Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodnih pristupnih mreža na području grada Dugog Sela

Kožić, Krunoslav

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:141531

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository







Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

Krunoslav Kožić

ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNIH PRISTUPNIH MREŽA NA PODRUČJU GRADA DUGOG SELA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu

Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNIH PRISTUPNIH MREŽA NA PODRUČJU GRADA DUGOG SELA

ANALISYS OF OPTICAL ACCESS NETWORKS IMPLEMENTATION IN CITY OF DUGO SELO

Mentor: Prof.dr.sc. Zvonko Kavran

Student: Krunoslav Kožić
JMBAG: 0135219919

Zagreb, rujan 2016.

ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNIH PRISTUPNIH MREŽA NA PODRUČJU GRADA DUGOG SELA

SAŽETAK

Svrha istraživanja ovog rada bila je istražiti isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Dugog Sela. Cilj istraživanja je pak bio istražiti i usporediti načine i modele nadogradnje postojeće pristupne mreže u odnosu na svjetlovodne pristupne mreže. U istraživanju je provedena analiza isplativosti uvođenja i izgradnje svjetlovodne pristupne mreže uzimajući u obzir nekoliko različitih scenarija. Scenariji su izrađeni na temelju očekivanog ponašanja korisnika i njihovoj zainteresiranosti za određene vrste telekomunikacijskih usluga u skorijoj budućnosti. Provedena analiza je pokazala da u promatranom razdoblju od osam godina povrat kapitalne investicije uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Dugog Sela nije financijski isplativa sa strane telekomunikacijskog operatora te se pojavljuje potreba za pronalaskom dodatnog izvora financiranja bilo kroz neki od modela partnerstva sa lokalnom samoupravom ili pak korištenjem sredstava apliciranjem projekata na neki od dostupnih europskih fondova.

KLJUČNE RIJEČI: svjetlovodne pristupne mreže; uvođenje; analiza; isplativost; grad Dugo Selo

SUMMARY

The purpose of this study was to research the profitability of the implementation of fiber-optic access network in the city of Dugo Selo. The goal of research was to investigate and compare the methods and models of upgrading the existing access network with respect to the fiber-optic access network. The study analyzed the cost-effectiveness of introducing and building optical access networks with taking into account a number of different scenarios. The scenarios were made on the basis of the expected user behavior and their interest in certain types of telecommunication services in the near future. The analysis showed that in the period of eight years return on capital investment of building the fiber-optical access network in the town of Dugo Selo is not financially profitable for telecom operators and there is a need to find an additional source of funding through a some model of partnership with the local government or through european structural funds by applying appropriate project.

KEY WORDS: fiber-optical access networks; implementation; analysis; profitability; city of Dugo Selo

SADRŽAJ:

1. Uvod 1

2. Arhitektura svjetlovodnih mreža 3

2.1. Arhitektura FTTx mreža 6

2.1.1. Optičko vlakno do telekomunikacijskog ormarića/distribucijskog čvora (FTTCab/FTTN) 7

2.1.2. Optičko vlakno do pločnika (FTTC) 7

2.1.3. Optičko vlakno do zgrade (FTTB) 7

2.1.4. Optičko vlakno do kućanstva (FTTH) 8

2.2. Smještaj opreme i načini vođenja svjetlovodnog vlakna do korisnika 8

2.2.1. Nova DTK s cijevima od polietilena ili polivinila 9

2.2.2. Mikrocijevne strukture s izravnim polaganjem u zemlju 9

2.2.3. Postojeća DTK s cijevima od polietilena ili polivinila 10

2.2.4. Nadzemna instalacija stupova za ovješene kabele 10

2.2.5. Opcije smještaja opreme u čvorovima 11

2.2.6. Izvedba kućne instalacije 11

2.3. Topologije i tehnologije FTTH mreža 12

2.3.1. Direktno vlakno – P2P mreže 12

2.3.2. Dijeljeno vlakno – P2MP mreže 14

2.3.3. Aktivne svjetlovodne mreže 15

2.3.4. Pasivne svjetlovodne mreže 15

3. Poslovni model projektiranja i izgradnje svjetlovodnih mreža 17

3.1. Potražnja za uslugama 17

3.2. FTTH pristupna mreža 19

3.3. Agregacijska i jezgrena mreža 19

3.4. Ekonomski pokazatelji 19

3.5. Geodemografske kategorije naselja 19

4. Analiza postojećeg stanja pristupne mreže 21

5. Analiza isplativosti uvođenja i izgradnje svjetlovodne pristupne mreže i interpretacija dobivenih rezultata 26

5.1. Pesimistični scenarij 28

5.2. Optimistični scenarij 29

5.3. Analiza isplativosti 30

5.3.1. Analiza isplativosti za pesimistični scenarij 31
5.3.2. Analiza isplativosti za optimistični scenarij 32
5.3.3. Isplativi scenarij 34
6. Metodologija proračuna ekonomske održivosti FTTH poslovnih modela 36
6.1. Struktura jediničnih troškova FTTH operatera 38
6.2. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora 39
7. Tržišni interesi za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima 42
7.1. Modeli ulaganja u širokopojasni pristup za građane 43
7.1.1. Model javno upravljane općinske mreže 43
7.1.2. Model privatno upravljane općinske mreže 44
7.1.3. Model širokopojasnog pristupa zajednice 44
7.1.4. Model subvencije za operatere 44
7.2. Izvori financiranja projekata 45
8. Zaključak 47
Literatura 48
Popis kratica 49
Popis slika 50
Popis tablica 51

1. Uvod

Razvojem telekomunikacija i uvođenjem novih tehnologija i s njima povezanih usluga, rasla je i potreba korisnika za postizanjem sve većih brzina kojima pristupaju Internetu. U proteklih nekoliko desetljeća, glavnina sredstava namijenjenih za razvoj mreža, ulagala se u različite tehnologije pristupa temeljene prvenstveno na bakrenoj infrastrukturi. To je razlog što većina korisnika i dalje pristupa internetu putem bakrene infrastrukture koja ponekad nije u mogućnosti odgovoriti na sve zahtjeve korisnika za određenim uslugama. Jedno od mogućih rješenja tog problema je migracija korisnika prema pristupu internetu korištenjem neke od tehnologija pristupa putem svjetlovodnih mreža.

U skladu sa naslovom rada, u ovom diplomskom radu se je na temelju pojedinih relevantnih kriterija poput stupnja urbaniziranosti naselja, broju kućanstava i sl. provela analiza isplativosti uvođenja FTTH (eng. Fiber To The Home) tehnologije na području grada Dugog Sela.

Rad je strukturno podijeljen u 8 povezanih cjelina:

1. Uvod
2. Arhitektura svjetlovodnih mreža
3. Poslovni model projektiranja i izgradnje svjetlovodnih mreža
4. Analiza postojećeg stanja pristupne mreže
5. Analiza isplativosti uvođenja i izgradnje svjetlovodne pristupne mreže i interpretacija dobivenih rezultata
6. Metodologija proračuna ekonomske održivosti FTTH poslovnih modela
7. Tržišni interesi za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima
8. Zaključak

U drugom poglavlju rada opisana je arhitektura svjetlovodnih mreža odnosno načini na koje se tehnologija može implementirati u ovisnosti o potrebama korisnika i prostornim specifičnostima nekog područja.

Treće poglavlje predstavlja opis poslovnog modela te sve parametre koji utječu na samo na proces projektiranja već i na kasniju izgradnju svjetlovodne pristupne mreže.

Karakteristike i analiza postojećeg stanja mreže opisana je u četvrtom poglavlju.

Peto poglavlje sadržava cjelokupnu analizu isplativosti uvođenja i izgradnje na području grada Dugog sela te interpretaciju dobivenih rezultata. Analiza je provedena uzimajući u obzir tri različita scenarija.

Načini na koje se proračunava održivost nekog FTTH modela uzimajući u obzir različite troškove koji nastaju pri njegovoj implementaciji, a sve u ovisnosti o karakteristikama korištenih modela opisani su u šestom poglavlju rada.

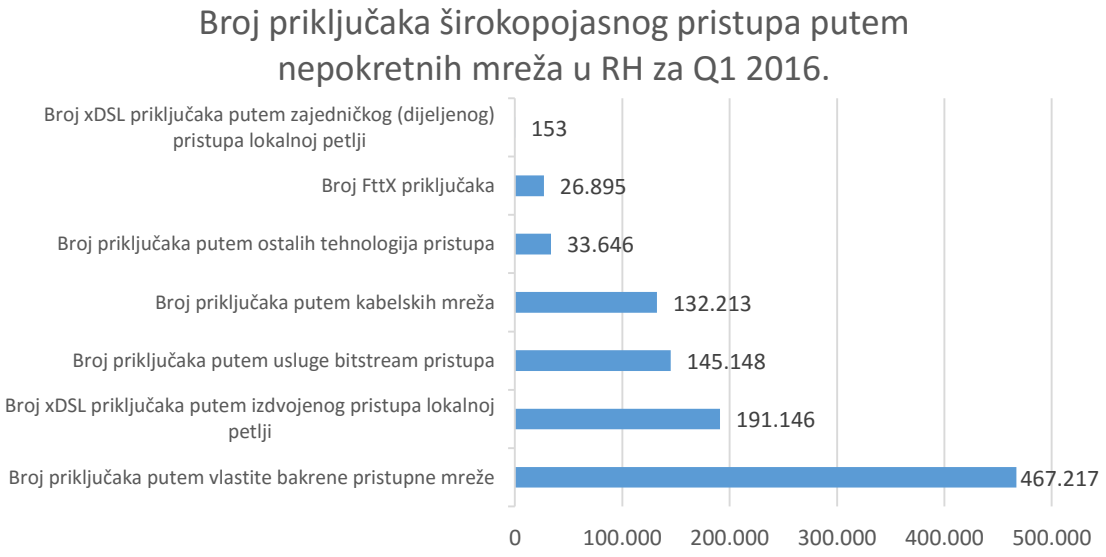
Sedmo poglavlje zasniva se na tržišnim interesima za izgradnju FTTH mreža te detaljnije opisuje različite modele ulaganja pomoću kojih se građanima može omogućiti korištenje svih prednosti tehnologija pristupa internetu putem svjetlovodnih mreža.

2. Arhitektura svjetlovodnih mreža

U svjetlovodne odnosno optičke mreže ubrajaju se sve mreže koje za cilj imaju prijenos podataka sa jedne lokacije na drugu primjenom svjetlosnih impulsa putem svjetlovodnog vlakna.

Svjetlovod je medij kojeg čini mnoštvo staklenih ili plastičnih niti koje su u mogućnosti provoditi svjetlosni signal. Iako postoje brojne prednosti u korištenju tog načina prijenosa podataka, još uvijek je većina telekomunikacijskih mreža zasnovana na širokopojasnom prijenosu podataka putem bakrenih parica odnosno na temelju primjene digitalne pretplatničke linije (eng. Digital Subscriber Line - DSL).

Kao što je poznato, glavnina infrastrukture temeljene na bakrenim paricama je prvotno bila namijenjena isključivo analognom prijenosu govora te shodno tome ima i mnoštvo ograničenja. Ipak, prednosti poput velike rasprostranjenosti i mogućnosti pružanja kvalitetnih širokopojasnih usluga temeljenih na DSL tehnologiji velikom broju krajnjih korisnika uz minimalna ulaganja i dalje usporavaju zamjenu postojeće mreže onom svjetlovodnom. Navedeno je vidljivo i iz aktualnih podataka objavljenih od strane Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti (u nastavku HAKOM), a koji pokazuju broj priključaka po pojedinim tehnologijama pristupa u Republici Hrvatskoj za prvi kvartal 2016. godine. Grafički prikaz tih podataka dan je grafom 1.



Graf 1. Broj priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretnih mreža u RH za Q1 2016. IZVOR: [1]

Svjetlovodne mreže u odnosu na prevladavajuće mreže temeljene na bakrenim paricama, omogućuju prijenos podataka mnogo većim brzinama, smanjena je potreba za učestalim regeneracijama signala što omogućuje prijenos podataka na velikim udaljenostima te je medij prijenosa u potpunosti neosjetljiv na elektromagnetne smetnje što u konačni osigurava bolju kvalitetu signala na odredištu.

Prema slici 1., svaka svjetlovodna mreža sastoji se od 4 sloja koja čine jednu povezanu i funkcionalnu cjelinu, a to su:

- Krajnji korisnici
- Maloprodajne usluge
- Aktivna oprema
- Pasivna infrastruktura

Krajnji korisnici predstavljaju sloj koji objedinjuje sve privatne i poslovne korisnike koji kao takvi pristupaju internetu putem svjetlovodne infrastrukture te koriste razne usluge putem iste.

Sloj koji se naziva maloprodajne usluge čine zapravo Internet operateri odnosno sve usluge koje se nude korisnicima u različitim paketima. Najčešće se nude usluge telefonije, širokopojasnog pristupa internetu i televizije bazirane na Internet protokolu (eng. Internet Protocol Television - IPTV).

Pasivna infrastruktura predstavlja sloj kojeg čine svi infrastrukturni odnosno fizički elementi potrebni pri izgradnji same svjetlovodne mreže. Takvi elementi su na primjer: svjetlovodno vlakno, telekomunikacijski rovovi i zdenci, telekomunikacijski ormarići i slično.

Sloj aktivne infrastrukture predstavlja svu ostalu opremu potrebnu da bi pasivna infrastruktura ispravno obavljala posao. U ovaj sloj se primjerice ubrajaju svi usmjerivači, razdjelnici, pretvarači pojačivači signala i slično.



Slika 1. Prikaz slojeva svjetlovodne mreže [2]

U ovom diplomskom radu obrađuje se svjetlovodna pristupna mreža koja se sastoji od distribucijske mreže i spojne mreže.

Prema Pravilniku o svjetlovodnim distribucijskim mrežama donesenim od strane Vijeća Hrvatske agencije za poštu i elektroničke komunikacije (današnja Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti), svjetlovodna pristupna mreža se sastoji od svjetlovodne distribucijske mreže i glavne svjetlovodne mreže. [3]

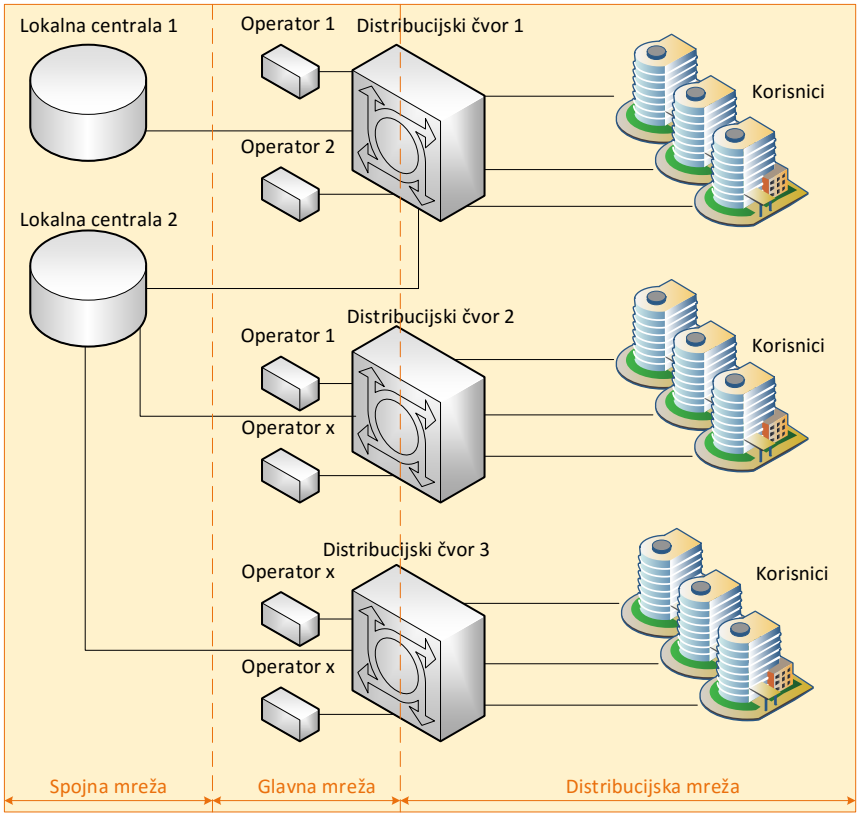
Distribucijski čvor (DČ) definiran je kao točka koncentracije kabela svjetlovodne distribucijske mreže s jedne strane te pristupnih svjetlovodnih kabela spojne mreže s druge strane. Distribucijski čvor može biti smješten u tipskom uličnom ormaru ili u tehničkom prostoru građevine koji služi za smještaj opreme elektroničkih komunikacijskih mreža.

Čvor odnosno lokalna centrala opisan je kao točka koncentracije više distribucijskih čvorova (pristupnih čvorova) i/ili sučelja vanjskih mreža zgrade s jedne strane i distribucijskih svjetlovodnih kabela mrežnih subjekata i operatora korisnika s druge strane. [3]

Svjetlovodna distribucijska mreža (SDM) definirana je kao: završni dio svjetlovodne pristupne mreže kojim se omogućuju priključenja korisničkih jedinica, odnosno koji povezuje sučelje vanjske pristupne elektroničke komunikacijske mreže (ENI) i distribucijski čvor. To je pasivna svjetlovodna mreža u cijelosti sastavljena od svjetlovodnih kabela bez aktivne opreme i opreme za dijeljenje kapaciteta, a može biti izvedena kao podzemna i/ili nadzemna. [3]

Prema istom pravilniku definirana je i glavna svjetlovodna mreža i to kao dio svjetlovodne pristupne mreže koja povezuje svjetlovodnu distribucijsku mrežu i lokalnu centralu (čvor).[3]

Pojednostavljeni prikaz svega navedenog nalazi se na slici 2.



Slika 2. Sastavni dijelovi svjetlovodne mreže

2.1. Arhitektura FTTx mreža

Općenita arhitektura u potpunosti svjetlovodnih mreža opisana je u prethodnom poglavlju, no u praksi se često susreće nekoliko različitih modela primjene i iskorištavanja prednosti svjetlovodnih mreža u kombinaciji sa bakrenim paricama.

Postoji nekoliko izvedbi svjetlovodnih mreža te se za njihov opis često koristi skraćenica FTTx gdje „x“ predstavlja mjesto do kojeg operater ima proveden svjetlovodni kabel.

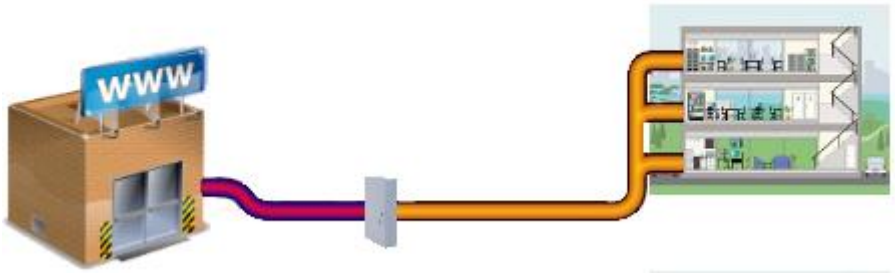
U ovisnosti o tome do koje je točke mreže proveden svjetlovodni medij najčešće se govori o:

- Optičkom vlaknu do telekomunikacijskog ormarića/distribucijskog čvora (eng. Fiber To The Cabinet/Node odnosno FTTCab/FTTN),
- Optičkom vlaknu do pločnika (eng. Fiber To The Curb odnosno FTTC),
- Optičkom vlaknu do zgrade (eng. Fiber To The Building odnosno FTTB) te o
- Optičkom vlaknu do kućanstva (eng. Fiber To The Home odnosno FTTH).

U nastavku rada će ukratko biti opisan svaki od navedenih modela.

2.1.1. Optičko vlakno do telekomunikacijskog ormarića/distribucijskog čvora (FTTCab/FTTN)

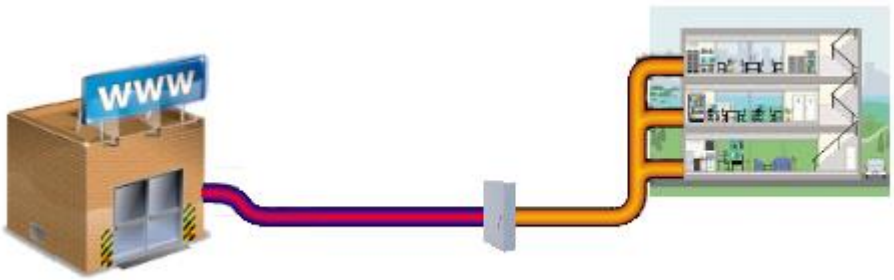
Kod ovog modela svjetlovodne mreže, optičko vlakno je provedeno do telekomunikacijskog ormarića koji se nalazi u blizini korisnika te se odatle mrežna komunikacija do korisnikovog doma najčešće nastavlja bakrenim medijem, no moguća je i implementacija neke od bežičnih tehnologija poput npr. WiMAX-a. FTTN omogućuje širokopojasne (eng. broadband) usluge, a ovakva vrsta optičke petlje najčešće opslužuje nekoliko stotina korisnika u radijusu do 1.5 kilometara. Ovaj model prikazan je slikom 3.



Slika 3. FTTCab/FTTN arhitektura

2.1.2. Optičko vlakno do pločnika (FTTC)

Ovaj model se koristi za pružanje širokopojasnih usluga na manjim područjima od svega nekoliko desetaka korisnika, a prikazan je slikom 4. Svjetlovodno vlakno se tada provodi do pločnika odnosno do neke lokacije u neposrednoj blizini korisnika, najčešće između 300 i 600 metara, te se podaci dalje prenose najčešće upletenom bakrenom paricom ili koaksijalnim kabelom. Ukoliko se za daljnji prijenos podataka od svjetlovodnog vlakna odabere neka od xDSL tehnologija prijenosa poput npr. VDSL2 tehnologije omogućuje se prosječna propusnost od 100 Mbit/s do korisnika no to naravno ovisi o kvaliteti samih parica, broju korisnika i sl.



Slika 4. FTTC arhitektura

2.1.3. Optičko vlakno do zgrade (FTTB)

U ovom slučaju, optičko vlakno se provodi do same nekretnine odnosno do vanjskog zida, podruma ili nekog sličnog mjesta. Potom se podaci do samog stambenog prostora korisnika prenose ponovno bakrenim medijem i to najčešće koaksijalnim kabelom ili pak nekom vrstom ethernet kabela. FTTB arhitektura prikazana je slikom 5.



Slika 5. FTTB arhitektura

2.1.4. Optičko vlakno do kućanstva (FTTH)

Promatrajući sa aspekta korisnika, ovo je najbolji model svjetlovodne mreže koji se može implementirati. Kod ovog modela, koji je prikazan slikom 6., optičko se vlakno provodi sve do korisnikovog doma ili uredskog prostora te mu na taj način osigurava najveće dostupne brzine i kvalitetu usluga.



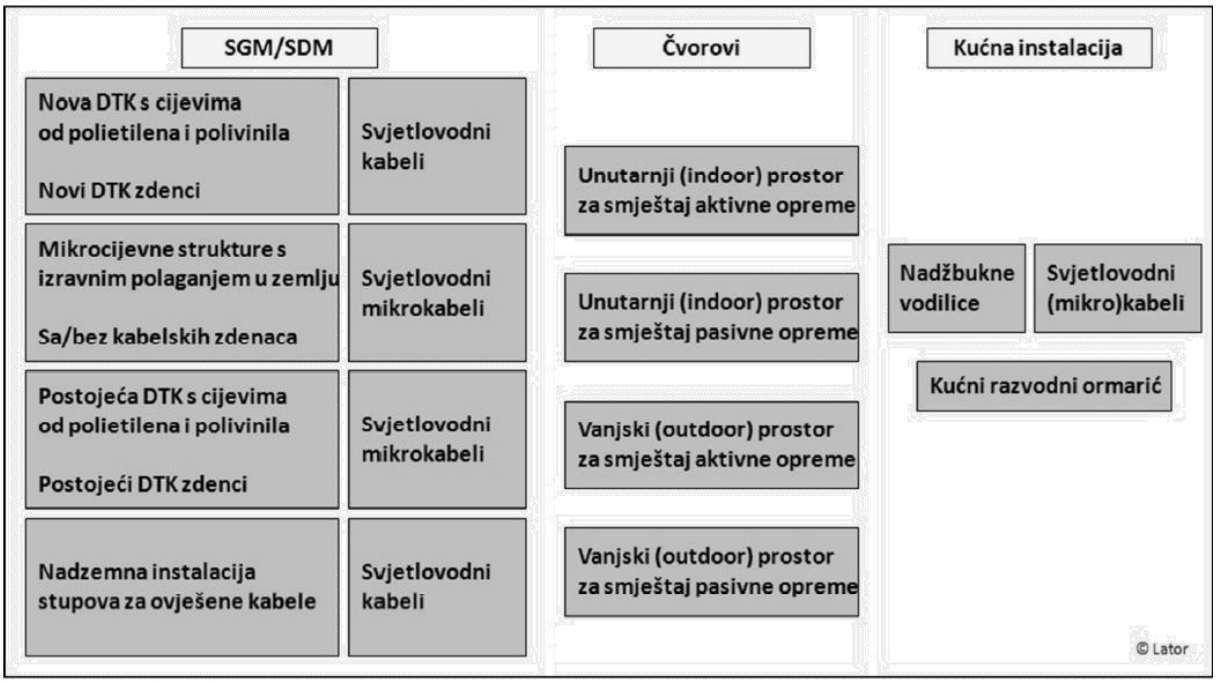
Slika 6. FTTH arhitektura

2.2. Smještaj opreme i načini vođenja svjetlovodnog vlakna do korisnika

Kao što je već navedeno, da bi korisnik mogao pristupiti svjetlovodnoj mreži potrebno je do njegovog kućanstva ili pak neke obližnje lokacije dopremiti svjetlosni impuls putem kojeg se razmjenjuju podaci. U ovisnosti o stanju i karakteristikama postojeće distributivne telekomunikacijske kanalizacije (DTK) to se može izvesti na nekoliko načina. Osnovna podjela je na podzemno i nadzemno vođenje svjetlovodnih vlakana. Prvi način je ujedno i najčešći zbog svojih prednosti koje se ogledaju u dužem vijeku trajanja trajanja ovakvih instalacija, ali i u činjenici da su one gotovo u potpunosti zaštićene od svih meteoroloških utjecaja. Nadzemno vođenje svjetlovodnih vlakana se ogleda u tome što se svjetlovodni kabel vodi nadzemno odnosno uz pomoć telekomunikacijskih stupova na sličan način kao što je slučaj sa bakrenim kabelom.

Pri planiranju mreže u obzir svakako treba uzeti i lokaciju i načine za smještaj pasivne i aktivne mrežne opreme. Oprema se može instalirati u posebnim infrastrukturnim objektima, ili unutar kabineta na vanjskim površinama.

Slika 7. prikazuje moguće opcije vođenja infrastrukturnih kabela, a njihov opis slijedi u nastavku rada.



Slika 7. Opcije vođenja svjetlovodnih kabela [4]

2.2.1. Nova DTK s cijevima od polietilena ili polivinila

U ovisnosti o potrebnim kapacitetima mreže polaže se određeni broj cijevi koje mogu biti u standardnoj veličini promjera od 20 do 50 mm ili pak u većem promjeru odnosno od 63 do 110 mm. Ukoliko se odluči koristiti ovu vrstu cijevi, neophodno je na svakoj točki grananja izgraditi kabelski zdenac. Sama veličina kabelskih zdenaca ovisi o kapacitetu mreže odnosno broju svjetlovodnih kabela. Ovakav način provođenja svjetlovodnog kabela je preporučljiv najviše do kapaciteta od 288 niti odnosno do promjera od 19 mm.

Ovakav način gradnje upotrebljavao se u prošlosti, dok se danas pri gradnji nove DTK mreže pretežno koriste mikrocijevi unutar kojih se polažu mikrokabeli.

2.2.2. Mikrocijevne strukture s izravnim polaganjem u zemlju

Ovo je danas najpopularnija opcija pri gradnji novih DTK mreža. Mikrocijevne strukture su predviđene za prihvat tzv. mikrokabela odnosno kabela manjih promjera (najčešće se koriste mikrokabeli kapaciteta do 72 niti te vanjskog promjera od 5 do 10 mm). Kao što i prikazuje slika 9., mikrocijevna struktura sadrži određen broj mikrocijevi od kojih je svaka predviđena za uvlačenje pojedinačnog mikrokabela. Svaka mikrocijevna struktura je obložena

ovojnicom određene debljine, u ovisnosti o načinu i mjestu na kojem će se koristiti, a u cilju pružanja adekvatne zaštite mikrokabela koji prolaz kroz nju.

Mikrocijevi se polažu direktno u zemlju, a prednost koju pružaju u odnosu na DTK s cijevima od polietilena ili polivinila je ta da kod grananja trase nije nužno graditi telekomunikacijske zdence već se kod račvanja mogu koristiti tzv. mikrocijevne spojnice odnosno razdjelnici. Jedna vrsta takvog razdjelnika (Y tip razdjelnika) prikazana je slikom 9.



Slika 8. Mikrocijevna struktura [17]



Slika 9. Y-tip razdjelnika [17]

2.2.3. Postojeća DTK s cijevima od polietilena ili polivinila

Korištenje postojeće DTK s cijevima od polietilena ili polivinila pri postavljanju novih svjetlovodnih kabela predviđa se samo u slučajevima kad na zamišljanoj trasi svjetlovoda već postoji izgrađena DTK. Glavni razlog zbog kojeg se ponekad koristi ova opcija je financijska isplativost jer je jeftinije zakupiti dio slobodnog kapaciteta postojeće telekomunikacijske mreže nego graditi novu trasu. Bitno je napomenuti da u tom slučaju slobodan prostor unutar postojeće DTK mora biti dostatan za cjelokupni kapacitet nove svjetlovodne mreže i sve kabele koji se namjeravaju postaviti. Neopravdano bi bilo postavljati dio kabela u postojeću DTK, a dio u novu koja bi se izgradila zbog nedostatnog kapaciteta postojeće DTK, jer kada se već postavlja nova trasa i izvršavaju svi radovi ne ostvaruje se nikakva ušteda, a nastaju potencijalni problemi iz razloga što svjetlovodni kabeli nisu objedinjeni na istom mjestu. Ukoliko se odluči koristiti postojeća DTK s cijevima od polietilena ili polivinila nije nužno koristiti regularne svjetlovodne kabele već je moguće koristiti već ranije spomenute mikrocijevne strukture.

2.2.4. Nadzemna instalacija stupova za ovješene kabele

U odnosnu na dosad spomenute načine vođenja kabela, ovo je svakako financijski najpovoljnija opcija ukoliko se namjerava graditi nova infrastruktura, no troškovi održavanja u budućnosti su tada veći, a predviđeni rok trajanja izgrađene infrastrukture je kraći. Nadzemni kablovi koji se koriste pri ovoj vrsti instalacije se u maloj mjeri razlikuju od podzemnih kabela zbog specifičnog načina postavljana i zbog toga što moraju biti otporni na sve vremenske uvjete. Shodno tome, njihov je promjer (za isti kapacitet mreže) veći nego bi to bio promjer podzemnog kabela .

Ukoliko se u razmatranje uzima ovaj način vođenja kabela, bitno je u obzir uzeti činjenicu da mnogi gradovi i općine u svojim prostornim planovima ne predviđaju ovakvo postavljanje nove telekomunikacijske mreže te se ono kao takvo ne može ni uzeti u obzir kao alternativa podzemnom vođenju svjetlovoda. Upravo je to slučaj i u gradu Dugom Selom gdje se prostornim planom onemogućava ovaj način proširenja telekomunikacijske mreže.

2.2.5. Opcije smještaja opreme u čvorovima

Pasivna i aktivna oprema u distribucijskim i lokalnim čvorovima se može smjestiti u unutrašnje ili vanjske prostore. Kada se govori o unutrašnjim prostorima misli se na infrastrukturne objekte odnosno građevine koje su tehnološki opremljeni za prihvat potrebne opreme, dok se samostojeći kabineti u koje se postavlja oprema nazivaju vanjskim prostorom.

Smještaj opreme u unutrašnje prostore je povoljnija opcija sa troškovne strane (ukoliko takvi objekti već postoje na potrebnim lokacijama). Takvi objekti su potrebni i pri izgradnji DSL mreže tako da je njihov broj u prostoru popriličan, a troškovi njihove prenamjene za prihvat opreme svjetlovodne mreže je zanemariv. Ukoliko nije moguće osigurati adekvatan unutrašnji prostor, grade se vanjski telekomunikacijski kabineti.

Ukoliko se u čvoru nalazi aktivna oprema, neophodno je osigurati dostatan izvor električne energije za napajanje te vrlo često i neku vrstu hlađenja odnosno klimatizacije objekta u svrhu hlađenja opreme. Pasivna oprema ne zahtjeva prisutnost električne energije za svoj rad, a temperaturni opseg u kojem takva oprema može raditi je mnogo veći nego što je to slučaj kod aktivne opreme.

2.2.6. Izvedba kućne instalacije

Važan segment FTTH mreže, pogotovo u višestambenim zgradama, predstavlja i završna kućna instalacija svjetlovodnih niti koja se proteže od uvoda u zgradu do prostora (stana) krajnjeg korisnika. Naime, za razliku od tradicionalnih kućnih instalacija bakrenih parica, koje su većinom položene unutar postojećih zgrada, svjetlovodne instalacije nisu izvedene unutar većine zgrada (ili su izvedene samo kod manjeg broja novogradnji). Zbog strukture vlasništva nad nekretninama u Hrvatskoj (velik broj pojedinačnih vlasnika – fizičkih osoba), ne može se očekivati da vlasnici nekretnina sami investiraju u izgradnju svjetlovodne mreže unutar zgrada (za razliku od nekih država EU-a, gdje su stambeni prostori većinom u vlasništvu specijaliziranih tvrtki koje takve nekretnine nude u najam te im je u interesu poboljšanje opremljenosti stanova).

Troškovi kućne instalacije svjetlovodnih niti, od uvoda u zgradu neposredno do prostora krajnjeg korisnika, predstavljaju značajnu stavku u ukupnim troškovima izgradnje FTTH mreže, naročito u naseljima gdje prevladavaju višestambene zgrade u kojima je taj krajnji segment FTTH mreže ukupno značajne duljine. S obzirom da u većini postojećih zgrada adekvatni podžbukni kanali (vertikalni i horizontalni razvodi) koji bi mogli služiti za vođenje svjetlovodnih kabela, ne postoje ili su zauzeti s drugim vrstama instalacija (strujni kabeli, bakrene parice), predviđa se postavljanje novih nadžbuknih kanala za vođenje svjetlovodnih

kabela unutar zgrada. Unutar tako postavljenih kanala predviđeno je polaganje završnih svjetlovodnih kabela s manjim brojem niti, koji neposredno opslužuju svakog krajnjeg korisnika. Neovisno o veličini zgrade, odnosno broju potencijalnih krajnjih korisnika, na uvodu svake zgrade predviđeno je postavljanje adekvatnog svjetlovodnog prospojnika (kućni razvodni ormarić), kao fleksibilne prospojne točke između SDM dijela pristupne mreže i kućne instalacije.[4]

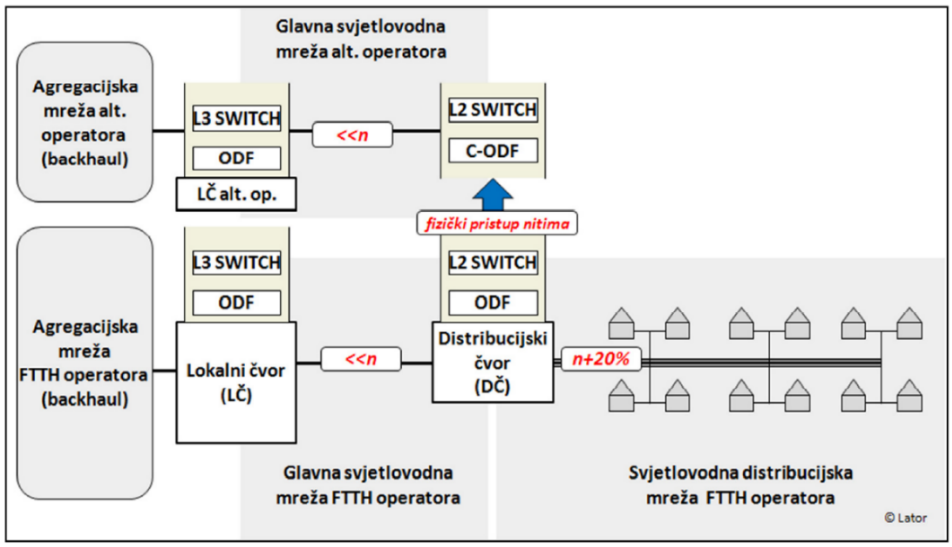
2.3. Topologije i tehnologije FTTH mreža

Pristupna mreža temeljena na FTTH tehnologiji može biti realizirana na dva načina i to kao P2P (eng. Point-To-Point) mreža odnosno arhitekturom od točke prema točki te kao P2MP (eng. Point-To-Multi-Point) mreža odnosno arhitekturom od jedne točke prema više točaka.

Također, kada se govori o svjetlovodnim mrežama bitno je napomenuti da one u ovisnosti o primijenjenoj tehnologiji mogu biti izvedene kao aktivne i kao pasivne, a o čemu će biti više riječi u nastavku.

2.3.1. Direktno vlakno – P2P mreže

Kod ovih vrsta mreža koriste se različite inačice ethernet protokola, a sve u ovisnosti o projektiranoj brzini po korisniku koja se želi ostvariti i najvećoj duljini niti koja će se nalaziti u SDM dijelu pristupne mreže. Također vrlo je bitan i broj niti koji dolaze do korisnika, zbog smanjenja troškova to je u pravilu jedna nit te se tada radi o bidirekcionalnom prometu, no ponekad se postavljaju i dvije niti te tada govorimo o unidirekcionalnom prometu. Ukoliko korisnik koristi usluge prijema IPTV sadržaja u visokoj razlučivosti, a do njega vode dvije svjetlovodne niti, jedna je u pravilu rezervirana samo za prijem takvih sadržaja.



Slika 10. Arhitektura P2P mreže [4]

Arhitektura izgradnje P2P mreže prikazana je slikom 10. Kao što je vidljivo, a u skladu je i sa onim što propisuje Pravilnik o tehničkim i uporabnim uvjetima za svjetlovodne distribucijske mreže, broj planiranih svjetlovodnih niti u DČ-u je uvećan za 20% u odnosnu na broj potencijalnih korisnika, odnosno po svakom korisniku se mora planirati kapacitet od minimalno 1.2 niti.

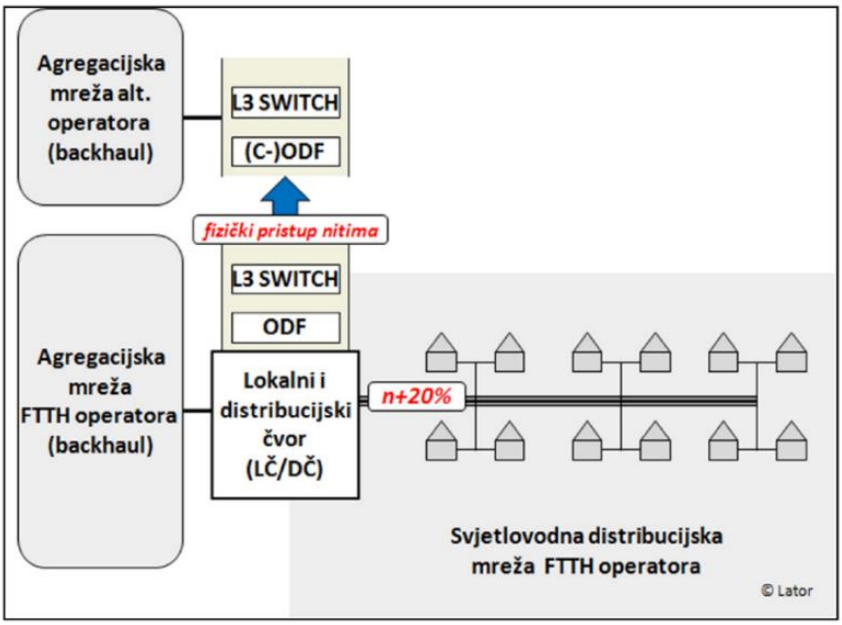
Također kada se radi o broju niti, na slici je vidljivo i to da je broj niti između LČ-a i DČ-a manji od propisanih 1.2 niti po korisniku koje se moraju planirati kao minimalan potreban kapacitet. Razlog tome je optimizacija koja omogućuje da se korištenjem preklopnika promet koji dolazi od korisnika agregira i dalje šalje manjim brojem niti koje su u mogućnosti ostvariti veće brzine prijenosa.

Bitno je naglasiti da se ovakvo rješenje u kojem se smanjuje broj niti između LČ-a i DČ-a ponekad i ne smatra pravom P2P mrežom, ali uzimajući u obzir propise i podzakonske akte u Hrvatskoj, DČ se smatra krajnjim pristupnim čvorom operatera te se samim time ovakav način implementacije svjetlovodne mreže može nazivati P2P mrežom.

Investitor odnosno operater koji gradi svjetlovodnu infrastrukturu dužan je alternativnim operaterima (koji su iskazali interes za isto) ostaviti mogućnost fizičkog pristupa svjetlovodnim nitima koje vode do korisnika. To se omogućuje u distribucijskim čvorovima, a potrebne kapacitete i opremu u SGM-u te svim ostalim dijelovima mreže alternativni operateri su dužni osigurati samostalno i o vlastitom trošku.

Pri određivanju lokacije za gradnju DČ-a potrebni je imati na umu da ona mora biti odabrana na način da se alternativnim operaterima omogući financijski isplativ pristup nitima koje vode do korisnika odnosno da broj korisnika pojedinog DČ-a bude dovoljno velik kako bi i alternativnim operaterima osigurao profitabilnost i time ih potaknuo na razvoj mreže. Ukoliko se to ne bi poštivalo, alternativni operateri ne bi imali razloga ulagati u širenje mreže jer to ne bi bilo ekonomski opravdano.

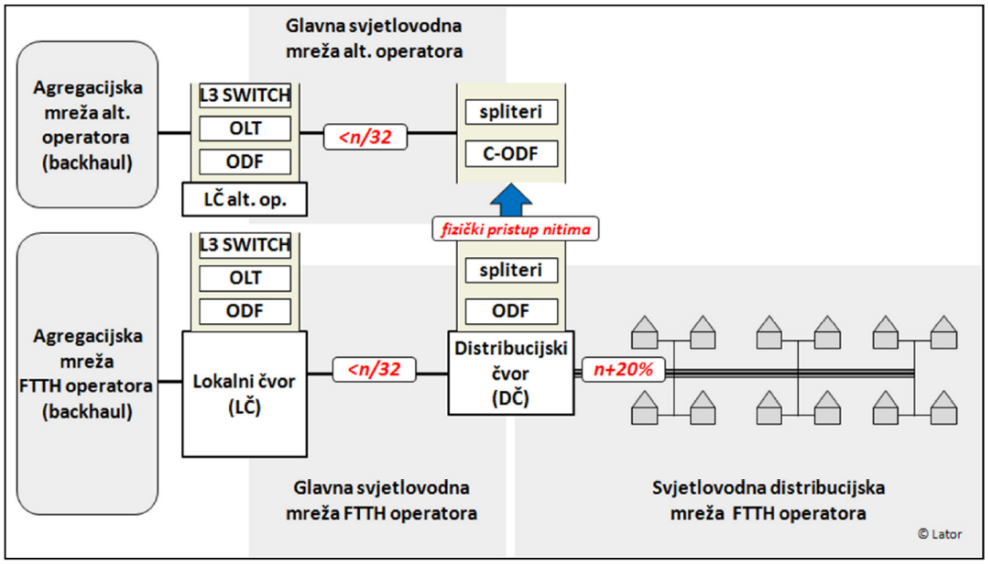
Naravno, postavlja se pitanje što napraviti u sredinama sa malim brojem korisnika kod kojih izgradnja udaljenog DČ nije ekonomski opravdana niti bi se mogla nazvati svrsishodnim ulaganjem u izgradnju svjetlovodne mreže? U tim slučajevima se LČ i DČ objedinjuju u jedan zajednički čvor. Ukoliko postoji interes alternativnih operatera, i u ovom slučaju im se mora omogućiti pristup nitima koje vode do korisnika. Arhitektura P2P mreže sa objedinjenim LČ i DČ prikazana je slikom 11.



Slika 11. Arhitektura P2P mreže s objedinjenim LČ i DČ [4]

2.3.2. Dijeljeno vlakno – P2MP mreže

U P2MP mrežama koriste se PON tehnologije (u Europi ITU-T G.984 standardizirana GPON tehnologija). U krajnjem segmentu pristupne mreže (nakon splitera) rezervirana je po jedna svjetlovodna nit za svakog korisnika, dok se u segmentu mreže između OLT čvora (eng. Optical Line Termination – OLT) i splitera koristi po jedna svjetlovodna nit za grupu od 32 ili 64 korisnika, ovisno o korištenom razdjelnom omjeru (eng. splitting ratio). Prosječni kapaciteti po korisniku u P2MP PON mrežama manji su od P2P mreža te su brzine u smjeru od korisnika manje od brzina prema korisniku (npr. trenutna generacija GPON tehnologije podržava do 2,5 Gbit/s u smjeru prema korisnicima, odnosno do 1,25 Gbit/s u smjeru od korisnika, dijeljeno između 32 ili 64 korisnika koji se nalaze u istoj razdjelnoj grupi splitera). Kod PON tehnologija najveća udaljenost između korisnika i OLT čvora je do 20 km te se u pravilu smanjuje s povećanjem broja razdjelnika u pristupnoj mreži (npr. uvođenjem kaskada razdjelnika). [4]



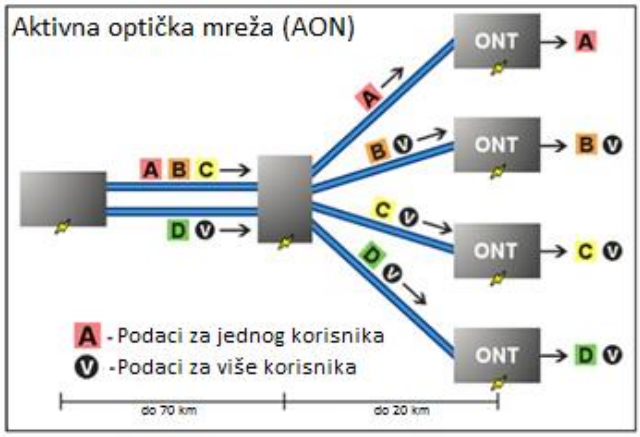
Slika 12. Arhitektura P2MP mreže [4]

Arhitektura P2MP mreže prikazana je slikom 12., a karakteristike su da ima identičan SDM dio pristupne mreže kao i P2P mreža. Razlika je u vrsti opreme koja se nalazi u LČ i DČ te u značajno manjem broju niti koje se nalaze između tih čvorova što se postiže različitim vrstama razdjelnika. Broj niti koji se nalaze između LČ i DČ u odnosu na broj rezerviranih niti koje odlaze od DČ prema krajnjim korisnicima u ovom slučaju može biti 32-64 puta manji. Također jedna od razlika u odnosu na P2P mreže je i ta što se u DČ-ovima P2MP mreža smješta samo pasivna mrežna oprema.

Kao i kod P2P mreža, alternativni operateri moraju imati fizički pristup do svjetlovodnih niti koje vode do korisnika te vrijede jednaka pravila samo što se u ovom slučaju postavlja različita oprema.

2.3.3. Aktivne svjetlovodne mreže

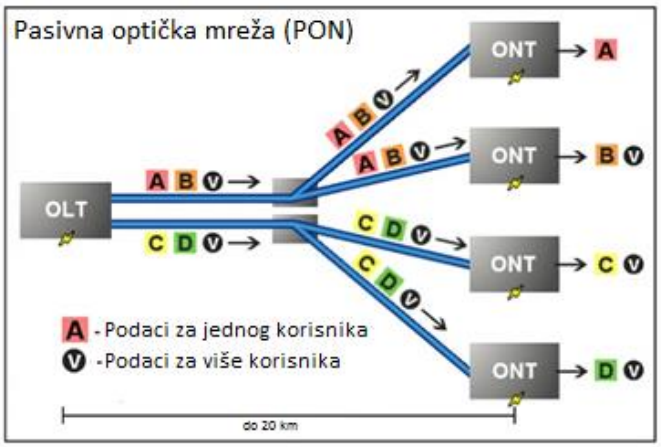
Pod pojmom aktivnih svjetlovodnih mreža (eng. Active Optical Netkwork - AON) smatramo sve mreže koje u svojem radu koriste uređaje poput preklopnika (eng. switch) i usmjerivača (eng. router) za čiji je rad neophodno strujno napajanje. Na ovaj način se svaki signal označava i usmjerava samo prema korisniku kojem je namijenjen te se na taj način izbjegava kolizija sa drugim signalima koji putuju istom mrežom. Pojednostavljen prikaz putovanja signala u aktivnim svjetlovodnim mrežama dan je slikom 13.



Slika 13. Prikaz aktivne svjetlovodne mreže [5]

2.3.4. Pasivne svjetlovodne mreže

Pasivne svjetlovodne mreže (eng. Passive Optical Network - PON) temeljene su na mrežnoj arhitekturi koja za svoj rad ne zahtjeva upotrebu električne energije. To se postiže radom na principu tzv. Brewsterovog kuta koji omogućuje da se sa jednim vlaknom opslužuje 32-128 druga svjetlovodna vlakna. Centralni čvor PON mreže čini OLT, uz njega tu je još jedan ili više optičkih mrežnih terminala – ONT (eng. Optical Network Terminal) te optička vlakna i razdjelnici. PON arhitektura smanjuje broj potrebnih svjetlovodnih niti kao i opreme za opsluživanje korisnika. Prilikom downloada podataka, signali se šalju svim korisnicima istovremeno na njihove ONT-ove, ali se koristi enkripcija kako ne bi došlo do prisluškivanja prometa. Usmjeravanje signala kod pasivnih svjetlovodnih mreža prikazano je slikom 14.



Slika 14. Prikaz pasivne svjetlovodne mreže [5]

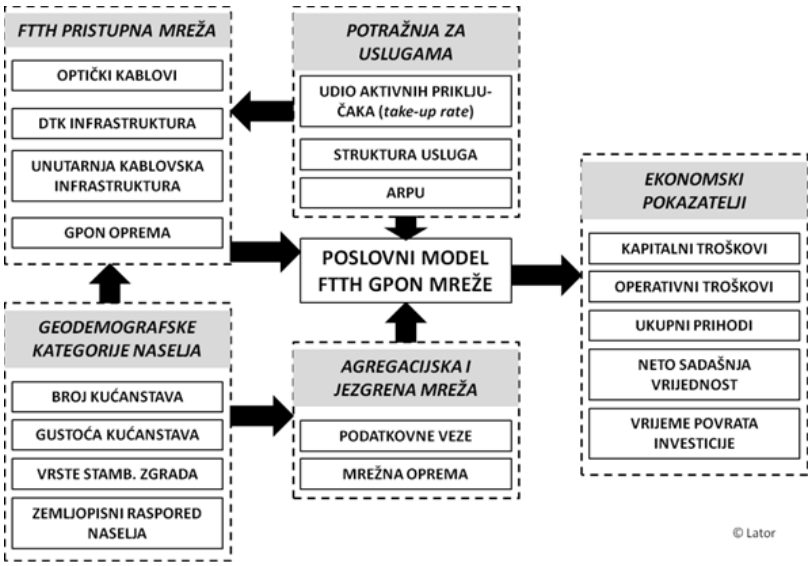
Upstream signali od strane korisnika kombiniraju se nekim od višestrukih pristupnih protokola, najčešće korištenjem višestrukog pristupa s vremenskom raspodjelom (eng. Time Division Multiple Access - TDMA).

U pogledu budućeg razvoja FTTH tehnologija, tehnologija. WDM PON (eng. Wavelength Division Multiplexing PON), omogućava svakom korisniku dodjelu zasebne valne duljine unutar valnog multipleksa u niti P2MP mreže. Timeje kapacitet po korisniku uvjetovan najvećim kapacitetom pojedinačne valne duljine (trenutno do 1 Gbit/s u oba smjera). Zbog većeg dometa (do 100 km), WDM PON tehnologijom bit će, u odnosu na sadašnje generacije PON tehnologija i P2P tehnologija, moguće značajno povećati udaljenost između korisnika i OLT čvora, čime se potencijalno omogućuje smanjenje broja čvorova u pristupnoj mreži. Osim toga, princip podjele korisnika po valnim duljinama omogućio bi lakše dijeljenje kapaciteta pristupne mreže između operatora u usporedbi sa sadašnjim PON tehnologijama.[4]

3. Poslovni model projektiranja i izgradnje svjetlovodnih mreža

Prije bilo kakve investicije u izgradnju nove ili nadogradnju postojeće TK mreže, a sve u cilju detaljne analize ulaznih i izlaznih veličina u određenom razdoblju, potrebno je razviti neki od tehno-ekonomskih model koje će pratiti buduća investicija.

Tvrtka Lator d.o.o. koja se bavi konzaltingom u telekomunikacijama je za potrebe HAKOM-a izradila jedan takav model te će se isti koristiti i u modeliranju troškova i analizi isplativosti uvođenja svjetlovodnih pristupnih mreža na području Dugog Sela čime se sadržajno i bavi ovaj diplomski rad. Bitno je napomenuti da je u skladu sa postojećim stanjem na hrvatskom telekomunikacijskom tržištu, izrađeni model prilagođen isključivo izgradnji FTTH mreže i to u P2MP topologiji, uz primjenu GPON tehnologije. Struktura takvog poslovnog modela prikazana je sljedećom slikom:



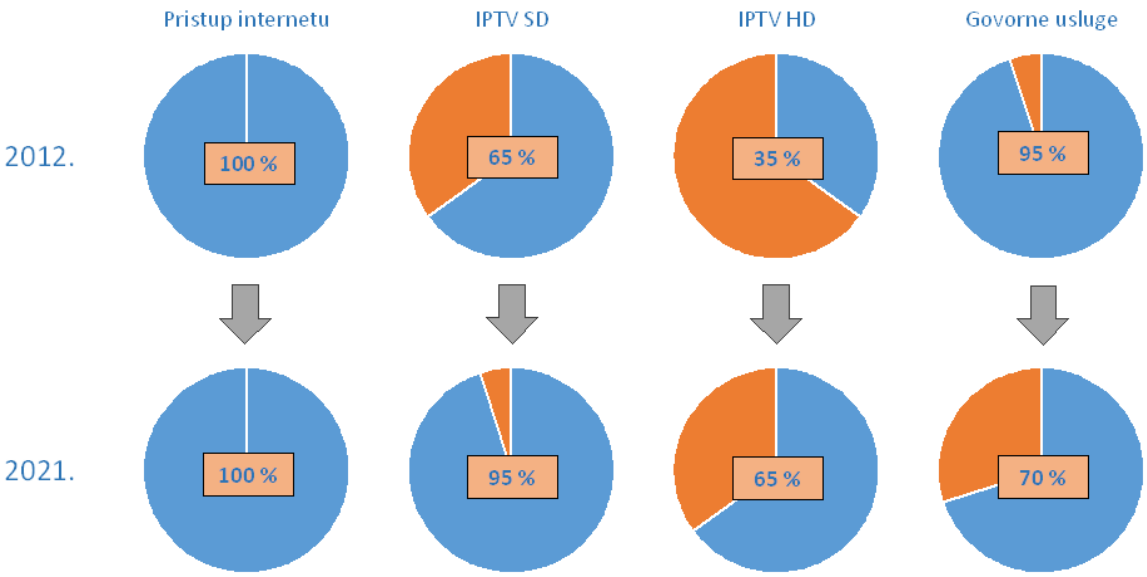
Slika 15. Poslovni model projektiranja i izgradnje svjetlovodnih mreža [6]

U sljedećih nekoliko odlomaka biti će opisan svaki od modula koji čine ranije spomenuti model.

3.1. Potražnja za uslugama

Uz broj korisnika na nekom području, vrlo je bitno istražiti i koliko su korisnici zainteresirani za nadogradnju postojećih usluga ili uvođenje nekih novih te koliko su novaca na mjesečnoj razini spremni izdvojiti za to – ARPU (eng. Average Revenue Per User). Primjerice, poznato je da su mlađi korisnici u mnogo većoj mjeri zainteresirani za uvođenje i korištenje novih usluga u odnosu na stariju populaciju te je za očekivati da će oni prije postati pretplatnici takvih usluga.

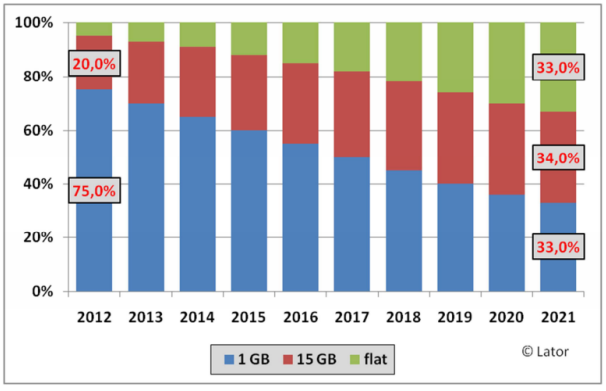
Analize tvrtke Lator o promjeni interesa korisnika za određene usluge u desetogodišnjem razdoblju prikazane su grafom 2.



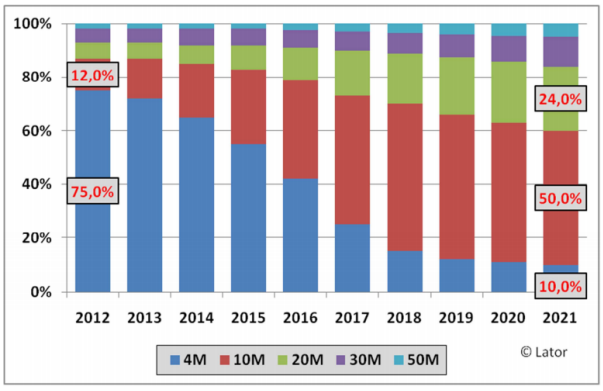
Graf 2. Predviđeno kretanje udjela korisnika po uslugama na FTTH mreži [7]

Valja uočiti da je pretpostavljeno da svaki korisnik na aktiviranom priključku ujedno koristi i uslugu pristupa Internetu, čime u studiji nisu razmatrane mogućnosti u kojima se FTTH priključci koriste npr. isključivo za distribuciju IPTV usluga. Potražnja za uslugama pristupa Internetu u apsolutnim iznosima ogleda se u udjelu aktiviranih priključaka u ukupnom broju izvedenih priključaka, odnosno utilizaciji FTTH mreže, koja se kreće od 30% u početnom trenutku, do 90% na kraju promatranog desetogodišnjeg razdoblja. [7]

Uz pretpostavljenu strukturu po uslugama, unutar usluge širokopojasnog pristupa predviđeni su i odgovarajući udjeli korisnika po paketima brzina pristupa, odnosno ostvarenog prometa što je i prikazano grafovima 3. i 4. Osnovna značajka kretanja udjela paketa u promatranom razdoblju jest povećanje zastupljenosti paketa većih brzina te većeg ostvarenog prometa, kao posljedica očekivanog ukupnog porasta prosječnog prometa po korisniku u budućem razdoblju (predviđanja su temeljena na podacima o kretanju zastupljenosti širokopojasnih paketa u državama EU u razdoblju od 2007.-2010.). [7]



Graf 3. Struktura potražnje za uslugom širokopojasnog interneta po paketima ostvarenog prometa [4]



Graf 4. Struktura potražnje za uslugom širokopojasnog interneta po paketima brzina [4]

3.2. FTTH pristupna mreža

Glavna značajka ovog modula je da se u njemu vrši analiza svih tehničkih parametara poput optičkih kablova, korisničke opreme i ostalih uređaja i građevina koje su potrebne za uvođenje i nesmetan rad FTTH mreže. U konkretnom, već ranije spomenutom Latorovom modelu, promatralo se sljedeće:

1. Izgradnja i opremanje DTK infrastrukture za smještaj optičkih kablova, iskop i sanacija trase DTK, cijevi unutar kojih se polažu optički kablovi, zdenci kao mjesta za pristup i manipulaciju kablovima i eventualno vanjski kabineti za smještaj pasivne optičke opreme.

2. Nabavka i postavljanje optičkih kablova unutar infrastrukture DTK, uključujući spajanje i testiranje optičkih vlakana.

3. Izgradnja i opremanje infrastrukture za polaganje optičkih kablova unutar stambenih zgrada, uključujući spajanje i testiranje optičkih vlakana.

4. Aktivna GPON mrežna oprema u pristupnim čvorovima i pasivni razdjelnici unutar pristupne mreže [6]

3.3. Agregacijska i jezgrena mreža

U ovom modulu se vrši dimenzioniranje mreže na temelju očekivanog volumena prometa kako bi ona bila u stanju opslužiti sve korisnike na vrijeme i raditi bez poteškoća. Obzirom na povijesni razvoj telekomunikacija u hrvatskoj te strategijama njihovog razvitka, u RH je prostorno predviđeno da jezgrenu mrežu predstavljaju veze između županijskih i regionalnih središta u kojima se nalaze središnji čvorovi, dok agregacijsku mrežu čine veze koje povezuju lokalne čvorove sa onim središnjima.

3.4. Ekonomski pokazatelji

Najbitnija stavka svakog modela, ponajprije ukoliko se radi o privatnoj investiciji od koje se očekuju neki financijski benefiti, su ekonomski pokazatelji. Oni primjerice obuhvaćaju iznos svih kapitalnih i operativnih troškova, ukupne prihode koji se očekuju nakon završetka investicije te vrlo bitan parametar koji pokazuje koliko je vrijeme povrata investicije – ROI (eng. Return Of Investment).

3.5. Geodemografske kategorije naselja

Jedan od osnovnih ulaznih parametara svakog poslovnog modela koji se razvija u cilju proširenja infrastrukture kako bi se mogla pružiti kvalitetnija usluga je broj potencijalnih korisnika te usluge. Kako bi se dobila potpunija slika o prostornom rasporedu korisnika na nekom području, vrlo je važno u obzir uzeti i geodemografska obilježja tih područja.

Tako se primjerice u obzir uzima broj kućanstava po jedinici površine, udio i veličina stambenih zgrada na nekom području i slično jer svi ti parametri znatno utječu na veličinu same

investicije, ali i na rok u kojem će se potencijalna investicija otplatiti i postati profitabilna. Tvrtka Lator je u razvoju poslovnog modela FTTH koristila vlastitu klasifikaciju naselja u RH uzimajući u obzir nekoliko kriterija, a njihove općenite karakteristike mogu se iščitati iz tablice 1.

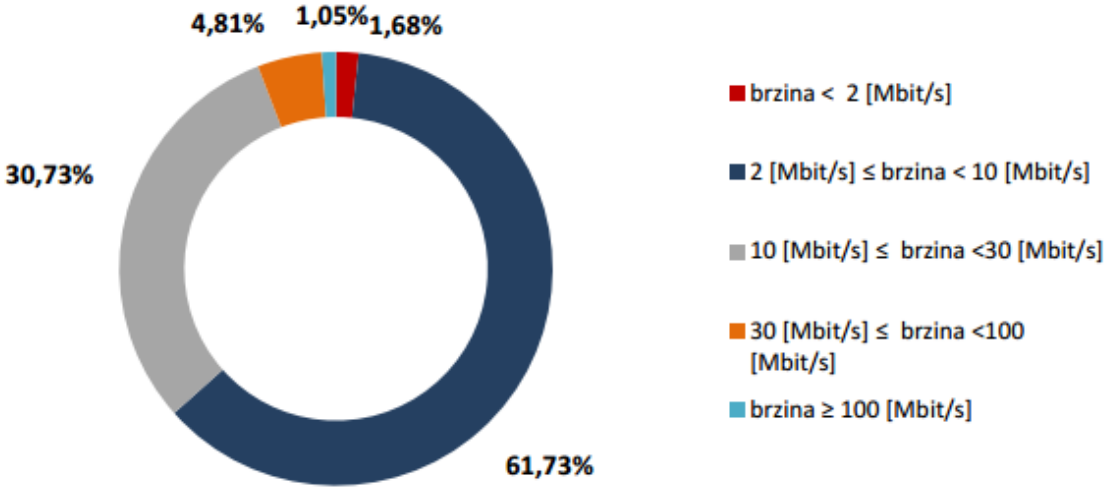
Tablica 1. Karakteristike geotipova [4]

Oznaka geotipa	Raspon broja stanovnika u naseljima	Prosj. gustoća naseljenosti (stan/km^2)	Broj naselja u geotipu	Udio u uk. stanovništvu Hrvatske	Naselja (neka od naselja) u geotipu
U1	više od 250.000	8.536	1	16,8%	Zagreb
U2	75.000 – 250.000	8.528	3	9,9%	Split, Rijeka, Osijek
U3	50.000 – 75.000	7.783	3	4,5%	Zadar, Slavonski Brod, Pula
U4	35.000 – 50.000	6.266	5	5,1%	Karlovac, Varaždin, Šibenik, Sisak, Sesvete
S1	15.000 – 35.000	5.541	10	5,7%	Čakovec, Virovitica, Vukovar, V. Gorica, ...
S2	7.500 – 15.000	2.860	22	5,8%	Umag, Slatina, Opatija, Ogulin, Makarska, ...
S3	4.000 – 7.500	2.618	52	6,8%	Imotski, Vela Luka, Gospić, Jastrebarsko, M. Lošinj, ...
S4	2.000 – 4.000	2.167	115	7,6%	Ludbreg, Zabok, Cres, Hvar, Bregana, ...
R1	1.000 – 2.000	1.210	290	9,9%	Lumbarda, Nin, Sunja, Kašina, Feričanci, ...
R2	500 – 1.000	1.007	637	10,9%	Ston, Karlobag, Klanjec, Aljmaš, Đeletovci, ...
R3	200 - 500	705	1.387	10,7%	Krapanj, Brod na Kupi, Pokupsko, Sv. Rok, ...
R4	manje od 200	241	3.537	6,4%	Osor, Nečujam, Čigoč, Oprtalj, Prgomet, ...

4. Analiza postojećeg stanja pristupne mreže

Prema gustoći priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem mreže nepokretnih komunikacija RH spada u grupu slabije razvijenih zemalja u usporedbi sa zemljama članicama EU, a prema gustoći priključaka u mrežama pokretnih komunikacija u grupu razvijenijih zemalja. Bez obzira na porast broja korisnika postoji prostor za još snažnijim rastom u ovom segmentu, a posebno u području svjetlovodne pristupne mreže. Navedeni rast u RH je nužan, između ostalog, i zbog opasnosti da se digitalni jaz između RH i razvijenih zemalja članica EU produbi. [8]

Raspodjela broja priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže po brzinama (graf 5.), a koja nam može biti pokazatelj razvijenosti mrežne infrastrukture, uviđa se kako glavnina korisnika odnosno njih 61.73% pristupa internetu brzinama između 2 i 10 Mbit/s.



Graf 5. Raspodjela broja priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže po brzinama [8]

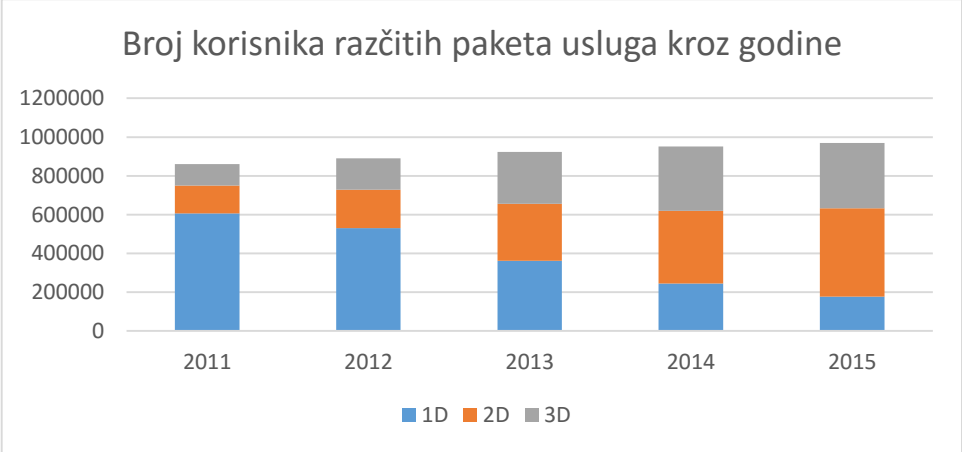
U RH je prisutna značajna regionalna neravnomjernost u broju i gustoći priključaka širokopojasnog pristupa internetu u mreži nepokretnih komunikacija te ova činjenica predstavlja trenutno veći izazov od povećanja gustoće priključaka na nacionalnoj razini. [8]

Prema podacima HAKOM-a, na području cijele Republike Hrvatske na kraju prvog kvartala 2016. godine bilo je 996.418 priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretnih mreža. Broj FTTx priključaka je iznosio 26.895 što znači da je ukupan broj FTTx priključaka iznosio 2.7%. To je povećanje od 0.84% u odnosu na godinu dana ranije kada je udio FTTx priključaka u njihovom ukupnom broju iznosio 1.86%.

U prvom kvartalu 2016. godine uviđa se povećanje ukupnog broja priključaka za 4.34% (sa 954.965 na 996.418 priključaka), dok se u istom razdoblju broj FTTx priključaka povećao za čak 51.38% (sa 17.767 na 26.895 priključaka).

Iz navedenih brojeva vidljivo je da se ukupan broj priključaka u razdoblju od jedne godine povećao za 41.153 (od toga je 9.128 novih FTTx priključaka) što znači da je udio novih FTTx priključaka u ukupnom broju novih priključaka iznosio oko 22%. Prema tome, može se reći da je svaki peti novi priključak bio priključak na svjetlovodnu mrežu.

Kada se govori o broju usluga koje korisnici koriste, vidljiv je trend značajnog opadanja korisnika koji u svojem paketu imaju aktiviran samo pristup širokopojasnom internetu, dok se broj korisnika koji koriste 2 ili tri usluge istog operatera konstantno povećava. U 2015. godini je udio korisnika 1D paketa u ukupnom broju iznosio 18.37%. Udio korisnika 2D paketa je iznosio 46.98% dok je udio korisnika 3D paketa bio 34.65%. Prema tome, može se zaključiti da većina korisnika ima potrebu za korištenjem više od jedne usluge te je to prepoznato i od samih operatera koji sada nude više usluga svojim korisnicima nego su to činili prije.



Graf 6. Broj korisnika različitih paketa usluga kroz godine. IZVOR: [8]

Što se tiče Grada Dugog Sela, on se prostire se na površini od otprilike 53 četvorna kilometra i prema popisu stanovništva iz 2011. godine broji 17.466 stanovnika koji žive u 5.363 kućanstva. Prema svemu navedenom Dugo Selo pripada tzv. suburbanom geotipu S1 čije se karakteristike mogu iščitati iz tablice 1. u prethodnom poglavlju ovog diplomskog rada.

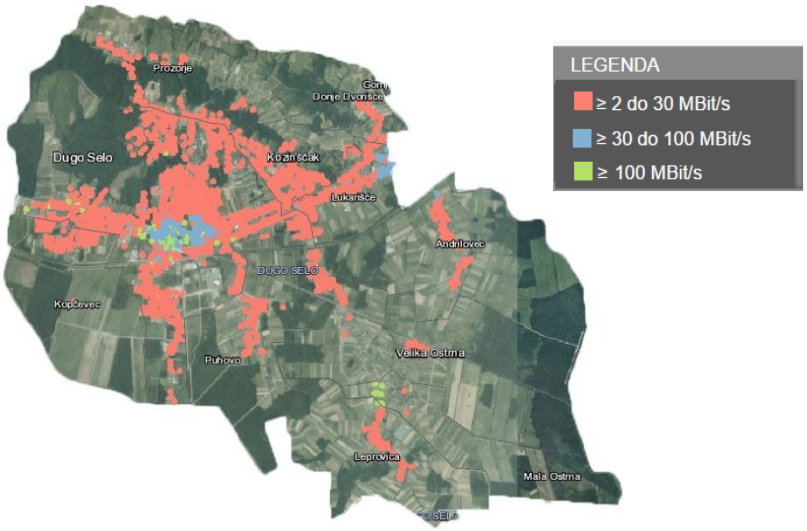
Glavnina postojeće infrastrukture za pružanje širokopojasnog pristupa internetu izvedena je nadzemno odnosno putem telekomunikacijskih stupova i pripadajućih kabela. Ipak, u budućnosti se planira podzemno postavljanje sve telekomunikacijske infrastrukture što je i propisano Prostornim planom uređenja grada Dugog Sela. Također, istim planom propisane su još neke odredbe, a dio koji se odnosi na telekomunikacijsku infrastrukturu slijedi u nastavku:

„Planom se omogućava daljnja izgradnja kabelske kanalizacije i elektroničke komunikacijske mreže, tj. bakrene mreže u xDSL tehnologiji ili svjetlovodne mreže u topologijama P2P i P2MP kao pouzdanog medija za implementaciju naprednih elektroničkih komunikacijskih usluga.

Pri izdavanju lokacijskih dozvola potrebno je planirane elektroničke komunikacijske vodove predvidjeti prvenstveno kao podzemne po mogućnosti u zelenom pojasu prometnice, a ako se to ne može onda ispod nogostupa. Minimalna širina telekomunikacijskog pojasa je 1 m.

Križanje trase s drugim podzemnim vodovima previdjeti 0,5 m ispod kabela elektroničkih komunikacija, a paralelno vođenje na minimalnom odstojanju od 1 m.

Planom se omogućuje postavljanje svjetlovodnih razdjelnih ormara vanjskih za na stup ili sa postoljem, za smještaj pasivne opreme (svjetlovodna pristupna mreža topologije P2MP). Za sve nove planske zgrade predvidjeti izgradnju kabelske kanalizacije do najbliže točke konekcije s postojećom, a sve prema Zakonu o elektroničkim komunikacijama i odgovarajućim Pravilnicima. Kućne telekomunikacijske instalacije (unutar objekata) treba projektirati i izvoditi prema Pravilniku o tehničkim uvjetima za elektroničku komunikacijsku mrežu poslovnih i stambenih zgrada (HAKOM, prosinac 2009.)." [9]



Slika 16. Prikaz postojeće telekomunikacije infrastrukture grada Dugog Sela [14]

Što se tiče same telekomunikacijske infrastrukture, kao što je vidljivo i sa slike 16., ona je najrazvijenija uz glavne prometne pravce u gradu odnosno na područjima gdje živi najveći broj stanovnika.

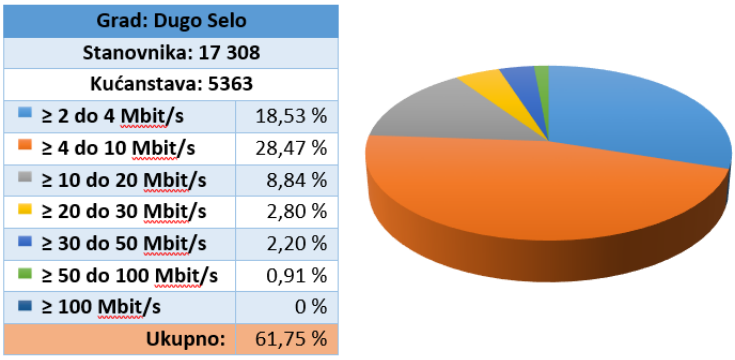
Sa slike je također vidljivo da je dostupnost brzina većih od 100 Mbit/s ograničena na vrlo malom području i to gotovo u potpunosti u centru samog grada gdje se nalazi najveći broj stanovnika po jedinici površine. S obzirom da su tako velike brzine dostupne samo putem optike, može se zaključiti da je njena dostupnost više iznimka nego pravilo, a glavninu infrastrukture i dalje čini bakrena infrastruktura. Većina korisnika tako pristup širokopojasnom internetu ostvaruje putem neke od xDSL tehnologija pristupa.

Na području Dugog Sela usluge širokopojasnog interneta (brzina u downloadu veća ili jednaka 10 Mbit/s) putem nepokretne mreže pruža 5 operatera i to: Bnet, Iskon Internet, Terrakom, Optima i Hrvatski Telekom. Mjesečne cijene njihovih usluga (u HRK) za najpovoljnije pakete nalaze se u tablici 2.

Tablica 2. Cijene pojedinih usluga telekom operatera u Hrvatskoj

Operater	Internet	Internet + telefon	Internet + telefon + televizija
Bnet	260,83	348,33	470,75
Iskon internet	305,25	345,25	485,25
Terrakom	344,58	383,17	498,67
Optima telekom	400,08	430,08	490,08
Hrvatski Telekom	452,92	470,00	630,00

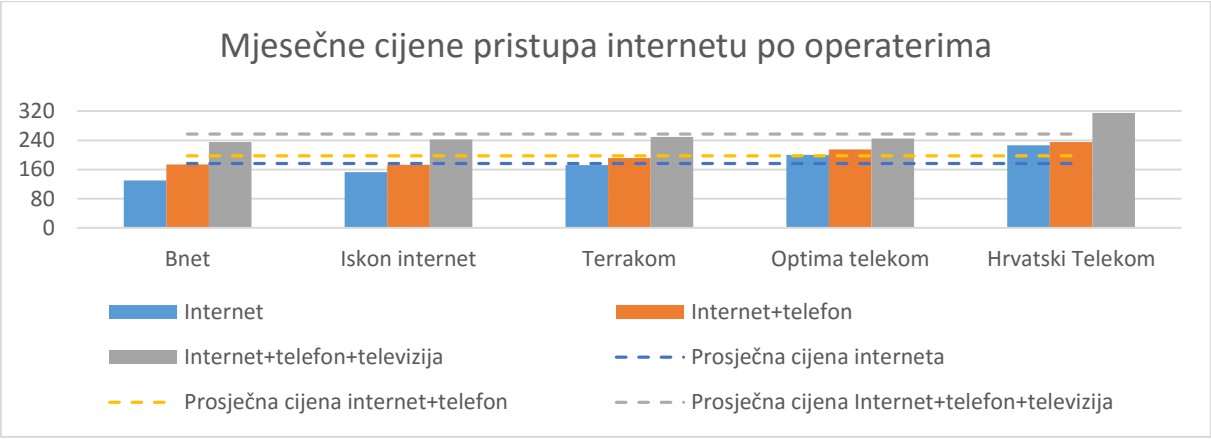
Iz podataka o postotku kućanstva prikazanih grafom 7., koji koriste određenu brzinu pristupa, vidljivo je da od ukupnog broja kućanstva kojih ima 5363, njih 61.76% (3313 kućanstava) pristupa internetu. Zanimljivo je da od kućanstava koja koriste Internet, samo njih 0.91% odnosno otprilike 30, pristupa internetu brzinama većim od 50 Mbit/s. To pak dovodi do zaključka da svega tridesetak kućanstava u cijelom gradu koristi prednosti pristupa internetu putem svjetlovoda.



Grad: Dugo Selo	
Stanovnika: 17 308	
Kućanstava: 5363	
≥ 2 do 4 Mbit/s	18,53 %
≥ 4 do 10 Mbit/s	28,47 %
≥ 10 do 20 Mbit/s	8,84 %
≥ 20 do 30 Mbit/s	2,80 %
≥ 30 do 50 Mbit/s	2,20 %
≥ 50 do 100 Mbit/s	0,91 %
≥ 100 Mbit/s	0 %
Ukupno:	61,75 %

Graf 7. Raspodjela korisnika po brzinama pristupa internetu na području grada Dugog Sela IZVOR: [14]

Za područje grada Dugog Sela ne postoje egzaktni podaci koji bi upućivali na to koliko su korisnici spremni te u kojoj mjeri odvajati za pojedini paket usluga koje im operater pruža te će koristiti prosječni podaci za cijelu Republiku Hrvatsku.



Graf 8. Mjesečne cijene pristupa internetu po operaterima

Analizom cijena paketa nepokretnih usluga kojeg na tržištu RH pruža 5 najvećih operatera, utvrđeno je da je prosječna cijena pristupa širokopojasnom internetu otprilike 177 kn mjesečno. Ukoliko se u paket usluga uz Internet pridoda i usluga telefonije, cijena raste za otprilike 12% i iznosi 198 kn mjesečno. Za pakete u kojima se uz pristup internetu i uslugu telefonije nalazi i mogućnost praćenja televizijskog programa putem IPTV usluge cijena raste za dodanih 30% odnosno na 258 kn mjesečno.

Pri analizi cijena u obzir su se uzimali paketi usluga koji omogućuju pristup internetu brzinama od najmanje 5 Mbit/s u downloadu i 0,5 Mbit/s u uploadu i uključuju flat-rate pristup te uz potpisivanje pretplatničkog ugovora sa operaterom u trajanju od 24 mjeseca.

Udio korisnika koji su na kraju 2015. godine koristili samo uslugu pristupa širokopojasnom internetu na teritoriju RH iznosi 18.37%. Broj korisnika 2D paketa je iznosio 46.98% dok je korisnika nekog od 3D paketa bilo 34.65%. Grafički prikaz ovih podataka dan je grafom 8.

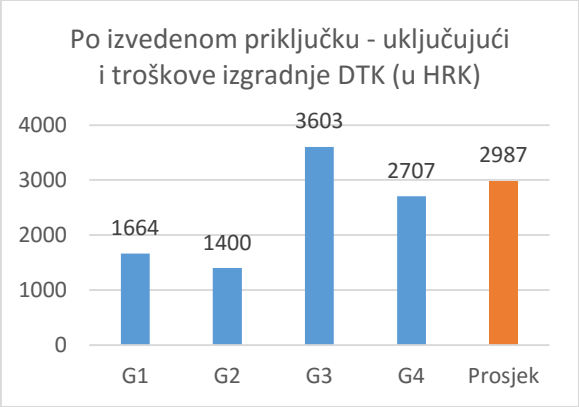
5. Analiza isplativosti uvođenja i izgradnje svjetlovodne pristupne mreže i interpretacija dobivenih rezultata

Troškovi izgradnje FTTH svjetlovodne mreže na temelju kojih će se vršiti analiza isplativosti uvođenja te mreže na području grada Dugog Sela, koje pripada geotipu G4, proračunati su uz pomoć matematičkog modela razvijenog u tvrtki Lator d.o.o. iz Zagreba.

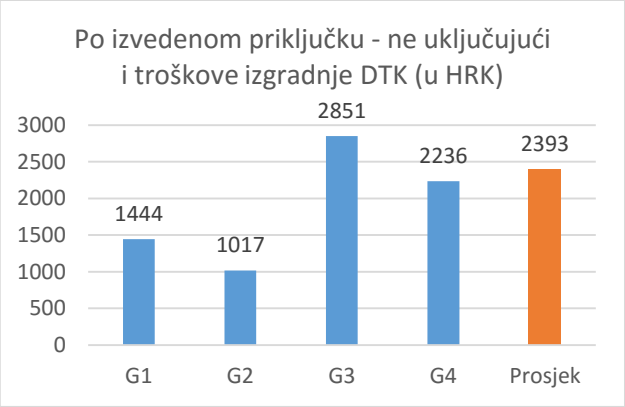
Graf prikazuje cijenu uvođenja FFTH priključka do pojedinog kućanstva uz pretpostavku da je potrebno izgraditi novu DTK mrežu.

Ukoliko na nekom području već postoji izgrađena DTK mreža, troškovi su značajno manji, a njihovi iznosi prikazani su grafovima 9. i 10.

Obzirom da nema dostupnih podataka koji bi omogućili precizan uvid u stanje trenutne DTK mreže na području grada Dugog Sela, analiza na kojoj se temelji ovaj diplomski rad će u obzir uzeti 3 različita slučaja. U prvom slučaju će se pretpostaviti da trenutno postoji 20% DTK mreže potrebne za uvođenje FTTH priključka, u drugom slučaju 40%, a u trećem slučaju da trenutno postoji 60% izgrađene DTK mreže. Pretpostavlja se da je razvijenost DTK mreže u Dugom Selu negdje između navedenih podatka te će se na temelju njih vršiti analiza.



Graf 9. Kapitalni troškovi izgradnje FTTH mreže po izvedenom priključku uključujući i troškove izgradnje DTK [6]



Graf 9. Kapitalni troškovi izgradnje FTTH mreže po izvedenom priključku ne uključujući i troškove izgradnje DTK [6]

Kao ulazni podatak za izračun troškova korištena je jedinična cijena troška za izgradnju jednog svjetlovodnog priključka. Predviđa se izgradnja jednog svjetlovodnog priključka za svako od 5363 kućanstava, no kako je mrežu potrebno dimenzionirati za eventualno veće potrebne kapacitete u budućnosti, broj kućanstava za koje se predviđa ugradnja svjetlovodnog priključka uvećan je za 20% te je u analizi on iznosio 6436 kućanstava.

Matematičkim izračunom, dobiveno je da u slučaju postojanja DTK mreže do 20% kućanstava trošak izgradnje svih FTTH priključaka na području grada iznosi 16.814.935,68 kn. Ukoliko DTK mreža postoji do 40% kućanstava trošak je 16.208.702,16 kn, a cijena uz postojanje DTK mreže do 60% kućanstava iznosi 15.602.468,64 kn.

Kako bi se analiza isplativosti mogla provesti do kraja, uz navedene troškove, potrebno je izračunati i očekivani prihod po korisniku odnosno ARPU na temelju kojeg će se onda simulirati dva scenarija povrata kapitalne investicije.

Kao polazne vrijednosti ARPU-a u analizi, uzeti su podaci o trenutnim prosječnim cijenama usluga koje pružaju 4 najveća hrvatska operatera odnosno:

- za javnu govornu uslugu (telefon) 75 kn mjesečno
- za širokopojasni pristup internetu 169 kn mjesečno
- za uslugu IPTV-a u SD (eng. Standard Definition) kvaliteti slike 88 kn mjesečno
- za uslugu IPTV-a u HD (eng. High Definition) kvaliteti slike 35 kn mjesečno

Broj korisnika pojedinih usluga će se u vremenskom razdoblju provođenja isplativosti analize svakako mijenjati, a to će utjecati i na ukupan prihod od svih korisnika. Lator je u svojoj studiji napravio model promjene korisničke baze za četiri geotipa u koje se mogu svrstati hrvatski gradovi i naselja. Kako se Dugo Selo nalazi u geotipu G4, analizirani su podaci o promijeni broja svih korisnika unutar geotipa G4 za područje cijele RH. Nakon provedene analize, opaženi trendovi su preslikani na trenutno stanje broja korisnika pojedinih usluga u Dugom Selu te tablično to izgleda ovako:

Tablica 3. Očekivano kretanje broja korisnika pojedinih usluga

Korisnici		G4	Promjena broja korisnika	Dugo Selo
Telefon	migrirani[1]	112300	+0%	3106
	novi	0		0
	ukupno	112300		3106
Širokopojasni pristup internetu	migrirani	119800	+25%	3313
	novi	29900		829
	ukupno	149700		4142
IPTV SD	migrirani	48600	+100,21%	1345
	novi	48700		1348
	ukupno	97300		2693
IPTV HD	migrirani	6700	+905,97%	186
	novi	60700		1686
	ukupno	67400		1872

Narančastom bojom u tablici je označen očekivani broj korisnika pojedine usluge na području Dugog Sela nakon osmogodišnjeg razdoblja.

[1] Migrirani korisnici su korisnici koji su sa neke druge vrste usluge pristupa poput npr. xDSL tehnologije prešli na FTTH

Što se tiče promjene broja korisnika pojedinih usluga, korišten je linearan trend rasta, a početni i krajnji broj korisnika dobiven je promatranjem broja korisnika u Latorovom modelu.

Promjena broja korisnika na temelju koje će se raditi analize u ovom diplomskim radu prikazana je tablicom 4.

Tablica 4. Očekivani trendovi promjene broja korisnika pojedinih usluga

Broj korisnika po godinama				
Godina	Telefon	Širokopojasni pristup internetu	IPTV SD	IPTV HD
2017.	3106	3313	1345	186
2018.	3106	3431	1537	426
2019.	3106	3549	1729	666
2020.	3106	3667	1921	906
2021.	3106	3785	2113	1146
2022.	3106	3903	2305	1386
2023.	3106	4021	2497	1626
2024.	3106	4142	2693	1872

5.1. Pesimistični scenarij

U ovom scenariju pretpostavlja se neznatna korekcija cijena usluga telefonije, širokopojasnog pristupa internetu i IPTV-a pri migraciji korisnika s dotadašnje tehnologije pristupa na FFTH. Predviđene vrijednost ARPU-a tako u ovom scenariju izgledaju ovako:

- za javnu govornu uslugu (telefon) 75 kn mjesečno
  - migracija korisnika koji su dotad koristili samo uslugu telefonije njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili te stoga i cijena usluge ostaje ista
- za širokopojasni pristup internetu 204 kn mjesečno
  - za širokopojasnih pristup Internetu velikih brzina putem FTTH mreže dodatnih 35 kn u odnosu na ARPU za istovrsnu uslugu putem ADSL mreže (ukupno 204 kn) – ovakav dodatak posljedica je povećane vrijednosti usluge pristupa Internetu putem FTTH mreže, zbog povećanja prosječnih brzina, simetričnosti pristupa kao i veće stabilnosti i pouzdanosti FTTH veze. Vrijednost od 35 kn pretpostavljena je na osnovi konzervativnih procjena dodatnog ARPU-a za usluge pristupa Internetu putem FTTH mreža unutar više studija koje se bave izgradnjom FTTH mreža u zemljama EU-a [10], [11] ,[4]
- za uslugu IPTV-a u SD (eng. Standard Definition) kvaliteti slike 88 kn mjesečno
  - migracija korisnika koji su dotad koristili uslugu IPTV-a u SD rezoluciji njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one

koju su koristili, eventualno nešto veću stabilnost same usluge, te stoga i cijena usluge u ovom scenariju ostaje ista ostaje ista

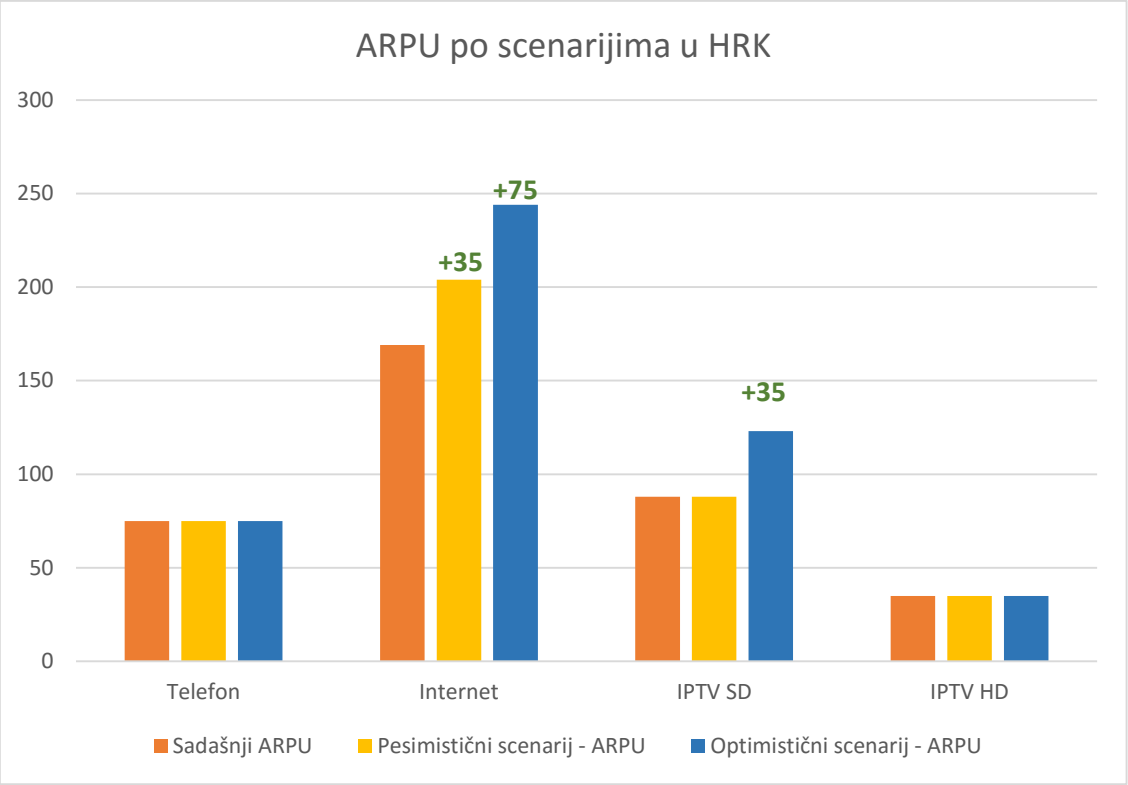
- za uslugu IPTV-a u HD (eng. High Definition) kvaliteti slike 35 kn mjesečno
    - migracija korisnika koji su dotad koristili uslugu IPTV-a u HD rezoluciji njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili, eventualno nešto veću stabilnost same usluge, te stoga i cijena usluge u ovom scenariju ostaje ista ostaje ista

5.2. Optimistični scenarij

U ovom scenariju pretpostavlja se nešto veća korekcija cijena usluga telefonije, širokopojasnog pristupa internetu i IPTV-a pri migraciji korisnika s dotadašnje tehnologije pristupa na FFTH nego li je to bio slučaj u pesimističnom scenariju. Predviđene vrijednost ARPU-a tako u ovom scenariju izgledaju ovako:

- za javnu govornu uslugu (telefon) 75 kn mjesečno
    - migracija korisnika koji su dotad koristili samo uslugu telefonije njima neće donijeti značajno poboljšanje usluge od one koju su koristili te stoga i cijena usluge ostaje ista. Iznos je isti kao i kod pesimističnog scenarija.
- za širokopojasni pristup internetu 244 kn mjesečno
    - za širokopojasnih pristup Internetu velikih brzina putem FTTH mreže dodatnih 75 kn u odnosu na ARPU za istovrsnu uslugu putem ADSL mreže (ukupno 244 kn)
- za uslugu IPTV-a u SD (eng. Standard Definition) kvaliteti slike 123 kn mjesečno
    - povećanje ARPU-a u odnosu na pesimistični scenarij iznosi 35 kn
- za uslugu IPTV-a u HD (eng. High Definition) kvaliteti slike 35 kn mjesečno
    - ARPU ostaje isti kao i kod pesimističnog scenarija

Usporedan pregled ARPU-a između pesimističnog i optimističnog scenarija dan je grafom 11.



Graf 11. Promjene vrijednosti ARPU-a u ovisnosti o scenarijima

Ukupno povećanje ARPU-a u pesimističnom scenariju iznosi 35 kn, a u slučaju optimističnog scenarija ukupno 110 kn.

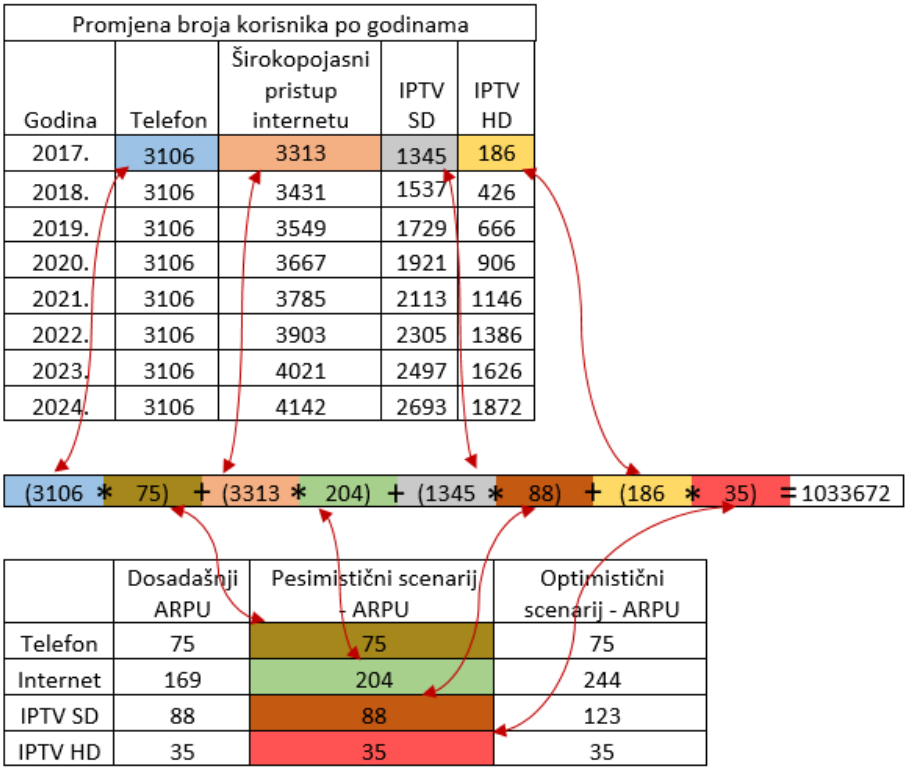
5.3. Analiza isplativosti

Analiza isplativosti koja slijedi u nastavku pokazat će da li je i u kojem slučaju ulaganje u gradnju FTTH infrastrukture na području Dugog Sela isplativo.

Uz troškove koji su već ranije izračunati, kako bi se provela analiza isplativosti uvođenja FTTH na području Dugog Sela, neophodno je izračunati i očekivani prihod od korisnika u promatranom razdoblju.

Prihod se računao na način da se u obzir uzeo očekivani broj korisnika pojedine usluge u određenoj godini te pomnožio sa odgovarajućim ARPU-om za tu uslugu.

Primjerice, računanje prihoda od korisnika za pesimistični scenarij u 2017. godini dan je slikom 17.



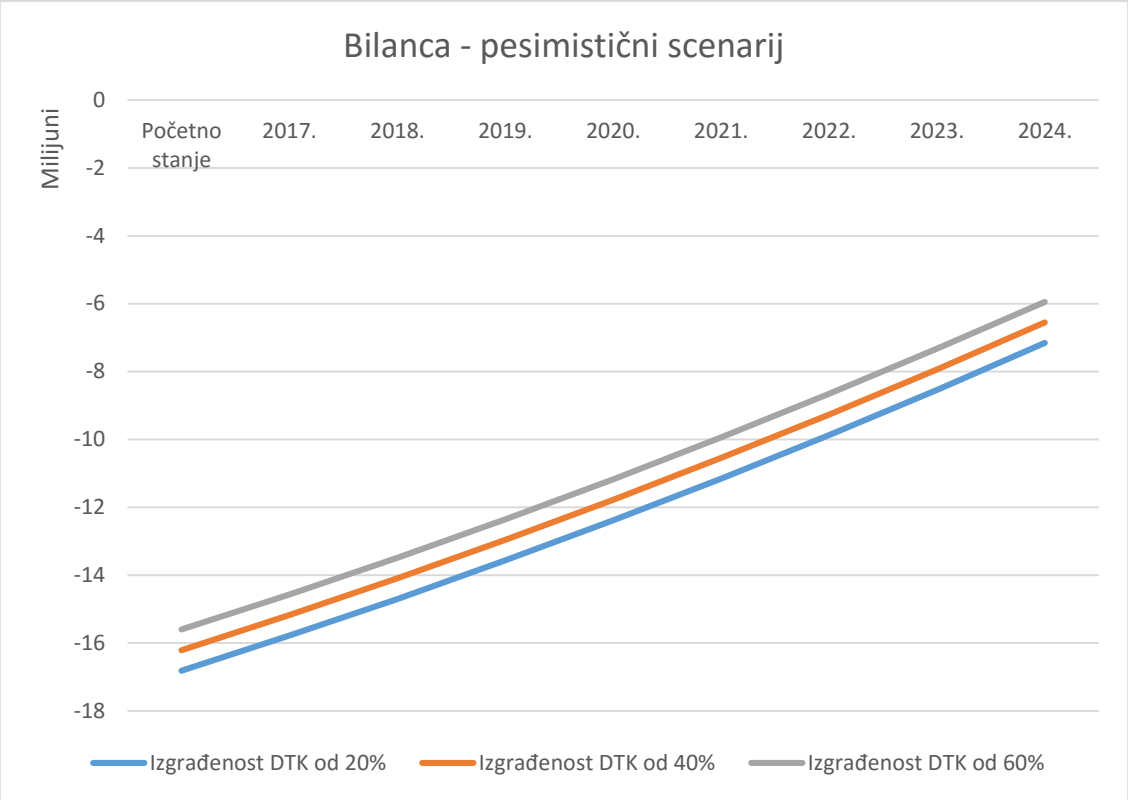
Slika 17. Shema računanja prihoda od korisnika za pesimistični scenarij

5.3.1. Analiza isplativosti za pesimistični scenarij

Nakon provedenih analiza pomoću Excel programskog alata, dobiveni su podaci prikazani u tablici 5. i grafu 12.

Tablica 5. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za pesimistični scenarij

Godina	Prihod - pesimistični scenarij	Bilanca - pesimistični scenarij, uz izgrađenost DTK mreže od:		
		20%	40%	60%
Početno stanje	-	-16814935,68	-16208702,16	-15602468,64
2017.	1033672	-15781263,68	-15175030,16	-14568796,64
2018.	1083040	-14698223,68	-14091990,16	-13485756,64
2019.	1132408	-13565815,68	-12959582,16	-12353348,64
2020.	1181776	-12384039,68	-11777806,16	-11171572,64
2021.	1231144	-11152895,68	-10546662,16	-9940428,64
2022.	1280512	-9872383,68	-9266150,16	-8659916,64
2023.	1329880	-8542503,68	-7936270,16	-7330036,64
2024.	1380422	-7162081,68	-6555848,16	-5949614,64



Graf 12. Bilanca tokom razdoblja od 8 godina za pesimistični scenarij

Tablica 6. Vrijednosti ARPU-a u pesimističnom scenariju

Pesimistični scenarij – ARPU (kn)	
Telefon	75
Internet	204
IPTV SD	88
IPTV HD	35

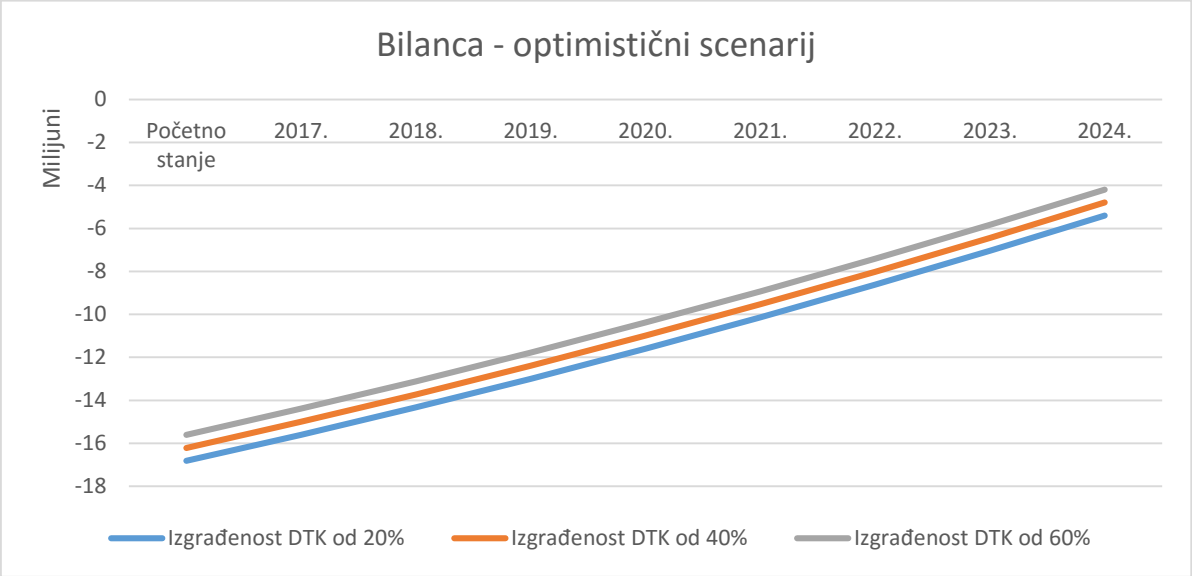
Iz podataka je vidljivo kako ni u jednom od tri slučaja (izgrađenost DTK mreže od 20%, 40% ili 60%) u osmogodišnjem razdoblju, uz ARPU naveden u pesimističnom scenariju (tablica 6.) nije moguće ostvariti prihode koji bi pokrili investiciju jer gubitak, u ovisnosti o postotku izgrađenosti DTK, iznosi 7162081.68, 6555848.16 odnosno 5949614.64 kn.

5.3.2. Analiza isplativosti za optimistični scenarij

Nakon provedenih analiza pomoću Excel programskog alata, dobiveni su podaci prikazani u tablici 7. i grafu 13.

Tablica 7. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za optimistični scenarij

Godina	Prihod - optimistični scenarij	Bilanca - optimistični scenarij, uz izgrađenost DTK mreže od:		
		20%	40%	60%
Početno stanje	-	-16814935,7	-16208702,2	-15602468,6
2017.	1213267	-15601668,7	-14995435,2	-14389201,6
2018.	1274075	-14327593,7	-13721360,2	-13115126,6
2019.	1334883	-12992710,7	-12386477,2	-11780243,6
2020.	1395691	-11597019,7	-10990786,2	-10384552,6
2021.	1456499	-10140520,7	-9534287,16	-8928053,64
2022.	1517307	-8623213,68	-8016980,16	-7410746,64
2023.	1578115	-7045098,68	-6438865,16	-5832631,64
2024.	1640357	-5404741,68	-4798508,16	-4192274,64



Graf 13.. Bilanca tokom razdoblja od 8 godina za optimistični scenarij

Tablica 8. Vrijednosti ARPU-a u optimističnom scenariju

Optimistični scenarij – ARPU (kn)	
Telefon	75
Internet	244
IPTV SD	123
IPTV HD	35

Iz navedenih podataka je vidljivo kako ni u jednom od tri slučaja (izgrađenost DTK mreže od 20%, 40% ili 60%) u osmogodišnjem razdoblju, uz ARPU naveden u optimističnom scenariju (tablica 8.) također nije moguće ostvariti prihode koji bi pokrili inicijalnu investiciju

jer gubitak, u ovisnosti o postotku izgrađenosti DTK, iznosi 5404741.68, 4798508.16 odnosno 4192274.64 kn.

Kako ni u jednom od navedenih slučajeva nije ostvarena dobit odnosno povrat investicije u predviđenih osam godina, u nastavku slijedi prikaz slučajeva u kojima se uz određenu korekciju ARPU-a može ostvariti povrat investicije u navedenom roku.

5.3.3. Isplativi scenarij

Kao što je već prethodno spomenuto, ni u jednom od prethodna dva slučaja ne bi bio postignut povrat investicije u zadanom roku. Kako bi se ipak dobio scenarij po kojem je povrat investicije moguć, uz pomoć programskog alata Excel te određene korekcije ARPU-a, određeno je potrebno postotno povećanje ARPU-a (u ovisnosti o početnoj izgrađenosti DTK mreže) koje bi ostvarilo povrat investicije u osmogodišnjem roku.

Za slučaj kada početna izgrađenost DTK mreže iznosi 20%, potrebno povećanje ARPU-a, u odnosu na postojeće vrijednosti kada se koriste usluge putem neke druge tehnologije pristupa, iznosi 47.37%. Iznos uvećanja ARPU-a (u HRK) u tom slučaju dan je tablicom 9.

Tablica 9. Iznos ARPU-a nakon povećanja od 47.37 %

Usluga	Sadašnji ARPU	ARPU uvećan za 47,37%
Telefon	75	110,53
Internet	169	359,58
IPTV SD	88	181,27
IPTV HD	35	51,58

Za slučaj kada početna izgrađenost DTK mreže iznosi 40%, potrebno povećanje ARPU-a, u odnosu na postojeće vrijednosti kada se koriste usluge putem neke druge tehnologije pristupa, iznosi 42.06%. Iznos uvećanja ARPU-a (u HRK) u tom slučaju dan je tablicom 10.

Tablica 10. Iznos ARPU-a nakon povećanja od 42.06 %

Usluga	Sadašnji ARPU	ARPU uvećan za 42,06%
Telefon	75	106,55
Internet	169	346,63
IPTV SD	88	174,73
IPTV HD	35	49,72

Za slučaj kada početna izgrađenost DTK mreže iznosi 60%, potrebno povećanje ARPU-a, u odnosu na postojeće vrijednosti kada se koriste usluge putem neke druge tehnologije pristupa, iznosi 36.75%. Iznos uvećanja ARPU-a (u HRK) u tom slučaju dan je tablicom 11.

Tablica 11. Iznos ARPU-a nakon povećanja od 36.75 %

Usluga	Sadašnji ARPU	ARPU uvećan za 36,75%
Telefon	75	102,56
Internet	169	333,67
IPTV SD	88	168,20
IPTV HD	35	47,86

Povećanje ARPU-a koje bi se kretalo između 36% i 47% bilo bi preveliko jer korisnici usluga zasigurno ne bi bili voljni izdvojiti toliko novca više nego što izdvajaju sada pri korištenju usluga putem neke druge tehnologije pristupa.

S obzirom na potrebno veliko povećanje cijena pružanja usluga ukoliko se u osmogodišnjem roku želi povratiti investicija, nužna je potreba davanja poticaja za izgradnju infrastrukture od strane države ili korištenje nekih od fondova Europske unije.

6. Metodologija proračuna ekonomske održivosti FTTH poslovnih modela

Tehno-ekonomska analiza koja se provodi prilikom planiranja i razvoja telekomunikacijskih mreža može se opisati kroz četiri glavna koraka, a to su:

- Područje
  - Početni korak, sastoji se od prikupljanja potrebnih ulaznih podataka (tehnologija, tržište, ciljano područje, korisnici, itd.), kategorizacije problema (područja, korisnici/usluge, sudionici, tehnologije, prihodi/troškovi, itd.) i inicijalne obrade ulaznih podataka (korisničko prihvaćanje i očekivane cijene opreme).

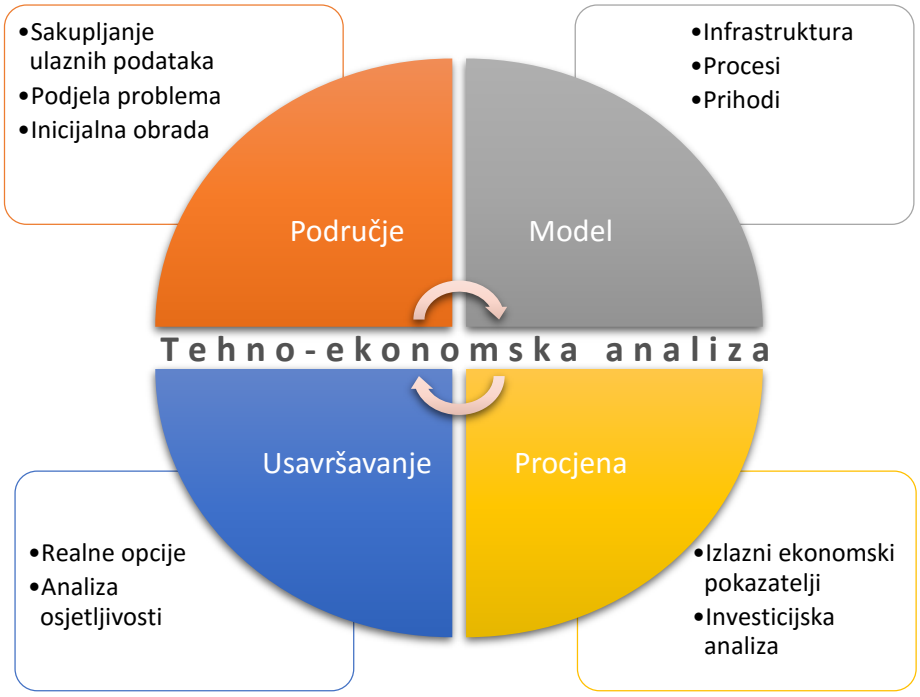
- Model

  Podrazumijeva modeliranje troškova i prihoda koje treba uzeti u obzir prilikom analize. Kako bi se troškovi što realnije pridružili pojedinim stavkama, koriste se modeli obračuna troškova. Uz izabrani model potrebno je odabrati i odgovarajuću metodu za razdvajanje troškova na stavke, odnosno usluge.

- Procjena
  - Predstavlja zapravo tehno-ekonomsku procjenu, uzimajući u obzir sve ulazne i izlazne tokove novca (eng. cash flow) proračunate korištenjem modela koji su razmotreni u koraku „Model“, a na osnovu ulaznih informacija iz koraka „Područje“. Investicijska analiza može biti primijenjena kao kombinacija klasičnih metoda za odlučivanje prilikom ulaganja, kao što su: neto sadašnja vrijednost (eng. Net Present Value – NPV), interna stopa povrata (eng. Internal Rate of Return – IRR), povrat na investicije (eng. Return On Investment – ROI) i vrijeme otplate (eng. Payback Time – PB).

- Usavršavanje
  - U ovom koraku tehno-ekonomska procjena može biti usavršena. Analiza osjetljivosti daje više informacija o utjecaju različitih ulaznih parametara na konačni ekonomski pokazatelj, a primjena vrednovanja realnih opcija omogućava uključivanje parametra fleksibilnosti kako bi se dobio odgovor na neizvjesne promjene koje se javljaju tijekom projekta. [12]

Ciklična struktura ovakvog pristupa, prikazana slikom 18., veoma je bitna jer omogućuje postepeno usavršavanje poslovnog procesa koji se proučava. [12]



Slika 18. Ciklička struktura tehno-ekonomske analize

Ekonomska održivost FTTH poslovnih modela podrazumijeva situaciju u kojoj su troškovi FTTH mreže manji ili jednaki prihodima od usluga na FTTH mreži. Troškovi FTTH mreže izraženi su kroz dugoročni inkrementalni trošak (eng. Long-Run Average Incremental Cost - LRIC) pružanja usluge po korisniku, te obuhvaćaju anualizirane kapitalne troškove izgradnje mreže te operativne troškove pružanja usluga. LRIC troškovi obuhvaćaju troškove same pristupne FTTH mreže te troškove agregacijske i jezgrene mreže koji su neophodni za pružanje usluga širokopojasnog pristupa.

Proračun ekonomske održivosti svodi se na usporedbu jediničnih LRIC troškova izraženih po aktivnom korisniku s predviđenim prihodima po korisniku, oboje na mjesečnoj razini. U slučajevima u kojima su troškovi manji ili jednaki od prihoda, FTTH poslovni model je ekonomski održiv te razlika između prihoda i troška odgovara dobiti (profitu) kojeg ostvaruje operator. U suprotnom slučaju, kod kojeg su troškovi veći od prihoda, model nije ekonomski održiv. [4]

Tablica 12. Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga [4]

Parametar	Vrijednost
Maloprodajni troškovi po korisniku - mjesečno	30 kn
Vijek trajanja P2P/P2MP korisničke opreme	5 godina
Vijek trajanja aktivne mrežne opreme (P2P Ethernet preklopnici, OLT-ovi)	10 godina
Vijek trajanja svjetlovodnih kabela i pasivne opreme (spojnice, spliteri)	20 godina
Vijek trajanja nadzemne infrastrukture stupova	20 godina
Vijek trajanja podzemne DTK infrastrukture (cijevi, mikrocijevi, zdenci)	40 godina

U tablici 12. prikazani su neki od osnovnih parametara za proračun troškova pružanja FTTH usluga. Maloprodajni troškovi po korisniku uključuju neke od troškova operatera koji nastaju pri pružanju usluge korisnike kao što su troškovi službe za korisnike, marketinga ili naplate. Također u tablici se nalaze i podaci o očekivanom vijeku trajanja izgrađene infrastrukture i ugrađene opreme.

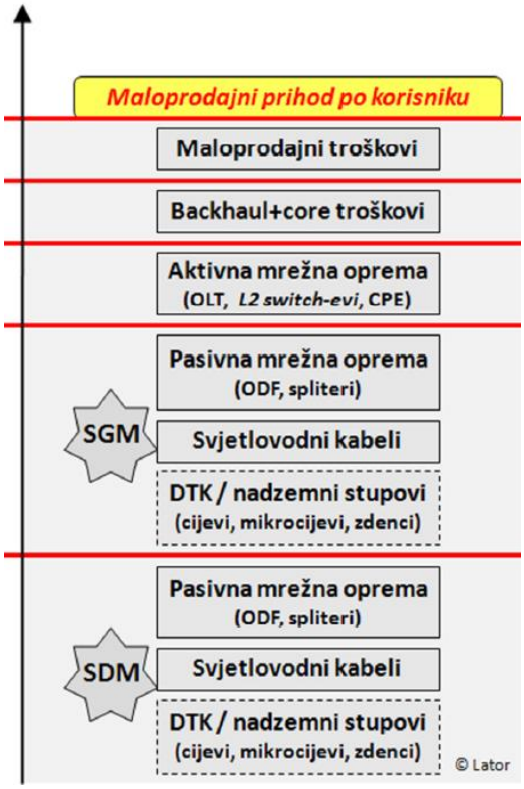
Kako u prethodnim analizama nije pokazana ekonomska isplativost uvođenja FTTH na području Dugog Sela, navedeni troškovi nisu uzeti u obzir jer i bez njih investicija nije ekonomski isplativa.

U nastavku slijedi prikaz strukture jediničnih troškova FTTH operatera te detaljniji prikaz u ovisnosti o tome radi li se o infrastrukturnom ili pak alternativnom operatoru.

6.1. Struktura jediničnih troškova FTTH operatera

Ukupni troškovi pasivne infrastrukture unutar SDM i SGM segmenata pristupne mreže fiksni su unutar određenog geotipa, odnosno uvjetovani su geodemografskim okolnostima i brojem pokrivenih kućanstava kao potencijalnih korisnika. Jedinični troškovi SDM i SGM segmenata mreže, izraženi po broju aktivnih korisnika u mreži, smanjuju se s povećanjem utilizacije mreže. Ukupni troškovi aktivne mrežne opreme (OLT-ovi kod P2MP topologije, odnosno Ethernet preklopnici kod P2P topologije, uključujući i korisničku opremu) rastu s brojem aktivnih korisnika, dok su jedinični troškovi u najvećoj mjeri jednoliki za srednje vrijednosti utilizacije mreže (do povećanja jediničnih troškova u pravilu dolazi kod smanjene utilizacije mreže, kod koje dio sučelja na osnovnoj konfiguraciji Ethernet preklopnika (P2P) ili OLT opreme (P2MP) nije iskorišten). Transportni troškovi u agregacijskoj (eng. backhaul) i jezgrenoj mreži uključuju troškove uspostave same veze do pojedinačnog naselja i osiguranja potrebnog kapaciteta na istoj vezi. Dok je prvi dio troškova, vezan uz uspostavu veze, najviše ovisan o položaju naselja, odnosno udaljenosti od glavnih mrežnih čvorova koji se uobičajeno nalaze u urbanim sredinama (prema tome troškovi rastu prema ruralnim geotipovima), drugi dio troškova raste s brojem aktivnih korisnika (rast je u pravilu sporiji što je veći broj korisnika). Povezani jedinični troškovi, uzevši u obzir samo aktivne korisnike, time u pravilu rastu prema ruralnim naseljima (neovisno o broju aktivnih korisnika). Razlog tomu je i što se u ruralnim naseljima uobičajeno nalazi manji broj potencijalnih, pa time i aktivnih, korisnika u usporedbi sa suburbanim i urbanim naseljima. Konačno, jedinični maloprodajni troškovi pružanja usluga su, prema ranijim pretpostavkama, fiksni i neovisni o geotipu.[4]

Pojednostavljeni prikaz strukture jediničnih troškova FTTH operatora dan je slikom 19.

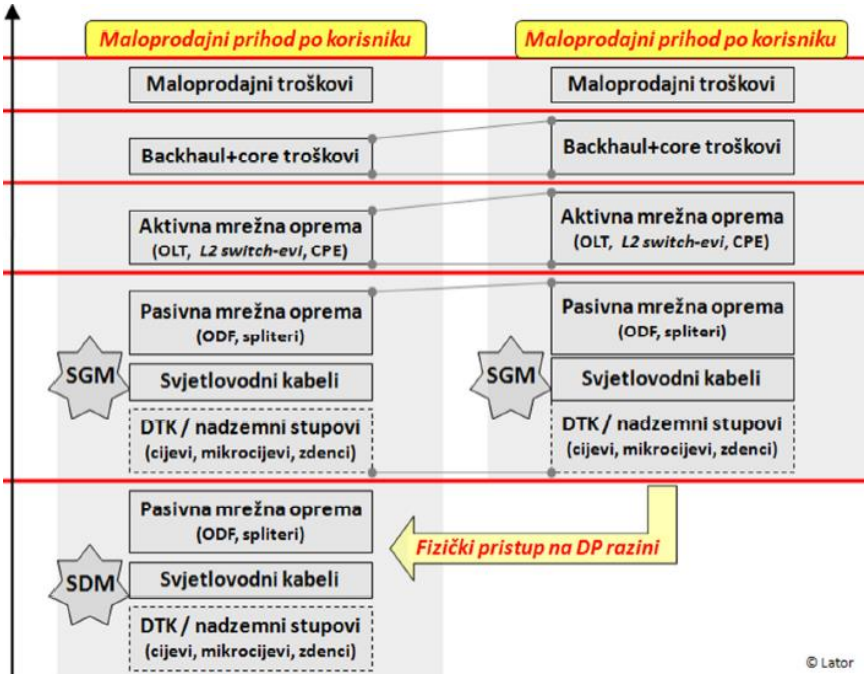


Slika 19. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora [4]

6.2. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora

U nastavku rada biti će prikazana struktura jediničnih troškova u slučajevima kada infrastrukturni operater, uz to što posjeduje svjetlovodnu infrastrukturu i pruža usluge svojim korisnicima, nudi i pristup svojoj FTTH mreži od strane alternativnih operatora po veleprodajnim cijenama i uvjetima.

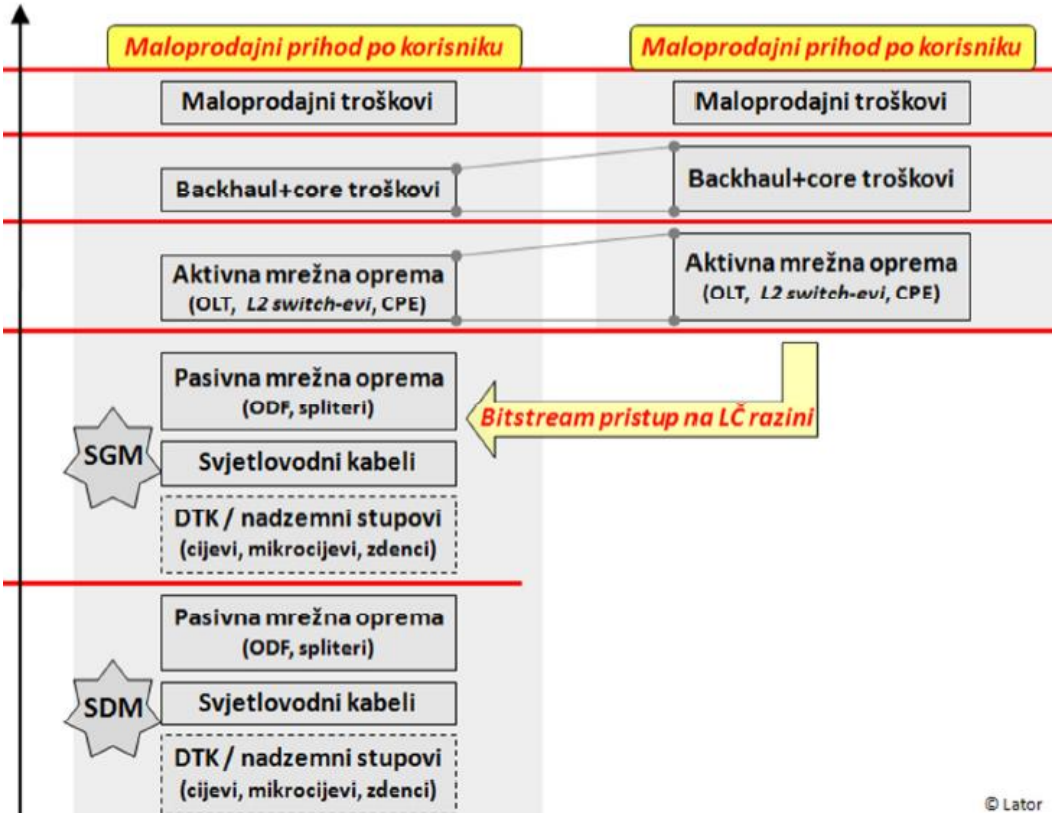
Biti će opisana dva konkretna slučajeva u ovisnosti o mjestu na kojem alternativni operatori pristupaju FTTH mreži infrastrukturnog operatera. To može biti pristup na razini distribucijskog čvora ili pak na razini lokalnog čvora kada se takav pristup naziva još i bitstream pristupom. Ukoliko alternativni operater ostvaruje bitstream pristup, on samostalno gradi, održava i osigurava kapacitete u agregacijskom i jezgrenom dijelu mreže putem koje nudi usluge svojim korisnicima.



Slika 20. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ-u [4]

U slučaju fizičkog pristupa nitima na razini DČ-a, kao što je prikazano slikom 20., alternativni operator koristi niti unutar SDM segmenta pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora, pristupajući im po veleprodajnim cijenama koje su idealno jednake jediničnom trošku FTTH operatora u SDM segmentu mreže. Na taj način alternativni operator, koristeći se učinkom ekonomije razmjera (engl. economy of scale) u mreži FTTH operatora, pristupa SDM dijelu mreže (tj. krajnjim korisnicima) pod troškovno povoljnijim uvjetima nego u hipotetskom slučaju u kojem bi sam morao graditi cjelokupnu FTTH pristupnu mrežu (i u kojoj bi mu jedinični troškovi SDM segmenta mreže bili značajno veći zbog manjeg broja korisnika, odnosno cjelokupni poslovni model bio bi mu ekonomski nepovoljan ili potpuno neodrživ).

U višim segmentima mreže (SGM segment pristupne mreže, agregacijska i jezgrena mrežu), alternativni operator sam gradi ili osigurava potrebne mrežne kapacitete (u praksi ti dijelovi mreže mogu biti opet unajmljeni pod veleprodajnim uvjetima od FTTH ili nekog drugog operatora na tržištu). Potrebno je naglasiti da, zbog uobičajenog manjeg broja maloprodajnih korisnika u usporedbi s FTTH operatorom, alternativni operatori općenito imaju veće jedinične troškove u vlastitoj mreži u usporedbi s FTTH operatorom. Ovakva je situacija uzeta u obzir u nastavku studije prilikom proračuna ekonomske održivosti modela alternativnih operatora, odnosno komparacije ukupnih jediničnih troškova alternativnih operatora i očekivanih maloprodajnih prihoda po korisniku.[4]



Slika 21. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na LČ-u [4]

Slika 21. prikazuje strukturu jediničnih troškova u slučaju bitstream pristupa alternativnih operatora na razini LČ-a (primjenjivo kod P2MP topologije). U usporedbi sa slučajem fizičkog pristupa na razini DČ-a, ukupni jedinični troškovi alternativnog operatora su manji, budući da alternativni operator u ovom slučaju koristi i SDM i SGM segment pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora. Time se potencijalno povećava prostor ekonomske održivosti poslovnih modela alternativnih operatora s pristupom na razini LČ-a (naravno uz pretpostavku stalne razine prosječnih maloprodajnih prihoda po korisniku).[4]

7. Tržišni interesi za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima

Razvoj širokopojasnih usluga od iznimnog je značenja za gospodarski razvoj Republike Hrvatske te od ključne važnosti za tranziciju prema društvu znanja. Osiguranje potpune populacijske pokrivenosti brzim širokopojasnim pristupom ambiciozan je cilj koji zahtijeva izgradnju pristupnih širokopojasnih mreža sljedeće generacije – NGA (eng. Next Generation Access) na cijelom području Hrvatske. Infrastrukturna dostupnost širokopojasnog pristupa velikih brzina osnovni je preduvjet za daljnji društveni i gospodarski razvoj države, odnosno tranziciju prema digitalnom društvu i gospodarstvu utemeljenom na digitalnim tehnologijama.

Širokopojasni pristup velikih brzina pruža priliku za ostvarenje velikog broja društvenih i gospodarskih koristi za različite korisničke skupine:

- Građani i kućanstva:
  - pristup i korištenje uslugama elektroničke javne uprave (e-uprava), što povećava zadovoljstvo građana javnom upravom i smanjuje ekonomske troškove korištenja javnih usluga;
  - dostupnost većeg broja multimedijalnih sadržaja, za potrebe obrazovanja, razvijanja gospodarske djelatnosti i zabave, što u konačnici ima multiplikativne učinke na poboljšanje stupnja obrazovanosti populacije, gospodarski rast i razvitak novih gospodarskih djelatnosti;
  - povećanje kvalitete života, zbog dostupnosti usluga i sadržaja koji su inače ograničeno dostupni ili nedostupni, pogotovo u slučaju ruralnih i udaljenih krajeva, što ima pozitivne učinke na ravnomjerni regionalni razvoj Hrvatske;
- Gospodarski subjekti:
  - povećanje produktivnosti zbog korištenja širokopojasnog pristupa velikih brzina i mogućnosti korištenja novih ICT (eng. Information and Communications Technology) usluga, uključujući i smanjenje troškova poslovanja;
  - uključenje u ekosustav digitalnog gospodarstva, prilika za otvaranje novih gospodarskih subjekata i povećanje broja radnih mjesta, te općenito gospodarski rast;
- Javna uprava:
  - smanjenje troškova javne uprave kroz uvođenje elektroničke javne uprave (e-uprava);
  - povećanje učinkovitosti javnog zdravstvenog i obrazovnog sustava (sustavi e-zdravstva i e-obrazovanja);
  - povećanje BDP-a i proračunskih prihoda zbog gospodarskog rasta uvjetovanog dostupnošću širokopojasnog pristupa velikih brzina [13]

Što se tiče dosadašnjeg investiranja u širokopojasni pristup internetu, osnovne značajke su sljedeće:

1. Kasni razvoj tržišta osnovnog širokopojasnog pristupa koji se značajnije počinje razvijati tek nakon 2000. godine
2. Gustoća priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže je i dalje ispodprosječna te je u ožujku 2016. iznosila svega 23.25%
3. Najrasprostranjenija širokopojasna tehnologija pristupa je putem mreže bakrenih parica i to putem jedne od DSL tehnologija.
4. Postojanje vlastite pristupne infrastrukture više operatera na istom području samo u najurbaniziranijim područjima [13]

7.1. Modeli ulaganja u širokopojasni pristup za građane

Kao što je i ranije provedena analiza pokazala, razvoj i investiranje u svjetlovodne pristupne mreže u većini slučajeva nije financijski isplativo. Kako bi se ipak potaklo operatere da nadograđuju i investiraju u mreže nove generacije čest je slučaj da se u financiranje takvih projekta uključuju i neka od javnih tijela poput gradova ili općina. Postoje četiri osnovna modela ulaganja odnosno model javno upravljane općinske mreže, model privatno upravljane općinske mreže, model širokopojasnog pristupa zajednice i pomoću modela subvencija za operatere. Svaki od spomenutih modela biti će detaljnije opisan u nastavku.

7.1.1. Model javno upravljane općinske mreže

Kod ovog modela, javno tijelo prepoznaje potrebu za razvojem mreže te na određenom području (najčešće administrativno područje jednog grada ili općine) gradi širokopojasnu mrežu. Javno tijelo u ovom slučaju samostalno odlučuje o načinu na koji će se projekt realizirati te ga kontrolira od početka do kraja, a moguće ga je ostvariti i putem javno-privatnog partnerstva.

Po završetku investicije, javno tijelo je vlasnik infrastrukture te brine o njenom radu i održavanju. Operaterima i drugim zainteresiranim poslovnim subjektima se omogućuje raspolaganje određenim dijelovima infrastrukture po tržišnim i nediskriminirajućim uvjetima.

7.1.2. Model privatno upravljane općinske mreže

U modelu privatno upravljane općinske mreže javno tijelo nabavlja izgradnju širokopojasne mreže i upravljanje njome u općini, okrugu ili regiji od privatnog subjekta. To se ponekad naziva izdvajanje javnih poslova ili model koncesije. U ovom modelu javno tijelo ne mora osnovati namjensko poduzeće, a potrebne kompetencije, kao i povezani financijski rizici, dosta su ograničeni. Angažirano privatno poduzeće općenito izgrađuje otvorenu, operatorski neutralnu mrežu s pomoću koje konkurentski pružatelji usluga mogu pružati svoje usluge svim krajnjim korisnicima. Javno tijelo zadržava vlasništvo nad pasivnom infrastrukturom, no ugovor o upravljanju s vanjskim poduzećem obično je u obliku neospornog prava na uporabu od, primjerice, dvadeset godina. [15]

Angažirano poduzeće izvodi ulaganje (često upotpunjeno znatnim javnim financiranjem) i preuzima sve prihode i poslovne rizike tijekom cijelog ugovornog razdoblja. Istekom ugovora mrežna infrastruktura pripada javnom tijelu koje tada može odlučiti produžiti ugovor, potpisati ugovor s drugim poduzećem ili čak potpuno promijeniti svoju uključenost i prihvatiti model javno upravljane općinske mreže.[15]

7.1.3. Model širokopojasnog pristupa zajednice

Ovaj model se bazira na privatnim inicijativama određene grupe građana na nekom području. Tako korisnici mogu samostalno financirati određeni dio mreže te se potom spojiti na javno dostupnu mrežu i kao takvu je koristiti. Uloga javnog tijela je da u određenoj mjeri sufinanciranjem potiče građane na ovakav tip projekata ili da im pak pomogne pri samoj realizaciji usklađivanjem pravilnika, izdavanjem dozvola i slično.

7.1.4. Model subvencije za operatere

Kod ovog modela ulaganja u razvoj širokopojasnog pristupa na određenom području, javno tijelo ne sudjeluje direktno već se odlučuje sufinancirati određeni poslovni subjekt koji već posjeduje svoju infrastrukturu na njihovom području. To su u pravilu veliki telekomunikacijski operateri sa razgranatom infrastrukturom. U RH bi to bi Hrvatski Telekom koji je najveći vlasnik DTK mreže u državi.

U modelu subvencije za operatora javno tijelo financira razliku između onoga što je komercijalno održivo i pokrivenosti koju želi postići. U tom se slučaju financiranje nudi kao bespovratna sredstva jednom ili više privatnih operatora za pružanje željenog ishoda. Jedna od prednosti ovog modela za javno tijelo komparativno su jednostavni ugovorni aranžmani, a stoga i potencijal za relativno brzo uvođenje. Druga je potencijalna prednost prebacivanje rizika na primatelja bespovratnih sredstava jer javno tijelo nije izravno uključeno u uvođenje mreže. Međutim nedostatak je da javno tijelo

ne dobiva financijske povrate od projekta koji bi se zatim mogli ponovno investirati u buduće uvođenje mreže. Umjesto toga u svakoj će fazi uvođenja vjerojatno biti potrebna nova financijska sredstva, što uzrokuje veće javno ulaganje od početno planiranog.[15]

Prednosti i nedostaci svakog od spomenutih modela ulaganja dani su u tablici 13.

Tablica 13. Karakteristike različitih modela ulaganja [17]

Model ulaganja	Stupanj neutralnosti između trgovca na veliko i trgovca na malo	Prijenos financijskog rizika na tržišne subjekte	Ostvarivanje prihoda za proširenje mreže	Kontrola nad projektom	Dostupnost infrastrukture za društvo
Javno upravljana općinska mreža	Visok	Slab	Potencijalno visok	Visoka	Velika
Privatno upravljana općinska mreža	Srednji	Slab	Srednje	Srednja	Srednja
Širokopojasni pristup zajednice	Srednji	Slab	Srednje	Slaba	Srednja
Subvencija za operatora	Nizak	Velik	Slabo	Slaba	Slaba

7.2. Izvori financiranja projekata

Izvore financiranja u projektima poticane izgradnje širokopojasne infrastrukture, moguće je podijeliti u tri osnovne skupine:

1. **Javna sredstva**

   obuhvaćaju sva proračunska sredstva na nacionalnoj razini, razini regionalne (područne) samouprave (županije) te lokalnoj razini (gradovi i općine), kao i sva sredstva koja su investirana od strane tvrtki u javnom vlasništvu. Osim toga, javnim sredstvima smatraju se i sredstva iz EU strukturnih fondova. Punopravnim članstvom u EU-u, Hrvatska ima mogućnost sufinanciranja potpora u projektima izgradnje širokopojasne infrastrukture s najvećim udjelom do 85%, dok će preostala sredstva biti potrebno osigurati iz proračunskih izvora u Hrvatskoj.

2. **Privatna sredstva**

   obuhvaćaju sredstva privatnih operatora na tržištu elektroničkih komunikacija te, eventualno, sredstva krajnjih korisnika koji mogu biti uključeni u sufinanciranje izgradnje širokopojasne infrastrukture (uobičajeno krajnjih segmenata pristupne mreže na manjim područjima).

3. **Sredstva institucionalnih investitora**

   institucionalnim investitorima smatraju se banke te razni oblici investicijskih fondova, uključujući i socijalne i mirovinske fondove. Budući da je njihov primarni interes ostvarenje ekonomske dobiti, institucionalni investitori pojavljuju se kao suinvestitori projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture samo u najgušće naseljenim područjima (u pravilu crna područja) u kojima postoje održivi poslovni modeli. Banke mogu općenito biti uključene u projekte kao kreditori proračuna, iz kojih se osiguravaju javna sredstva potrebna za izvođenje projekata.[13]

Navedeni modeli ulaganja i izvori financiranja samo su jedan od načina kojima se žele postići ciljevi Vlade RH postavljeni u prijedlogu Strategije razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine, a to su pokrivenost cjelokupnog stanovništva RH mrežama nove generacije koje bi im omogućavale širokopojasni pristup internetu od najmanje 30 Mbit/s te pokrivenost najmanje 50% ukupnog stanovništva brzinom od 100 Mbit/s ili većom.

8. Zaključak

Ubrzani razvoj tehnologije te s njom povezanih usluga dovodi do nužne promjene načina prijenosa podataka od davatelja usluga do krajnjeg korisnika. Glavninu postojeće infrastrukture čini prijenos podataka putem bakrenih parica. Implementacija najnaprednijih nadogradnji ne omogućuje brzine prijenosa podataka kakve su potrebne za korištenje suvremenih usluga koje se isporučuju krajnjim korisnicima. Rješenje ovog problema je u prijenosu podataka putem svjetlovodnih pristupnih mreža, čija je implementacija još uvijek relativno skupa.

Unazad nekoliko godina na području Republike Hrvatske vide se pomaci u količini sredstava koja se ulažu u modernizaciju pristupne mreže od strane operatera pa tako i prelazak na prijenos podataka putem svjetlovoda. Ipak, zbog ekonomskih, ali i regulatornih razloga i obveza koje su nametnute pojedinim operaterima, nadogradnja i prelazak na svjetlovodne pristupne mreže je još uvijek više iznimka nego pravilo.

Operateri se najčešće odlučuju za ulaganja na urbaniziranim lokacijama sa velikim brojem stanovnika koji žive u zgradama jer se na taj način investicija vraća u najkraćem mogućem roku.

U ovom diplomskom radu provela se analiza isplativosti uvođenja i izgradnje svjetlovodne pristupne mreže na području grada Dugog Sela. Analizom je u obzir uzeto nekoliko različitih scenarija izrađenih na temelju očekivanog ponašanja korisnika i njihovoj zainteresiranosti za određene vrste telekomunikacijskih usluga u skorijoj budućnosti.

Provedena analiza pokazala je da u promatranom razdoblju od osam godina povrat kapitalne investicije uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području grada Dugog Sela nije financijski isplativa sa strane telekomunikacijskog operatora te se pojavljuje potreba za pronalazak dodatnog izvor financiranja bilo kroz neki od modela partnerstva sa lokalnom samoupravom ili pak korištenjem sredstava apliciranjem projekata na neki od dostupnih europskih strukturnih fondova.

Literatura

[1] Tromjesečni podaci tržišta elektroničkih komunikacija u RH Q1 2016, URL: www.hakom.hr (pristupljeno: kolovoz 2016.)

[2] URL: http://www.fiberoptictel.com/ (pristupljeno: kolovoz 2016.)

[3] Pravilnik o svjetlovodnim distribucijskim mrežama, Narodne novine br. 57, Zagreb, 2014.

[4] Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža, Lator d.o.o., Zagreb, 2011.

[5] URL: http://www.fiberopticshare.com/ (pristupljeno: kolovoz 2016.)

[6] Studija FTTH poslovnih modela u Hrvatskoj, Lator d.o.o., Zagreb, 2010.

[7] Ulaganja u širokopojasni pristup internetu, Lator d.o.o., Zagreb, 2011.

[8] Godišnje izvješće o radu za 2015. godinu Hrvatske regulatorne agencije za mrežne djelatnosti, Zagreb, 2016.

[9] Prostorni plan uređenja grada Dugog Sela, Dugo Selo, 2010.

[10] WIK-Consult, The Economics of Next Generation Access – Final Report, studija za ECTA-u, 2008.

[11] Analysys Mason Ltd, The business case for fibre-based access in the Netherlands, završni izvještaj za OPTA-u, 2008.

[12] URL: http://www.telekomunikacije.rs/archive/ninth_issue/milan_blanusa,_prof_dr_petar_matavulj:_tehno_-_ekonomski_aspekti_planiranja_i_razvoja_optickih_veza.447.html (pristupljeno: kolovoz 2016.)

[13] Prijedlog strategije razvoja širokopojasnog interneta u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine, Zagreb, 2016.

[14] URL: http://bbzone.hakom.hr/(pristupljeno: kolovoz 2016.)

[15] Vodič za ulaganje u brzi širokopojasni pristup, Europska komisija, 2015.

Popis kratica

Kratica	Engleski Naziv	Objašnjenje
AON	Active Optical Network	Aktivna svjetlovodna mreža
ARPU	Average Revenue Per User	Očekivani prosječni prihodi po korisniku
DSL	Digital Subscriber Loop	Digitalna pretplatnička linija
FTTB	Fiber To The Building	Svjetlovodni kabel proveden do objekta
FTTC	Fiber To The Curb	Svjetlovodni kabel proveden do pločnika
FTTCab	Fiber To The Cabinet	Svjetlovodni kabel proveden do telekomunikacijskog ormarića
FTTH	Fiber To The Home	Svjetlovodni kabel proveden do kućanstva
FTTN	Fiber To The Node	Svjetlovodni kabel proveden do telekomunikacijskog čvora
GPON	Gigabit Passive Optical Network	Gigabitna pasivna optička mreža
HD TV	High-Definition Television	Televizija visoke razlučivosti
ICT	Information and Communications Technology	Informacijsko-komunikacijska tehnologija
IPTV	Internet Protocol Television	Televizija zasnovana na Internet protokolu
IRR	Internal Rate of Return	Interna stopa povrata
LRIC	Long Run Incremental Cost	Dugoročni inkrementalni trošak
NGA	Next Generation Access	Mreža sljedeće generacije
NPV	Net Present Value	Neto sadašnja vrijednost
OLT	Optical Line Terminal	Optički linijski terminal
ONT	Optical Network Terminal	Optički mrežni terminal
P2MP	Point To Multi Point	Mrežna topologija Točka – Više točaka
P2P	Point To Point	Mrežna topologija Točka-Točka
PB	Payback Time	Vrijeme otplate
PON	Passive Optical Network	Pasivna optička mreža
ROI	Return On Investment	Povrat na investicije
SD TV	Standard-Definition Television	Televizija standardne razlučivosti
TDMA	Time Division Multiple Access	Višestruki pristup s vremenskom raspodjelom
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line	Nadogradnja DSL tehnologije koja omogućuje veće brzine prijenosa
WDM PON	Wavelenght Division Multiplexing Passive Optical Network	Pasivna optička mreža temeljena na valnom multipleksiranju

Popis slika

Slika 1. Prikaz slojeva svjetlovodne mreže 4
Slika 2. Sastavni dijelovi svjetlovodne mreže 6
Slika 3. FTTCab/FTTN arhitektura 7
Slika 4. FTTC arhitektura 7
Slika 5. FTTB arhitektura 8
Slika 6. FTTH arhitektura 8
Slika 7. Opcije vođenja svjetlovodnih kabela 9
Slika 8. Mikrocijevna struktura 10
Slika 9. Y-tip razdjelnika 10
Slika 10. Arhitektura P2P mreže 12
Slika 11. Arhitektura P2P mreže s objedinjenim LČ i DČ 14
Slika 12. Arhitektura P2MP mreže 14
Slika 13. Prikaz aktivne svjetlovodne mreže 15
Slika 14. Prikaz pasivne svjetlovodne mreže 16
Slika 15. Poslovni model projektiranja i izgradnje svjetlovodnih mreža 17
Slika 16. Prikaz postojeće telekomunikacije infrastrukture grada Dugog Sela 23
Slika 17. Shema računanja prihoda od korisnika za pesimistični scenarij 31
Slika 18. Ciklička struktura tehno-ekonomske analize 37
Slika 19. Struktura jediničnih troškova FTTH operatora 39
Slika 20. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ-u 40
Slika 21. Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na LČ-u 41

Popis tablica

Tablica 1. Karakteristike geotipova [4] 20
Tablica 2. Cijene pojedinih usluga telekom operatera u Hrvatskoj 24
Tablica 3. Očekivano kretanje broja korisnika pojedinih usluga 27
Tablica 4. Očekivani trendovi promjene broja korisnika pojedinih usluga 28
Tablica 5. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za pesimistični scenarij .. 31
Tablica 6. Vrijednosti ARPU-a u pesimističnom scenariju 32
Tablica 7. Prihodi (u HRK) i bilanca tokom razdoblja od 8 godina za optimistični scenarij .. 33
Tablica 8. Vrijednosti ARPU-a u optimističnom scenariju 33
Tablica 9. Iznos ARPU-a nakon povećanja od 47.37 % 34
Tablica 10. Iznos ARPU-a nakon povećanja od 42.06 % 34
Tablica 11. Iznos ARPU-a nakon povećanja od 36.75 % 35
Tablica 12. Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga [4] 37
Tablica 13. Karakteristike različitih modela ulaganja [17] 45