIONICE B na ortofoto.

Obzirom na duljinu i zavojitost ceste, a da bi se omogućilo polaganje optičkog kabela upuhivanjem, potrebno je u koridor ceste ukopati devet tipskih MZ-D1 zdenaca ZD11 – ZD19. I ovdje je predviđeno polaganje dvije PEHD cijevi promjera 40mm 10 bara, kao fizički put za polaganje mikrocijevi i mikrokabela. Maksimalna udaljenost između zdenaca ne prelazi 500 metara, a na pojedinim mjestima su i bliže uslijed zavojitosti ceste. Za ove rade potreban je nadzor ovlaštenog inženjera elektrotehničke struke, kao i pripadajuća testiranja tlačnom probom i kalibracijom cijevi, a sve prije zatrpanja rova i cijevi. U tako izgrađenu kabelsku kanalizaciju predviđeno je upuhivanje mikrocijevi i pripadajućeg mikrokabela odgovarajućeg kapaciteta.

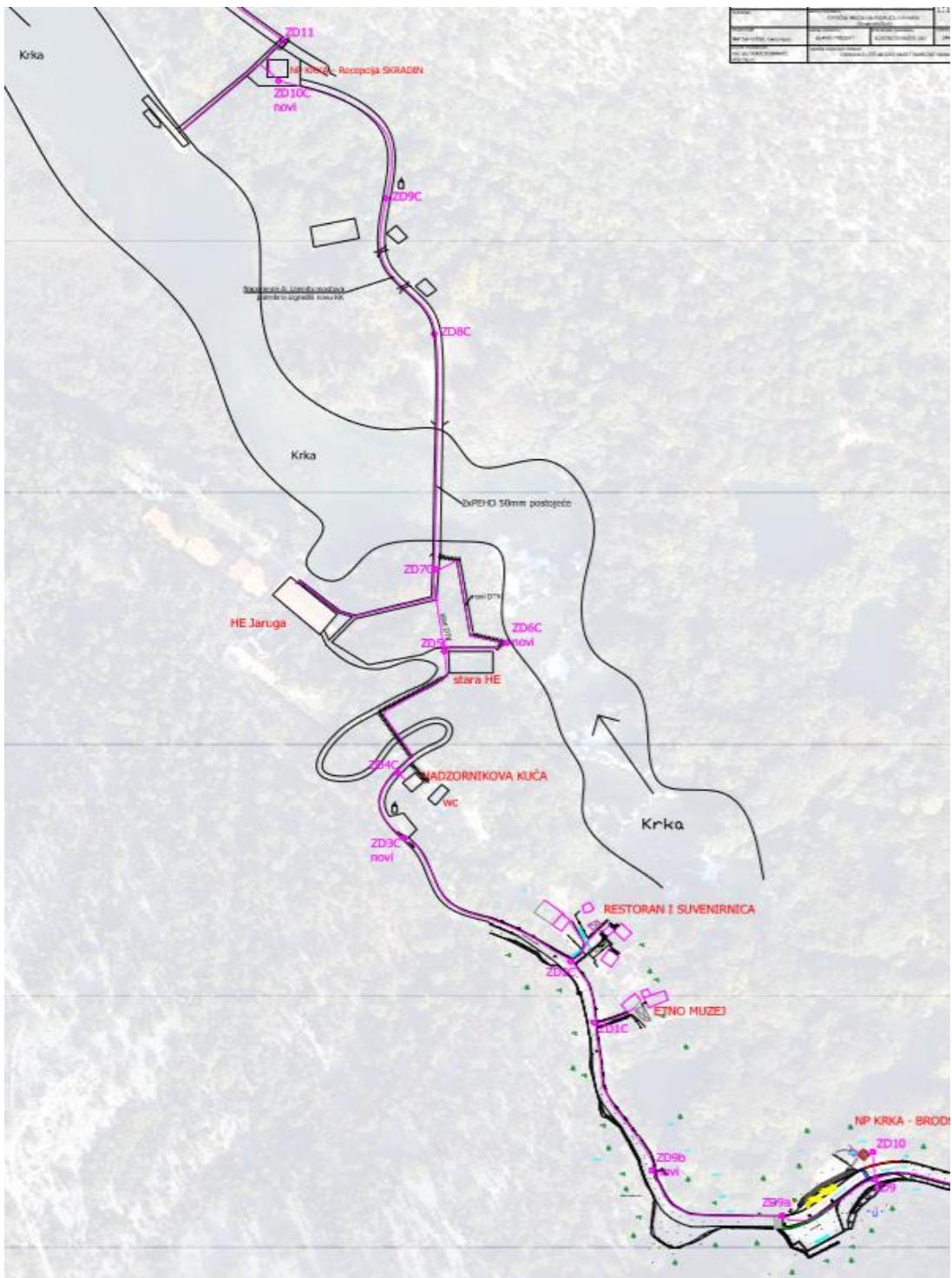
Obzirom da cesta nije asfaltirana, ovdje je prihvatljivo rješenje iskop minirova dimenzija 15cm x D40 cm unutar cestovnog koridora, sve unutar unutarnjeg ruba ceste (prema brdu, a nikako prema rijeci), sukladno normi ITU T L.48 i pozitivnoj hrvatskoj regulativi prikazano Slikom 7.



Slika 7. STRUKTURA MINIROVA NA DIONICI B

**1.3.1.3. Dionica C: od Brodske recepcije do Recepције NP2** duljine cca 1.100 metara jeste centralni dio Parka – pješačka zona. Ovaj dio NP u najjužem smislu te riječi je srž Nacionalnog Parka, pa je posebna pažnja posvećena sačuvanju i zaštiti okoliša, kako je prikazano Slikom 8.

- Na ovom dijelu trase predviđeno je ručno uvlačenje kabela u postojeću PEHD
- Postoji mogućnost manjih građevinskih zahvata, ali sve unutar cestovnog koridora, zbog moguće prignječenosti PEHD cijevi i neprohodnosti istih
- Preostali dio od crkve do Recepције NP2 je šetnica kroz koju su PEHD cijevi i kabeli ukopani plitko unutar pješačkih staza i zavojite kaldrme (ponegdje i izviruju!)
- Za donju stranu starog drvenog mosta kod slapova učvršćene su dvije PEHD cijevi kroz koje već prolaze svi postojeći kabeli



Slika 8 – SITUACIONI NACRT KABELSKE KANALIZACIJE DIONICE C na ortofoto.

- Dio trase kabelske kanalizacije od crkve do ulaza u postojeću hidroelektranu HE a ide postojećom kabelskom kanalizacijom unutar serpentinaste stare kadrme (kako je ucrtano), a zatim skreće prema postojećem zdencu na ulazu HE , na koji je KK spojena. Od tog zdanca trasa dalje ide u šetnicom ukopane PEHD cijevi koja prelaze drveni most sa donje konstrukcijske strane na koju su ovješene, te zatim dalje šetnicom do objekta NP Recepacija NP2. Na ovom dijelu predviđeno je provlačenje optičkih kabela kroz postojeće PEHD cijevi.

Samo ponegdje su mogući manje sanacijski radovi, ali sve unutar postojećih pješačkih koridora. Nisu predviđeni obimniji građevinski radovi jer će se iskoristiti postojeće PEHD cijevi, eventualna sanacija istih zbog pragnječenosti može se izvesti pojedinačnim ručnim iskopima unutar šetnice, bez korištenja građevinske mehanizacije.

- Nadalje, na ovom dijelu trase predviđeno je ručno uvlačenje u postojeće PEHD cijevi prvo mikrocijevi 12/10mm, a zatim u nju mikrokabela, ponajprije zbog improviziranog ukopa PEHD cijevi koji je realiziran bez adekvatne rovovske strukture i ne dozvoljava upuhivanje. Na potezu drvenog mosta kabel se uvlači ručno u jednu postojeću ovješenu PEHD cijev.

### **1.3.2. ODABIR CIJEVI, MIKROCIJEVI I OPTIČKOG MIKROKABELA**

#### **1.3.2.1. ODABIR PEHD CIJEVI I MIKROCIJEVI**

Sukladno Pravilniku o tehničkim uvjetima za kabelsku kanalizaciju za županijske ceste kakva je ŽCxxxx obavezna je postava dvije PEHD cijevi vanjskog promjera 50mm. Poštujući pravilo da svaki kabel mora biti položen unutar zasebne mikrocijevi manjeg promjera u osnovnu PEHD cijev promjera 50mm (radi održavanja i popravaka), u osnovnu cijev strojno ili ručno se prvo uvlači mikrocijev standardiziranog promjera 12/10mm, a potom u nju i optički kabel maksimalnog dozvoljenog promjera 7,5mm. Mikrocijev mora biti izrađena od tvrde plastike – HDPE radi zaštite od glodavaca. Na potezu DIONICE C (nacionalni Park u najjužem smislu riječi) koristi se postojeća cijevno-mikrorovska infrastruktura u koju se prvo uvlači ručno zaštitna mikrocijev 12/10mm, a zatim u nju mikro-optički kabel.

Pravilnikom su dozvoljene su slijedeće kombinacije cijevi i mikrocijevi i mikrokabela za izvedbu kabelske kanalizacije (DTK) prema Tabeli 1:

Vanjski promjer cijevi (mm)	Maksimalni broj mikrocijevi koje je moguće instalirati		
	12/10	10/8	7/5,5
50	7	8	15
40	4	5	10
32	2	3	7
25	1	1	3

Tabela 1 maksimalnog broja i dimenzija mikrocijevi u PEHD cijevima

Obzirom da se kabel uglavnom strojno upuhuje kompresorom (osim Dionice C - u centralnom dijelu NP gdje se to obavlja ručnim uvlačenjem u postojeće cijevi), potreban nazivni radni tlak koju PEHD cijev moraju podnijeti iznosi 10 bara, pa su takve i predviđene.

Isto vrijedi i za mikrocijevi 12/10mm jer će se nakon njihovog uvlačenja u PEHD cijev unutar njih strojno ili ručno uvlačiti mikrokabel.

Pri izvedbi treba uvažiti slijedeća pravila:

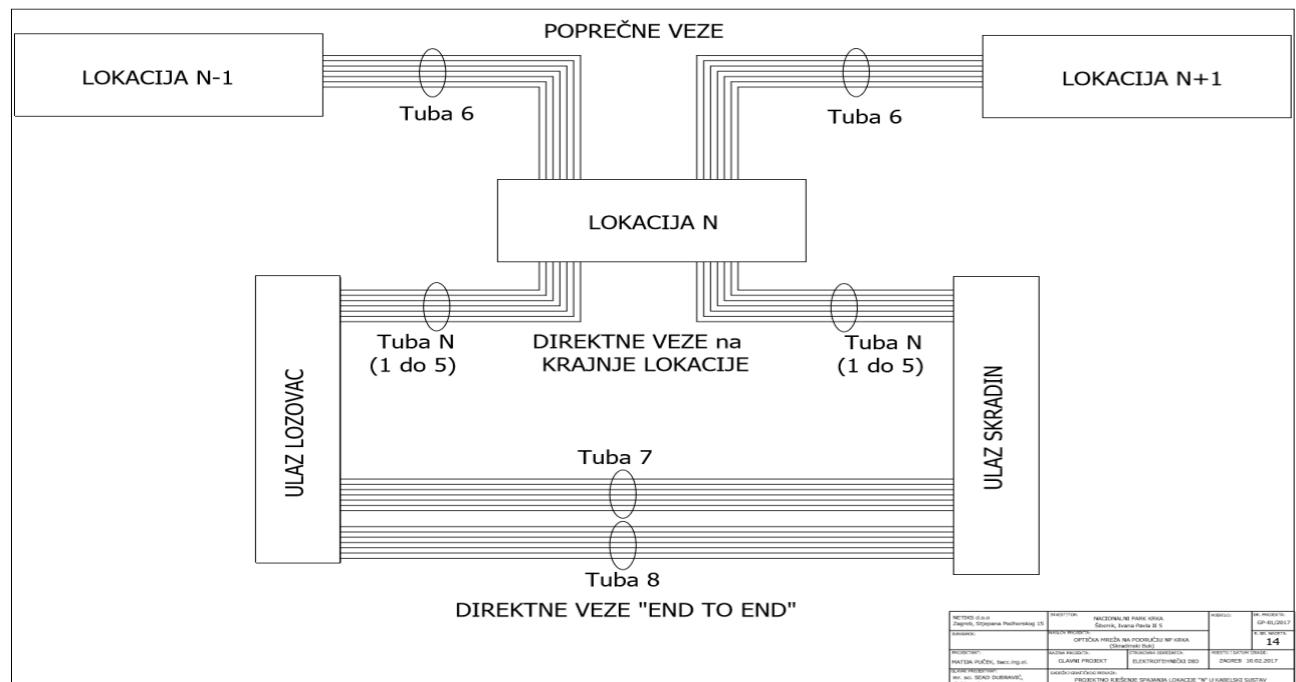
- PEHD cijev 50mm se proizvodi u standardnim kolutima od 300met pa je iste potrebno kod polaganja u rov produljivati plinotjesnim PEHD spojnicama odgovarajućeg promjera
- PEHD se ne smije prekidati u zdencima već je kroz njih prolazna, cijevi će se po potrebi rezati kod upuhivanja mikrocijevi kroz njih
- Mikrocijevne i klasične kabelske spojnice će se ugrađivati na tehnološkim mjestima gdje se kabele ili mikrocijev nastavlja, odnosno račva ka podlokaciji

### 1.3.2.2. ODABIR KAPACITETA I TIPOA MIKROKABELA

Optički mikrokabel mora imati male dimenzije kako bi se mogao položiti unutar odabranih mikrocijevi dimenzija 12/10mm, te mora biti zaštićen HDPE polietilenskim plaštrom od mehaničkih utjecaja. Također, kabel treba zadovoljiti željeni prijenosni kapacitet kako glede broja tuba i svjetlovodnih vlakana, tako i glede transmisijskih osobina svjetlovodnih vlakana u njemu.

Odabrana su monomodna dehidrirana svjetlovodna vlakna po međunarodnoj normi ITU-T G.652.d koja omogućavaju prijenosne brzine i preko 10 Gbs na distancama i preko 50km, optimizirana za rad na valnoj duljini 1310nm. Ovaj tip vlakana dimenzija 9/125um je "de facto" standard u mrežama telco operatera, tako da je buduće povezivanje na njihovu optičku infrastrukturu jednostavno.

Sa stajališta procjene broja vlakana, potrebno je pogledati [Sliku 2: ODABIR TEHNOLOŠKE IZVEDBE PO DIONICAMA](#) iz čega proizlazi modularno projektno rješenje za lokaciju N prema [Slici 9.](#) :



Slika 9: Spajanje lokacije N na optičku magistralu po pravilu "modulo 6"

- Krajnje čvorišne točke kabela su Objekt Recepције Ulaz NP1 i objekt Recepције – Ulaz NP2 na kojima kabel završava na završnim optičkim panelima
- Između tih krajnjih točaka postoji ukupno 5 međutočaka od interesa i to: Brodsko pristanište za turističke izlete rijekom (poseban odvojak duljine cca 200 met); Brodska recepcija sa parkiralištem; Turistički objekti (Suvenirnica i dr.); Turistički objekti (Restoran i dr.); Nadzornikova kuća; Hidroelektrana HE
- Po svakoj od ovih lokacija dovoljno je izdvijiti iz optokabela po jednu tubu kapaciteta 6 vlakana što se smatra dostatnim za veze te lokacije na krajnje točke (recepције) -"arhitektura modulo 6"
- Po jedna tuba se na svakoj lokaciji presijeca za direktno međusobno povezivanje susjednih lokacija (poprečne veze) tako da postoji direktna veza te lokacije na dvije susjedne (prethodnika i nasljednika)
- Izuzetak je Auto-Ulaz NP2 (kod asfaltiranog mosta na ŽCxxxx) koji je u biti produžetak (ekstenzija) optokabelske infrastrukture od recepcije NP2 do Auto-ulaza radi povezivanja na mrežne operatore
- Odabrana topološka arhitektura je zvezdasto-sabirnička (star-bus) sa redundantnim osobinama

Iz navedenih prepisa proizlazi da je:

- minimalni kapacitet magistralnog optičkog mikrokabela 8T x 6F, odnosno  $8 \times 6 = 48$  jednomodnih svjetlovodnih vlakana G.652.d duljine cca  $3.017 + 1.100 + \text{servisne petlje} = \text{ukupno } 4.500$  met za vezu objekata Recepije – Ulaz NP1 i Recepije – Ulaz NP2
- minimalni kapacitet spojnog optičkog mikrokabela 2T x 6F odnosno 12 jednomodnih svjetlovodnih vlakana G.652.d duljine cca  $3.350 + \text{servisne petlje} = 4.000$  met za vezu objekata Recepije NP NP2 – Autoulaz NP2
- mikrokabeli su ograničenih dimenzija – promjera max 7.5 mm obzirom da se uvlače u mikrocije 12/10 unutarnjeg promjera 10mm (mogu biti i uži, ali ne na uštrb debljine HDPE zaštite) [prema Tabeli 2](#):

Kapacitet mikrokabela	Vanjski promjer kabela (mm)	Tip cijevi (max. vanjski promjer u mm)
do 24 niti	$\leq 4,0$	MC 7/5,5* (7)
od 36 do 72 niti	$\leq 6,0$	MC 10/8 (10)
96 niti	$\leq 7,5$	MC 12/10 (12)
144 niti	$\leq 9,5$	MC 14/12 (14)

Tabela 2: Pravilnik maksimalnih dozvoljenih dimenzija mikrokabela u mikrocijevima

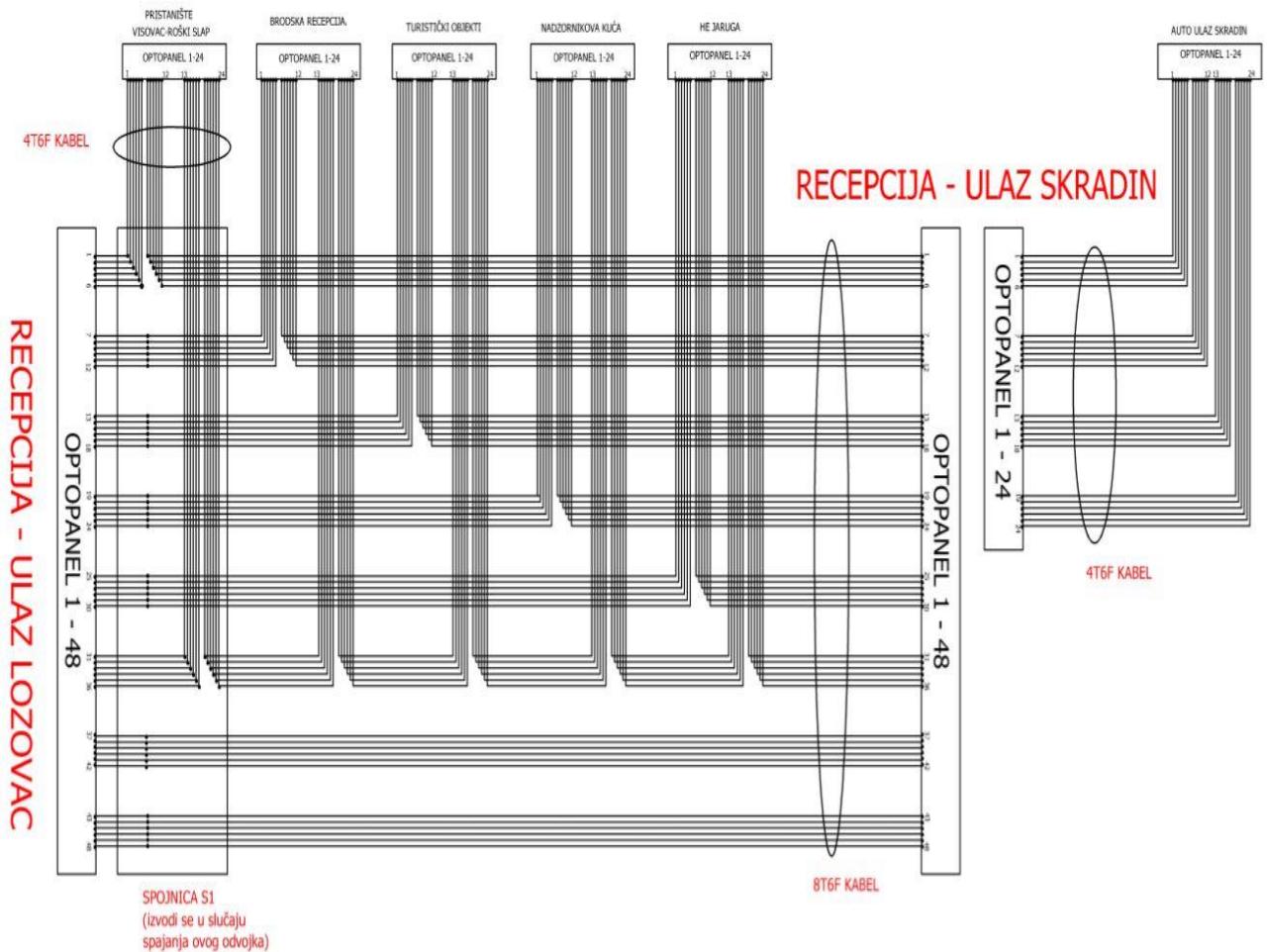
- na krajnjim točkama objekata Recepije – Ulaz NP1 i Recepije – Ulaz NP2 kabel se terminira na 48-portnom panelu (24 x DLC) metodom varenja električnim lukom na LC pigtaile te smješta u postojeće 19" ormare
- na ostalim prolaznim točkama (njih 6) kabel se terminira na 16-portnim zidnim optokabinetima (8 x DLC) metodom varenja električnim lukom na LC pigtaile koji se pričvršćuju na unutarnji zid prostorija pripadajućih objekata
- izuzetak je objekt Auto-Ulaz NP2 gdje se kabel terminira na 12-portnom zidnom optokabinetu ili 19" optopanelu (6 x DLC) metodom varenja električnim lukom na LC pigtaile

Držeći se ovog principa, slijedi topološko rješenje cjelokupnog kabelskog sustava [prema Slici 10.](#)

### 1.3.3. EKOLOŠKI ASPEKTI OPTIČKE MREŽE I UTJECAJ NA OKOLIŠ

Opisani Glavni projekt podložana je verifikaciji od strane ekološke službe Nacionalnog parka, ali i odobrenju Ministarstva zaštite okoliša, u smislu izdavanja suglasnosti sa posebnim uvjetima. Suglasnost je dobivena na osnovu sljedećih tehnološko-zemljopisnih odabira obrazloženih šire unutar Glavnog projekta:

- Optički kabel sam po sebi ničime ne ugrožava okoliš, radi se o vrlo tankom dielektričnom kabelu promjera  $< 10\text{mm}$ , sastavljenom od staklenih vlakana, bez električnih vodiča ili metalnih elemenata, kabel ne provodi struju, ne emitira niti upija elektromagnetska (EMI) i druga štetna ionizirajuća ili ne-ionizirajuća zračenja.
- Za prijenos signala se ne koriste električni impulsi, već se koriste oku nevidljive infracrvene svjetlosne zrake malih energija zarobljene unutar svjetlovodnog vlakna. Nema nikakve ugroze po zdravlje i život čovjeka te biljnih i životinjskih vrsta, čak i kod presjecanja kabela.



Slika 10: Finalna kabelska toplogija NP sa detaljima spajanja na panelima i spojnicama

- Za trase polaganja optičkih kabela i pripadajuće opreme koristi se uglavnom postojeća kabelska kanalizacija (DTK), Projektom se nastojalo maksimalno iskoristiti postojeća podzemna infrastruktura, odnosno, gdje to nije bilo moguće gradi se nova isključivo u mikro i mini-izvedbama, uvijek se izvodi unutar postojećih cestovno-pješačkih koridora, ne izlazi izvan njih i ne ugrožava prirodno-ekološki integritet i izgled Nacionalnog Parka.
- Izgradnja nove i adaptacija postojeće kabelske kanalizacije, kao fizičkog puta za polaganje kabela, bit će provedena sa posebnom pažnjom, obzirom da zahtjeva određene građevinske i kabelmonterske radove umjerenog ili manjeg obima u širem prostoru Parka, za što su napisane posebne Upute
- U nazužem pješačkom prostoru Parka ne izvode se nikakva nova kabelska kanalizacija, kabel se ručno uvlači sa posebnom pažnjom unutar postojećih položenih plitko ukopanih PEHD cijevi u koridorima postojećih šetnica, gdje već ionako postoje aktivni i neaktivni bakreni telefonski kabeli
- Moguće je očekivati građevinske sanacije na mjestima gdje je postojeća PEHD cijev zatečena prekinuta ili prignjećena, ali će se ti radovi na užem području Parka izvoditi ručno, bez građevinske mehanizacije, što je izvedivo obzirom da su iste vrlo plitko ukopane (cca 10-20cm ispod površine)

### **1.3.4. NADZOR - ZAVRŠNA TESTIRANJA CIJEVI I OPTIČKOG KABELA I PROVJERA KVALITETE**

Prilikom polaganja i upuhivanja PEHD cijevi, mikrocijevi mikrokabela potrebno je posvetiti posebnu pažnju da ne dođe do napuknuća ili izobličenja cijevi, odnosno oštećivanja ili pucanja mikrokabela kod instalacije. Stoga je za svaku od navedenih faza potrebno vršiti nadziranje kvalitete radova te validirati sustav atestiranjima i završnim mjeranjima. To uključuje slijedeće aktivnosti nadzora:

- nadzor nad iskopom minirova, postavom pješčane posteljice, te polaganjem PEHD cijevi u minirov, te nadzor nad zatrpanjem i nabijanjem nadslojeva trase
- nadzor nad finalizacijom rubnjaka (rigola) na dijelu ceste ŽCxxxx od ulaza NP1, postavom pješčane posteljice, te polaganjem PEHD cijevi, te nadzor nad zatrpanjem i nabijanjem nadslojeva trase
- nadzor nad ugradnjom kabelskih zdenaca i montažom cijevnih šablona u KK cijelom trasom
- nadzor nad montažom PEHD plinotjesnih spojnica - test tlačne probe prije završnog zatvaranja rova
- kalibracija kompletne PEHD dionice na integritet i prohodnost upuhivanjem kalibratora (nakon zatvaranja trase i finalizacije svih nadslojeva trase PEHD)
- nadzor nad upuhivanjem i ručnim uvlačenjem mikrocijevi u PEHD cijev
- nadzor nad polaganjem i uvlačenjem optokabela u mikrocijevi
- nadzor nad izradom mikrocijevnih i varenih kabelskih spojnica prema Projektu
- završna mjerenja svih optičkih dionica i analiza usklađenosti sa proračunskim iznosima, OTDR-om po dionicama i mjeračem gušenja između krajinjih točaka (optopanela)
- kod izvođenja radova poštivati sve posebne uvjete zaštite okoliša do najmanjeg detalja
- kod izvođenja radova poštivati sve uvjete zaštite na radu, te zaštite od požara
- kod zbrinjavanja otpada isti odvesti iz područja NP te ga zbrinuti sukladno zakonskim propisima
- Sukladno Zakonu o građenju (NN br. 175/03, NN br. 100/04) programom kontrole potrebno je osigurati potrebnu kvalitetu, a što će se postići na taj način da se za opremu predviđenu projektom tijekom gradnje, te puštanja u rad, kontrolom dokaže funkcionalna ispravnost, te ispravnost prema važećim zakonima, propisima i standardima i to u pogledu pouzdanosti, mehaničke otpornosti i stabilnosti, sigurnosti u slučaju požara, te da ne dolazi do ugrožavanja zdravlja ljudi.
- Prilikom preuzimanja materijala ili opreme predviđene za ugradnju, izvođač je dužan pribaviti potvrde o kvaliteti (Izjava o sukladnosti, atestna dokumentacija) za svaku pojedinu vrstu opreme (kabel, kabelska spojница, mikro cijev, instalacijska cijev, i sl.), i izvršiti kontrolu isporučene opreme i materijala u skladu s zakonskom regulativom koju je zakonodavac propisao, a koja je specifična ovisno o vrsti opreme i materijala koji se ugrađuje.
- Spajanje mikrocijevi obaviti u kabelskim zdencima u kojima se planiraju odvojci mikrocijevi prema lokacijama od interesa, potrebno je tijekom upuhivanja/uvlačenja na projektom specificiranim mjestima ostaviti dovoljno rezerve mikro cijevi da se mikro cijev može spojiti i složiti unutar zdenca.
- Kompletna mikrocijevna trasa mora biti neprekinuta il plinotjesna na pritisak od 6 bara kako bi se omogućilo strojno upuhivanje mikrokabela u istu. Prekidi mikrocijevi su dozvoljeni samo na ovim Projektom predviđenim mjestima gdje su privodi objektima i nigrdje druge, pa tako prolaze neprekinute i u većini kabelskih zdenaca. Kraj mikrocijevi sa bubnja se dakle produljuje plinotjesnom spojnicom na slijedeći bubanj.
- U instaliranu mikro cijev upuhuje se mikro kabel konstrukcije 8T6F koji se sastoji od 48 monomodnih svjetlovodnih vlakana 9/125 po normi 1TU-T G.652.d. Minikabeli trebaju imati dozvoljenu silu natezanja kod instalacije od min 1000N, i zadovoljavajući elastičnost čime kabelska struktura jamči podnošenje svih opterećenja za koja je kabel dimenzioniran. Kabelske cjevčice trebaju biti ispunjene

gelom radi zaštite od prodora vlage. Svaka tuba i vjakno u njoj trebaju biti zasebne boje radi jednoznačnog identificiranja po međunarodnom standardu boja.

- Kod polaganja/upuhivanja podzemnih optičkih kabela dužnu pozornost potrebno je obratiti na specifičnosti takvih mikrokabela koje utječu na polaganje, a to su male dimenzije i težina; mala zatezna sila; mali polumjeri savijanja; velike tvorničke duljine. Sukladno iznesenom, tijekom polaganja/upuhivanja potrebno je pridržavati se proizvođačkih preporuka kojima su propisane mehaničke značajke kabela.
- Na mjestima gdje se kabel uvlači ručno (u centralnom dijelu parka) potrebno je to raditi sa osjećajem da se ne povlači većom silom od dopuštene, a naročito ne potezati na mahove.
- Spajanje svjetlovodnih niti vrši se metodom varenja („fusion splice“) uz kontrolu mesta spoja na samom uređaju LID sustavom. Na mjestima spajanja svjetlovodnog kabela ostavlja se rezervna petlja duljine potrebne za spajanja odnosno eventualne buduće intervencije na izgrađenoj instalaciji. Prigušenje spoja na mjestu spajanja ne smije prelaziti vrijednost od 0,10 dB.
- Spojevi svjetlovodnog kabela na trasi rova se smještaju u podzemnu kabelsku spojnicu. Kabelska spojница treba biti vrste i tipa da omogući pohranu svih spojenih niti, osigura dovoljan radijus savijanja za spojene niti i osigura vodonepropusnost. Gdje god popunjenoš kabelskog zdenca to dozvoljava, kabelsku spojnicu treba staviti na nosač spojnice, na zid kabelskog zdenca, zajedno sa pripadajućom „šlingom“ rezervnog kabela.
- Kod privoda objektima, nakon izrade privodnog rova rebrastom cijevi promjera 32mm, montira se prespojni optopanel s LC konektorima u komunikacijski ormar na za to predviđenu poziciju prema nacrtu iz ovog projekta ili, ako u međuvremenu nastupe kakve promjene, na poziciju dogovorenou s Investorom. Svjetlovodni kabel se završava na metodom varenja („fusion splice“) tvornički konektiranih kabela duljine 2 metra (pigtails).

### **1.3.5. ZAVRŠNA MJERENJA OPTIČKIH KABELA – VERIFIKACIJA I VALIDACIJA OPTIČKIH LINKOVA**

Po završetku spajanja i završavanja kabela, potrebno je napraviti završna mjerena prijenosnih karakteristika izgrađenih linkova i izraditi knjigu mjernih protokola.

Svaki bubanj kabela, prije upuhivanja u cijev, mora biti ispitana mjerom prijenosnih parametara OTDR-om od trsane proizvođača. Na taj način treba provjeriti integritet svake kabelske niti i eventualne diskontinuitete na istima. Ove liste izvođač radova mora priložiti prilikom primopredaje instalacije.

Nakon upuhivanja kabela, a prije spajanja kabelskih sekcija, potrebno je izvršiti provjeru testnu provjeru kabelskih niti OTDR-om na neprekinutost i postojanje diskontinuiteta metodom uzoraka (po jedna nit iz svake tube) na 1310 i 1550nm.

Po završetku spajanja cjelokupne kabelske trase, potrebno je izvršiti mjerena prijenosnih parametra kabela za svaku pojedinu nit, obostrano, i to OTDR-om i izvorom-mjeračem optičke snage, za valne duljine 1310 nm i 1550 nm. Za tako obavljena mjerena potrebno je prirediti dokumentaciju sa OTDR reflektometra za svaku nit, za svaki smjer i za svaku valnu dužinu zasebno. Mjerena prigušenja optičke snage metodom izvordetektor potrebno je prikazati preglednom tablicom za svaku nit, smjer i svaku valnu duljinu. Mjerom prigušenja optičke snage ujedno se provjerava i redoslijed niti na kabelskim razdjelnicima gdje niti trebaju biti posložene po redu (“jedan na jedan”).

Ispравnim svjetlovodnim linkom smatra se link kojeg izmjereno prigušenje od krajne točke X do krajne točke Y ne prelazi vrijednost maksimalno prigušenja izračunatog po formuli:

$$A (\text{dB}) = L (\text{km}) \times G_k (\text{dB/km}) + N \times 0,10 (\text{dB}) + K (\text{dB}) \quad \text{gdje je:}$$

- A (dB) ..... teorijska vrijednost ukupnog gušenja linka
- L (km) ..... duljina linka-svjetlovodne niti u km
- G<sub>k</sub> (dB/km) ..... proizvođački deklarirano prigušenje svjetlovodne niti po kilometru duljine na pripadajućoj valnoj duljini
- N ..... ukupan kumulativni broj prespoja na dionici metodom varenja
- K (dB) ..... gušenje na završecima linka (par LC konektora na LC spojniku, uzima se normirana vrijednost od max 0,75 dB po portu panela)

Rezultati završnih mjerena svih optičkih dionica predaju se investitoru i moraju biti verificirani unutar gornjom formulom izračunatih vrijednosti na valnim duljinama 1310/1550nm. Mjerenja treba obaviti kvalitativno OTDR reflektometrom i kvantitativno mjeračem gušenja u oba smjera.

#### **PODACI O AUTORU:**

**mr.sci. Sead Dubravić, dipl.inž.** e-mail: sdubravic@netiks.hr

Rođen 1956.g. u Zagrebu gdje je završio osnovnu školu i V zagrebačku Gimnaziju. Diplomirao na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu 1980.g. na smjeru radiokomunikacije, potom magistrirao na istom fakultetu 1986.g. na smjeru telekomunikacije. U razdoblju od 1980. do 1992.g. bio je zaposlen u tvrtkama Ericsson-Nikola Tesla, TRS te Prvomajskoj gdje stče bitna iskustva na području telekomunikacija i tada nadolazeće svjetlovodne tehnologije, ali i automatizacije postrojenja. Tijekom domovinskog rata, 1992.g. otvara privatnu tvrtku NETIKS d.o.o. gdje radi i danas, kao direktor i vlasnik. Tijekom svoje stručne karijere specijalizirao se za optičke komunikacijske sustave velikih brzina, od linijskih kabelskih sustava do FTTx mreža operatera, ali i mreža u industrijskim postrojenjima.

Objavio je veći broj radova na poznatim domaćim, ali i na međunarodnim konferencijama i simpozijima. Dobitnik je priznanja za 20-godišnje učestovanje i doprinos na Savjetovanjima KOM. Priznat je i kao predavač većeg broja seminara o planiranju i građenju optičkih komunikacijskih mreža.

Od g. 2007. član je HKIE komore inženjera elektrotehnike, u svojstvu ovlaštenog inženjera za EKM (elektroničke komunikacijske mreže). Također je duži niz godina član EDZ (Društva inženjera i tehničara Zagreb) gdje je dobitnik Zlatne plakete za postignuta školovanja. Sudjelovao je u izradi vrlo složenih projekata i njihovoj izgradnji - magistralne komunikacije: plinovodi - PLINACRO, naftovodi- JANAF, želježničke pruge-HŽ, autoceste\_HAC, vodovodi - PONIKVE, ekološki projekti i dr., nekima i izvan zemlje (npr. naftovodi u Siriji za potrebe INA-STS) Naftni servisi, 2006-2007), te vodio ili nadzirao izgradnju većeg broj zatvorenih mreža (campusa) privatnih i javnih investitora. Sudjelovao je u projektiranju, nadziranju ili izvođenju FTTH mreža za više hrvatskih mrežnih i kabelskih operatora.

Posljednjih godina bavi se ovlaštenim projektiranjem, nadzorom nad izvođenjem, izradom Idejnih i Glavnih Projekata elektroničkih komunikacijskih mreža, u svojstvu ovlaštenog Projektanta i člana Komore HKIE. U tome je postigao specijalizaciju poglavito na području svjetlovodnih komunikacijskih mreža, ali i na projektiranju kabelske kanalizacije (DTK), primjenjujući najsvremenije mikrocjevne i mikrokabelske tehnologije.