

Projektiranje svjetlovodne distribucijske mreže u ruralnom području

Car, Karlo

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:373598>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVO

KARLO CAR

**PROJEKTIRANJE SVJETLOVODNE
DISTRIBUCIJSKE MREŽE U RURALNOM
PODRUČJU**

ZAVRŠNI RAD

ČAKOVEC, 2022.

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU
STRUČNI STUDIJ RAČUNARSTVA

KARLO CAR

**PROJEKTIRANJE SVJETLOVODNE
DISTRIBUCIJSKE MREŽE U RURALNOM
PODRUČJU**

**DESIGN OF FIBER OPTICS DISTRIBUTION
NETWORK IN RURAL AREA**

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Robert Poljak, struč. spec. ing. techn. inf., pred.

ČAKOVEC, 2022.

ZAHVALA

Posebno se želim zahvaliti mentoru koji je za vrijeme pisanja ovog rada uvijek bio na raspolaganju za svako moje pitanje čime je omogućio da temu ovog završnog rada kvalitetno razložim i sastavim u jednu cjelinu. Naravno želim se zahvaliti i svim ostalim profesorima na prenesenom znanju, a za kraj se želim zahvaliti svojim roditeljima koji su me cijelo vrijeme podržavali i omogućili mi da završim ovaj studij.

Karlo Car

SAŽETAK

Sve veći razvoj tehnologije i medija postaje vrlo bitna stavka u razvoju telekomunikacijske mreže te ima izravan utjecaj na brzinu i preciznost mreže i udaljenost samog prijenosa. Sve ovdje navedeno direktno utječe na troškove samog postavljanja i održavanja mreže, a istovremeno ima značajan utjecaj i na kvalitetu pruženih usluga. Kako se broj ljudi koji imaju pristup telekomunikacijskim uslugama znatno povećava, time se eksponencijalno povećavaju zahtjevi za širinom pojasa (engl. bandwidth).

Tema ovog završnog rada je projektiranje svjetlovodne distribucijske mreže u ruralnom području, odnosno u pojedinim mjestima općine Marija Bistrica. Ovaj je rad samo prototip, ali bit će napravljen tako da se pomoću njega u budućnosti može nastaviti razvijati svjetlovodna mreža.

Sam rad bit će podijeljen u tri velike cjeline, a svaka od njih će objašnjavati pojedino područje vezano za svjetlovodne mreže. Tako se prvo poglavlje bavi općenitim stvarima vezanim za svjetlovodne mreže, odnosno teorijom svjetlovodnih mreža zato jer se od nekud mora početi, a bez toga se svjetlovodne mreže teško mogu shvatiti. Kroz tu će se cjelinu govoriti o prednostima i nedostacima svjetlovodnih mreža te raznim specifikacijama i klasifikacijama svjetlovodnih kablova.

Sljedeće poglavlje pokrit će vrlo važne cjeline vezane za projektiranje svjetlovodne mreže i tu će se pobliže objasniti tehnologije koje se koriste za izradu pojedinih stavki. Primjerice za označavanje kuća i priključaka koristi se JavaScript kod, a crtanje grafikona prema kojem se vodi gdje ide koji kabel radi se pomoću Diagrams.net web-aplikacije. Bit će riječi i o konkretnim cijenama te će se malo više reći i o samom području za koje je svjetlovodna mreža projektirana, zašto je ono uopće odabrano i je li bilo kakvih problema.

Zadnje veliko poglavlje odnosit će se na terenske radove, opremu koja je potrebna za rad sa svjetlovodnim nitima te uređajima koji se koriste za pojedina mjerenja.

Naravno ovdje ima puno više posla od ovog navedenog jer se prije samog rada sa svjetlovodnim kablovima moramo pripremiti zato jer se jedan način pripreme i spajanja kablova odnosi na distribucijski čvor gdje je i čvorište svih kablova potrebnih za pojedino područje, a drugi način pripreme se odnosi na montažu distribucijskih kutija i spojnice jer se tu sa svjetlovodnim kablom radi na potpuno drugačiji način.

Nakon svega ovdje rečenoga može se krenuti na svako od tih poglavlja gdje će sve biti puno detaljnije objašnjeno.

Ključne riječi: *telekomunikacije, svjetlovodna vlakna, distribucijske kutije, distribucijski čvor, projektiranje, cijene*

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| ZAHVALA..... | 3 |
| SAŽETAK..... | 4 |
| 1. UVOD | 6 |
| 2. TEORIJA SVJETLOVODNIH MREŽA | 7 |
| 2.1. Prednosti svjetlovodnih mreža..... | 8 |
| 2.2. Specifikacija dizajna svjetlovodnog kabela..... | 10 |
| 2.3. Klasifikacija svjetlovodnih kabela | 11 |
| 2.4. Razlika između jednomodnih i višemodnih svjetlovodnih kabela..... | 13 |
| 2.4.1. Jednomodni kabela..... | 13 |
| 2.4.2. Višemodni kabela..... | 13 |
| 3. PROJEKTIRANJE SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE..... | 15 |
| 3.1. Općina Marija Bistrica | 16 |
| 3.2. Prva faza u projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže..... | 18 |
| 3.3. Druga faza u projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže | 24 |
| 3.3.1 Diagrams.net | 25 |
| 3.3.2 Proces projektiranja dijagrama povlačenja svjetlovodnih kabela | 26 |
| 3.4. Treća faza u projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže | 29 |
| 4. IZGRADNJA SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE..... | 31 |
| 4.1. Priprema svjetlovodnog kabela za korištenje | 32 |
| 4.2. Spajanje svjetlovodnog kabela unutar distribucijskog čvora..... | 35 |
| 4.3. Montiranje distribucijskih kutija, spojnica i povlačenje kabela..... | 39 |
| 4.4. OTDR | 43 |
| 4.5. OPM | 45 |
| 5. ZAKLJUČAK..... | 46 |
| 6. POPIS SLIKA..... | 47 |
| 7. POPIS LITERATURE | 50 |

1. UVOD

U današnje vrijeme kad je sve više ljudi *online* i dok su mreže sve više opterećene zbog toga što bakreni vodovi zbog različitih gubitaka ne mogu pružiti kvalitetu i brzinu usluge na traženom nivou, ve više uzimamo u obzir noviju tehnologiju koja se koristi zato što nema toliko gubitaka, a pruža puno bolju kvalitetu usluge, dok je brzina na potpuno drugom nivou i ne može se usporediti s dosadašnjim mrežama.

Naravno govori se o svjetlovodnim mrežama koje umjesto vodova od bakra koriste staklena i plastična vlakna, za razliku od bakrenih vodova koji za prijenos informacija koriste električne signale. Svjetlovodne mreže kao sredstvo prijenosa koriste svjetlo, kao što se može shvatiti i iz same riječi. Jedini problem tih vrsta mreža je skupoća postavljanja.

U nastavku ovog završnog rada bit će prikazane sve komponente i tehnologije koje su potrebne kod postavljanja jedne takve mreže na nekom području. Uz sve to u ovome radu bit će prikazani i nacrti projektiranja svjetlovodne mreže u odabranim mjestima unutar općine Marija Bistrica.

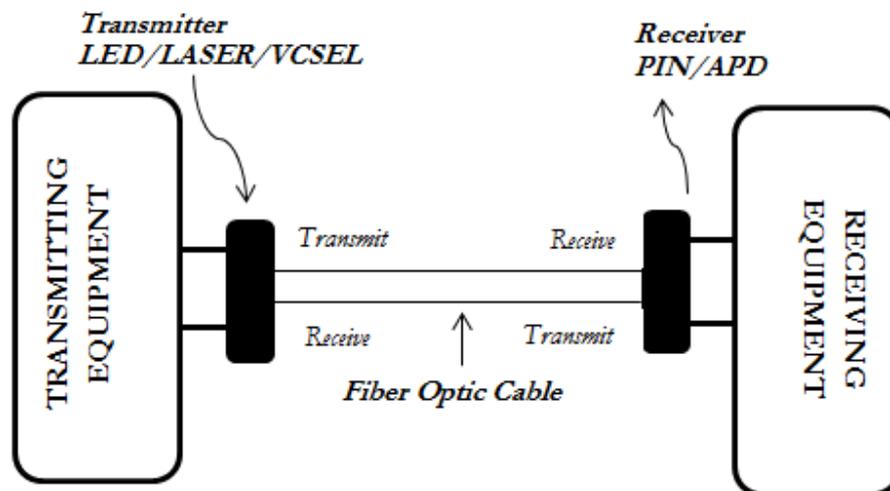
Ovaj završni rad bit će podijeljen na tri glavne cjeline, a to su: teorija svjetlovodnih mreža, projektiranje svjetlovodne distribucijske mreže (gdje će se govoriti o svakom koraku u projektu i zašto je napravljeno točno tako) te postavljanje svjetlovodne distribucijske mreže i tu će se govoriti o procesu postavljanja mreže u mjestu Orehovica zbog toga što za to mjesto postoje podaci, a u općini Marija Bistrica se svjetlovodna mreža još ne postavlja.

2. TEORIJA SVJETLOVODNIH MREŽA

Razvoj tehnologije svjetlovodnih vlakana traje već više od 40 godina i još uvijek se razvija. Najveći je izazov u projektiranju i samom razvoju vlakana koja mogu odgovoriti na izazove budućnosti, ponajprije u daljini kojom se može prenijeti svjetlovodni signal i broju valnih duljina koje podržava.

Kroz razna istraživanja i kontinuirani razvoj svjetlovodnih vlakana postignut je razvoj staklenih vlakana koja imaju visoki stupanj čistoće. Visoka razina čistoće staklenih vlakana i konstantni razvoj tehnologije poluvodiča omogućili su prijenos svjetlovodnih signala na velike udaljenosti, bez potrebe za pojačavanjem samog signala. Takav razvoj tehnologije omogućio je smanjenje gubitaka za 80 %.

Na slici 1 prikazan je blok dijagram osnovnog prijenosa svjetlovodnog signala i njegovog zaprimanja.



Slika 1. Blok dijagram prijenosa i zaprimanja svjetlovodnog signala
(Izvor:

https://www.researchgate.net/publication/350789710_ABCs_of_Fiber_Optic_Communication_A_Practical_Handbook, preuzeto: 02.05.2022)

2.1. Prednosti svjetlovodnih mreža

Sustavi svjetlovodnih vlakana imaju mnogo prednosti u odnosu na komunikacijske sustave temeljene na bakrenim vodovima. Ove prednosti uključuju prijenos signala na velike udaljenosti, veliku širinu pojasa, nevodljivost, sigurnost, dizajn za potrebe budućnosti.

Prijenos signala na velike udaljenosti: nisko prigušenje i vrhunski integritet signala koji se nalazi u svjetlovodnim sustavima omogućuje puno duži prijenos signala od bakrenih vodova. Nije neobično da svjetlovodni kabeli prođu sto kilometara bez ikakve obrade ili pojačavanja signala, dok kod bakrenih vodova to jednostavno nije moguće.

Velika širina pojasa (engl. *Bandwidth*), mala težina i mali promjer: sve većim razvojem tehnologije rastu i zahtjevi za sve veću propusnost. Stoga je važno uzeti u obzir prostorna ograničenja mnogih korisnika. Uobičajeno je „instaliranje“ novih kabela unutar postojećih instalacija što je pak moguće zbog relativno malog promjera i male težine samog svjetlovodnog kabela, što takve instalacije čini vrlo praktičnim.

Nevodljivost: još jedna prednost svjetlovodnih vlakana nad bakrenim vodovima je njihova dielektrična¹ priroda. Budući da svjetlovodno vlakno ne sadrži metalne komponente, to mu omogućuje da se instalira u područjima s elektromagnetskim smetnjama, uključujući i radiofrekventne smetnje. Potpuno dielektrični kabeli također su idealni za mjesta na kojima postoje dokazi za visoke učestalosti udara groma.

Sigurnost: za razliku od bakrenih vodova, dielektrična priroda svjetlovodnih vlakana onemogućuje daljinsko otkrivanje signala koji se prenosi unutar kabela. Jedini način za to je pristup svjetlovodnom vlaknu. Pristup vlaknu zahtijeva intervenciju koja se lako može otkriti sigurnosnim nadzorom. Ove

¹ Dielektrična priroda- svojstvo tvari ili medija da ne prevodi električnu struju- Izolator

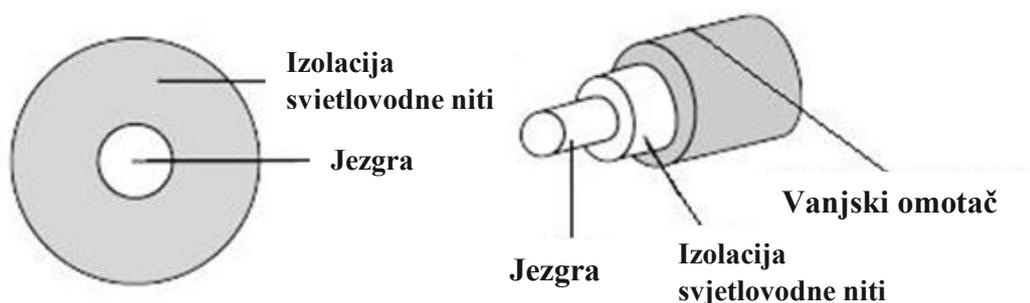
okolnosti čine svjetlovodna vlakna izuzetno privlačnima za banke i druge institucije koje imaju velike sigurnosne probleme.

Dizajnirani za potrebe budućnosti: optika je danas pristupačna jer cijene elektronike padaju, a cijene svjetlovodnih kabela ostaju niske. U mnogim su slučajevima rješenja za vlakna jeftinija od bakra. Kako zahtjevi za propusnošću rastu kako raste i tehnološki napredak, vlakna će i dalje igrati vitalnu ulogu u dugoročnom uspjehu telekomunikacija.

2.2. Specifikacija dizajna svjetlovodnog kabela

Svjetlovodno vlakno sastoji se od dva sloja različitih vrsta (različitih indeksa loma) od stakla visoke čistoće i plastike, a raspoređeni su tako da tvore jezgru i omotač. Jezgra se odnosi na unutarnji sloj dok omotač čini vanjski sloj. Omotač je obično prekriven s više slojeva zaštitnog premaza kako bi izdržao različite vrste naprezanja tijekom postavljanja.

Taj zaštitni premaz općenito se sastoji od mekog unutarnjeg sloja dizajniranog da „ublaži“ vlakno nakon kojeg slijedi tvrdi vanjski sloj koji je dizajniran da izdrži naprezanja tijekom ugradnje. To određuje ključne parametre dizajna svjetlovodnog kabela: prigušenje, načini širenja svjetlosti, vrste svjetlovodnih vlakana i sigurnosne standarde, između ostalog. Presjek svjetlovodnog kabela prikazan je na slici 2.



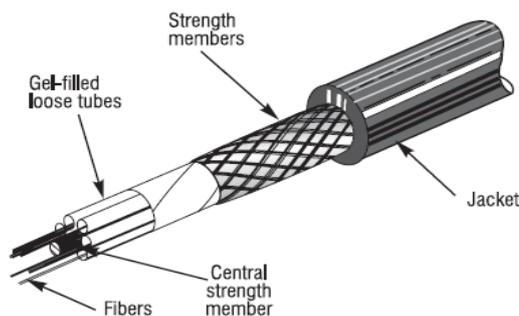
Slika 2. Presjek svjetlovodnog kabela (Izvor.

https://www.researchgate.net/publication/350789710_ABCs_of_Fiber_Optic_Communication_A_Practical_Handbook, preuzeto: 02.05.2022)

2.3. Klasifikacija svjetlovodnih kabela

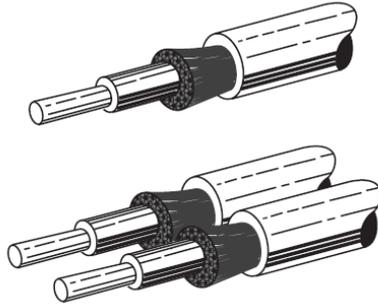
Svjetlovodni se kabeli intenzivno koriste u izgradnji modernih telekomunikacijskih mreža. Stoga ih se postavlja za povezivanje zemljopisno udaljenih mjesta (međugradske mreže), a isto tako se mogu postaviti i unutar zgrada. Na temelju rasporeda možemo klasificirati kabele za vanjsku i unutarnju upotrebu (Slike 3 i 4).

Vanjska upotreba: kao što samo ime sugerira, davatelji internetskih usluga koriste ove kabele za unutargradske i međugradske veze. Ti kabeli mogu se postaviti ispod površine, mogu biti napeti preko stupova ili biti položeni pod vodom (podmorski kabeli). Takvi kabeli često imaju vrlo visok broj vlakana te su optimizirani za otpornost na vlagu i oštećenja od glodavaca.



Slika 3. Svjetlovodni kabel za vanjsku upotrebu (Izvor: <https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html>, preuzeto: 04.05.2022)

Unutarnja upotreba: za razliku od vanjskih kabela, ovi kabele uključuju kratke udaljenosti i obično se instaliraju unutar zgrada. Mogu biti duljine nekoliko metara i imati od 2 do 48 vlakna po kabele. Vlakno može biti jednomodno, višemodno ili hibridno, a sama vlakna mogu biti od stakla ili plastike.



Slika 4. Jednomodni i višemodni svjetlovodni kabel za unutarnju upotrebu (Izvor: <https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html>, preuzeto: 04.05.2022)

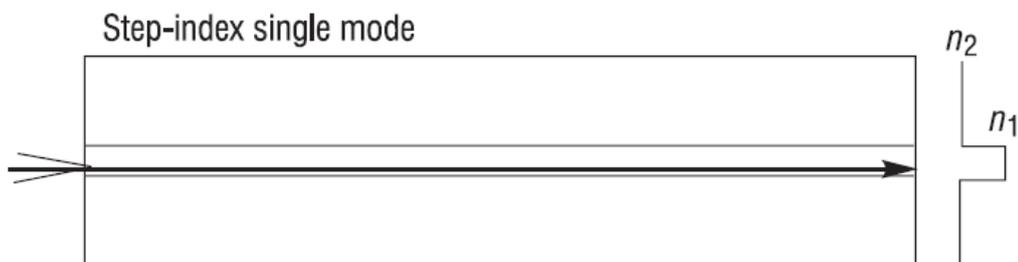
2.4. Razlika između jednomodnih i višemodnih svjetlovodnih kabela

Postoje dvije osnovne vrste svjetlovodnih kabela koji se koriste u telekomunikacijskim mrežama, to su jednomodni i višemodni kabele. Primarna razlika između kabela je u njihovim karakteristikama prigušenja, sastava materijala i tehnike izrade.

2.4.1. Jednomodni kabele

Jednomodni kabele sastoje se od niti staklenih vlakana promjera od 8,3 do 10 mikrometara s jednim načinom prijenosa. Relativno uzak promjer jezgre olakšava širenje samo jednog oblika svjetlosti. Takva vlakna mogu imati znatno veću propusnost od multimodnih vlakana na velikim udaljenostima.

Jednomodna vlakna intenzivno se koriste za većinu telekomunikacijskih/podatkovnih aplikacija. Postoje tri osnovne klase jednomodnih vlakana koje se koriste u modernim telekomunikacijskim sustavima: vlakna bez disperzije, vlakna pomaknuta disperzijom, vlakna pomaknuta bez nulte disperzije.

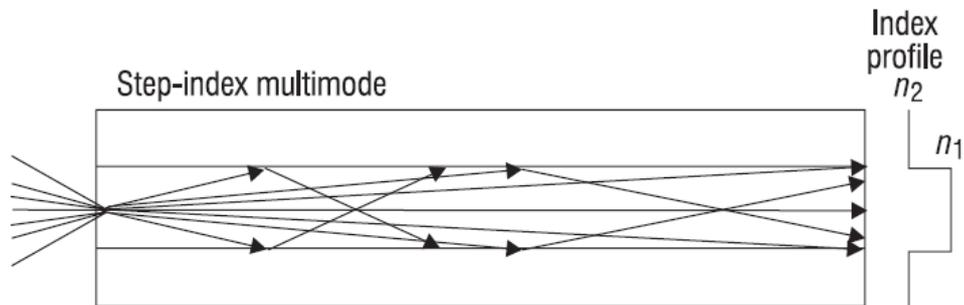


Slika 5. Prikaz vlakana u jednomodnom svjetlovodnom kabele (Izvor: <https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html>, preuzeto: 04.05.2022)

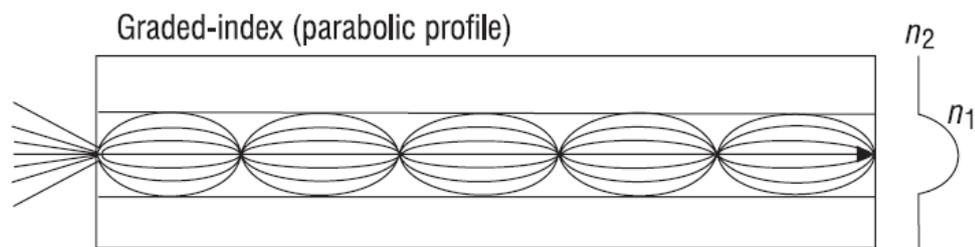
2.4.2. Višemodni kabele

Višemodna vlakna omogućuju širenje više modova svjetlosti kroz višemodni kabele. Promjer tih kabela veći je od jednomodnih kabela i obično je reda veličine 50, 62,5 ili 100 mikrometara. Međutim važno je napomenuti ako je duljina višemodnog kabela veća od 1 000 kilometara dogodila bi se značajna

izobličenja na kraju primatelja, što bi rezultiralo kvarovima u prijenosu. Kod kratkog dometa primjenjuju se kabeli s dva vlakna. Višemodni kabeli mogu se klasificirati u dvije vrste: višemodno vlakno s indeksom koraka (Slika 6) i višemodno vlakno sa stupnjevanim indeksom (Slika 7).



Slika 6. Prikaz višemodnih vlakana s indeksom koraka u višemodnom kabelu (Izvor: <https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html>, preuzeto 04.05.2022)



Slika 7. Prikaz višemodnih vlakana sa stupnjevitim indeksom u višemodnom kabelu (Izvor: <https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html>, preuzeto: 04.05.2022)

3. PROJEKTIRANJE SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Kroz ovu cjelinu govorit će se o svim detaljima vezanim za projektiranje svjetlovodne distribucijske mreže, tehnologijama koje su se koristile prilikom projektiranja mreže te će sve navedeno biti detaljno objašnjeno i upotpunjeno programskim kodom za koji je korišten JavaScript API povezan s Google kartama.

U cijelom procesu projektiranja koristilo se Google kartama baš zbog satelitskog i Street View načina rada te u pojedinim slučajevima Geoportalom državne geodetske uprave zbog toga što su neki podaci u Google kartama zastarjeli.

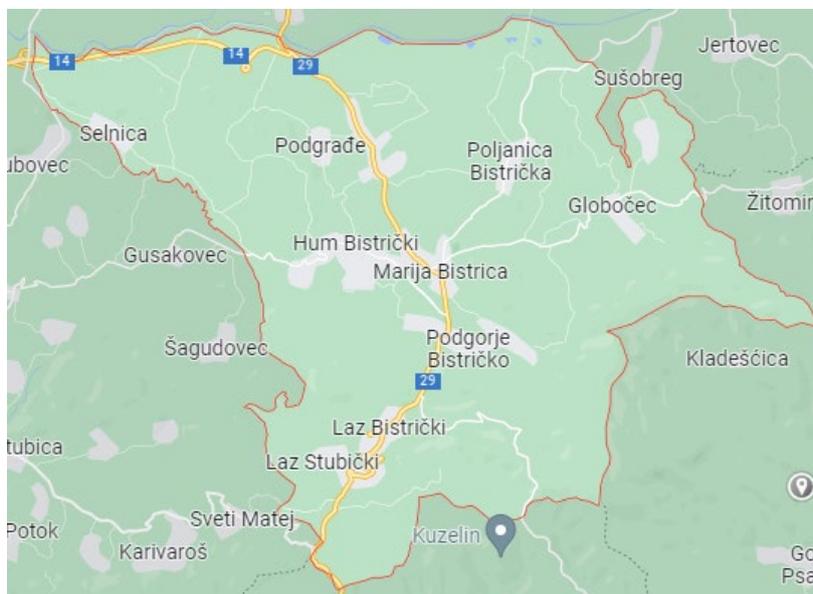
Prije nego se krene u same korake projektiranja svjetlovodne distribucijske mreže potrebno je znati nešto više o području na kojem se mreža projektira, a riječ je o području općine Marija Bistrica.

3.1. Općina Marija Bistrica

Marija Bistrica je općina koja spada u Krapinsko-zagorsku županiju i u sklopu koje postoji nekoliko naselja, a to su : Globočec, **Hum Bistrički**, Laz Bistrički, Laz Stubički, **Marija Bistrica**, **Podgorje Bistričko**, **Podgrađe**, Poljanica Bistrička, Selnica, Šušobreg Bistrički te **Tugonica**.

Za ovaj projekt odabrano je 5 naselja koja su u gornjem odlomku posebno označena. Važno je napomenuti da su ta naselja odabrana upravo zbog toga što imaju najviše stanovnika, što ćemo vidjeti prema popisu stanovništva iz 2021. godine (Slika 9)

Još bi trebalo spomenuti da odabrana naselja nisu u potpunosti pokrivena zbog nekoliko razloga, a to su rijetka naseljenost zbog toga što su sva naselja relativno velika te svi stanovnici žive bliže samom centru općine, a drugi razlog je podzemna mreža koju je mnogo teže projektirati nego nadzemnu mrežu.



Slika 8. Područje općine Marija Bistrica (Izvor: Google karte, preuzeto: 08.05.2022)

|  DRŽAVNI ZAVOD ZA STATISTIKU REPUBLIKE HRVATSKE CROATIAN BUREAU OF STATISTICS | | Ukupno popisane osobe <i>Total number of enumerated persons</i> | Ukupan broj stanovnika <i>Total population</i> |
|--|----------------------------|--|---|
| | | 1 | 2 |
| Marja Bistrica | <i>Marja Bistrica</i> | 5.590 | 5.562 |
| Globočec | <i>Globočec</i> | 480 | 480 |
| Hum Bistrički | <i>Hum Bistrički</i> | 431 | 429 |
| Laz Bistrički | <i>Laz Bistrički</i> | 748 | 744 |
| Laz Stubički | <i>Laz Stubički</i> | 221 | 221 |
| Marja Bistrica | <i>Marja Bistrica</i> | 1.055 | 1.048 |
| Podgorje Bistričko | <i>Podgorje Bistričko</i> | 859 | 851 |
| Podgrađe | <i>Podgrađe</i> | 309 | 307 |
| Poljanica Bistrička | <i>Poljanica Bistrička</i> | 295 | 291 |
| Selnica | <i>Selnica</i> | 597 | 597 |
| Sušobreg Bistrički | <i>Sušobreg Bistrički</i> | 77 | 77 |
| Tugonica | <i>Tugonica</i> | 518 | 517 |

Slika 9. Popis stanovništva iz 2021. godine (Izvor: Državni zavod za statistiku, preuzeto: 08.05.2022)

3.2. Prva faza u projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže

Prvi korak u samom projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže je odabir koordinate koja će uz JavaScript API i Google karte zabilježiti mjesto u kojem se mreža projektira. To se radi sa sljedećim dijelom koda (Slika. 10), nakon čega slijede idući koraci u projektiranju koji će biti detaljno objašnjeni.

```
function initMap() {
  const map = new google.maps.Map(document.getElementById("map"), {
    zoom: 18,
    center: {lat: 46.006399, lng: 16.113261}, //križanje marija bistrice- koordinata uzeta zbog preglednosti
    mapTypeId: "satellite",
    draggableCursor: 'crosshair',
    styles: [
      {featureType: "poi", elementType: "labels", stylers: [{visibility: "off"}]},
    ],
  });
};
```

Slika 10. Prikaz koda koji određuje koordinatu mjesta u kojem se projektira svjetlovodna mreža (Izvor: autor)

Sljedeći korak je označavanje kućanstava u kojima trenutno netko živi i te se kuće označavaju zelenim kružićima. To se radi na način da se klikne na kuću te se uz pokrenute Google karte u kojima se u pozadini pokreće JavaScript API otvori developer mode te se pritiskom na pojedinu kuću u tome modu prikaže koordinata. Ta koordinata se kopira i stavi u JavaScript kod te se nakon spremanja koda i osvježavanja Google karata taj kružić pokaže kod određene kuće. Taj dio koda prikazan je na slici 11 i slici 12.

```
for (let index = 0; index < korisnici.length; ++index) {
  new google.maps.Circle({
    map: map,
    center: korisnici[index],
    radius: 3,
    strokeColor: "lime",
    strokeOpacity: 1,
    strokeWeight: 3,
    fillColor: "lime",
    fillOpacity: 0.3,
    zIndex: 100,
  });
}
```

Slika 11. Prikaz koda koji omogućuje postavljanje kružića te mu zadaje boju (Izvor: autor)

```
korisnici= [  
  //krećemo sa jednom sporednom ulicom sela hum bistricki pođevši od glavne ceste pa prema kraju sela  
  {lat: 46.006691, lng: 16.105043}, //kuća- kod autocentra tagar  
  {lat: 46.006327, lng: 16.103804}, //kuća uz cestu  
  {lat: 46.005338, lng: 16.104710},  
  {lat: 46.004673, lng: 16.105011},  
  {lat: 46.004352, lng: 16.105075},  
  {lat: 46.003335, lng: 16.105070},  
  {lat: 46.004088, lng: 16.106228},  
  {lat: 46.002153, lng: 16.104893},  
  {lat: 46.002060, lng: 16.105070},  
  //{lat: 45.998511, lng: 16.102964}, //zadnja kuća skroz na brijegu  
  {lat: 46.004410, lng: 16.104215},  
  {lat: 46.003884, lng: 16.103781},  
  {lat: 46.002843, lng: 16.102801},  
]
```

Slika 12. Dio koda koji prikazuje način na koji se zapisuju koordinate korisnika
(Izvor: autor)

Nakon toga slijedi korak označavanja kuća koje su napuštene, u kojima nitko ne živi ili u kojima živi starije stanovništvo koje nema potrebe za svjetlovodnom distribucijskom mrežom. Proces projektiranja toga dijela isti je kao i kod projektiranja kućanstava označenih zelenim kružićima. Jedini dio u kojem se razlikuje je dio koda koji označava, a to je u ovom slučaju žute boje.

Isti korak radi se i u slučaju parcela gdje bi u budućnosti mogle biti kuće ili kod gradilišta na kojima kuće ili stanovi nisu izgrađeni u potpunosti i takvi su kružići označeni crvenom bojom. U ovom slučaju postoji samo jedan takav kružić na području pokrivenom ovim projektom.

Nakon što su označeni svi kružići na željenom području može se krenuti s projektiranjem HEP električnih stupova na koje se postavlja nadzemna svjetlovodna distribucijska mreža. Koraci su isti kao i kod projektiranja kućanstava, dakle klikne se na pojedini stup, kopira se njegova koordinata te se stavi u programski kod kako bi se mogla prikazati u Google kartama. Nakon što se koordinata kopira slijedi još jedan korak, a to je određivanje koliko je svjetlovodnih niti potrebno ostaviti na pojedinom stupu.

To se radi na način da se pobroje kućanstva spojena na pojedinom stupu te se prema pravilu ostavi potreban broj niti. Pravilo glasi ako je na stup spojeno do 5 kućanstava, ostavlja se jedna nit viška, a ukoliko je na pojedini stup spojeno više od 5 kućanstava, ostavljaju se dvije niti viška.

U slučaju ovoga projekta najviše kućanstva na pojedinom stupu bilo je četiri, a u tom se slučaju treba ostaviti pet niti. Kod projekta postoji problem, a to je mnogo stupova na koje se ne potroši niti jedna nit jer nema spojenih kućanstava pa se zbog toga piše nula niti. To je problematično zato što se mora potrošiti puno više svjetlovodnog kabela, što stvara dodatni trošak. Kod koji se koristi za prikaz stupova u Google kartama prikazan je na slici 13 i slici 14.

```
for (let index = 0; index < stupovi.length; ++index) {
  new google.maps.Marker({
    map: map,
    position: stupovi[index],
    icon: {
      url: 'data:image/svg+xml;charset=utf-8,' +
        encodeURIComponent('<svg viewBox="0 0 220 220" xmlns="http://www.w3.org/2000/svg
      size: new google.maps.Size(24, 24),
      scaledSize: new google.maps.Size(24, 24),
      anchor: new google.maps.Point(12, 12),
      labelOrigin: new google.maps.Point(12, 12),
    },
    zIndex: 150,
    label: {
      text: stupovi[index].broj_niti,
      color: "blue",
      fontSize: "14px",
    },
  });
}
```

Slika 13. Prikaz koda koji omogućuje postavljanje kružića sa stupovima (Izvor: autor)

```
stupovi= [
  {lat: 46.0024630, lng: 16.1012474, broj_niti: "2"}, //1 nit rezerve-moja kuca
  {lat: 46.0024656, lng: 16.1016487, broj_niti: "2"}, //1 nit rezerve
  {lat: 46.0026675, lng: 16.1017305, broj_niti: "2"},
  {lat: 46.0024880, lng: 16.1019196, broj_niti: "0"}, //samo stup
  {lat: 46.0024959, lng: 16.1023129, broj_niti: "0"},
  {lat: 46.0025881, lng: 16.1027441, broj_niti: "0"},
  {lat: 46.0027111, lng: 16.1029191, broj_niti: "2"}, //1 nit rezerve
  {lat: 46.0029787, lng: 16.1031716, broj_niti: "0"},
  {lat: 46.0031915, lng: 16.1033647, broj_niti: "0"},
  {lat: 46.0034894, lng: 16.1036342, broj_niti: "0"},
  {lat: 46.0037358, lng: 16.1039326, broj_niti: "0"},
```

Slika 14. Prikaz koda sa koordinatama stupova i brojem niti (Izvor: autor)

Sljedeći korak je spajanje priključaka. U tome dijelu projektiranja uzima se više koordinata, točnije četiri. Uzmemo se koordinate kućanstva te koordinate stupa na koje je to kućanstvo spojeno kako bi se u Google kartama mogla vidjeti linija koja spaja pojedino kućanstvo s pojedinim stupom. Programski kod za taj dio vidi se na slici 15 i slici 16.

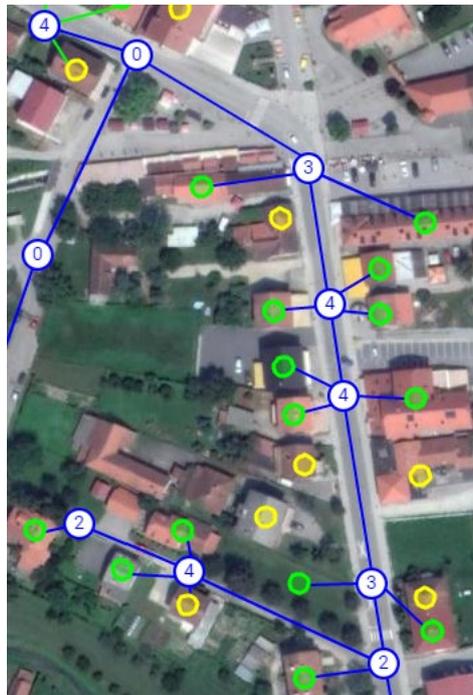
```
for (let index = 0; index < prikljucki.length; ++index) {  
  new google.maps.Polyline({  
    map: map,  
    path: [  
      new google.maps.LatLng(prikljucki[index].pocetak_c1, prikljucki[index].pocetak_c2),  
      new google.maps.LatLng(prikljucki[index].zavrsetak_c1, prikljucki[index].zavrsetak_c2),  
    ],  
    strokeColor: "lime",  
    strokeOpacity: 1,  
    strokeWeight: 2,  
    zIndex: 50,  
  });  
}
```

Slika 15. Prikaz koda kojim se omogućuje prikazivanje priključaka u Google kartama (Izvor: autor)

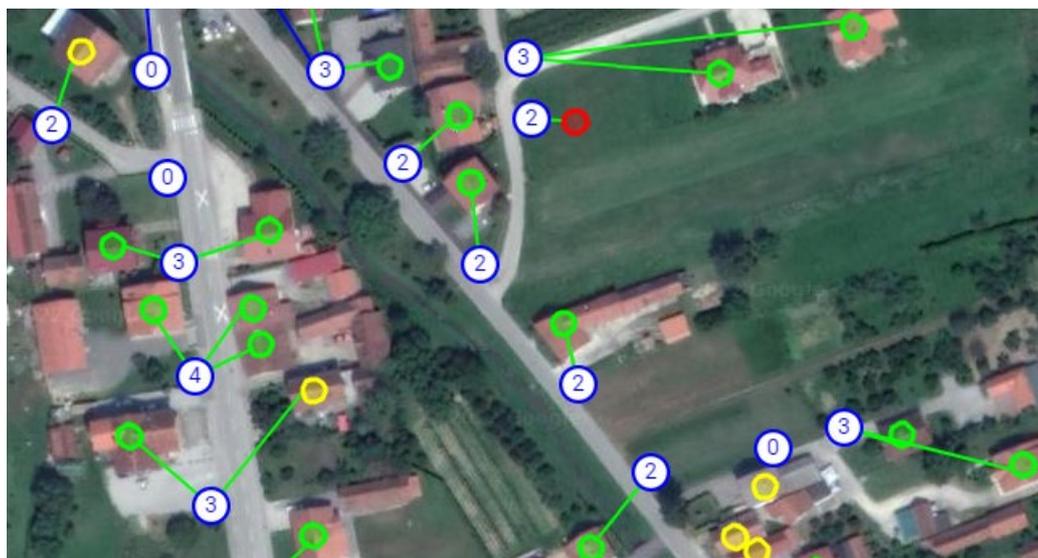
```
prikljucki = [  
  {pocetak_c1: 46.006327, pocetak_c2: 16.103804, zavrsetak_c1: 46.0061526, zavrsetak_c2: 16.1040872},  
  {pocetak_c1: 46.005338, pocetak_c2: 16.104710, zavrsetak_c1: 46.0053075, zavrsetak_c2: 16.1045093},  
  {pocetak_c1: 46.004673, pocetak_c2: 16.105011, zavrsetak_c1: 46.004810, zavrsetak_c2: 16.104842},  
  {pocetak_c1: 46.004352, pocetak_c2: 16.105075, zavrsetak_c1: 46.0044740, zavrsetak_c2: 16.1049509},  
  {pocetak_c1: 46.004088, pocetak_c2: 16.106228, zavrsetak_c1: 46.0041426, zavrsetak_c2: 16.1058159},  
  {pocetak_c1: 46.003335, pocetak_c2: 16.105070, zavrsetak_c1: 46.0033310, zavrsetak_c2: 16.1049693},  
]
```

Slika 16. Prikaz koordinata pojedinog priključka (Izvor: autor)

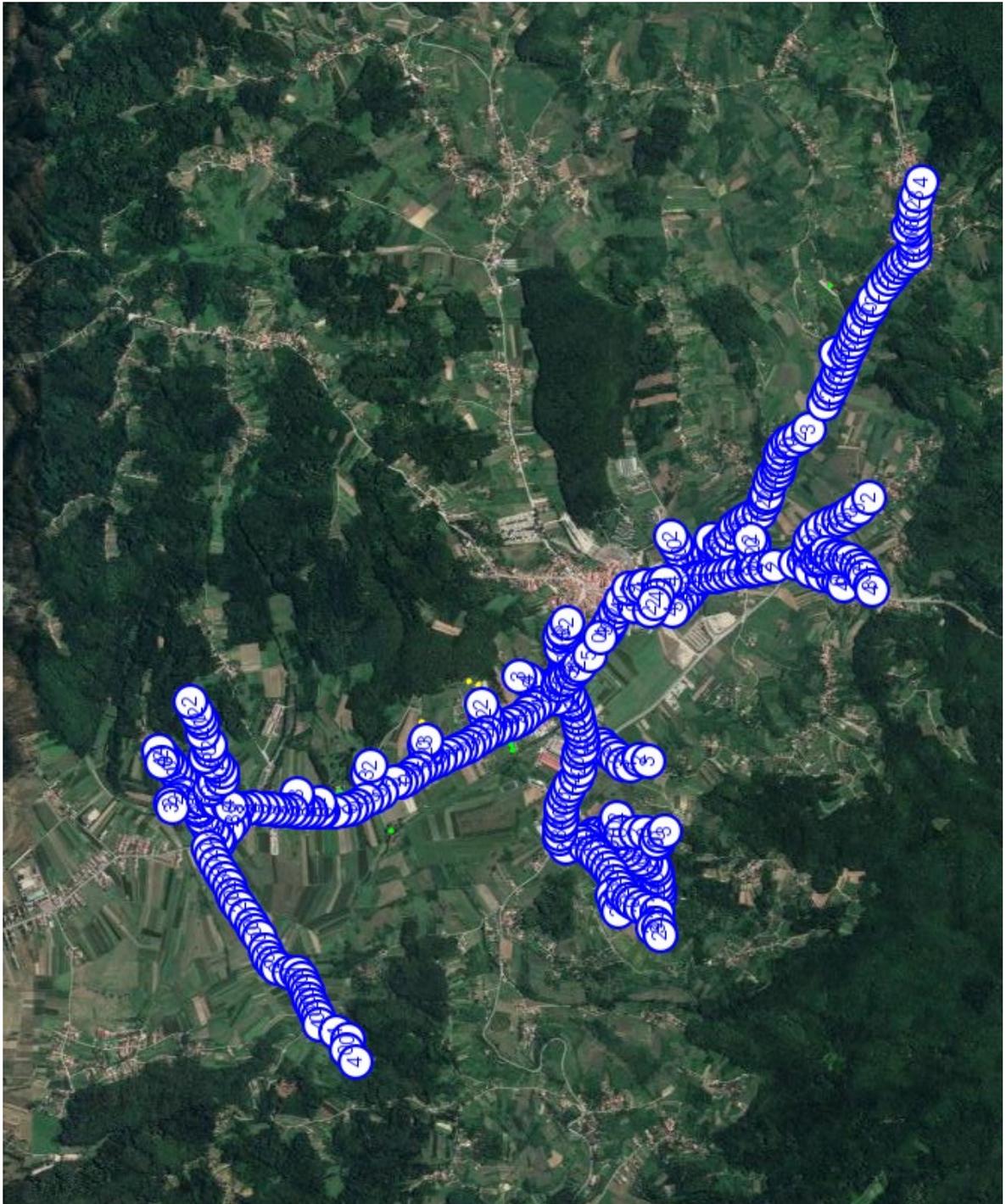
Nakon toga inače završava prvi dio projektiranja same svjetlovodne distribucijske mreže, no u slučaju ovog projekta postoji još jedan dio na kojem je isprojektirana podzemna mreža zbog toga što prolazi kroz sam centar općine pa ne postoje nadzemni stupovi na koje bi se mogli postaviti kablovi. Programski kod za taj dio isti je kao i za priključke, a sam izgled te mreže prikazan je na slici 17.



Slika 17. Prikaz jednog dijela podzemne mreže (Izvor: autor)



Slika 18. Prikaz jednog dijela mreže na kojem su prikazani svi gore navedeni dijelovi: zeleni, žuti, crveni kružići te stupovi i priključci (Izvor: autor)



Slika 19. Prikaz većeg dijela svjetlovodne distribucijske mreže za područje općine Marija Bistrica (Izvor: autor)

3.3. Druga faza u projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže

Nakon što smo završili s prvom fazom projektiranja svjetlovodne distribucijske mreže i ucrtali sve potrebne podatke, možemo krenuti u sljedeću fazu koja podrazumijeva crtanje dijagrama povlačenja svjetlovodnih kabela. Pod time se misli koja se vrsta kabela koristi i koliko se niti potroši na pojedinoj trasi.

U ovom projektu koristilo se šest vrsta kabela: 288-nitni, 144-nitni, 72-nitni, 48-nitni, 24-nitni te 12-nitni svjetlovodni kabel kako bi se moglo pokriti odabrano područje. Prije nego se krene dublje u tu fazu potrebno se upoznati sa samom aplikacijom koja je korištena za crtanje dijagrama, a to je u ovom slučaju Diagrams.net.

3.3.1 Diagrams.net

Diagrams.net, donedavno zvan draw.io, besplatna je softverska aplikacija koja služi za crtanje grafova na više platformi. Razvijena je uz pomoć HTML5 i Javascript-a. Može se koristiti za izradu nekoliko vrsta dijagrama kao što su dijagrami toka, UML-dijagrami, organizacijski dijagrami, mrežni dijagrami i mnogi drugi.

Sama aplikacija dostupna je na mreži (engl. *online*) kao web aplikacija koja podržava više internetskih preglednika, a postoji i izvanmrežna izvedba koja je izgrađena uz pomoć Electron-sučelja i može se instalirati na nekoliko operacijskih sustava kao što su Linux, Windows pa čak i Mac-Os.

Web aplikacija ne zahtijeva prijavu ili registraciju, svi se podaci mogu spremiti na tvrdi disk, a same dijagrame može spremiti u nekoliko formata: JPEG, PNG, XML, PDF itd. Također prilikom uvoza podataka podržava nekoliko alata kao što su DropBox, GoogleDrive, Github i još dosta drugih alata.

3.3.2 Proces projektiranja dijagrama povlačenja svjetlovodnih kabela

Projektiranje dijagrama svjetlovodnih kabela provodi se u nekoliko koraka. Prvi korak je uvoz slike na kojoj će se projektirati dijagram. U slučaju ovoga projekta riječ je o slikama napravljenih uz pomoć Google karata gdje se lijepo može vidjeti svaka cesta i ulica kako bi samo crtanje dijagrama bilo lakše. Aplikacija podržava mnogo alata za crtanje, no u ovom projektu korištene su krivulje te kružići raznih veličina kojima su određeni krajevi ili točke spajanja odnosno grananja svjetlovodnih kabela s jedne vrste na drugu.

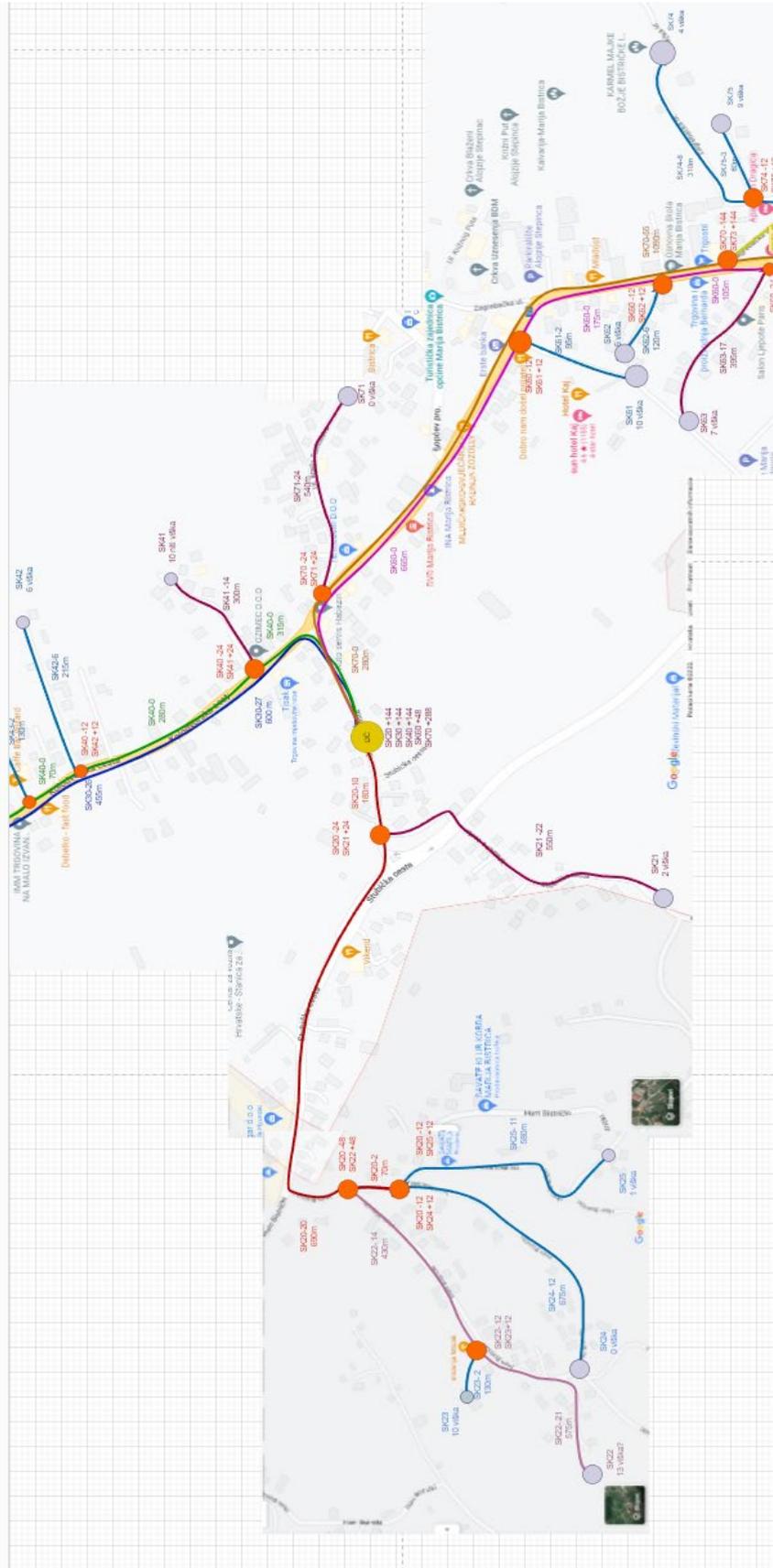
Druga važna stvar je određivanje lokacije distribucijskog čvora u kojem je smještena sva oprema i odakle kreću svi kablovi. U ovom slučaju odabrana je lokacija zgrade uprave bivše tvrtke koja je sada u općinskom vlasništvu, a ima sve potrebne stvari poput struje bez koje oprema ne može raditi. Ukoliko ne bi postojalo mjesto za distribucijski čvor ide se na opciju instaliranja ormara koji se najčešće postavlja negdje uz cestu.

U ovome projektu iz distribucijskog čvora kreće pet svjetlovodnih kabela koji čine glavne grane cijele svjetlovodne distribucijske mreže. Također je važno odrediti duljinu kabela od grananja do grananja kako bi se mogla odrediti potrebna količina svjetlovodnog kabela koji treba naručiti te se mora izračunati i broj potrošenih niti i niti koje su ostale kao višak za neke buduće popravke ili prepravke.

Legenda za lakše razumijevanje dijagrama prikazana je na slici 20, a cijeli dijagram svjetlovodnih kabela može se vidjeti na slici 21.

| Legenda | |
|---|---|
|  | 144 nitni kabel(od DČ do Hum Bistrički |
|  | Svi 24 nitni kabela |
|  | Svi 12 nitni kabela |
|  | 48 nitni kabel prema Humu Bistričkom |
|  | 144 nitni kabel(od DČ do Tugonica/ Podgrađe- glavna cesta |
|  | 144 nitni kabel(od DČ do Tugonica/ Podgrađe- sporedne ulice i sela |
|  | 48 niti kabel prema Podgorju Bistričkom(samo ulice) |
|  | glavna grana 288 nitnog kabela(od DČ do Podgorja preko mosta) |
|  | sporedna grana 288 nitnog kabela(grana se od glavne grane i pokriva Podgorje Bistričko prije mosta) |
|  | 72 nitni kabel-selo u tugonici |
|  | Mjesto grananja kabela |
|  | Kraj kabela |

Slika 20. Legenda za lakše razumijevanje dijagrama povlačenja kabela (Izvor: autor)



Slika 21. Prikaz jednog dijela dijagrama svjetlovodnih kabela (Izvor: autor)

3.4. Treća faza u projektiranju svjetlovodne distribucijske mreže

Po završetku faze crtanja dijagrama povlačenja svjetlovodnih kabela možemo prijeći na sljedeću fazu, a to je izrada troškovnika. Troškovnikom se pokrivaju sljedeće stavke: cijene materijala, odnosno kablova, cijene materijala potrebne za distribucijski čvor, cijene materijala za HEP-električne stupove, odnosno bandere, cijene materijala za kućanstva te usluge vanjskih izvođača koje obuhvaćaju razne usluge montaže te priključenja pojedinih stavaka.

Troškovnik pokriva i poslove u koje spada projektiranje mreže koja je ujedno i najskuplja stavka obuhvaćena tom cjelinom troškovnika, zatim aranžiranje patch panela koji se postavlja u distribucijskom čvoru, aranžiranje spojnice (engl. *splice closure*) koju se postavlja na mjesta grananja kablova, odnosno ondje gdje se izdvaja više od 12 niti iz pojedinog svjetlovodnog kabela te aranžiranje razvodnih kutija koje se postavljaju na svaki stup na kojem su spojena kućanstva.

Sam troškovnik izrađen je uz pomoć Microsoft Excel programa, a ukupna cijena projekta za odabrano područje iznosi 1 665 097 kuna, što i nije baš isplativo zbog toga što je riječ o relativno velikom području koje je vrlo rijetko naseljeno.

Ukoliko bi se išlo na pokrivanje cijele općine svjetlovodnom distribucijskom mrežom, što će se vjerojatno i dogoditi u bližoj budućnosti, može se očekivati da će troškovi biti dvostruko, ako ne i trostruko, veći od sadašnjih troškova. Sve podatke i njihove cijene obuhvaćene troškovnikom prikazane su na sljedećim slikama.

| Stavka | Specifikacija | JEDINIČNA CIJENA | | | Potrebna količina | |
|--|---|------------------|-------------|-------------|-------------------|---------------------|
| | | JMJ | bez PDV | sa PDV | kol | cijena |
| UKUPNO MATERIJAL SDM | | | | | | 639.425 kn |
| UKUPNO SPAJANJE KUCANSTVA | | | | | | 78.000 kn |
| UKUPNO USLUGE VANJSKIH IZVOĐAČA | | | | | | 379.206 kn |
| UKUPNO POSLOVI | | | | | | 558.466 kn |
| SVEUKUPNI TROŠAK | | | | | | 1.655.097 kn |
| MATERIJAL - KABLOVI | | | | | | |
| Optički kabel 288 nitni, SM, ADSS, 2700N | https://www.gl-fiber.com/do | m | 34,92 kn | 43,65 kn | 6020 | 262.773 kn |
| Optički kabel 144 nitni, SM, ADSS, 2700N | http://www.falesia.eu/sklep/ | m | 17,46 kn | 21,83 kn | 7820 | 170.672 kn |
| Optički kabel 72 nitni, SM, ADSS, 2700N | http://www.falesia.eu/sklep/ | m | 9,69 kn | 12,11 kn | 800 | 9.690 kn |
| Optički kabel 48 nitni, SM, ADSS, 2700N | http://www.falesia.eu/sklep/ | m | 7,63 kn | 9,54 kn | 3060 | 29.185 kn |
| Optički kabel 24 nitni, SM, ADSS, 2700N | http://www.falesia.eu/sklep/ | m | 5,64 kn | 7,05 kn | 3280 | 23.124 kn |
| Optički kabel 12 nitni, SM, ADSS, 1000N | http://www.falesia.eu/sklep/ | m | 2,00 kn | 2,50 kn | 4040 | 10.100 kn |
| MATERIJAL - DČ | | | | | | |
| 4-post open frame rack 42U/19" | https://ezy.hr/artikl/naviatec | kom | 1.158,00 kn | 1.447,50 kn | 1 | 1.448 kn |
| Optički patch panel 144 port duplex | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 450,85 kn | 563,56 kn | 1 | 564 kn |
| Optički patch panel 72 port duplex | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 350,00 kn | 437,50 kn | 3 | 1.313 kn |
| Optički patch panel 24 port duplex | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 183,56 kn | 229,45 kn | 1 | 229 kn |
| Splice tray kazeta 24 spoja | https://ezy.hr/artikl/info_splj | kom | 15,00 kn | 18,75 kn | 32 | 600 kn |
| Spojnicica s uhom SC/APC duplex | https://ezy.hr/artikl/info_ada | kom | 3,40 kn | 4,25 kn | 384 | 1.632 kn |
| Optički pigtail SC/APC 12x raznobojni | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 45,00 kn | 56,25 kn | 64 | 3.600 kn |
| SC Duplex zastitni poklopac | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 1,65 kn | 2,06 kn | 0 | 0 kn |

Slika 22. Prikaz prvog dijela troškovnika (Izvor: autor)

| Stavka | Specifikacija | JEDINIČNA CIJENA | | | Potrebna količina | |
|---------------------------------------|---|------------------|-----------|-----------|-------------------|-----------|
| | | JMJ | bez PDV | sa PDV | kol | cijena |
| MATERIJAL - BANDERE | | | | | | |
| Banderski nosač objumica 170-200mm | https://www.anlete.hr/wp-c | kom | 45,00 kn | 56,25 kn | 383 | 21.544 kn |
| Zatezac za kabel 3-7 | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 15,00 kn | 18,75 kn | 128 | 2.400 kn |
| Zatezac za kabel 10-15 | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 40,00 kn | 50,00 kn | 258 | 12.900 kn |
| Zatezac za kabel 15-20 | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 52,00 kn | 65,00 kn | 537 | 34.905 kn |
| Banderska razvodna kutija | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 100,00 kn | 125,00 kn | 265 | 33.125 kn |
| Pločice za montazu kutije - prednja | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 15,00 kn | 18,75 kn | 265 | 4.969 kn |
| Pločice za montazu kutije - straznja | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 15,00 kn | 18,75 kn | 265 | 4.969 kn |
| Spojnicica s uhom SC/APC simplex | https://ezy.hr/artikl/info_ada | kom | 1,80 kn | 2,25 kn | 768 | 1.728 kn |
| Srajfeki za spojnice 100kom | https://ezy.hr/artikl/info_ada | kom | 25,00 kn | 31,25 kn | 16 | 500 kn |
| Optički pigtail SC/APC 12x raznobojni | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 45,00 kn | 56,25 kn | 64 | 3.600 kn |
| Metalna traka 10mmx0.7mm 50m | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 150,00 kn | 187,50 kn | 4 | 750 kn |
| Zakacke za traku 10mm 100kom | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 104,00 kn | 130,00 kn | 4 | 520 kn |
| Fiber optic splice closure 48p 60cm | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 230,00 kn | 287,50 kn | 9 | 2.588 kn |

Slika 23. Prikaz drugog dijela troškovnika (Izvor: autor)

| MATERIJAL - KUCANSTVA | | | | | | |
|---------------------------------------|---|-----|---------------|---------------|-------|------------|
| Broj kucanstava | | | | | | |
| Optički drop kabel 50m 1-nitni SC/APC | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 80,00 kn | 100,00 kn | 650 | 65.000 kn |
| Zatezac za drop kabel | http://www.falesia.eu/sklep/ | kom | 8,00 kn | 10,00 kn | 1300 | 13.000 kn |
| USLUGE VANJSKIH IZVOĐAČA | | | | | | |
| Montaza konzole na NN stup | Elektroblisk | kom | 45,00 kn | 56,25 kn | 383 | 21.544 kn |
| Montaza konzole na TS | Elektroblisk | kom | 400,00 kn | 500,00 kn | 2 | 1.000 kn |
| Ovjes zracnih kabela | Elektroblisk | m | 4,00 kn | 5,00 kn | 25020 | 125.100 kn |
| Priključenje kucanstva - zracno | Elektroblisk | kom | 285,00 kn | 356,25 kn | 650 | 231.563 kn |
| POSLOVI | | | | | | |
| Projektiranje mreže | | kom | 200.050,00 kn | 262.065,50 kn | 1 | 262.066 kn |
| Izvod kabela i izrada nosaca | | kom | 1.000,00 kn | 1.500,00 kn | 5 | 7.500 kn |
| Aranžiranje velikoga patch panela | | kom | 2.000,00 kn | 3.000,00 kn | 5 | 15.000 kn |
| Aranžiranje splice closurea | | kom | 1.000,00 kn | 1.500,00 kn | 9 | 13.500 kn |
| Aranžiranje razvodne kutije | | kom | 500,00 kn | 750,00 kn | 265 | 198.750 kn |
| Montaza spojnog objekta na cvoriste | | kom | 150,00 kn | 225,00 kn | 274 | 61.650 kn |

Slika 24. Prikaz trećeg dijela troškovnika (Izvor: autor)

4. IZGRADNJA SVJETLOVODNE DISTRIBUCIJSKE MREŽE

Nakon završetka projektne faze za pokrivanje nekog područja svjetlovodnom mrežom i nakon što se taj projekt odobri, može se krenuti sa terenskim radom o čemu će i biti riječ u ovom poglavlju. Govorit će se o opremi koja se koristi u distribucijskom čvoru te na terenu prilikom postavljanja distribucijskih kutija i spojnica (engl. *splice closure*).

Također će biti prikazana i objašnjena tri najvažnija uređaja za svjetlovodnu mrežu, a to su: OTDR (engl. *optical-time-domain-reflectometar*), OPM (engl. *optical power meter*) te uređaj za varenje svjetlovodnih niti. Naravno postoji i puno druge opreme poput raznih nožića, kliješta i škara bez kojih ne bi mogli ništa napraviti.

4.1. Priprema svjetlovodnog kabela za korištenje

Prilikom nabavljanja svjetlovodnih kabela mora se znati koliko nitni kabel mora biti za pojedino područje zbog toga jer postoje izvedbe od 12 niti, 24 niti, 48 niti, 96 niti itd. te se mora znati uzima li se kabel koji ima jednu tubu pa su sve niti u njoj. To je najčešći slučaj s 12-nitnim kabelom ili se uzima kabel koji ima više tuba. Kao primjer se može uzeti 96-nitni kabel koji ima osam tuba i u svakoj tubi se nalazi 12 niti. Svaka tuba i svaka nit je drugačije boje kako bi se olakšalo korištenje.

Sam svjetlovodni kabel ima nekoliko razina zaštite kako se svjetlovodne niti ne bi oštetile. Prva razina je vanjska crna izolacija (Slika 25) koja se mora skinuti korištenjem posebnih nožića (Slika 26). Taj nožić ima dvije opcije: jedna je da se svjetlovodni kabel zarezne ukруг kako bi se točno označilo do kud će se rezati, a druga je rezanje po dužini kako bi se maknula sva izolacija.



Slika 25. Prikaz svjetlovodnog kabela (Izvor: autor)



Slika 26. Prikaz nožića za otvaranje izolacije svjetlovodnog kabela (Izvor: <https://m.made-in-china.com/product/6-28mm-Armoured-Cable-Stripping-Knife-Fiber-Optic-Cable-Stripper-FTTH-Armored-Cable-Slitter-1909830162.html>, preuzeto: 18.05.2022)

Nakon što se makne crna vanjska izolacija, sljedeća zaštita je kevlar, točnije kevlarova vlakna koja se moraju maknuti škarama za kevlar (Slika 27). Taj materijal je izuzetno čvrst, a u svjetlovodnom kabelu se koristi kako bi pružio dodatnu sigurnost te kao noseći element da se kabel ne prelomi pod težinom. U sredini samog kabela nalazi se cijev od kevlara.



Slika 27. Škare za kevlar (Izvor: <https://www.anfkomftth.com/fiber-optic-kevlar-cutter-scissor/>, preuzeto: 18.05.2022)

Sljedeći korak je raspetljavanje tuba, (Slika 28) nakon što se tube raspetljaju mora se uzeti drugi nožić kojim se te tube mogu otvoriti, a da se niti ne oštete (Slika 29). Kada smo razrezali tubu, možemo vidjeti dvanaest niti ako je riječ o 96-nitnom kabeu.



Slika 28. Prikaz tuba u kojima se nalaze svjetlovodne niti (Izvor: autor)



Slika 29. Nožić za otvaranje tuba sa svjetlovodnim nitima (Izvor: <https://jonard.com/fiber-optic-tools-mid-span-slitter>, preuzeto: 18.05.2022)

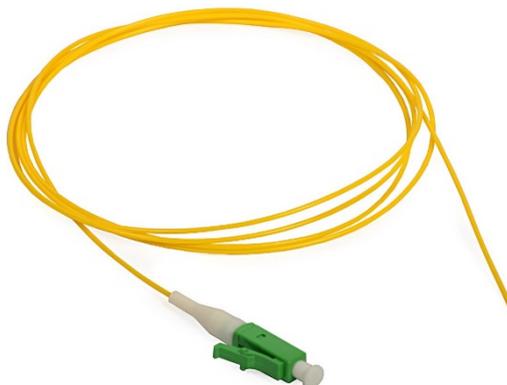
4.2. Spajanje svjetlovodnog kabela unutar distribucijskog čvora

Po završetku pripreme svjetlovodnog kabela, možemo ga početi koristiti. Nakon što smo razrezali tube i izdvojili niti slijedi dio gdje se mora skinuti izolacija sa svake niti i za to postoje posebna kliješta (Slika 30). No prije nego se krene sa skidanjem izolacije, niti je potrebno obrisati posebnim maramicama zato što se unutar tuba osim samih niti nalazi i hidrofobni gel koji štiti od prodora vode unutar samog kabela.



Slika 30. Kliješta za skidanje izolacije sa svjetlovodne niti i optičkog pigtail kabela (Izvor: <https://m.made-in-china.com/product/Cable-Wire-Pliers-Stripper-Tool-Fiber-Optical-Stripping-Pliers-with-3-Diameters-942239015.html> , preuzeto: 18.05.2022)

Sljedeći korak je spajanje točno određenih niti iz točno određenih tuba sa optičkim pigtail kabelom (Slika 31). Kako bi točno znali koje su nam niti potrebne, koristimo se dokumentacijom u kojoj je sve definirano (Slika 32).



Slika 31. Optički pigtail kabel (Izvor: <https://medium.com/@fiberstoreorenda/introduction-to-fiber-optic-pigtails-ef63316fff23> , preuzeto: 18.05.2022)



Slika 32. Prikaz dokumentacije (Izvor: autor)

Nakon što smo pripremili optički pigtail kabel i svjetlovodnu nit te im skinuli izolaciju, moramo upotrijebiti nožić (Slika 33) koji ih ravno odreže. U toj fazi treba biti vrlo oprezan jer je svjetlovodna nit bez izolacije vrlo krhka i najmanji krivi potez može rezultirati slabijim varom čime se znatno smanjuje kvaliteta te postoji rizik od pucanja.



Slika 33. Nožić za poravnavanje svjetlovodne niti (Izvor: <http://www.falesia.eu/sklep/p1879,optical-fiber-cleaver-t-901.html>, preuzeto: 18.05.2022)

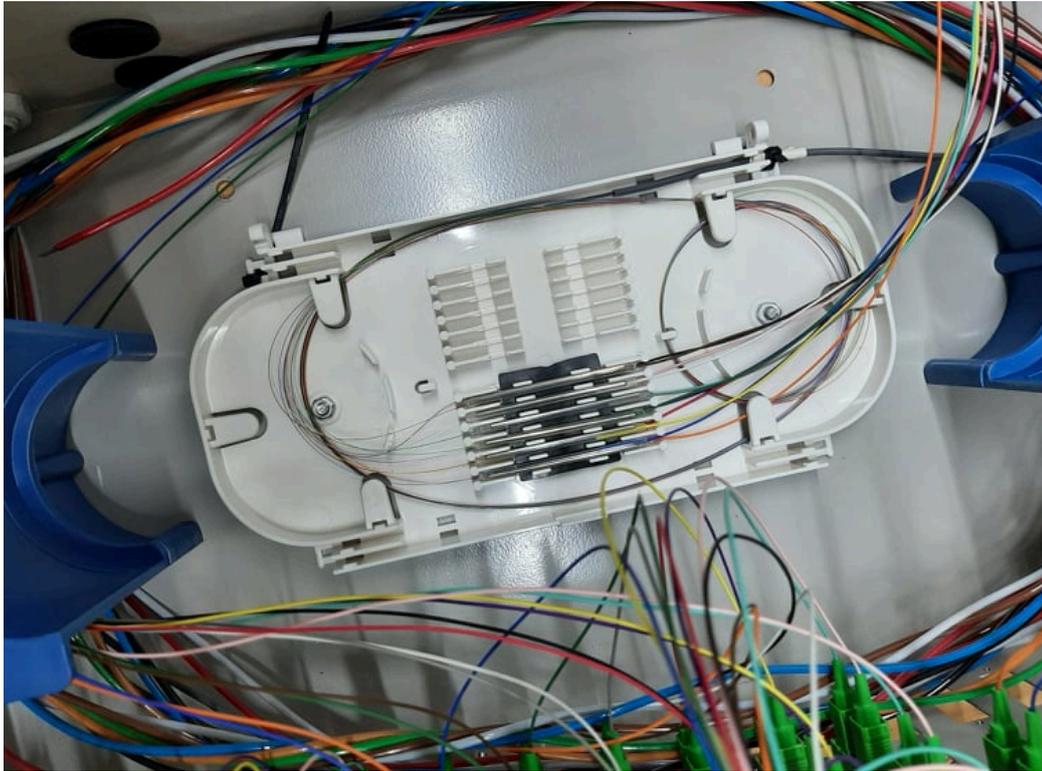
Kao što je ovdje spomenuto, sljedeća faza je varenje svjetlovodne niti i optičkog pigtail kabela. To se radi uz pomoć uređaja za varenje svjetlovodnih niti (Slika 34), a sam proces ide tako da se na jednu stranu stavi optički pigtail kabel na koji smo prije procesa varenja stavili termalni oklop, a na drugu stranu se stavi svjetlovodna nit.

Nakon toga se poklopac uređaja zatvori te se varenje odrađuje automatski pritiskom samo jednog gumba. Čim je varenje završilo sam uređaj će napraviti test kojim se utvrđuje čvrstoća vara. Sada slijedi stavljanje termalnog oklopa preko mjesta vara te stavljanje u grijač.

Nakon što se završi grijanje sada već spojene svjetlovodne niti slijedi faza namatanja tih niti unutar patch panela (Slika 35) koji se nalazi u distribucijskom čvoru. Kroz utore na patch panelu možemo osvjetliti niti koje su nam potrebne ili ih ispitati jednim od uređaja, ovisno što želimo napraviti. Ti uređaji su OTDR i OPM, ali više o tome kasnije.



Slika 34. Uređaj za varenje svjetlovodnih niti (Izvor: <http://www.falesia.eu/sklep/p1219,skycom-fusion-splicer-t-308x.html>, preuzeto: 18.05.2022)



Slika 35. Namatanje svjetlovodnih niti unutar patch panela (Izvor: autor)

4.3. Montiranje distribucijskih kutija, spojnica i povlačenje kabela

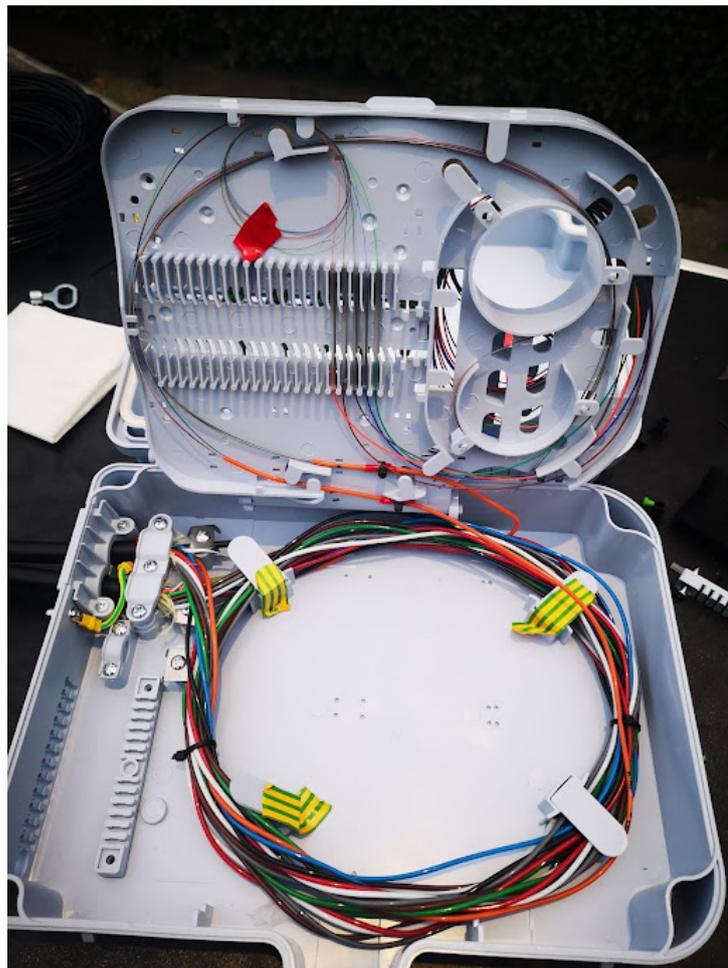
Sljedeći dio terenskog rada koji se radi izvan distribucijskog čvora predstavlja povlačenje kablova (Slika 36). Budući da je riječ o nadzemnoj mreži svi potrebni svjetlovodni kablovi moraju se uz pomoć zatezača montirati na HEP-električne stupove.

Dobra praksa kod postavljanja stupova je da se na onom stupu na koji se montira distribucijska kutija ili spojnica (engl. *splice closure*) ostavi 20 metara namotanog kabela kako bi se olakšali radovi jer je lakše spustiti kabel, popraviti što treba i opet ga namotati nego raditi na visini, pogotovo sa tako osjetljivom tehnologijom kao što je svjetlovodna nit.

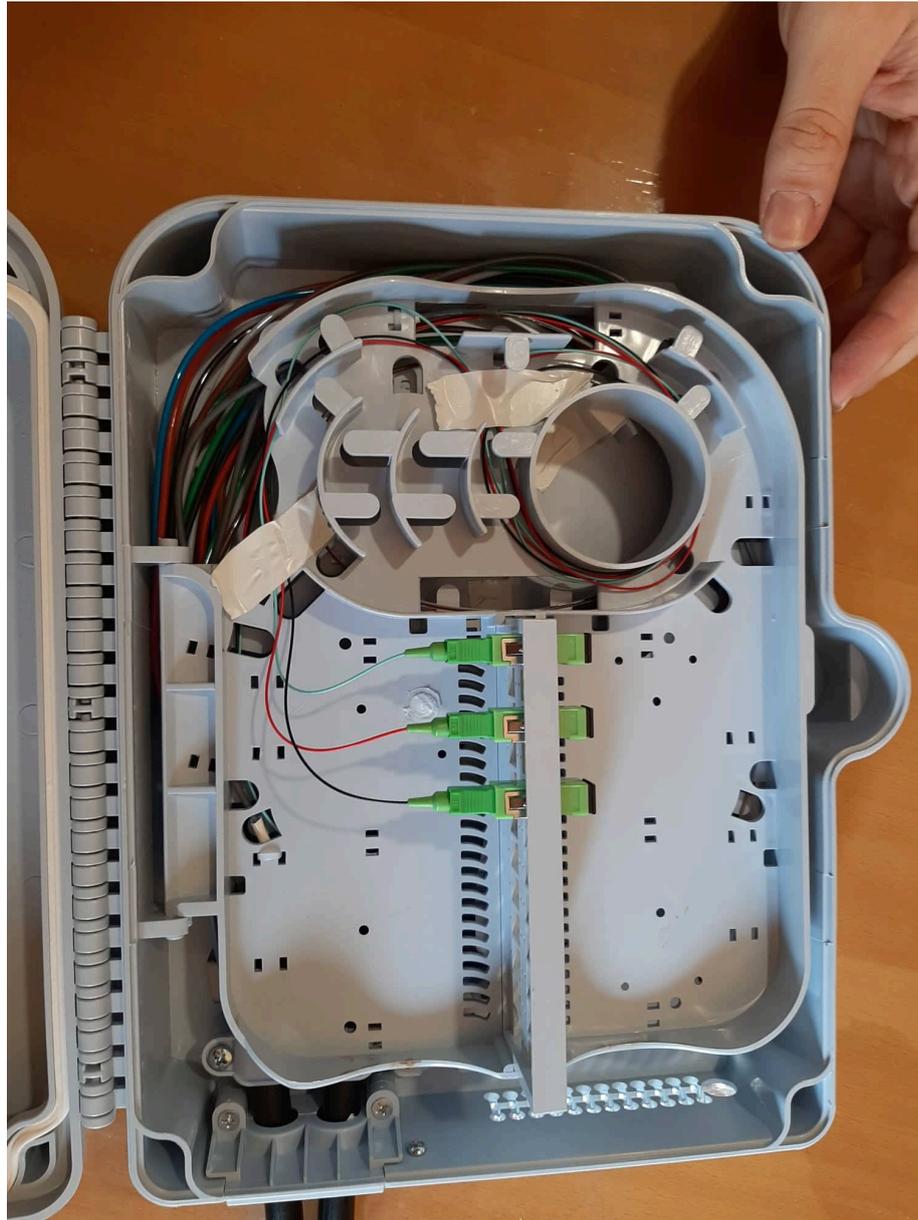


Slika 36. Povlačenje i montaža svjetlovodnog kabela (Izvor: autor)

Montiranje distribucijskih kutija i spojnica radi se na način da se svjetlovodni kabel mora otvoriti na sredini. Taj se postupak zove *midspan* i vrlo je kompliciran zbog toga što postoji velika mogućnost da se ošteti svjetlovodna nit ukoliko se s njom ne radi pravilno. Postupak pripreme kabela u potpunosti je isti kao što je i prije bilo navedeno. Distribucijska kutija (Slika 37 i Slika 38) ima jedan pomičan dio ispod kojega se namotaju niti i optički pigtail kablovi, a u gornji dio se uključuju priključci korisnika.

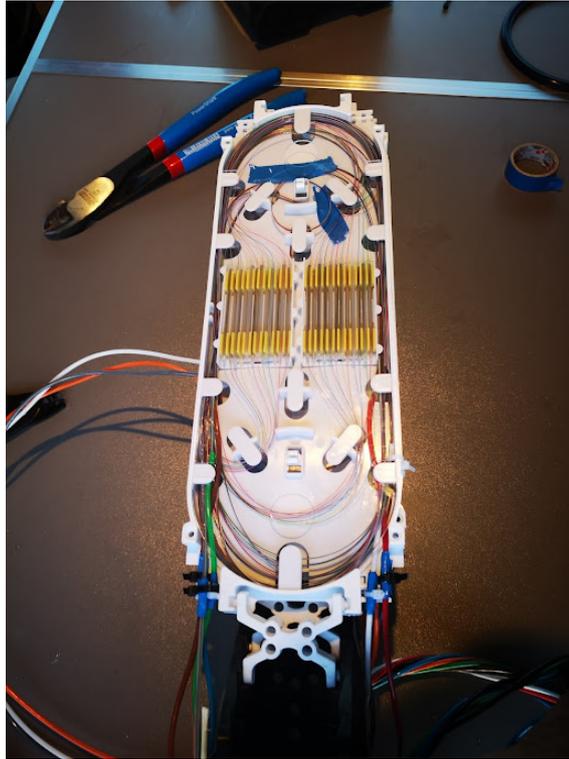


Slika 37. Donji dio distribucijske kutije (Izvor: autor)



Slika 38. Gornji dio distribucijske kutije (Izvor: autor)

Ukoliko se na nekom grananju troši do 12 niti, to se grananje može uraditi uz pomoć distribucijske kutije, a ukoliko se na grananju troši više od 12 niti, potrebne su spojnice (Slika 39). Postupak je isti kao i za distribucijsku kutiju, samo što može prihvatiti više niti. Distribucijska kutija i spojnice montiraju se na HEP-električne stupove (Slika 40), a završna faza je osvjtljavanje pojedinih niti unutar distribucijske kutije kako bi korisnici imali pristup internetu.



Slika 39. Prikaz spojnice (Izvor: autor)



Slika 40. Montaža distribucijske kutije na stup (Izvor: autor)

4.4. OTDR

Optički reflektometar vremenske domene (OTDR) je uređaj koji ispituje svjetlovodni kabel i koristi se za izgradnju, održavanje i rješavanje problema sa svjetlovodnim sustavima. OTDR je uređaj (Slika 41) koji gradi virtualnu sliku svjetlovodnog kabela kako bi odredio stanje i performanse svjetlovodnog kabela. Također se mogu koristiti kako bi se analizirala sposobnost kabela od početka do kraja, pod sposobnost misli se da nema puknuća ili pregiba kabl.



Slika 41. Prikaz OTDR uređaja (Izvor: <http://www.robay-optical.com/products/fho5000-otdr>, preuzeto: 18.05.2022)

OTDR radi tako da se unese svjetlosni impuls u jedan kraj svjetlovodnog kabela. Rezultati se temelje na reflektiranom signalu koji se vraća na isti priključak. Dio odaslane svjetlosti će se raspršiti, a dio će se reflektirati i vratiti u OTDR. To raspršenje koristi se kako bi se prikupile informacije o kabeu kao što su gubici i udaljenosti, što se mjeri bilježenjem vremena potrebnog da se signali vrate na OTDR. (Slika 42)



Slika 42. Prikaz rezultata na OTDR-u (Izvor: autor)

Uz sve mogućnosti koje OTDR pruža važno je postavljanje ispravnih parametara. Za neke testove upotreba funkcije automatskog testiranja može biti dovoljna za dobivanje točnih rezultata. No za neke bi testove bilo dobro svaki parametar odrediti posebno zato što će tako OTDR prilagoditi impuls koji šalje i prikazati još točnije rezultate.

4.5. OPM

Mjerač optičke snage (Slika 43) je instrument za ispitivanje koji se koristi za precizno mjerenje snage svjetlovodnog signala koji prolazi kroz svjetlovodni kabel. Također pomaže u određivanju gubitaka snage svjetlovodnog signala tijekom prolaska kroz svjetlovodni medij.

OPM kalibrira valnu duljinu i mjeri snagu svjetlovodnog signala prije samog testiranja. Potrebna se valna duljina postavlja ručno ili automatski i mora se dobro kalibrirati jer inače test može dati lažno očitavanje.

Kako bi se izračunao gubitak snage, OPM se prvo povezuje izravno na optički pigtail kabel te se mjeri snaga signala, a zatim se mjerenje provodi kroz OPM na udaljenom kraju svjetlovodnog kabela. Razlika između dva mjerenja prikazuje ukupni svjetlovodni gubitak signala koji je nastao tijekom širenja kroz kabel.

Na samom ekranu OPM mogu se vidjeti tri vrijednosti, a to su snaga izražena u mikro vatima, valna duljina izražena u nanometrima te gubici u dBm i oni su uvijek negativne vrijednosti. Ti gubici moraju biti između -15 i -20 jer su to najtočniji rezultati. Ukoliko su gubici veći od -20, negdje je došlo do prekida.



Slika 43. Prikaz OPM uređaja (Izvor: autor)

5. ZAKLJUČAK

Na samom kraju ove velike teme može se izdvojiti nekoliko važnih stvari. Iako su svjetlovodne mreže relativno nova tehnologija, iz dana u dan imaju sve veću primjenu i pitanje je vremena kada će svjetlovodnom mrežom biti pokrivena cijela Hrvatska. Zasad je najveća mana ove tehnologije cijena i to cijena materijala te cijena projekta i montaže koji najviše koštaju, no to se sve više mijenja jer se kvaliteta usluge koju pruža u odnosu na bakrene vodove ne može usporediti.

Projektiranje svjetlovodne mreže je dosta težak posao pa zato i najviše košta jer treba dobro poznavati mjesto za koje se projektira svjetlovodna mreža. s time da treba paziti na pravila koja su propisana HAKOM-pravilnikom o svjetlovodnim mrežama. Budući da je sve više tvrtki s područjem djelatnosti u telekomunikacijama počelo s projektiranjem i postavljanjem svoje svjetlovodne mreže, važno je ostati konkurentan na tržištu i izboriti se za svoja područja.

Prilikom samog postavljanja svjetlovodne mreže važno je znati ispravno baratati opremom jer nije nimalo jeftina, pogotovo uređaji za varenje optičkih niti, OTDR uređaji i OPM uređaji koji drže vrlo visoku cijenu zbog toga što moraju biti dobro kalibrirani. Ukoliko nisu, svjetlovodna mreža neće biti kvalitetno napravljena. Sljedeće najskuplje stvari su sami kablovi koji su i najvažnija komponenta te je potrebno znati koji su točno kabeli potrebni i koliko ih treba za pojedino područje.

Osim ovdje navedenih, postoji još mnogo stvari koje treba zadovoljiti kako bi projekt svjetlovodne mreže u nekom području dobio zeleno svjetlo.

6. POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika 1. Blok dijagram prijenosa i zaprimanja svjetlovodnog signala (Izvor: https://www.researchgate.net/publication/350789710_ABCs_of_Fiber_Optic_Communication_A_Practical_Handbook , preuzeto: 02.05.2022.) | 7 |
| Slika 2. Presjek svjetlovodnog kabela (Izvor: https://www.researchgate.net/publication/350789710_ABCs_of_Fiber_Optic_Communication_A_Practical_Handbook , preuzeto: 02.05.2022.) | 10 |
| Slika 3. Svjetlovodni kabel za vanjsku upotrebu (Izvor: https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html , preuzeto: 04.05.2022.) | 11 |
| Slika 4. Jednomodni i višemodni svjetlovodni kabel za unutarnju upotrebu (Izvor: https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html , preuzeto: 04.05.2022.) | 12 |
| Slika 5. Prikaz vlakana u jednomodnom svjetlovodnom kabelu (Izvor: https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html , preuzeto: 04.05.2022.) | 13 |
| Slika 6. Prikaz višemodnih vlakana s indeksom koraka u višemodnom kabelu (Izvor: https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html , preuzeto 04.05.2022.) | 14 |
| Slika 7. Prikaz višemodnih vlakana sa stupnjevitim indeksom u višemodnom kabelu (Izvor: https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html , preuzeto: 04.05.2022.) | 14 |
| Slika 8. Područje općine Marija Bistrica (Izvor: Google karte, preuzeto: 08.05.2022.) | 16 |
| Slika 9. Popis stanovništva 2021. godine (Izvor: Državni zavod za statistiku, preuzeto: 08.05.2022.) | 17 |
| Slika 10. Prikaz koda koji određuje koordinatu mjesta u kojem se projektira svjetlovodna mreža (Izvor: autor) | 18 |
| Slika 11. Prikaz koda koji omogućuje postavljanje kružića te mu zadaje boju (Izvor: autor) | 18 |

| | |
|--|----|
| Slika 12. Dio koda koji prikazuje način na koji se zapisuju koordinate korisnika (Izvor: autor)..... | 19 |
| Slika 13. Prikaz koda koji omogućuje postavljanje kružića sa stupovima (Izvor: autor)..... | 20 |
| Slika 14. Prikaz koda sa koordinatama stupova i brojem niti (Izvor: autor)..... | 20 |
| Slika 15. Prikaz koda kojim se omogućuje prikazivanje priključaka u Google kartama (Izvor: autor) | 21 |
| Slika 16. Prikaz koordinata pojedinog priključka (Izvor: autor)..... | 21 |
| Slika 17. Prikaz jednog dijela podzemne mreže (Izvor: autor)..... | 22 |
| Slika 18. Prikaz jednog dijela mreže na kojem su prikazani svi gore navedeni dijelovi: zeleni, žuti, crveni kružići te stupovi i priključci (Izvor: autor) | 22 |
| Slika 19. Prikaz većeg dijela svjetlovodne distribucijske mreže za područje općine Marija Bistrica (Izvor: autor) | 23 |
| Slika 20. Legenda za lakše razumijevanje dijagrama povlačenja kabela (Izvor: autor)..... | 27 |
| Slika 21. Prikaz jednog dijela dijagrama svjetlovodnih kabela (Izvor: autor)..... | 28 |
| Slika 22. Prikaz prvog dijela troškovnika (Izvor: autor)..... | 30 |
| Slika 23. Prikaz drugog dijela troškovnika (Izvor: autor) | 30 |
| Slika 24. Prikaz trećeg dijela troškovnika (Izvor: autor) | 30 |
| Slika 25. Prikaz svjetlovodnog kabela (Izvor: autor) | 32 |
| Slika 26. Prikaz nožića za otvaranje izolacije svjetlovodnog kabela (Izvor: https://m.made-in-china.com/product/6-28mm-Armoured-Cable-Stripping-Knife-Fiber-Optic-Cable-Stripper-FTTH-Armored-Cable-Slitter-1909830162.html , preuzeto: 18.05.2022.) | 33 |
| Slika 27. Škare za kevlar (Izvor: https://www.anfkomftth.com/fiber-optic-kevlar-cutter-scissor/ , preuzeto: 18.05.2022.)..... | 33 |
| Slika 28. Prikaz tuba u kojima se nalaze svjetlovodne niti (Izvor: autor)..... | 34 |
| Slika 29. Nožić za otvaranje tuba sa svjetlovodnim nitima (Izvor: https://jonard.com/fiber-optic-tools-mid-span-slitter , preuzeto: 18.05.2022.)..... | 34 |
| Slika 30. Kliješta za skidanje izolacije sa svjetlovodne niti i optičkog pigtail kabela (Izvor: https://m.made-in-china.com/product/Cable-Wire-Pliers-Stripper- | |

| | |
|--|-------------------------------------|
| Tool-Fiber-Optical-Stripping-Pliers-with-3-Diameters-942239015.html , preuzeto: 18.05.2022.)..... | 35 |
| Slika 31. Optički pigtail kabel (Izvor: https://medium.com/@fiberstoreorenda/introduction-to-fiber-optic-pigtails-ef63316fff23 , preuzeto: 18.05.2022.) | 35 |
| Slika 32. Prikaz dokumentacije (Izvor: autor)..... | 36 |
| Slika 33. Nožić za poravnavanje svjetlovodne niti (Izvor: http://www.falesia.eu/sklep/p1879,optical-fiber-cleaver-t-901.html , preuzeto: 18.05.2022.)..... | 36 |
| Slika 34. Uređaj za varenje svjetlovodnih niti (Izvor: http://www.falesia.eu/sklep/p1219,skycom-fusion-splicer-t-308x.html , preuzeto: 18.05.2022.)..... | 37 |
| Slika 35. Namatanje svjetlovodnih niti unutar patch panela (Izvor: autor) | 38 |
| Slika 36. Povlačenje i montaža svjetlovodnog kabela (Izvor: autor) | 39 |
| Slika 37. Donji dio distribucijske kutije (Izvor: autor) | 40 |
| Slika 38. Gornji dio distribucijske kutije (Izvor: autor)..... | 41 |
| Slika 39. Prikaz spojnice (Izvor: autor) | 42 |
| Slika 40. Montaža distribucijske kutije na stup (Izvor: autor) | 42 |
| Slika 41. Prikaz OTDR uređaja (Izvor: http://www.robay-optical.com/products/fho5000-otdr , preuzeto: 18.05.2022.)..... | 43 |
| Slika 42. Prikaz rezultata na OTDR-u (Izvor: autor)..... | 44 |
| Slika 43. Prikaz OPM uređaja (Izvor: autor)..... | Error! Bookmark not defined. |

7. POPIS LITERATURE

1. Warier S. *ABCs of Fiber Optic Communication. A Practical Handbook* [Internet] 2012. Dostupno na: https://www.researchgate.net/publication/350789710_ABCs_of_Fiber_Optic_Communication_A_Practical_Handbook
2. Massa N. *Fiber Optic Telecommunication*. [Internet] University of Connecticut. 2000. Dostupno na: <https://docplayer.net/2704125-Fiber-optic-telecommunication.html>
3. Dutton H. *Understanding Optical Communications*. [Internet] International Technical Support Organization. 1998. Dostupno na: <http://www.issp.ac.ru/ebooks/books/open/Optical%20Communications.pdf>
4. Fluke networks. *OTDR- Optical Time Domain Reflectometer*. [Internet] Dostupno na: <https://www.flukenetworks.com/expertise/learn-about/otdr#:~:text=An%20Optical%20Time%20Domain%20Reflectometer,and%20troubleshooting%20fiber%20optic%20systems>. [18.05.2022]
5. Techopedia. *Optical Power Meter*. [Internet] 2011. Dostupno na: <https://www.techopedia.com/definition/24945/optical-power-meter-opm> [18.05.2022]