

# Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području Svete Klare

---

**Marić, Mario**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2017**

*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:119:635491>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-20**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Transport and Traffic Sciences -  
Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet Prometnih Znanosti

**DIPLOMSKI RAD**

**ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNE  
PRISTUPNE MREŽE U NASELJU SVETA KLARA**

**ANALYSIS OF OPTICAL ACCESS NETWORK  
IMPLEMENTATION IN SVETA KLARA**

**Mentor: prof. dr. sc Zvonko Kavran**

**Student: Mario Marić  
JMBAG: 0135195958**

**Zagreb, rujan 2017**

# Sadržaj

<b>1. Uvod</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Arhitektura svjetlovodnih mreža</b> .....	<b>3</b>
2.1 Djelovi FTTH mreže.....	5
2.2 Smještaj opreme i svjetlovodnih kabela.....	6
2.3 Topologije i tehnologije FTTH mreže.....	9
<b>3. Analiza postojećeg stanja pristupnih mreža u naselju Sveta Klara</b> .....	<b>13</b>
3.1 Stanje u Republici Hrvatskoj.....	13
3.2 Stanje u naselju Sveta Klara.....	16
<b>4. Troškovi uvođenja nove svjetlovodne pristupne mreže</b> .....	<b>23</b>
4.1 Struktura jediničnih troškova FTTH operatora.....	24
4.2 Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora.....	25
4.3 Struktura jediničnih troškova u slučaju ekonomske neodrživosti FTTH modela.....	26
4.5 Poslovni model FTTH mreže .....	27
4.6 Troškovi izgradnje svjetlovodne mreže po pokrivenom kućanstvu .....	30
<b>5. Tržišni interes za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima</b> .....	<b>34</b>
5.1 Poticanje izgradnje širokopolasne infrastrukture .....	34
5.2 Izvori financiranja za projekte koji koriste poticaje.....	35
<b>6. Case Study: analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području Svete Klare</b> .....	<b>38</b>
6.1 Geodemografske karakteristike naselja .....	38
6.2 Prosječni prihodi po korisniku (ARPU).....	39
<b>7. Zaključak</b> .....	<b>42</b>
<b>Literatura</b> .....	<b>43</b>
<b>Popis kratica</b> .....	<b>45</b>
<b>Popis slika</b> .....	<b>47</b>
<b>Popis grafova</b> .....	<b>48</b>
<b>Popis tablica</b> .....	<b>49</b>
<b>Prilozi</b> .....	<b>50</b>

# 1. Uvod

Razvojem telekomunikacija, tehnologija i novih usluga kao što su: IPTV(televizija preko internet protokola), VoIP(telefonija preko interneta), VoD(video na zahtjev, youtube, vimeo, facebook itd.), video streaming(twitch, youtube itd.), igranje preko interneta, download velikih količina podataka raste i potreba korisnika za sve većim brzinama kojima pristupaju Internetu i što manjim kašnjenjem(latency). Do sada se većina sredstava za razvoj mreža ulagala u razvoj tehnologija za prijenos podataka preko bakrene infrastrukture. Razlog tomu je taj što je bakrena infrastruktura već bila razvijena za korištenje u analognoj telefoniji(PSTN) i bilo je lakše i isplativije nadograditi i poboljšati postojeću tehnologiju i infrastrukturu nego razvijati i uvoditi novu. Uz operatora sa značajnom tržišnom snagom i neke zakonske regulative to je razlog što mnogi korisnici i dalje imaju pristup uglavnom bakrenoj infrastrukturi koja je sve manje u mogućnosti ispuniti zahtjeve korisnika za sve većim brzinama zbog povećanja količine podataka na internetu. Jedno od rješenja tog problema je unapređenje pristupne mrežne infrastrukture korisnika u svjetlovodnu mrežnu infrastrukturu.

Svrha istraživanja je utvrditi geodemografski tip naselja Sveta Klara iz podataka o broju stanovnika i gustoći/km<sup>2</sup> te na osnovu toga prema Lator-ovom modelu<sup>1</sup> utvrditi troškove uvođenja svjetlovodne pristupne mreže u naselju Sveta Klara. Cilj je utvrditi isplativost uvođenja svjetlovodne mreže primjenjujući metodu anketiranja kojom će se istražiti potražnja za uslugama i mogući prosječni prihodi po korisniku. Rezultat istraživanja bi trebao pokazati trenutno stanje u pristupu širokopojasnom internetu u nepokretnoj mreži u naselju Sveta Klara i isplativost razvoja nove mreže.

Ovaj diplomski rad je podjeljen u 7 cjelina:

- 1.Uvod
- 2.Arhitektura svjetlovodnih mreža
- 3.Analiza postojećeg stanja pristupnih mreža u naselju Sveta klara
- 4.Troškovi uvođenja nove svjetlovodne pristupne mreže
- 5.Tržišni interesi za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima
- 6.Case Study: analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području Svete Klare
- 7.Zaključak

---

<sup>1</sup> Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža, Lator d.o.o, 2012

U drugom poglavlju su predstavljene moguće tehnologije širokopojasnog pristupa mreži te dijelovi i referentna arhitektura svjetlovodnih FTTH mreža uz topologije izvođenja. I opisane su opcije vođenja svjetlovodnih kabela i njihova smještaja.

U trećem poglavlju opisuje se stanje pristupnih mreža u Republici Hrvatskoj. Korišteni su statistički izvori podataka HAKOM-a te podaci iz provedene ankete o trenutnom udjelu operatera, uslugama koje korisnici koriste i samim cijenama tih usluga te drugim podacima o zadovoljstvu uslugama u naselju Sveta Klara.

U četvrtom poglavlju opisuju se troškovi izvođenja svjetlovodne pristupne mreže po korisniku uzevši u obzir potrebne infrastrukturne investicije na određenom geografskom području prema dosadašnjem stanju, a na temelju geodemografskog tipa prema modelu tvrtke Lator. Predstavljena je i struktura jediničnih troškova održivih i neodrživih poslovnih modela.

U petom poglavlju analiziraju se mogućnosti realizacije FTTH mrežnih projekata ukoliko model nije ekonomski održiv bez državnih i drugih poticaja. Predstavljene su i investicijski modeli i načini financiranja.

U šestom poglavlju se temeljem prikupljenih podataka iz anketnog upitnika o zainteresiranosti korisnika o uvođenju nove svjetlovodne mreže te cijenama koje su spremni platiti za usluge uz podatke o geodemografskim tipovima i troškovima po određenom geotipu određuju troškovi izgradnje svjetlovodne pristupne mreže te prosječni prihodi po korisniku i time isplativost uvođenja svjetlovodnih pristupnih mreža na području Svete Klare.

## 2. Arhitektura svjetlovodnih mreža

U ovom poglavlju su predstavljene moguće tehnologije za pristupnu mrežu sa naglaskom na optički pristup.

Kao moguća rješenja povećanja prijenosnog kapaciteta prema jednom ili grupi korisnika pojavljuju se napredne tehnologije pristupa:

- pristupne tehnologije preko bakrenih parica
- svjetlovodne pristupne tehnologije
- pristupne tehnologije preko koaksijalnih kabea
- bežične pristupne tehnologije. [1]

**Tablica 1 - Pregled osnovnih karakteristika tržišno najzastupljenijih širokopojsnih tehnologija (1 dio) [15]**

Vrsta mreže, tehnologija (standard)	Pristupni medij, mrežna topologija	Potrebna infrastruktura u pristupnoj mreži	Prosječne brzine (dolazni smjer – DS; odlazni smjer – US)	Napomena
ADSL (ITU-T G.992)	bakrena parica	DTK/ nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj DSLAM-ova, ADSL modemi	10-24 Mbit/s DS; 512-768 kbit/s US	Ograničenje najveće duljine bakrene parice do 5.000 m
VDSL/FTTC (ITU-T G.993)	bakrena parica, svjetlovodno vlakno	DTK/ nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj DSLAM-ova, VDSL modemi	50-100 Mbit/s DS; 16-100 Mbit/s US	Ograničenje najveće duljine bakrene parice do 1.000 m.
FTTH P2MP/GPON (ITU-T G.984)	svjetlovodno vlakno, P2MP topologija	DTK/ nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj OLT-ova, ONU korisnički uređaji	2,3 Gbit/s DS dijeljeno; 1,15 Gbit/s US dijeljeno <sup>1</sup>	Ograničenje najveće duljine P2MP pristupne grane do 20 km.
FTTH P2MP/EPON (IEEE 802.3ah P2MP)	svjetlovodno vlakno, P2MP topologija	DTK/ nadzemna instalacija, pristupni čvorovi za smještaj OLT-ova, ONU korisnički uređaji	900 Mbit/s DS dijeljeno; 840 Mbit/s US dijeljeno <sup>1</sup>	Ograničenje najveće duljine P2MP pristupne grane do 20 km.
FTTH P2P/EFM (IEEE 802.3 ah P2P)	svjetlovodno vlakno, P2P topologija	DTK/ nadzemna instalacija, pristupni čvor za smještaj preklopnika/usmjerivača	925 Mbit/s DS; 925 Mbit/s US	Ograničenje najveće duljine P2P pristupne grane do 20 km.

U tablicama 1 i 2 vidimo pregled širokopojsnih tehnologija sa karakteristikama kao što su: vrsta tehnologije koja se koristi, medij kojim se pristupa, topologija mreže, potrebna infrastruktura, brzine prijanosa te domet. Podaci navedeni u tablicama koji se tiču dometa i

prosječne brzine su uzeti iz prakse. Ti podaci su pogotovo kod bezžičnih tehnologija podložni promjenama s obzirom na okolnosti izgradnje i rada širokopojasnih mreža. [15]

**Tablica 2 - Pregled osnovnih karakteristika tržišno najzastupljenijih širokopojasnih tehnologija, (2 dio) [15]**

Vrsta mreže, tehnologija (standard)	Pristupni medij, mrežna topologija	Potrebna infrastruktura u pristupnoj mreži	Prosječne brzine (dolazni smjer – DS; odlazni smjer – US)	Napomena
Kabelske mreže (DOCSIS)	koaksijalni kabel i svjetlovodno vlakno (kombinirana HFC mreža)	DTK/ nadzemna instalacija, HFC čvorovi	56 Mbit/s DS dijeljeno; 31 Mbit/s US dijeljeno <sup>2</sup>	Ograničenje najveće duljine završnog segmenta u HFC mreži od koaksijalnih kablova do 800 m.
UMTS/3G (IMT-2000)	bežično	bazne stanice, korisnički terminali	14-21 Mbit/s dijeljeno DS; 1,4-5,7 Mbit/s dijeljeno US <sup>3</sup>	Domet bazne stanice 1-5 km <sup>4</sup> .
LTE/4G (IMT Advanced)	bežično	bazne stanice, korisnički terminali	100 Mbit/s dijeljeno DS; 50 Mbit/s dijeljeno US <sup>3</sup>	Domet bazne stanice 1-5 km <sup>4</sup> .
WiMAX (IEEE 802.16)	bežično	bazne stanice, korisnički terminali	21 Mbit/s dijeljeno DS; 7 Mbit/s dijeljeno US <sup>3</sup>	Domet bazne stanice 1-5 km <sup>4</sup> .

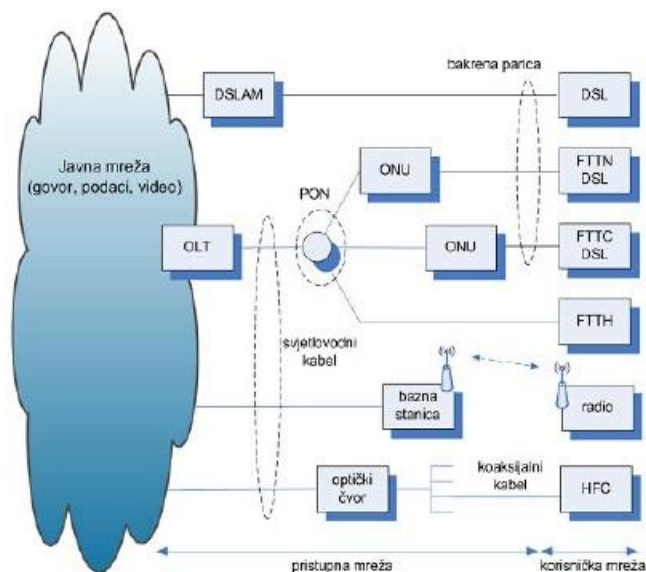
<sup>1</sup> Uobičajeno se navedeni kapacitet dijeli na korisnike u pristupnoj grani u omjeru 1:32 ili 1:64 (engl. split ratio).  
<sup>2</sup> Navedene vrijednosti odnose se na verziju DOCSIS 2.0.  
<sup>3</sup> Navedene vrijednosti dijele se među korisnicima u području pokrivanja bazne stanice, korisnici bliže baznoj stanici u pravilu mogu ostvariti veće pojedinačne brzine pristupa.  
<sup>4</sup> Najveći domet baznih stanica projektira se na manje vrijednosti u područjima veće koncentracije korisnika, odnosno na veće vrijednosti u područjima manje koncentracije korisnika.

Za pristupne mreže su razvijeni referentni modeli od strane svjetskih normizacijskih organizacija (**DAVIC** - Digital Audio Video Council - vijeće za digitalni audio i video, **ITU** - Internacional Telecommunication Union - međunarodna telekomunikacijska unija, **ATM forum** - Asynchronous Transfer Mode forum -forum za nesinkroni prijenosni mod, i dr.) iako se te mreže razlikuju po fizičkim i topološkim osobinama.

Model je podijeljen u nekoliko cjelina:

- korisnička mreža (mreža korisničkih uređaja - računala u lokalnoj mreži)
- pristupna mreža (infrastruktura koja povezuje korisničku mrežu sa mrežom telekomunikacijskog operatera)
- prijenosna mreža (javna mreža)
- standardizirana sučelja između pojedinih nabrojanih cjelina [1]

Na slici 1 su prikazane predhodno predstavljene širokopojasne tehnologije izvođenja pristupnih mreža te referentni model pristupnih mreža.



Slika 1 - Topologije pristupnih mreža [1]

U ovom djelu rada će biti predstavljena referentna arhitektura FTTH (eng. *Fiber To The Home - vlakno do kuće*) mreža sa pripadajućim djelovima i čvorovima mreže radi usklađivanja topoloških, arhitektonskih i terminoloških razlika koje su prisutne kod definicija svjetlovodnih pristupnih mreža.

Referentna arhitektura definirana je oslanjajući se na hrvatske pravilnike kojima su propisana pravila izgradnje krajnjeg djela FTTH mreže prema korisnicima, pravila o zajedničkom korištenju DTK(*distribuirana telekomunikacijska kanalizacija*), pravila o izgradnji mreže unutar stambenih i poslovnih objekata.

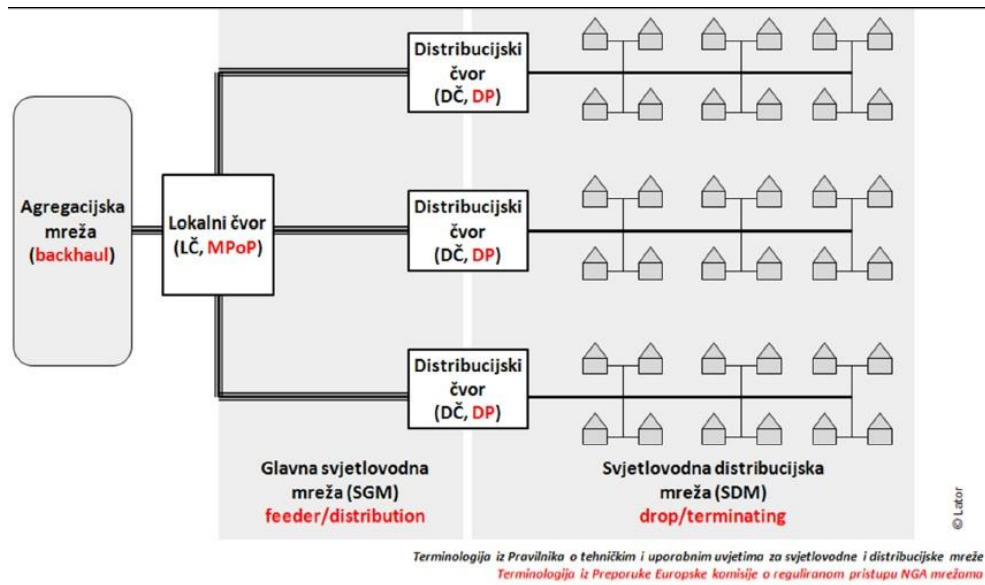
Potrebno je voditi računa da se referentna arhitektura uskladi sa terminologijom i pravilima u preporukama europske komisije za regulaciju mreža nove generacije (NGA - *Next Generation Acces*). Uzete su u obzir i smjernice Europske komisije o primjeni pravila o državnim potporama vezano za širokopojasne mreže.[13], [2]

## 2.1 Djelovi FTTH mreže

FTTH je pristupna mreža izvedena pomoću svjetlovodnih niti između krajnjeg korisnika i prvog zbirnog čvora operatora svjetlovodne pristupne mreže (lokalnog čvora - LČ, eng. *Metro Point of Presence - MPoP*). Unutar FTTH mreže smješten je i distribucijski čvor(DČ, eng. *Distribution Point - DP*) koji razdvaja krajnji dio mreže od korisnika (SDM - Svjetlovodna distribucijska mreža, eng. *drop ili terminating segment*) te preostali dio mreže prema LČ-u (SGM - glavne svjetlovodne mreže, eng. *feeder ili distribution segment*). Distribucijski čvor je fizička točka sabiranja većeg broja trasa vođenja svjetlovodnih niti iz SDM u nekoliko trasa vođenja svjetlovodnih niti u SGM-u prema lokalnom čvoru. Unutar područja pokrivanja lokalnog čvora nalazi se više distribucijskih čvorova. Od LČ prema jezgrenoju mreži operatera nalazi se agregacijska mreža. [13], [2]



Na slici 2 je prikazana prethodno opisana shema djelova i čvorova FTTH mreže.



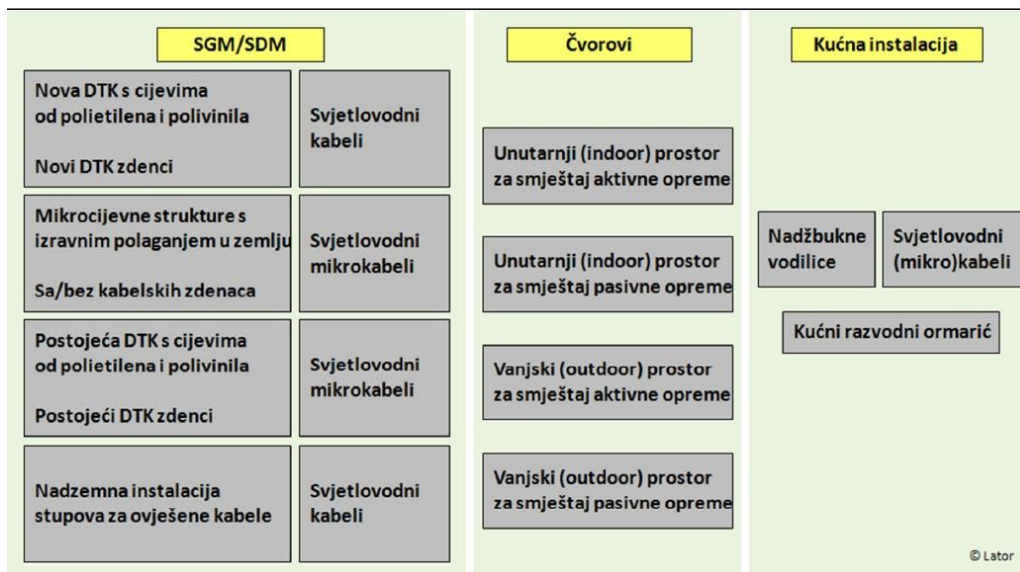
Slika 2 – Dijelovi i čvorovi u FTTH mrežama [2]

## 2.2 Smještaj opreme i svjetlovodnih kabela

U razvijenijim i visoko nastanjenim (urbanim) područjima najzastupljeniji način polaganja svjetlovodnih kabela je unutar plastičnih cjevi putem podzemne distribucijske telekomunikacijske kanalizacije (DTK). U Ruralnim i suburbanim (rjeđe naseljena područja) područjima ovisno o razvoju naselja najuobičajeniji način vođenja kabela je putem nadzemnog vođenja svjetlovodnih kabela ovješanih na stupove. Ostala oprema pasivna ili aktivna (pasivna ne zahtjeva strujno napajanje) koja se nalazi u čvorovima FTTH mreže (DČ i LČ) se može smjestiti u unutarnjim tehnološki opremljenim prostorima (engl. indoor) ili u kabinetima postavljenim na vanjskim površinama (engl. outdoor cabinet).

Jedan od važnijih djelova FTTH mreže predstavlja završna kućna instalacija svjetlovodnih niti od indoor ili outdoor cabinet do krajnjeg korisnika. U odnosu na stare kućne instalacije izvedene putem bakrenih parica koje su već bile postavljene zbog analogne telefonije svjetlovodne instalacije nisu izvedene u većini zgrada osim u novogradnji.[2]

Na slici 3 su dane moguće infrastrukturne opcije vođenja svjetlovodnih kabela između čvorova, njihova smještaja i izbora svjetlovodnih kabela.



Slika 3 - Pregled opcija vođenja kabela i smještaja opreme u FTTH mreži [2]

### Nova DTK s PEHD/PVC cijevima

U ovoj opciji vođenja svjetlovodnih kabela se predviđa izgradnja nove DTK mreže uz korištenje standardnih PEHD cijevi (*eng. polyethylene high-density - polietilen visoke gustoće*) koje su promjera od 20 do 50 mm ili 63 do 110 mm. Veće cijevi su isto izgrađene od polietilena ili od PVC (*eng. Polyvinyl chloride - polivinil klorid*).

Ovisno o planiranim kapacitetima i novčanim mogućnostima izgrađuju se adekvatni zdenci i uz njih se polažu odgovarajući broj cjevi sa odgovarajućim promjerom. Veličina zdenaca odgovara broju i kapacitetu svjetlovodnih kabela unutar pojedinog segmenta DTK mreže. Koriste se standardizirani kabljski zdenci D0-D4. Ova DTK mreža je namjenjena za standardne svjetlovodne kabele do 288 niti promjera 19mm.

Kod izgradnje novih DTK mreža se u pravilu ne koristi ovaj način već se koriste mikrocijevne strukture unutar kojih se polažu mikrokabeli. [2]

### Nova DTK s mikrocijevnim strukturama

Kod DTK mreže sa mikrocijevnim strukturama koriste se svjetlovodni mikrokabeli koji imaju manji promjer od standardnih dimenzija svjetlovodnih kabela. Mikrokabeli su 5 do 10 mm vanjskog promjera i sadrže do 72 niti. Mikrocijevne strukture sastavljene su od nekoliko pojedinačnih mikrocijevi a svaka cijev od pojedinačnog svjetlovodnog mikrokabela. Mikrocijevi se mogu polagati direktno i u zemlju ako su dovoljno zaštićene plaštom odgovarajuće debljine koji pruža fizičku zaštitu i mehaničku čvrstoću.

Kod izravnog polaganja u zemlju na točkama grananja DTK puteva nije potrebna izgradnja kabljskih zdenaca za manipulaciju svjetlovodnim kabelima i nitima. U tim mjestima dovoljno je povezati djelove mikrocijevnih struktura iz više putova s mikrocijevnim spojnicama

(razdjelnicama) unutar kojih se odmah kod polaganja obavlja prospajanje odgovarajućih mikrocijevi. Naknadno je moguće dosegnuti sve djelove mreže uvlačenjem mikrokabela u odgovarajuće mikrocijevi. [2]

### **Postojeća DTK s PEHD/PVC cijevima**

Ovdje se predviđa polaganje mikrocjevnih kabela unutar postojeće DTK mreže sa standardnim PEHD i PVC cijevima. Ova opcija ako postoji znatno pojeftinjuje izgradnju svjetlovodne mreže te se samo mora plaćati najam i održavanje ovisno o vlasničkoj strukturi. Moraju postojati dostupni kapaciteti u mreži, slobodni prostor u PEHD i PVC cijevima za uvlačenje svjetlovodnih mikrokabela. Manipulacija svjetlovodnim mikrokabelima unutar postojeće DTK mreže osigurana je kroz postojeće kableske zdence. [2]

### **Nadzemna instalacija stupova za ovješene kabele**

Ovakav način izvođenja svjetlovodne mreže se većinom koristi u ruralnim područjima i suburbanim područjima gdje je takav način izvođenja dopušten. Izgradnja nadzemne instalacije stupova za ovješene svjetlovodne kabele je povoljnija opcija u ruralnim područjima u odnosu na DTK. Iako ima veće troškove održavanja i kraći vijek trajanja. Kabeli koji se koriste kod nadzemnog postavljanja imaju robusnije karakteristike ali manji kapacitet po istom promjeru kabela u odnosu na kabele za podzemno postavljanje. [2]

### **Opcije smještaja opreme u čvorovima**

Unutar FTTH pristupne mreže nalaze se lokalni čvor (LČ) i distribucijski čvor (DČ). Neovisno o izabranoj opciji vođenja i vrste svjetlovodnih kabela, potrebnu opremu u LČ-u i DČ-u moguće je smjestiti u unutarnje tehnološki opremljene prostore ili u vanjske kabinete.

Smjetaj opreme u unutarnje prostore je jeftinija opcija. Predviđeno je da oprema u LČ bude smještena u unutarnje prostore a oprema u DČ po potrebi i mogućnostima u unutarnje prostore ili vanjske kabinete. Ovisno o tehnologiji u FTTH mreži unutar DČ smješta se aktivna oprema kod P2P(*eng Point to Point - od točke do točke*) mreža uz korištenje Ethernet tehnologije ili pasivna oprema kod P2MP(*eng. Point to Multipoint - točka prema više točaka*) uz korištenje PON (*eng. Passive Optical Network - pasivna optička mreža*) tehnologije. Za aktivnu opremu su potrebni strujno napajanje i po potrebi osigurani klimatski uvjeti a za pasivnu opremu nisu. U lokalnom čvoru se predviđa smještaj samo aktivne opreme.

I u lokalnom i distribucijskom čvoru je predviđen prostor za smještaj svjetlovodnih prospojnika (*engl. Optical distribution Frame - ODF*) radi prospajanja svjetlovodnih niti između SDM i opreme u distribucijskom čvoru, odnosno opreme u DČ-u i SGM-a, te, u LČ-u,

za prospajanje svjetlovodnih niti između SGM-a i opreme u LČ-u, odnosno opreme u LČ-u i agregacijskog dijela mreže. [2]

### **Izvedba kućne instalacije**

Troškovi instalacije svjetlovodnih niti u zgrade ili kuće do krajnjeg korisnika predstavljaju veliku stavku u ukupnim troškovima izgradnje FTTH mreže te samim time i veliku prepreku. U većini postojećih građevina ne postoje adekvatni podžbukni kanali koji mogu poslužiti za uvođenje svjetlovodnih kabela ili su zauzeti drugim instalacijama kao što su strujni kabele, bakrene parice, antenski kablovi. [2]

### **2.3 Topologije i tehnologije FTTH mreže**

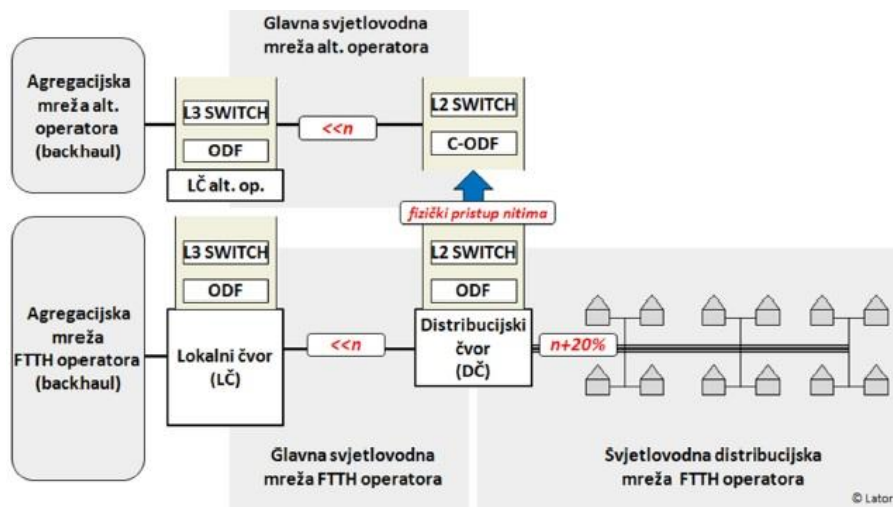
Prilikom Implementacije FTTH mreža najčešće se pojavljuju dvije osnovne skupine tehnologija i sa njima povezanih topologija. Te dvije osnovne skupine su P2P (*engl. point to point - od točke do točke*) i P2MP (*engl. point to multipoint - od točke prema više točaka*).

U P2P mrežama koriste se različite verzije Ethernet protokola. Koja se verzija protokola koristi ovisi o najvećoj planiranoj brzini po korisniku, najvećom duljinom niti u SDM dijelu pristupne mreže i planiranom broju niti po korisniku. Može se koristiti jedna nit po korisniku za dvosmjerni promet ili dvije niti, svaka za jedan smjer. Zbog financijskih ograničenja najčešće se koristi jedna nit po korisniku sa najvećom brzinom od 100 Mbit/s u oba smjera (100-BX Ethernet sučelje). [7] Domet je do 10 km. Po mogućnostima ako je uvedena i druga nit se može koristiti za usluge TV programa i druge sadržaje. [2]

P2MP mreže koriste PON (*engl. Passive Optical Network - pasivna optička mreža*) tehnologije. u Europi je standardizirana GPON (Gigabit PON) tehnologija ITU-T G.984. U krajnjem dijelu mreže (nakon splitera) prema korisniku rezervirana je jedna svjetlovodna nit. U dijelu mreže između OLT čvora (*engl. Optical Line Termination*) i splitera koristi se jedna svjetlovodna nit za 32 ili 64 korisnika, ovisno o korištenom razdjelnom omjeru (*engl. splitting ratio*). Prosječni kapaciteti po korisniku u P2MP PON mreži su manji od P2P mreže. Brzine u smjeru korisnika su veće nego brzine od korisnika prema operateru. Trenutna GPON tehnologija podržava brzinu od 2.5 Gbit/s prema korisnicima i 1.25 Gbit/s od korisnika. Ta propusnost se dijeli između 32 do 64 korisnika koji se nalaze u istoj razdjelnoj grupi što daje pristupne brzine od 30 do 70 Mbit/s. U Hrvatskoj je T-com započeo izgradnju P2MP FTTH mreže sa GPON standardom.[15] Kod pasivnih optičkih mreža najveća udaljenost između OLT čvora i korisnika je do 20 km. Ta udaljenost se smanjuje povećanjem broja splitera u pristupnoj mreži (npr. uvođenjem kaskada splitera). [2], [7]

## P2P mreže

Na slici 4 je prikazana arhitektura P2P mreže sa primjenom Ethernet tehnologije.

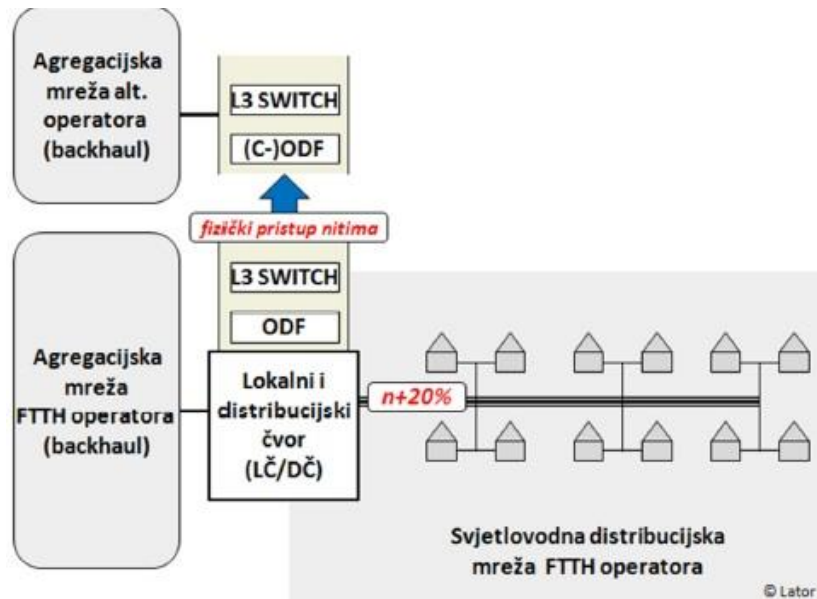


Slika 4 - Struktura P2P FTTH mreže [2]

U SDM djelu mreže je planirano polaganje 20% više svjetlovodnih niti nego što je broj potencijalnih korisnika u ciljanom području. Za svakog korisnika je rezervirana po jedna nit. U ovoj arhitekturi predviđeno je korištenje jednostavnijih Ethernet preklopnika (engl. Layer 2 switches) koji bi trebali smanjiti broj niti po DČ-u tako što se promet s pojedinačnih korisničkih niti sabire na manji broj niti u SGM-u. U LČ se postavlja kompleksniji Ethernet preklopnik (engl. Layer 3 Switch ili Metro Ethernet Edge) kojim se promet usmjerava dalje prema agregacijskoj mreži.

Drugim alternativnim operatorima koji nisu vlasnici mreže a žele fizički pristup korisničkim nitima to je predviđeno u distribucijskom čvoru gdje oni postavljaju svoju opremu (ODF i Ethernet preklopnik) te dalje osiguravaju potrebne kapacitete i opremu u SGM-u, lokalnom čvoru i agregacijskoj mreži (prikazano na slici 4). Ovakvo rješenje FTTH mreže sa optimizacijom niti se naziva i Active Ethernet.

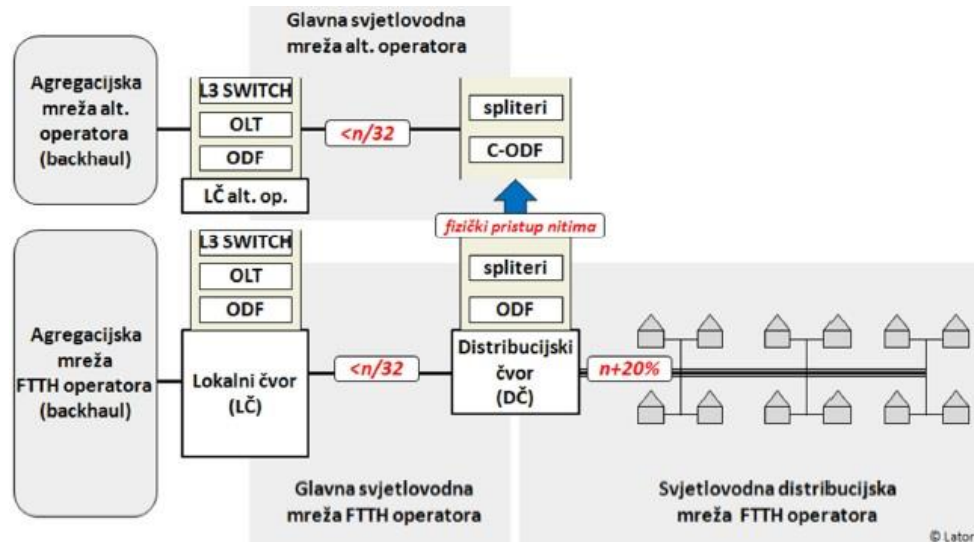
U rijeđe naseljenim ruralnim područjima DČ i LČ se mogu objediniti u zajednički čvor kao što je prikazano na slici 5. Razlog tome je mali broj korisnika na određenom zemljopisnom području te ne postojanje tehničkih i ekonomskih razloga da se u maloj pristupnoj mreži uz lokalni čvor gradi i distribucijski čvor. Pristup alternativnim operatorima omogućava se u objedinjenom čvoru (LČ/DČ). [2]



Slika 5. Struktura P2P FTTH mreže s integriranim čvorovima [2]

### P2MP FTTH mreže

P2MP mreža u SDM djelu pristupne mreže je identična P2P mrežama. Razlika se pokazuje u vrsti opreme postavljene u DČ i LČ te u potrebnom broju svjetlovodnih niti u SGM djelu pristupne mreže. U DČ-u se uz ODF-ove postavljaju i spliteri koji ovisno o razdjelnom omjeru PON mreže smanjuju broj niti u djelu SGM mreže. U DČ-ove se smješta samo pasivna oprema, a u LČ-ove se postavljaju OLT-ovi i prikladni Ethernet preklopnici koji sabiru promet prema višim razinama mreže (backhaul). Prikazano slikom 6. [2]

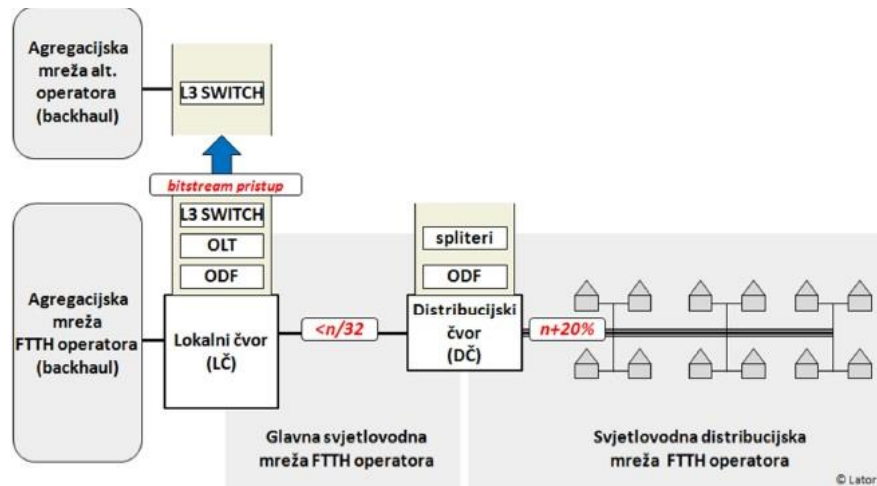


Slika 6 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u DČ-u [2]

Alternativni operatori mogu ostvariti fizički pristup korisničkim nitima iz SDM-a u distribucijskom čvoru uz postavljanje vlastitih splitera unutar distribucijskog čvora te izgradnji ili osiguranju potrebnih kapaciteta i opreme u ostalim djelovima mreže (SGM, LČ i agregacijski dio) kao što je prikazano na slici 6. Alternativni operatori bi trebali koristiti PON

tehnologiju kao i vlasnik FTTH infrastrukturni operator. Postoji mogućnost za alternativne operatore da fizičkim pristupom nitima u distribucijskom čvoru mogu ostvariti vlastitu P2P mrežu uz primjenu FTTH tehnologije.

U P2MP pristupnim mrežama postoji i mogućnost bitstream pristupa od strane alternativnih operatore u lokalnom čvoru gdje alternativni operatori na višem mrežnom sloju pristupaju korisnicima putem prikladnog sučelja na ethernet preklopticima unutar LČ-a, a moguće i izravno putem odgovarajućeg sučelja na OLT-u). (slika 7). [2]



## Budućnost PON tehnologija

Što se tiče budućnosti puno se ulaže u razvoj WDM PON (engl. Wavelength Division Multiplexing - multipleksiranje sa valnom podjelom). Kod ove izvedbe PON tehnologije svakom korisniku se dodjeljuje posebna valna duljina unutar valnog multiplexa u niti P2MP mreže. Kapacitet po korisniku koji je uvjetovan najvećim kapacitetom pojedine valne duljine trenutno bi bio do 1 Gbit/s u oba smjera. WDM tehnologija bi zbog dometa od 100 km trebala povećati udaljenost između korisnika i OLT čvora te smanjiti broj čvorova u pristupnoj mreži u odnosu na sadašnje PON i P2P tehnologije. Ova tehnoloogija bi zbog principa valne podjele trebala omogućiti lakše djeljenje kapaciteta između pojedinih operatora. [2] Glavna prepreka u širenju WDM PON implementacije je visoka cijena. [8]

Da bi se zadovoljili povećani zahtjevi za brzinama prijenosa GPON sustavi su planirani za nadogradnju na sustave za potporu 10G GPON - koji bi trebao imati brzine od 10 Gbit/s u dolaznom smjeru i 2,5 Gbit/ u odlaznom smjeru. [8]

### **3. Analiza postojećeg stanja pristupnih mreža u naselju Sveta Klara**

U ovom poglavlju poisuje se stanje u širokopojasnom pristupu internetu u nepokretnoj mreži na području Republike Hrvatske. Dalje će uz pomoć podataka dobivenih iz provedenog anketnog ispitivanja biti predstavljeno trenutno stanje pristupnih mreža i korištenih usluga te zadovoljstvo korisnika na području naselja Sveta Klara u Novom Zagrebu.

#### **3.1 Stanje u Republici Hrvatskoj**

Republika Hrvatska je većinom ruralna država sa gustoćom naseljenosti od 75,7 st/km<sup>2</sup>. U deset najvećih gradova živi trećina stanovništva. U ostalim djelovima Hrvatske naseljenost je raspršena gdje je veliki broj manjih naselja (211) koji čine drugu trećinu stanovništva ima između 2000 i 30 000 stanovnika. U preostalih 6.384 naselja naseljenosti je ispod 2.000 stanovnika. Izgradnja mreža sljedećih generacija nije isplativa za privatne operatore po uobičajenim tržišnim uvjetima izvan urbanih područja pa je potrebno koristiti državne poticaje. [14]

Dosadašnji razvoj NGA širokopojasnih infrastruktura je nezadovoljavajući. Ponajviše investicija u FTTH mreže ulaže povjesni operator (incumbent) ali većinom u velike urbane sredine dok alternativni operatori sudjeluju manjim djelom u investicijama. [14]

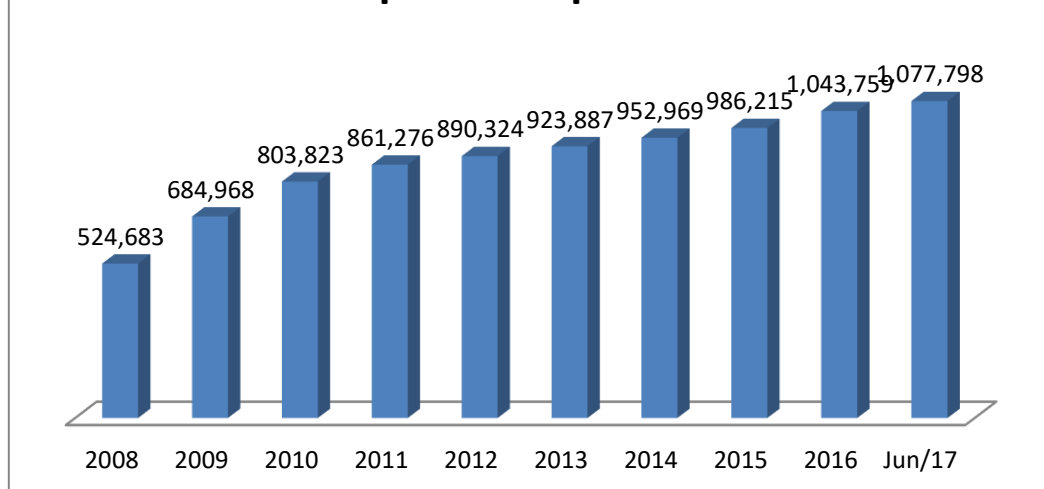
Prema HAKOM-ovom(Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti) izvještaju "Tromjesečni suporedni podaci tržišta elektroničkih komunikacija u RH" za drugo tromjesečje 2017 se vidi da je broj priključaka širokopojasnog pristupa putem nepokretnih mreža iznosi 1 077 798 što je 1.86 % više u odnosu na prvo tromjesečje 2016 i 6.68% više u odnosu na Q2 2016. Broj FTTx priključaka je 64 719 što daje povećanje od 7.94% u odnosu na Q1 2017 i 76.76% u odnosu na Q2 2016. [6]

Iz ovih podataka se vidi da broj FTTX priključaka ima udio od samo 6% od ukupnog broja širokopojasnih priključaka ali popriličan rast iz godine u godinu.

U prvom grafu prema HAKOM-ovim podacima vidimo trend rasta priključaka širokopojasnog interneta putem nepokretne mreže. U prve tri godine vidimo veliki rast oko oko 340 000 priključaka nakon čega rast znatno usporava na oko 30 000 priključaka godišnje. U devet godina kao što je prikazano na grafu broj korisnika se udvostručio. Trenutna gustoća širokopojasnih priključaka je na razini od 25.15%. [6]



## Broj priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže



Graf 1 - Broj priključaka širokopojasnog pristupa internetu putem nepokretne mreže [6]

Prema izvješću "Izvješće o digitalnom razvoju Europe (EDPR) 2017" za hrvatsku se vidi da hrvatska po pokazatelju dostupnosti fiksnih širokopojasnih mreža nalazi vrlo blizu prosjeku europske unije no nije postignut napredak u iskorištenosti jer je samo 70% kućanstava pretplaćeno na fiksne širokopojasne usluge. Dostupnost širokopojasnih mreža velike brzine (veće od 30 Mb/s) poboljšala se u apsolutnom smislu. I Iskoristivost tih mreža se povećala sa 3% na 10%. (slika 8). [9]

	Hrvatska				EU DESI 2017. Vrijednost
	DESI 2017.		DESI 2016.		
	Vrijednost	Poredak	Vrijednost	Poredak	
<b>1.a.1. Pokrivenost fiksnom širokopojasnom mrežom</b>	97 %	→ 19.	97 %	18.	98 %
% kućanstava	2016.		2015.		2016.
<b>1.a.2. Iskorištenost fiksnog širokopojasnog pristupa</b>	70 %	→ 17.	70 %	13.	74 %
% kućanstava	2016.		2015.		2016.
<b>1.b.1. Iskorištenost mobilnog širokopojasnog pristupa</b>	78	↑ 15.	68	15.	84
Broj pretplatnika na 100 osoba	lipanj 2016.		lipanj 2015.		lipanj 2016.
<b>1.b.2. Pokrivenost 4G mrežom<sup>4</sup></b>	67 %	25.	nije primjenjivo		84 %
% kućanstava (prosjeak pružatelja usluga)	2016.				2016.
<b>1.b.3. Spektar<sup>5</sup></b>	40 %	↓ 26.	41 %	25.	68 %
% cijne vrijednosti	2016.		2015.		2016.
<b>1.c.1. Pokrivenost mrežama sljedeće generacije (NGA)</b>	60 %	↑ 26.	52 %	25.	76 %
% kućanstava	2016.		2015.		2016.
<b>1.c.2. Pretplatnici širokopojasnih mreža velikih brzina</b>	10 %	↑ 26.	3 %	28.	37 %
% pretplatnika >= 30 Mbps	lipanj 2016.		lipanj 2015.		lipanj 2016.
<b>1.d.1. Cijena pristupa fiksnim širokopojasnim mrežama<sup>6</sup></b>	2,9 %	↓ 28.	2,5 %	27.	1,2 %
% prihoda	cijena 2016., prihodi 2015.		cijena 2015., prihodi 2015.		cijena 2016., prihodi 2015.

Slika 8 - Podaci o povezivosti [9]

Lošim rezultatima u području iskorištenosti pridonose različiti čimbenici, kao što su ograničena potražnja za širokopojasnim mrežama velike brzine i financijske pristupačnosti. Hrvatska je zemlja s najskupljom pretplatom za samostalni fiksni širokopojasni pristup u cijelom EU-u, koja iznosi čak 2,9 % prosječnog bruto dohotka (u usporedbi s prosjekom EU-a od 1,2 % prosječnog bruto dohotka). Osim toga, iako se u Hrvatskoj povećala iskorištenost mobilnih širokopojasnih usluga, koje se često prodaju u paketima, pokrivenost 4G (*eng. 4th Generation - mreže četvrte generacije*) mrežama je skromna (Republika Hrvatska se nalazi na 25. mjestu). [9]

U srpnju 2016 od strane hrvatske vlade usvojena je „Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj za razdoblje 2016. – 2020.“. Glavni ciljevi koji se moraju ispuniti do 2020. su:

1. univerzalna pokrivenost mrežama sljedeće generacije s brzinama većima od 30 Mbps
2. zastupljenost brzina većih od 100 Mbps u najmanje 50 % kućanstava.

Strategija uključuje i „Okvirni nacionalni program za razvoj infrastrukture širokopojasnog pristupa u područjima u kojima ne postoji dostatan komercijalni interes za ulaganja“, kojim se utvrđuju postupci za dobivanje državnih potpora i javno uvođenje infrastrukture IKT-a kod pristupnih mreža s brzinom preuzimanja podataka od najmanje 40 Mbit/s i brzinom učitavanja podataka od najmanje 5 Mbit/s na područjima u Hrvatskoj u kojima trenutačno ne postoji takva širokopojasna infrastruktura ili u kojima takva infrastruktura nije dostatna (tzv. bijela područja pristupa sljedeće generacije). Sveukupni procijenjeni (maksimalni) proračun za razvoj širokopojasnih usluga iznosi 252 milijuna eura (EUR), od kojih bi 117,2 milijuna EUR trebao financirati Europski fond za regionalni razvoj, a ostatak od 134,8 milijuna EUR trebao bi pokriti zajam Europske investicijske banke. Očekuje se da će privatna sredstva dobivena tijekom provedbe projekta iznositi 120 milijuna EUR. Godišnji proračun iznosi 31,5 milijuna EUR za razdoblje 2016. – 2023. [9]

U hrvatsko zakonodavstvo još nije u potpunosti prenesena direktiva o smanjenju troškova kojom bi se moglo pridonijeti bržem uvođenju širokopojasnog pristupa.

Povezivost je jedno od ključnih područja u koje je potrebno uložiti dodatne napore kako bi hrvatski građani mogli uživati u koristima digitalnoga gospodarstva. Iako bi se mjerama kojima se potiče konkurentnost cijena moglo riješiti pitanje financijske pristupačnosti, korisne bi bile aktivnosti kojima se osigurava uvođenje te bolja pokrivenost: od još neprovedenog prenošenja Direktive o smanjenju troškova širokopojasnih usluga do bolje pokrivenosti 4G mrežama i dodjeljivanja šireg frekvencijskog spektra mobilnim širokopojasnim mrežama. U kontekstu pokrivenosti širokopojasnim mrežama, mjerama kojima se potiču ulaganja u mreže sljedeće generacije pridonijelo bi se smanjivanju razlika u digitalnom razvoju između ruralnih i urbanih područja na način da se posveti pažnja tzv. „bijelim područjima“. [9]

Većina ponuđenih širokopojasnih usluga je izvedena putem xDSL(*eng. Digital Subscriber Line - digitalna pretplatnička linija, x - neka od DSL tehnologija*) tehnologija u razini od 80% što je iznad EU prosjeka od 66%. Korištenje bitstream usluga je poraslo sa 40% na 47% , značajno iznad EU prosjeka i proporcionalno sa padom korištenja izvedene lokalne petlje. Iako je došlo do pada u udjelu operatora sa značajnom tržišnom snagom u tržištu fiksnog širokopojasnog pristupa na 47% (EU 40%) operator sa značajnom tržišnom snagom još dominira tržištem. HT je vlasnik Iskona koji ima udio od 11.2% u fiksnom širokopojasnom tržištu, HT ima privremena upravljačka prava nad Optima Telekom-om do 2018. godine. Optima drži 10 % tržišnog udjela. [10]

### 3.2 Stanje u naselju Sveta Klara

Na slici 9 je prikazano administrativno područje Svete Klare koje ima površinu od 5.5 km<sup>2</sup>. [22]

Broj stanovnika je 9560 prema popisu stanovništva iz 2011. godine [3]. Ovim podacima se dobiva gustoća od 1738 stanovnika po km<sup>2</sup>. Administrativna jedinica ima puno nenaseljenog prostora stoga ovu gustoću/km<sup>2</sup> ne treba uzimati u obzir jer je stvarna gustoća poprilično veća u razini od oko 2500 st/km<sup>2</sup>. Koristeći google earth [21] prebrojeno je oko 2500 kućanstava.



Slika 9 - Administrativno područje Svete Klare [17]

Na slici 10 je prikazana potpuna pokrivenost do 30 Mbit/s iako većina korisnika u Svetoj Klari nema veće brzine od 20 Mbit/s što će biti pokazano analizom podataka iz ankete.



Slika 10 - pokrivenost do 30Mbit/s [5]

Pokrivenost od 30 - 100 Mbit/s (slika 11) pokazuje da postoji jako mala ali raspršena pokrivenost. Podatci sa mape za ovu pokrivenost se čine nepouzdana jer pokazuju dostupnost brzine od preko 30 Mbit/s. Iako ta brzina nije dostupna nakon upita kod T-com-a i H1. T-com ne dopušta veće brzine od 10 Mbit/s download i 640 kbit/s upload. Dok s druge strane H1 daje brzine od 21 Mbit/s download i 2 Mbit/s upload.

Nakon testiranja brzina u različita vremena na stranici [www.speedtest.com](http://www.speedtest.com) [20] dobije se uvid zašto T-com ne daje veće brzine od 10 Mbit/s. Kod H1 usluge u večernjim satima između 19 i 20 pa do 22 i 23 sata brzina od 20 Mbit/s drastično pada čak i do 6Mbit/s dok brzina uploda ostaje konstantna na 2 Mbit/s. Tako mala brzina onemogućava ili otežava gledanja youtube VOD-ova i stream-anje videa. T-com-ova usluga održava brzinu od 10 Mbit/s u svim uvjetima.



Slika 11 - Pokrivenost od 30 - 100 Mbit/s [5]

Slika 14 prikazuje pokrivenost preko 100 Mbit/s

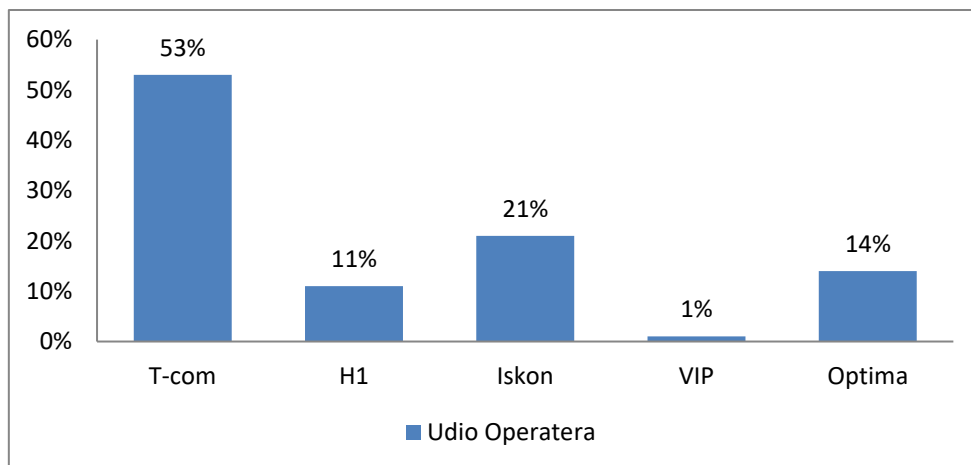


Slika 12 - pokrivenost preko 100 Mbit/s [5]

Kao što se vidi na slici 12 pokrivenost preko 100 Mbit/s u nepokretnoj mreži je nepostojeća jer postojeće xDSL tehnologije ne dopuštaju takvu brzinu a svjetlovodna infrastruktura još nije uvedena što zbog ekonomske neisplativosti za operatore ili zbog nepovoljne tržišne situacije gdje najveći operater iako može izgraditi poslovno održivu mrežu to ne želi jer nema konkurencije i ne želi ulagati u novu mrežu zbog malog porasta dobitaka.

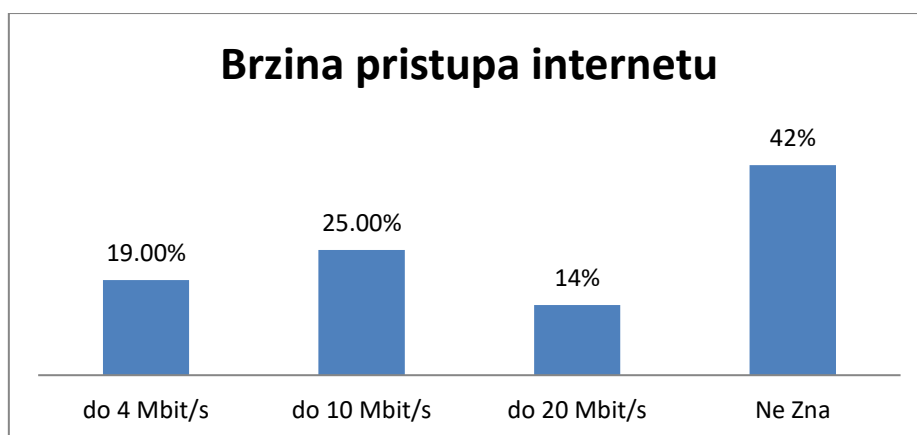
Dalje u radu će biti prikazani grafovima i analizirani odgovori iz anketnog upitnika o trenutnom stanju korištenja usluga i zadovoljstvu korisnika.

Kao što je vidljivo iz grafa 2 prema anketnom listu u Svetoj Klari najveći tržišni udio udio od 53% ima T-com što je u približno skladu sa trenutnim stanjem u cijeloj RH, zatim slijedi iskon sa 21% i Optima Telekom 14%, dok H1 ima udio od 9% te VIP sa 1%. Kao što je prikazano 47% udjela bi trebala držati konkurencija T-com-u što nije slučaj jer T-com ima vlasništvo nad Iskonom te pravo upravljanja optimom, koja je postala vlasnik H1 u kolovozu 2017. godine, do sredine 2018. Tako da t-com ponovno stječe prednosti pri tržišnom natjecanju.



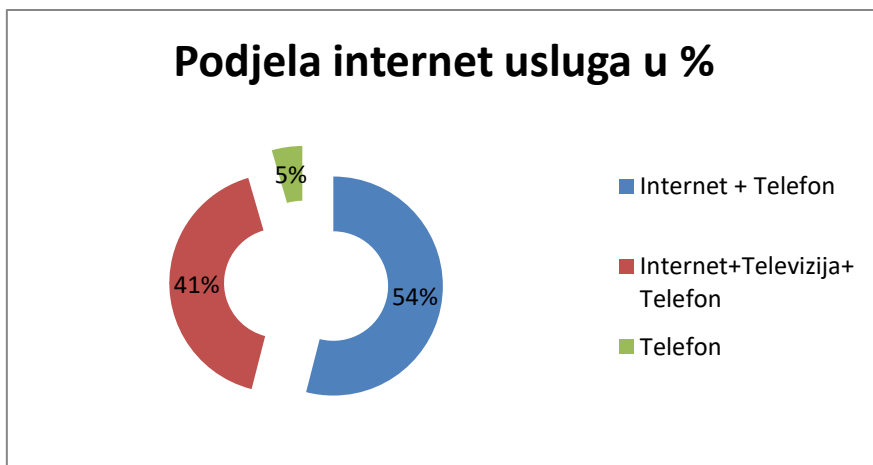
Graf 2 - Udio operatora na tržištu u %

Na grafu 3 vidljivo je da je najčešća brzina do 10 Mbit/s koju ima 25% korisnika zatim 4Mbit/s sa udjelom od 19% i brzina do 20Mbit/s sa 14% udjela dok su brzine od 20 Mbit/s i veće gotovo nepostojeće. Većina korisnika, njih 42%, nezna koja im je brzina interneta. Za veliki udio brzine od 4 Mbit/s nije poznato da li je to po izboru korisnika ili nemogućnosti operatora i mreže da podrže veće brzine pristupa internetu.



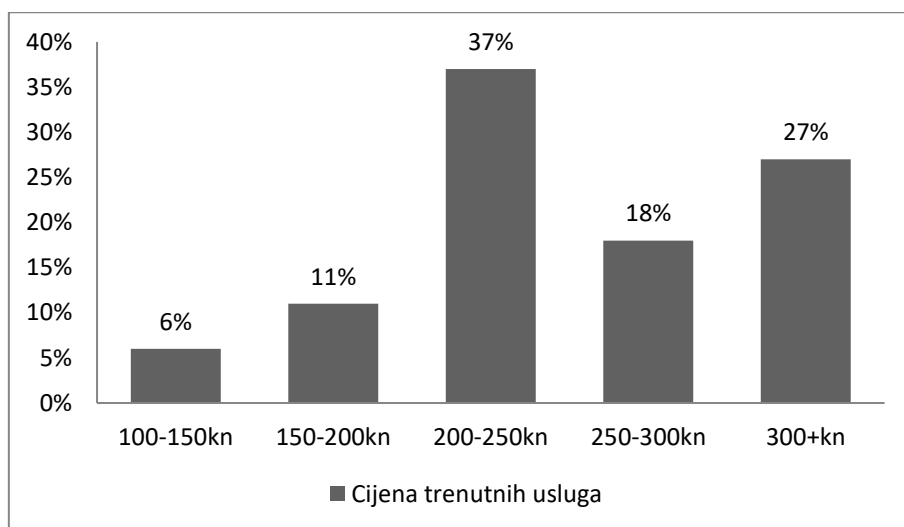
Graf 3 - Brzina pristupa internetu

Prema grafu 4 većina korisnika (54%) koristi samo usluge telefona i interneta. Udio 3D usluga(tel+int+tel) je u porastu i dosegao je 41% što se može vidjeti iz HAKOM-ovih godišnjih i tromjesečnih izvještaja o stanju u telekomunikacijskim uslugama. Broj korisnika koji koriste samo telefon je jako mali i ima udio od 5%. Korisnici koji koriste samo usluge telefona su većinom stariji ljudi od preko 60 godina.

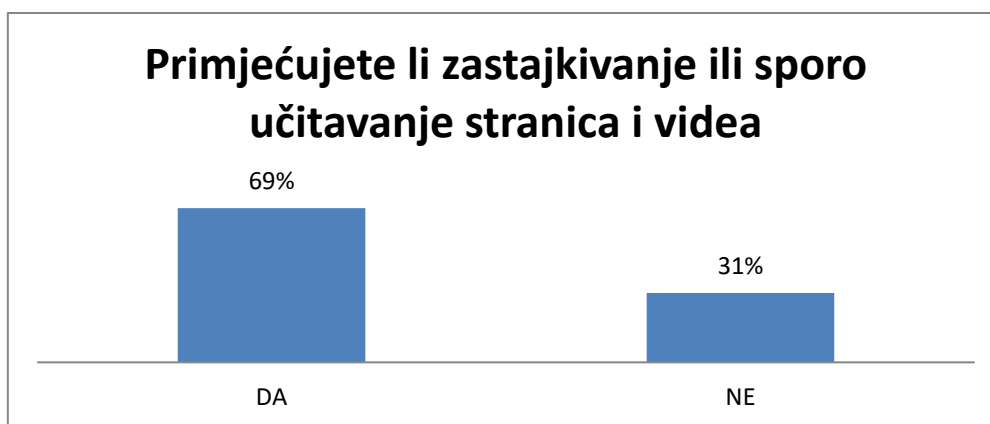


Graf 4 - Podjela internet usluga u %

Na upit o plaćanju troškova usluga koje koriste ispitanici odgovaraju kao što se vidi prema grafu 5 da 6% plaća od 100-150 kn, 55% ispitanika plaća od 200 do 300 kn za razne usluge. U ovaj rang većinom spadaju usluge telefonije i interneta. 27% ispitanika plaća preko 300kn. Oni su većinom korisnici T-com-a i usluga telefonije, interneta i internet televizije. Cijene usluga najviše podiže T-com.

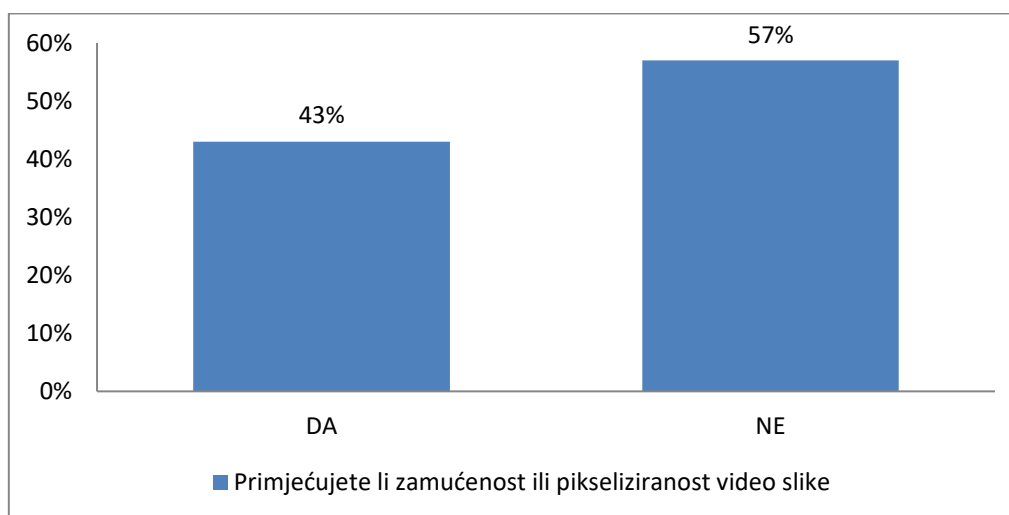


Graf 5 - Cijena trenutnih usluga



Graf 6 - Primjećujete li zastajkivanje ili sporo učitavanje stranica i videa

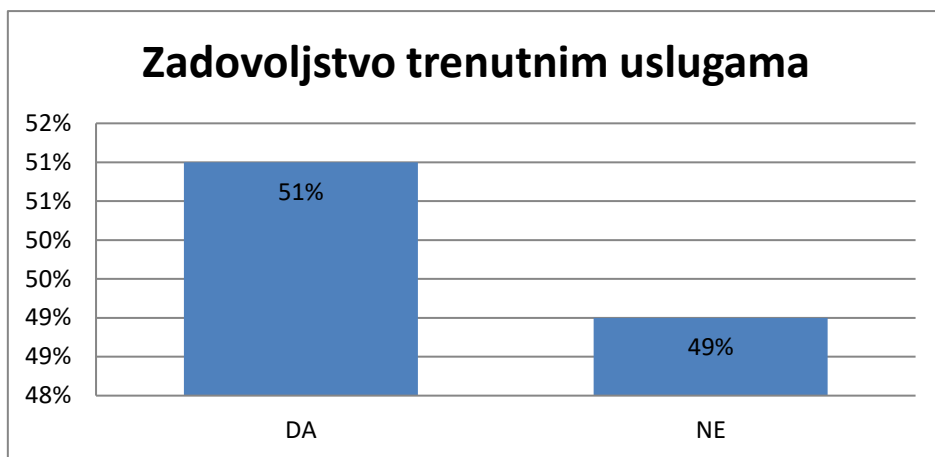
Prema grafu 6 na pitanje primjećujete li zastajkivanje ili sporo učitavanje video slike 69% ispitanika je odgovorilo da primjećuju a 31% da ne primjećuju. Ovdje se vidi da velika većina primjećuje probleme sa internetom što nemora uvijek biti povezano sa malim brzinama interneta ili lošom kvalitetom njihovog operatora već može biti problem na drugom kraju kod izvora sadržaja ili kod drugih operatora te kod malog ili zagušenog kapaciteta tranzitnih mreža nad čime pružatelj internet pristupa nema kontrole.



Graf 7 - Primjećujete li zamućenost ili pikseliziranost video slike

Kada je u pitanju video kvaliteta (graf 7) izgleda da većina ispitanika u iznosu od 57% ne primjećuje ili ih ne smeta slika lošije kvalitete dok 43% ispitanika želi video sadržaje veće kvalitete. Ovakva situacija pokazuje da korisnici u kratkoročnom razdoblju još mogu podnijeti malo lošiju kvalitetu video slike.





Graf 8 - Zadovoljstvo trenutnim uslugama

Kao što se vidi na grafu 8 51% korisnika je zadovoljno trenutnim uslugama dok 49% nije. Iz preostalih pitanja čiji se rezultati mogu vidjeti na prethodnim grafovima vidimo da se ovakvo polovično zadovoljstvo trenutnim uslugama javlja zbog prevelikih cijena usluga, osrednjih brzina interneta zbog kojih opada brzina učitavanja stranica i smanjuje se mogućnost gledanja videa visoke rezolucije a sve zajedno se svodi na lošije subjektivno iskustvo korištenja interneta.

## 4. Troškovi uvođenja nove svjetlovodne pristupne mreže

Troškovi FTTH mreže trebaju biti manji ili jednaki prihodima od usluga na FTTH mreži da bi poslovni model bio ekonomski održiv. Troškovi FTTH mreže izraženi su kroz dugoročni inkrementalni trošak (LRIC) pružanja usluge po korisniku. Obuhvaćaju analizirane kapitalne troškove izgradnje mreže te operativne troškove pružanja usluga. LRIC troškovi obuhvaćaju troškove pristupne mreže, troškove agregacijske i jezgrene mreže koji su neophodni za pružanje usluga. Maloprodajni troškovi pružanja usluga su postavljeni na 30 kn mjesečno po maloprodajnom korisniku. Zajednički troškovi su obuhvaćeni dodatkom od 10% na ukupne izravne troškove pružanja usluga. Na razinu od 10% je postavljen i prosječni ponderirani trošak kapitala kao što je prikazano na tablici 3. [2]

Tablica 3. - Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga [2]

Parametar	Vrijednost
Maloprodajni troškovi po korisniku (mjesečno)	30 kn
Dodatak ( <i>mark-up</i> ) za zajedničke troškove	10%
Ponderirani prosječni trošak kapitala (WACC)	10%
Vijek trajanja podzemne DTK infrastrukture (cijevi, mikrocijevi, zdenci)	40 godina
Vijek trajanja nadzemne infrastrukture stupova	20 godina
Vijek trajanja svjetlovodnih kabela i pasivne opreme (spojnice, ODF-ovi, <i>spliteri</i> )	20 godina
Vijek trajanja aktivne mrežne opreme (P2P Ethernet preklopnici, OLT-ovi)	10 godina
Vijek trajanja P2P/P2MP korisničke opreme (CPE)	5 godina

Usporedbom jediničnih LRIC troškova koji su izraženi po aktivnom korisniku spredviđenim prihodima po korisniku na mjesečnoj razini se dobiva proračun ekonomske održivosti. Ako su troškovi manji ili jednaki prihodima FTTH poslovni model je održiv te ta razlika između troškova odgovara dobiti koju ostvaruje operator. U suprotnom slučaju model nije ekonomski održiv. [2]

#### 4.1 Struktura jediničnih troškova FTTH operatora

Ovdje je prikazana struktura troškova FTTH troškova operatora koji posjeduje FTTH mrežu te nudi usluge korisnicima na maloprodajnom tržištu (slika 13). Slikom je prikazan idealni slučaj koji je ekonomski održiv gdje su svi troškovi pokriveni prihodima od maloprodajnog korisnika. [2]

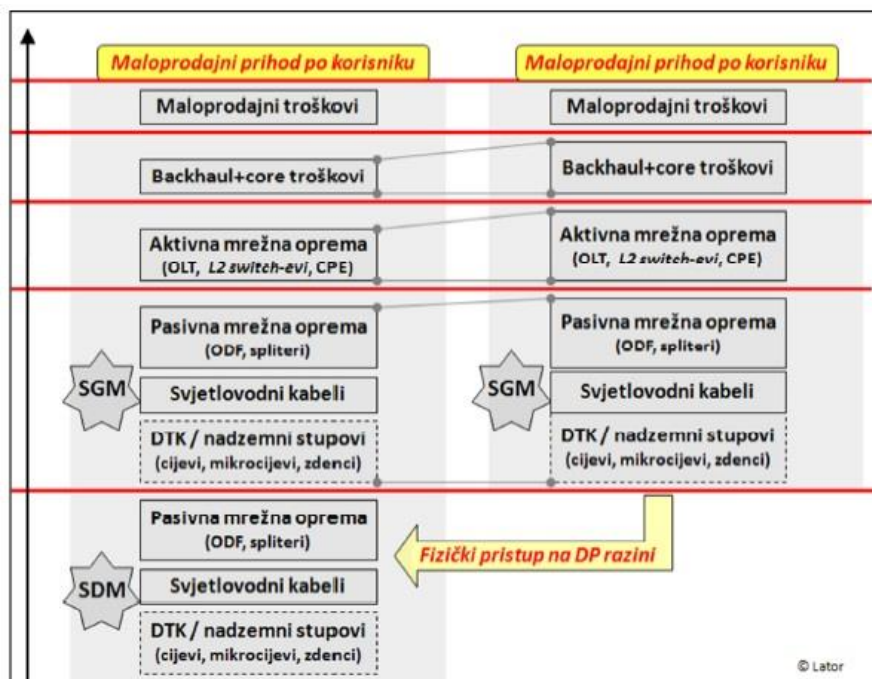


Slika 13. - Struktura jediničnih troškova FTTH operatora – idealni ekonomski održivi slučaj [2]

Unutar određenog geotipa ukupni troškovi pasivne infrastrukture unutar SDM i SGM dijela pristupne mreže su fiksni. Uvjetovani su brojem pokrivenih kućanstava - potencijalnih korisnika i geodemografskim okolnostima. Jedinični troškovi SDM i SGM dijela mreže smanjuju se povećanjem iskoristivosti mreže sa povećanjem broja aktivnih korisnika. Sa rastom broja aktivnih korisnika rastu ukupni troškovi aktivne mrežne opreme kao što su: OLT-ovi kod P2MP topologije, Ethernet preklopnici kod P2P topologije i korisnička oprema. Za srednje vrijednosti iskoristivosti mreže jedinični troškovi su prilično jednoliki. Do povećanja jediničnih troškova uglavnom dolazi zbog manje iskoristivosti mreže gdje dio sučelja Ethernet preklopnika (P2P) ili OLT opreme (P2MP) nije iskorišten. U agregacijskoj (backhaul) i jezgrenoj mreži troškovi uspostave same veze do pojedinog naselja i osiguranja potrebnih kapaciteta za tu vezu spadaju pod transportne troškove. Dio troška koji je vezan za samu uspostavu veze najovisniji je o položaju naselja to jest o udaljenosti od glavnih mrežnih čvorova. Ti čvorovi se uglavnom nalaze u urbanim sredinama te samim time troškovi rastu prema ruralnim geotipovima. Drugi dio troškova raste sa brojem korisnika a taj rast je sporiji sa porastom broja korisnika. [2]

## 4.2 Struktura jediničnih troškova FTTH infrastrukturnog i alternativnih operatora

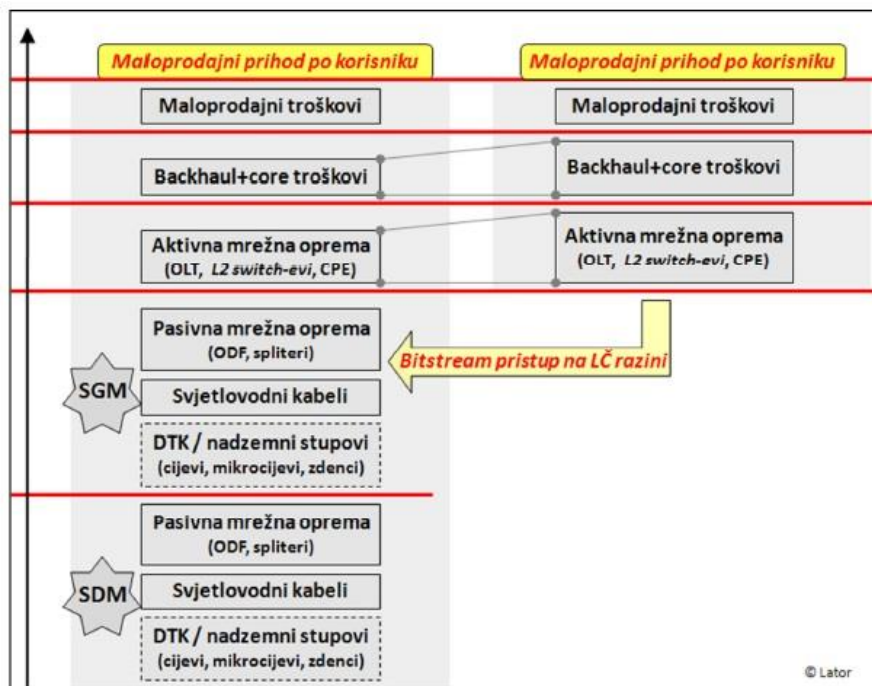
Na Slici 14 je prikazana struktura jediničnih troškova gdje FTTH infrastrukturni operator posjeduje pristupnu mrežu, pruža maloprodajne usluge krajnjim korisnicima i daje pristup alternativnim operatorima po veleprodajnim uvjetima. U jednom slučaju alternativni operator ostvaruje fizički pristup nitima u distribucijskom čvoru (P2P i P2MP topologije), a u drugom slučaju (slika 15) ima bitstream pristup u lokalnom čvoru (samo P2MP topologija). Alternativni operator mora sam izgraditi ili osigurati kapacitete u ostalom djelu mreže (SGM, agregacijski i jezgri dio mreže). Nakon toga alternativni operator može pružati svoje maloprodajne usluge krajnjim korisnicima. [2]



Slika 14 - Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ razini [2]

Alternativni operator kod fizičkog pristupa nitima distribucijskog čvora koristi niti unutar SDM djela pristupne mreže FTTH operatora po veleprodajnim cjenama koje su u najboljem slučaju jednake jediničnom trošku FTTH operatora u SDM djelu mreže. Koristeći se učinkom ekonomije razmjera (eng. economy of scale) alternativni operator u mreži FTTH operatora pristupa krajnjim korisnicima (SDM djelu mreže) po povoljnijim uvjetima nego da je sam morao graditi cjelu FTTH pristupnu mrežu. Alternativni operator sam gradi SGM, agregacijsku i jezgri mrežu ili osigurava potrebne kapacitete iznajmljivanjem od FTTH strukturnog operatora. Zbog manjeg broja korisnika alternativni operatori imaju veće jedinične troškove u odnosu na FTTH operatora. [2]

Na sljedećoj slici (15) se vidi struktura jediničnih troškova kod bitstream pristupa alternativnog operatora u lokalnom čvoru (P2MP topologija).

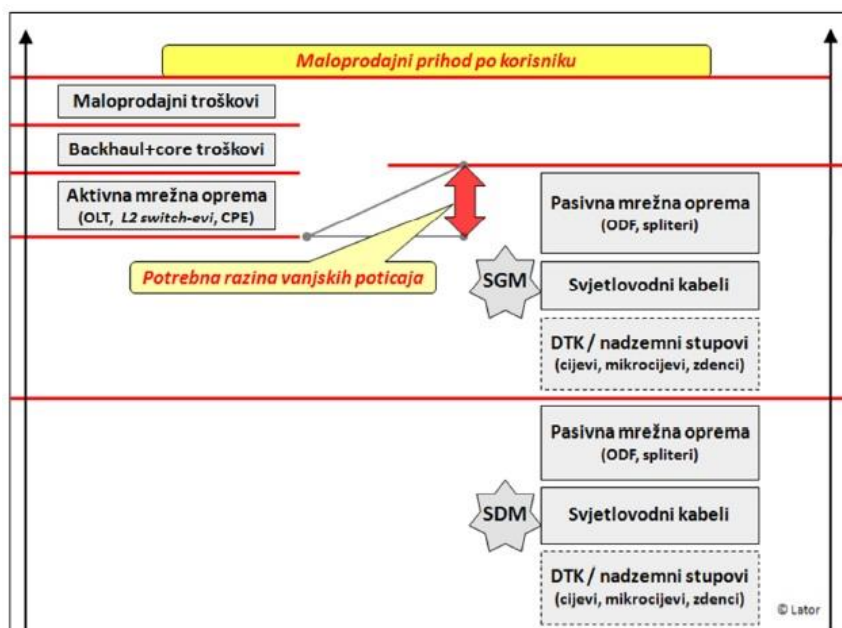


Slika 15 - Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na LČ razini [2]

Ukupni jedinični troškovi alternativnog operatora su manji kod bitstream pristupa u lokalnom čvoru u odnosu na fizički pristup u distribucijskom čvoru jer alt. operator koristi i SDM i SGM djelove pristupne mreže FTTH infrastrukturnog operatora. Ovom metodom pristupa se potencijalno povećava ekonomska održivost poslovnih modela alt. operatora ako je razina prosječnih maloprodajnih prihoda stalna.

#### 4.3 Struktura jediničnih troškova u slučaju ekonomske neodrživosti FTTH modela

Prethodni slučajevi održivih modela za infrastrukturne i alternativne operatore podrazumjevali su da jedinični troškovi po korisniku budu manji ili jednaki maloprodajnom prihodu po korisniku. kada su ti troškovi veći model postaje neodrživ. Slika 16 prikazuje taj model. Na slici 16 je prikazan uobičajeni slučaj gdje do povećanja jediničnih troškova u pristupnom djelu FTTH mreže dolazi zbog udaljavanja od urbanih geotipova koji imaju najmanje jedinične troškove. Agregacijske mreže (backhaul) koje su udaljene od urbanih područja isto povećavaju troškove. [2]

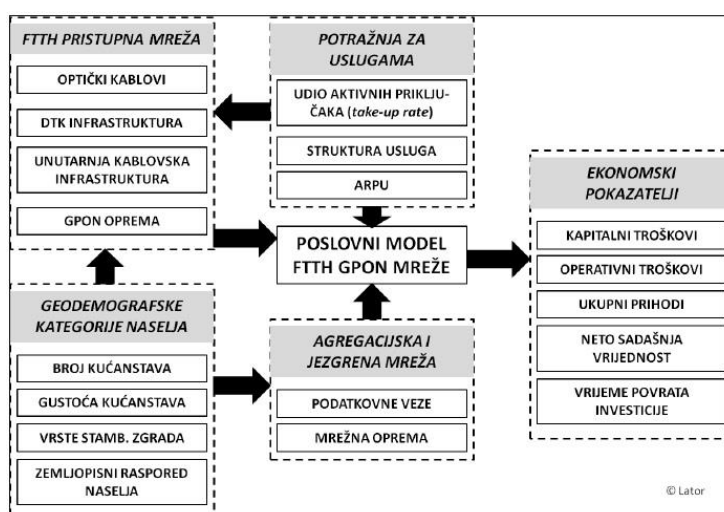


Slika 16 - Jedinični troškovi u FTTH mreži – ekonomski neodrživi slučaj [2]

Korištenjem vanjskih poticaja (subvencija) Ekonomski neodrživi slučajevi mogu postati održivi. Poticaji se mogu dati bilo kojem sudioniku u poslovnom modelu (korisniku, infrastrukturnom ili alternativnom operatoru). [2]

#### 4.5 Poslovni model FTTH mreže

U ovom radu će biti korišten tehno-ekonomski model koji je razvio Lator u svrhu analiziranja investicija i proračuna pokazatelja isplativosti FTTH poslovnog modela kroz više godina. Latorov model je napravljen za slučaj izgradnje P2MP topologije svjetlovodne mreže sa GPON tehnologijom.



Slika 17 - Struktura FTTH poslovnog modela [16]

Struktura FTTH poslovnog modela je prikazana slikom 17 i podjeljena je u 5 modula koji će biti dalje opisani:

- FTTH pristupna mreža
- geodemografske kategorije naselja
- potražnja za uslugama
- agregacijska i jezgrena mreža
- ekonomski pokazatelji

### **FTTH pristupna mreža**

U modulu FTTH pristupna mreža radi se izračun tehničkih parametara sastavnih dijelova pristupne mreže. To obuhvaća GPON korisničku i mrežnu opremu unutar infrastrukture za polaganje kablova unutar zgrada, optičke kablove i infrastrukturu digitalne telekomunikacijske kanalizacije (DTK). Podaci koji su neophodni za ovaj modul su geodemografski parametri (broj kućanstava, njihova gustoća i vrsta stambenih zgrada) i parametri potražnje za uslugama putem FTTH mreže. Pod te parametre spadaju broj aktivnih priključaka koji određuju potrebnu količinu GPON korisničke opreme i vrste usluga koje se mogu dati korisniku. [16]

### **Geodemografske kategorije naselja**

Geodemografske kategorije naselja i povezana geodemografska obilježja koja su bitna za ovaj modul su navedena u prethodnom poglavlju. Još jedan parametar koji je bitan za izračun zemljopisnog rasporeda jezgrenih i agregacijskih prijenosnih mreža je položaj ciljanih naselja po županijama. [16]

### **Potražnja za uslugama**

Kod predviđanja potražnje za uslugama uzima se parametar broja aktiviranih FTTH priključaka u odnosu na ukupan broj izvedenih priključaka po kućanstvu (eng. take-up rate) također se uzima parametar struktura usluga po vrstama i očekivani prosječni prihodi po korisniku (eng. *Average Revenue per User - ARPU*). Osim usluga pružanja pristupa internetu predviđeno je i pružanje multicast distribucije IPTV programa standardne i visoke rezolucije te uobičajena telefonija izvedena preko VoIP tehnologije. [16]

### **Agregacijska i jezgrena mreža**

Ovaj modul, osim mrežne opreme koja obavlja funkciju usmjeravanja prometa u prijenosnoj mreži (eng. *routers i switches*), obuhvaća i dimenzioniranje prijenosnih veza čiji se kapaciteti mijenjaju prema potrebama prometa. Zbog utjecaja operatora sa značajnom tržišnom snagom na tržištu predpostavlja se da je u agregacijskom segmentu prijenosna mreža

izvedena sa Metro Ethernet tehnologijom s izravnim prijenosom po agregacijskim optičkim vlaknima. U jezgrenom djelu mreža je izvedena na osnovi prijenosa po SDH (*eng. Synchronous Digital Hierarchy - sinkronizirana digitalna hijerarhija*) hijerarhijskim razinama. Prostorno je predviđeno za agregacijski dio mreže da obuhvati veze iz pristupnih čvorova prema središnjim čvorovima u središtima svih pokrivenih županija. Jezgrena mreža obuhvaća veze između regionalnih središta (Zagreb, Split, Rijeka i Osijek) i između županijskih središta, odnosno regionalnih središta međusobno i prema međunarodnim IX čvorovima za razmjenu internet prometa (*eng. Internet eXchange - IX*)

Kapacitet Agregacijske i jezgrene mreže se izračunava na osnovu ulaza iz geodemografskog modula (broj i pozicija naselja) i modula potražnje za uslugama (volumen usluga). [16]

### **Ekonomski pokazatelji**

Modul ekonomskih pokazatelja daje osnovne pokazatelje za daljnu analizu FTTH poslovnih modela. Ti pokazatelji su sljedeći:

- kapitalni troškovi (*eng. Capital Expenditures – CAPEX*) - u FTTH modelu ovi troškovi obuhvaćaju sve jednokratne troškove nabave, izgradnje, opremanja, postavljanja i puštanja u radpotrebne infrastrukture i opreme
- operativni troškovi (*eng. Operational Expenditures – OPEX*) - to su svi troškovi koji se ponavljaju i koji su potrebni za nesmetano funkcioniranje infrastrukture i opreme u FTTH modelu
- ukupni prihodi - svi prihodi svih korisnika u nekom razdoblju
- neto sadašnja vrijednost (*eng. Net Present Value - NPV*) - je kumulativni zbroj diskontiranih tokova novca FTTH modela u nekom razdoblju sa definiranom diskontnom stopom. Ako je vrijednost pozitivna ona pokazuje da je poslovni model dobar i da se povraćuju ulaganja. Dok negativna stopa te vrijednosti pokazuje na model koji ne ostvaruje povrat ulaganja
- Vrijeme povrata investicije (*eng. Return of Investment - ROI*) - to je razdoblje u kojem se ostvaruje povrat investicija [16]

Pod kapitalnim troškovima koji su obuhvaćeni unutar modula poslovnog modela FTTH mreže spadaju:

- Izgradnja i opremanje DTK infrastrukture za smještaj optičkih kablova pod što spada iskop i sanacija trase DTK, zdenci u kojima se pristupa i manipulira kablovima, cijevi za



smještaj kabela, vanjski kabineti za smještaj pasivne optičke opreme (*eng. splitter*, ODF ako su naselja slabo nastanjena. U kategorijama sa većom gustoćom naseljenosti (urbane sredine) oprema se smješta unutar stambenih zgrada

- nabava, postavljanje optičkih kablova i spajanje i testiranje optičkih vlakana
- stvaranje infrastrukture za polaganje svjetlovodnih vlakana u stambenim zgradama te spajanje i testiranje optičkih vlakana. U tu infrastrukturu spadaju nadžbukne vodilice, prospojnici optičkih vlakana
- pasivni razdjelnici u pristupnoj mreži i GPON mrežna oprema u pristupnim čvorovima - OLT (*eng. Optical Line Termination*) [16]

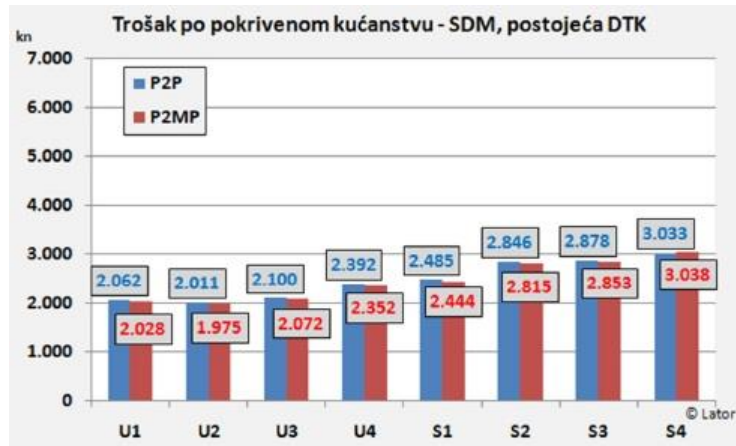
Ovi troškovi su općeniti slučaj izvođenja optičkog vlakna do krajnjeg korisnika sa postavljanjem potrebne GPON aktivne opreme (OLT) na mrežnoj strani. Priključak u početku ne mora biti aktivan tj. korišten od strane korisnika. Korisnička oprema za GPON (*eng. Optical Network Unit - ONU*) nije uključena u proračun kapitalnih investicija po izvedenom priključku. Nabava te opreme predviđa se u trenutku aktiviranja priključka. Ovime je izbjegnuta ovisnost proračuna početnih kapitalnih investicija po pojedinom priključku o udjelu aktivnih FTTH priključaka (*take-up rate*). [16]

Dobar poslovni model ne čini samo broj pretplatnika nego i broj usluga po pretplatniku koje se koriste. Veći broj usluga povećava dobit i privlačnost pojedinog operatera korisnicima. Prosječna dobit po korisniku je jako važna mjera kod planiranja i održavanja FTTH poslovnog modela ali osim ARPU-a jako važna je i razina marže. Marža je ovisna o izvoru proizvoda a i o samoj kvaliteti. Prihodi mogu biti veći ako se usluge proizvode vlastitim sredstvima ali kvaliteta je moguće bolja kod trećih strana kojima je to jezgreni posao. Stoga je potrebno pronaći ravnotežu između kvalitete, izvora i cijene usluga. FTTH mreže sa svojim velikim propusnim brzinama pružaju prilike stvarateljima i davateljima usluga da stvore nove usluge sa dodanim vrijednostima i time povećaju prihode. [18]

#### **4.6 Troškovi izgradnje svjetlovodne mreže po pokrivenom kućanstvu**

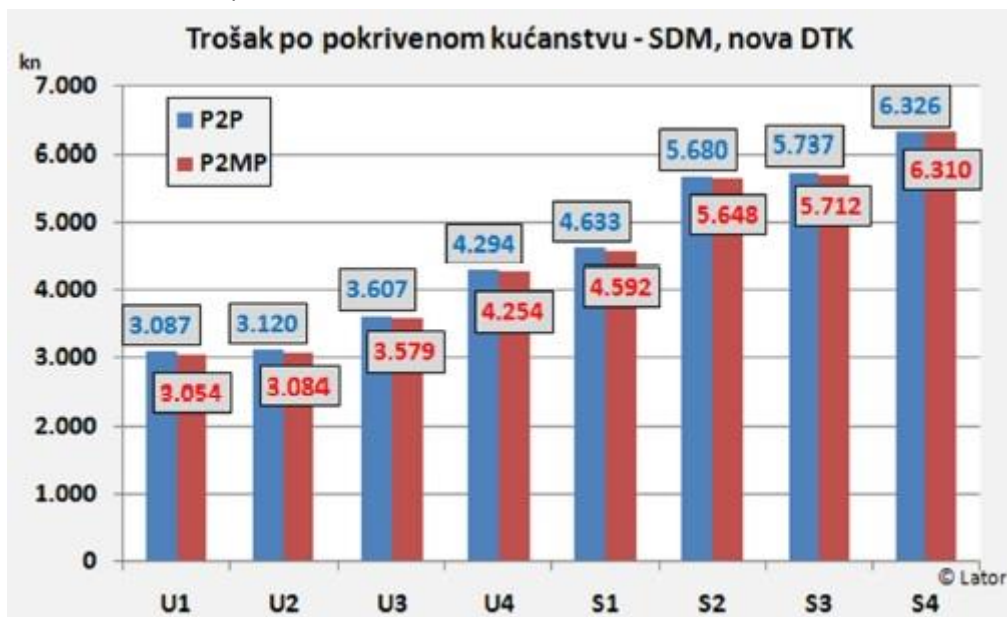
U urbanim i suburbanim područjima (U1-U4 i S1-S4) predviđa se postavljanje svjetlovodnih vodova samo u DTK mrežu. Mogućnost izgradnje nadzemne mreže na stupovima se ne razmatra jer zbog urbanističkih propisa u nekoliko gradova i općina koje obuhvaćaju naselja u navedenim geotipovima propisana obveza gradnje podzemne mreže za razvod telekomunikacijskih kabela

Dalje su za geotipove U1-S4 prikazani investicijski troškovi izgradnje SDM djela mreže. Na slici 18 je predpostavljena dostupnost postojeće DTK mreže dovoljnog kapaciteta u koju se polažu svjetlovodni kabeli. Kao što se vidi troškovi izgradnje svjetlovodne mreže u rjeđe naseljenim kategorijama S3-S4 su 25-30% veći u odnosu na urbane kategorije U1-U3.[2]



Slika 18 - Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), polaganje svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu [2]

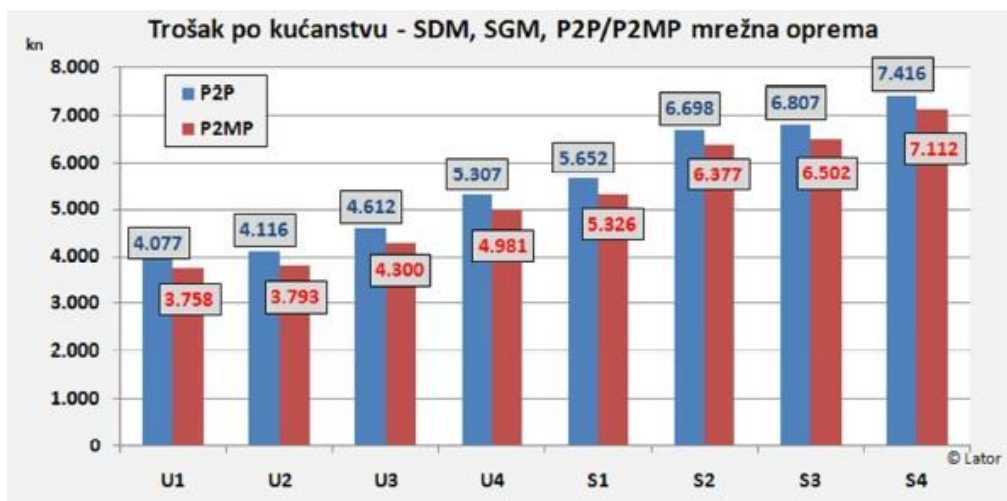
Na slici 19 je predpostavljeno građenje nove DTK mreže sa mikrocjevnim strukturama izravno položenim u tlo. Ti se troškovi često nazivaju troškovima pasivne mreže. Ovi investicijski troškovi obuhvaćaju sve troškove nabave, ugradnje i postavljanja potrebne opreme u SDM djelu mreže, kućnu instalaciju do prostora krajnjeg korisnika, izgradnju i opremanje DČ-a. U drugom slučaju u kojem je DTK mreža ne postojeća obuhvaćaju se i troškovi izgradnje nove DTK infrastrukture. U oba slučaja nisu uključeni troškovi SGM djela mreže(LČ, Ethernet, PON). [2]



Slika 19 - Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), izgradnja nove DTK mreže [2]

Razlike u troškovima između P2P i P2MP su minimalne. Troškovi P2P su veći zbog infrastrukturnog opremanja distribucijskih čvorova zbog potreba uvođenja strujnog napajanja i klimatizacije. Iz grafa je vidljivo da postojanje stare DTK mreže uvelike smanjuje nove troškove po pokrivenom kućanstvu od 33% u geotipu U1 do 51% u geotipu S4 u odnosu na situaciju gdje ne postoji DTK.. Isto tako se vidi da sa padom broja korisnika i gustoće naseljenosti rastu i jedinični troškovi po pokrivenom kućanstvu te da suburbana područja kategorija S2-S4 imaju 90-110% veće troškove u odnosu na naselja urbane kategorije U1 i U2.

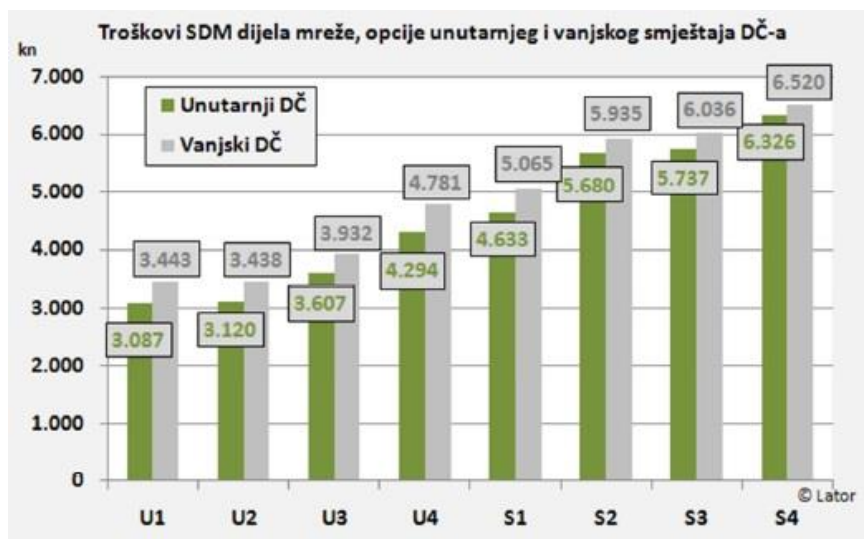
Na slici 20 prikazani su investicijski troškovi koji osim SDM i DČ uključuju i troškove SGM djela mreže, opremanje LČ-a i troškove Ethernet i PON mrežne opreme (uobičajeno nazvani troškovima aktivnog operatera). Zbog razlika u cijeni Ethernet i PON mrežne opreme (uključujući i korisničke uređaje), troškovi P2P mreža su, ovisno o geotipu, najviše 8,5% veći od P2MP mreža. Isto tako se vidi kao i u prethodnim situacijama da troškovi rastu za skoro 90% kod S4 kategorije u odnosu na U1. [2]



Slika 20 - Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM, SGM i P2P/P2MP mrežna oprema, pretpostavljena izgradnja nove DTK mreže [2]

### Smještaj DČ-ova u vanjske kabinete

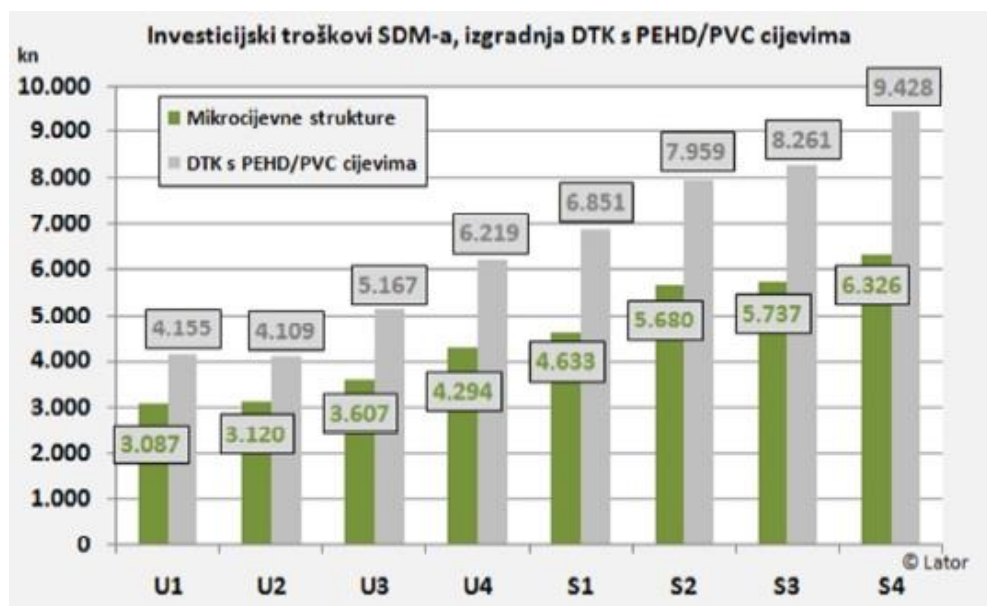
U prethodnim slučajevima pretpostavljeno je smještanje DČ-a u unutarnjim tehnološko opremljenim prostorima. Ako se distribucijski čvorovi smještaju u vanjske kabinete i gradi se SDM dio mreže sa P2P topologijom i novom DTK mrežom troškovi su prikazani grafom na slici 21. Vidi se da se smještanjem DČ-ova u vanjske kabinete donose povećani troškovi od 3-12 %, ponajviše u urbanim prostorima zbog povećane potrebe za prostorom unutar vanjskih kabineta u urbanim mjestima sa povećanim brojem kućanstava po DČ-u. [2]



Slika 21 - Investicijski troškovi po kućanstvu - SDM dio mreže, P2P topologija, prema smještaju DČ-a [2]

### Izgradnja standardne DTK mreže s PEHD/PVC cijevima

Prema slici 22 se vidi da su troškovi izgradnje FTTH pristupne mreže uz izgradnju standardne DTK mreže sa PEHD i PVC cijevima od 30-50% veći u odnosu na DTK mrežu sa mikrocevnom infrastrukturom te potvrđuju troškovnu učinkovitost opcije mikrocevne infrastrukture koje se polažu u zemlju. [2]



Slika 22 - Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM dio mreže, P2P topologija, opcija izgradnje DTK sa standardnim PEHD/PVC cijevima [2]

## 5. Tržišni interes za izgradnju FTTH mreža i potreba za poticajima

Ekonomska održivost obuhvaća i postojanje tržišnog interesa za izgradnju i pružanje usluga putem FTTH mreža. Zbog zakonskih regulacija se pretpostavlja da će pored infrastrukturnog operatora koji gradi mrežu usluge pružati i alternativni operateri koji ostvaruju pristup putem fizičkog ili bitstream pristupa na različitim razinama mreže. U geotipovima i analizama u kojima se utvrdi neisplativost poslovnog modela pokušavaju se pronaći potrebni vanjski poticaji kojima bi se poslovni model učinio održivim.

### 5.1 Poticanje izgradnje širokopojasne infrastrukture

Izgradnja širokopojasne infrastrukture se može izvesti kroz nekoliko poticajnih investicijskih modela kojima se definira odnos između organa javnih vlasti i privatnih poduzetnika. U te odnose spadaju odgovornosti za izgradnju i upravljanje infrastrukturom, investicijski udjeli i stjecanje i zadržavanje vlasništva nad izgrađenom infrastrukturom. Ti modeli su sljedeći:

- **Privatni DBO (eng. design, build and operate – planiraj, izgradi i upravlja) model** – kod ovog modela nema značajnijeg uplitanja organa javne vlasti tijekom provedbe projekta jer se pravo izgradnje i upravljanja infrastrukturom te pravo zadržavanja vlasništva nad tom infrastrukturom daje privatnim operatorima, korisnicima potpora. Zaštita javnog interesa je ograničena.
- **Model vanjskih usluga (outsourcing)** – sličan privatnom DBO modelu ali nakon isteka ugovora infrastruktura koja je izgrađena poticajima ostaje u javnom vlasništvu.
- **Model zajedničkog ulaganja** – ovime se podrazumjeva zajedničko ulaganje tijela javne vlasti i privatnika. Ovako se može uravnotežiti javni interes pokrivanja države, regije ili određenog područja širokopojasnom infrastrukturom i privatni interes ostvarivanja ekonomske dobiti.
- **Javni DBO model** – uključuje sve slučajeve u kojima je izgradnja, upravljanje, održavanje i vlasništvo nad infrastrukturom spada pod javno vlasništvo. Zahtijeva jako veliko sudjelovanje administracije i tehničkih kapaciteta unutar organa javne vlasti, ali omogućuje očuvanje javnih interesa.
- **Model odozdo prema gore** – skupina krajnjih korisnika na manjem području koja samostalno organizira izgradnju širokopojasne infrastrukture i ima cjelokupnu kontrolu nad provedbom projekta. Javna tijela su isključena iz planiranja i izgradnje projekta a javna sredstva su dodjeljena skupini koja upravlja projektom. Izvor

financiranja su često sami korisnici. Za samu provedbu obično se odabire telekom operater sa potrebnim znanjima i iskustvom. [19],[15]

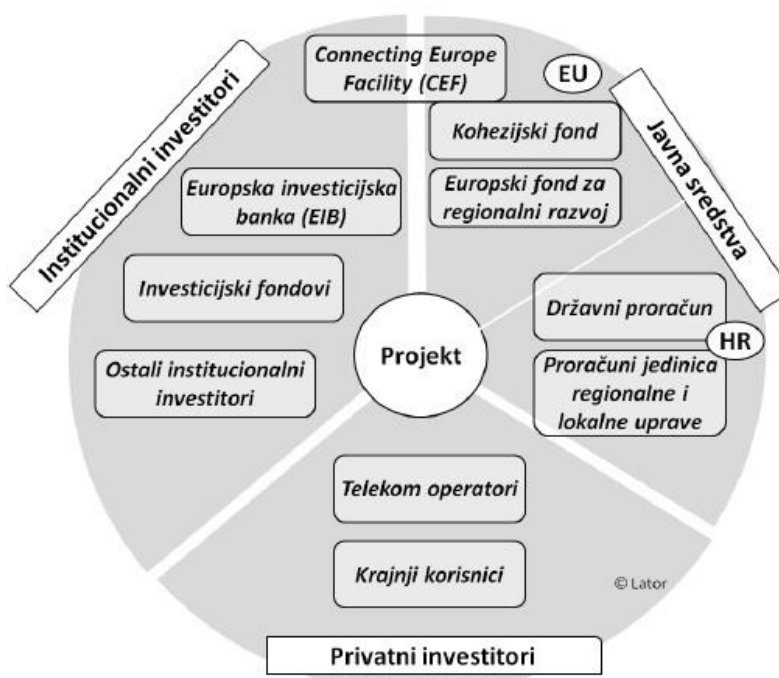
Primjena ovih modela ovisi o stanju na tržištu. Javni DBO model se koristi kada bi primjena drugih modela dala prevelike prednosti jednom privatnom operatoru, kao kod izgradnje temeljne infrastrukture (DTK mreže) ili kod izgradnje ekonomski neisplative infrastrukture u ili prema naseljima koja su rijetko naseljena. [15]

Privatni DBO model je koristan kada operatori već posjeduju temeljnu infrastrukturu kao što su npr. parična ili radijska pristupna mreža pa je uz javne poticaje moguće unaprijediti postojeću mrežu u svrhu ostvarivanja javnih interesa kao što su povećanje pokrivenosti, broja korisnika, povećanje brzine itd.

Model zajedničkog ulaganja se koristi kod održivih poslovnih modela izgradnje FTTH mreže gdje tijela javne vlasti, uglavnom lokalne, svojim sudjelovanjem olakšavaju privatnicima ulaganja u infrastrukturu. Ovaj model se u pravilu ne smatra javnom potporom,

Unutar nekog projekta moguća je kombinacija više poticajnih modela gdje se npr. DTK izgrađuje putem javnog modela a upravljanje se prepušta privatnom operatoru putem modela vanjskih usluga. [15]

## 5.2 Izvori financiranja za projekte koji koriste poticaje



Slika 23 – Shematski prikaz mogućih izvora financiranja projekata izgradnje širokopolasne infrastrukture [15]

Slikom 23 su shematski prikazani izvori financiranja za projekte koji koriste poticaje te se mogu podijeliti u tri skupine:

- **Javna sredstva** – sva proračunska sredstva na nacionalnoj razini, regionalnoj županijskoj razini te lokalnoj razini gradova i općina i sva sredstva investirana od tvrtki u javnom vlasništvu. Pod javna sredstva spadaju i sredstva iz europske unije (Europski fond za regionalni razvoj (EFRR, eng. ERDF) i Europski socijalni fond - ESF te EU kohezijski fond (KF, eng. CF)). Sa članstvom u europskoj uniji Hrvatska će dobiti mogućnosti financiranja projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture iz EU fondova do udjela od 85% a preostala sredstva će morati biti osigurana iz Hrvatskih izvora.
- **Privatna sredstva** – su sredstva privatnih operatora na tržištu i sredstva krajnjih korisnika u krajnjim djelovima mreže na manjim područjima.
- **Sredstva institucionalnih investitora** – pod ove izvore financiranja spadaju banke i razni oblici investicijskih fondova a tu spadaju i socijalni i mirovinski fondovi. Pošto su interesi ovih investitora samo ekonomska dobit oni sudjeluju u projektima izgradnje samo u gusto naseljenim područjima (crna područja) tj. u područjima gdje postoje održivi poslovni modeli. Banke mogu biti uključene kao kreditori od kojih se osiguravaju sredstva za izvođenje projekata. [15]

Pregled karakteristika ovih modela dan je u sljedećoj tablici (tablici 4). Za svaki investicijski model je prikazano tko je vlasnik infrastrukture nakon izvođenja projekta te kakva je mogućnost nadzora javnog sektora nad tim projektom. Isto tako je prikazano kolika razina stručnog znanja je potrebna za uspješno provođenje projekta i koje prostorno područje može obuhvatiti koji model a da bi ostao održiv.

Tablica 4 - Karakteristike investicijskih modela [15]

Investicijski model	Vlasništvo nad infrastrukturom	Mogućnost nadzora javnog sektora nad projektom	Zahtijevana razina stručnog znanja u javnom sektoru za provođenje projekta	Optimalni prostorni obuhvat projekta
Odozdo prema gore (Bottom-up)	kombinirano javno/privatno *	dobra	niska	vrlo mali
Privatni DBO	privatno	ograničena	niska	veliki
Vanjska usluga (outsourcing)	javno	dobra	srednja	veliki
Zajedničko ulaganje	kombinirano javno/privatno	dobra	srednja	srednji
Javni DBO	javno	potpuni nadzor	visoka	srednji

\* Javno vlasništvo nad infrastrukturom kod modela odozdo prema gore podrazumijeva vlasništvo lokalne zajednice korisnika koja provodi projekt te se razlikuje od javnog vlasništva kod projekata većeg prostornog obuhvata, kada su predstavnici javnog vlasništva i interesa tijela državne ili lokalne uprave.

Sa smanjenjem broja stanovnika i gustoće naseljenosti udjeli potpora i javnih sredstava u financiranju projekata se povećavaju ponajviše u bijelim područjima i dosežu udjele od 100%. Udio privatnih ulaganja se povećava u gušće naseljenim sivim i crnim područjima a udio javnih potpora opada. U crnim područjima javna sredstva mogu biti uložena po tržišnim uvjetima bez da ih se smatra kao državne potpore zbog ostvarivanja dobiti i povratka ulaganja.[14]

Kod izgradnje telekomunikacijske infrastrukture troškovi građevinskih radova čine najveći udio u ukupnim troškovima izgradnje širokopolasne mreže velike brzine. Zbog toga treba smanjiti administrativne (Dugotrajne procedure dobivanja potrebnih dozvola i suglasnosti) i operativne prepreke kako bi se umanjili troškovi izgradnje.[14]

Prednosti i koristi dostupnosti širokopolasnog pristupa velikih brzina nisu poznate ni korisnicima ni tijelima javne vlasti na lokalnoj i županijskoj razini. Potrebo je obrazovati lokalne i županijske uprave kako mogu unaprijediti razvoj i kakvoću života na vlastitom području uz izgradnju nove širokopolasne infrastrukture, te kako iskoristiti razne europske fondove i kako privući strane investitore. [14]

Razvijanje novih usluga koje zahtijevaju velike brzine pristupa su jako značajne za gospodarski razvoj Republike Hrvatske. Osiguranje potpune pokrivenosti širokopolasnim pristupom je ambiciozan cilj koji zahtjeva izgradnju NGA mreža.

Dostupnost širokopolasne pristupne infrastrukture je osnovni preduvjet za gospodarski i društveni razvoj države. Jedna od jako važnih odrednica strategije za razvoj širokopolasnog pristupa je ravnomjeran razvoj u svim djelovima Republike Hrvatske. [14]



## 6. Case Study: analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području Svete Klare

U ovom poglavlju istražuje se isplativost uvođenja svjetlovodne pristupne mreže u naselju Sveta Klara, koristeći se Lator-ovim troškovnim modelom i podacima iz ankete koja je provedena kroz tjedan dana u kolovozu 2017. Anketa u kojoj je sudjelovalo 176 ispitanika je provedena od vrata do vrata i preko mobilnih/email poruka. U anketi je postavljeno 12 pitanja pomoću kojih je bilo utvrđeno postojeće stanje pristupnih mreža, vrste usluga koje se koriste i kod kojeg operatera. Dalje je bila utvrđena cijena tih usluga te zadovoljstvo korisnika tim uslugama. Istražuje se zainteresiranost ispitanika za uvođenjem bržih usluga putem svjetlovodne pristupne mreže i cijena koju su spremni platiti za te usluge. Iz toga se izvodi zaključak o isplativost izgradnje svjetlovodnih mreža u Svetoj Klari.

Kako bi se mogla analizirati isplativost uvođenja svjetlovodne mreže potrebno je odrediti geodemografski tip (tablica 5) naselja koje se želi analizirati. Osnovni kriterij pri podjeli naselja u geotipove je veličina naselja po broju stanovnika i gustoća naseljenosti. Pritom je potrebno voditi računa da unutar pojedinog geotipa prevladavaju jednake karakteristike stanovanja (kuće ili zgrade).

### 6.1 Geodemografske karakteristike naselja

Tablica 5 - Pregled geodemografskih karakteristika kategorija naselja [2]

Oznaka geotipa	Raspon broja stanovnika u naseljima	Pros. gustoća naseljenosti (stan/km <sup>2</sup> )	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, Deletovci, ...
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, ...

Sveta Klara ima 9560 stanovnika iz popisa stanovništva iz 2011. te administrativnu površinu od 5.5 km<sup>2</sup>. Gustoća naseljenosti je procijenjena na oko 2500 st/km<sup>2</sup> jer je većina stanovnika u naselju Sveta Klara koncentrirana u 3 područja kao što se može vidjeti na slikama u poglavlju 3.

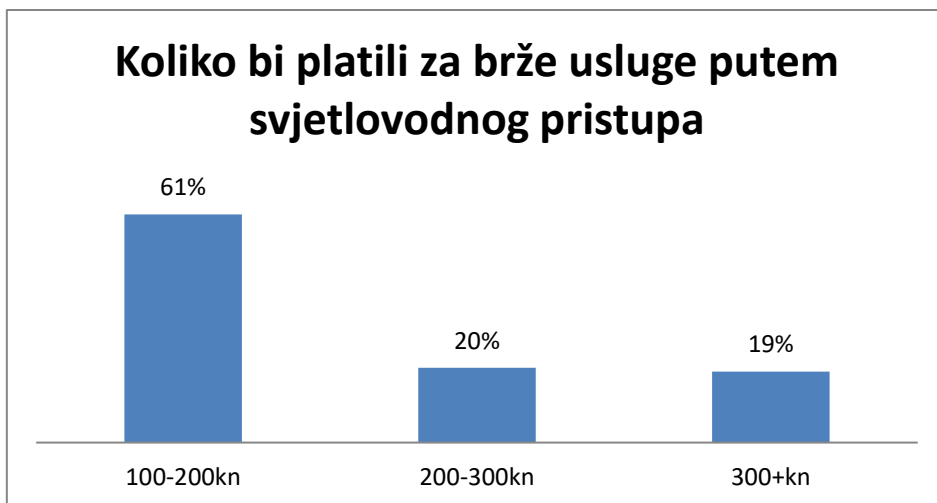
U Svetoj Klari prevladavaju stambene kuće i jako mali broj zgrada (oko 30 zgrada do 3 kata).

Ako uzmemo jedinične troškove po izvedenom priključku sa izgradnjom nove DTK, jer Sveta Klara nema DTK, za geotip S2 koji iznose 5648kn i pomnožimo sa brojem mogućih korisnika (2500 kućanstava) dobiti ćemo inicijalne kapitalne troškove od 14 120 000kn za pokrivanje cijelog naselja svjetlovodnom pristupnom mrežom..

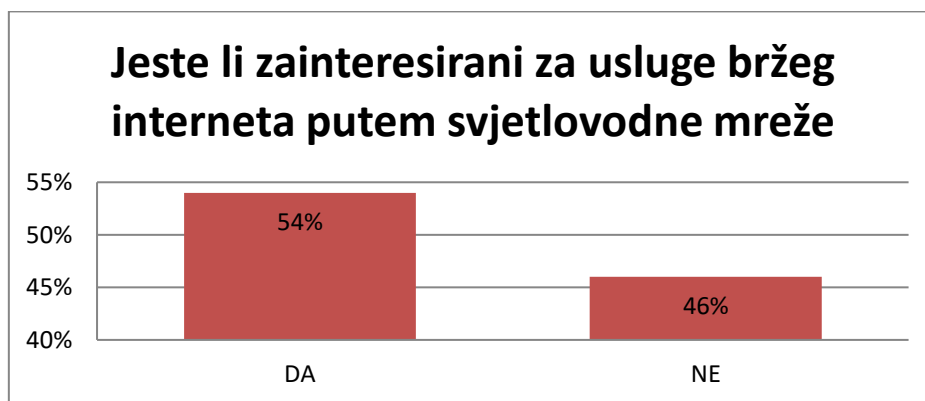
## **6.2 Prosječni prihodi po korisniku (ARPU)**

Jedan od najbitnijih parametara kod analize poslovnih modela FTTH mreža je prosječan prihod po korisniku (*ARPU - eng. Average Revenue per User*). Pod ARPU spadaju svi prihodi od usluga koje koriste pretplatnici. Te usluge su: govorna usluga sad apreko VoIP-a, širokopojasni internet velikih brzina, SD(*eng. standard definition - standardna razlučljivost*) i HD(*eng. High Definition - visoka razlučljivost*) IPTV (*eng. Internet Protocol Television - televizija preko internet protokola*).

Na upit koliko bi platili za usluge bržeg interneta putem svjetlovodne mreže prema grafu 9 ispitanici su odgovorili sljedeće: njih 19% bi platili od 200-300kn a 20% 300+kn dok većina od 61% želi plaćati od 100 - 200 kn što je poprilično manje od njihovih sadašnjih plaćanja za xDSL pristup. U odnosu na cijene koje korisnici plaćaju sada za xDSL usluge vidimo želje korisnika za smanjivanjem cijena usluga. Tako vidimo pad sa 27% na 10% korisnika koji žele plaćati 300+kn za usluge. Isto tako se vidi pad sa 55% na 20% korisnika koje bi plaćali između 200 i 300 kn mjesečno. Dok se broj korisnika koji žele plaćati od 100 do 200kn povećava sa 17% na 61%.



Graf 9 - Željena cijena usluga putem svjetlovodnog pristupa



Graf 10 - Zainteresiranost za uslugama putem svjetlovodne mreže

Prema grafu 10 za uvođenje brže svjetlovodne pristupne mreže prevladava osrednja zainteresiranost. 54% ispitanika je zainteresirano dok 46% nije. Kao što je prikazano u prethodnim grafovima prema rezultatima provedene ankete većina korisnika nije zainteresirana za plaćanje većih cijena nego što plaća sada za trenutne usluge putem xDSL parične mreže već nasuprot tome žele poprilično veliki pad u troškovima pristupa internet uslugama čime se znatno otežavaju potrebna ulaganja u svjetlovodnu pristupnu mrežu zbog neisplativosti poslovnog modela ili relativno male dobiti.

Sa obzirom na podatke iz ankete prema grafu 5 61% kućanstava od 2500 što je 1525 bi plaćalo prosječno 150 kuna što daje prihode od 228 750kn, 20% bi plaćalo 250kn što daje prihode od 125 000kn a preostalih 19% bi plaćalo 300kn čime se dobivaju prihodi od 142 500kn. Ukupni maksimalni prihodi za cijelo naselje bi iznosili 496 250 kn mjesečno što daje

godišnje prihode od 5 955 000 kn. Prema ovim podacima investicija od 14 120 000 bi se trebala vratiti za oko 2,5 godine.

Ako uzmemo da je samo 54% korisnika, što čini 1350 kućanstava, zainteresirano za usluge putem svjetlovodne pristupne mreže onda dobivamo mjesečnu računicu od  $123450+67500+76950=267\ 900$ kn mjesečno što daje prihode od 3 214 800 kn godišnje čime bi se troškovi izgradnje mreže od 14 120 000 kn pokrili u vremenskom razdoblju od 4,5 godine.

## 7. Zaključak

Potreba za sve većim pristupnim brzinama pristupa internetu naglo raste zbog povećanja broja usluga koje zahtijevaju veliku propusnost mreža ako se želi veća kvaliteta i bolje iskustvo korištenja. Ulaganja su relativno mala u dužem vremenskom razdoblju a troškovi za krajnjeg korisnika poprilično veliki. Hrvatski korisnici izdvajaju 2.9% BDP u odnosu na europskih 1.2% BDP za usluge širokopojasnog pristupa internetu. U RH je većina priključaka nepokretne mreže izvedena putem starih xDSL tehnologija i bakrenih parica a samo 6% putem svjetlovodne mreže. Udio operatora sa značajnom tržišnom snagom opada iz godine u godinu ali još drži veliki udio od 46%.

Planiraju se velika ulaganja, od strane države i uz potporu fondova europske unije, u izgradnju svjetlovodnih pristupnih mreža u slabije naseljenim područjima koja nisu isplativa za privatne operatere. Time bi se značajno trebalo popraviti stanje širokopojasnog pristupa velikim brzinama i pokriti većinu ruralnog stanovništva koje do sada nije imalo pristup ili je imalo pristup malim brzinama od 2 Mbit/s.

U Svetoj Klari svjetlovodna mrežna infrastruktura nije uvedena. Sva pokrivenost je izvedena putem xDSL tehnologija, brzine prijenosa se kreću od 4 do 20 Mbit/s. Prema izračunu troškova uvođenja svjetlovodnih pristupnih mreža sa Latoro-vim modelom vidi se da bi se investicija isplatila u roku 2,5 godine godine ako bi se pokrilo cijelo područje Svete Klare i ako bi svi korisnici migrirali na FTTH mrežu po cijenama koje su spremni platiti za nove usluge prema podacima iz ankete. U drugom slučaju ako uzmemo prema podacima iz ankete u kojima samo polovica mogućih korisnika želi usluge putem svjetlovodne pristupne mreže a mora se izgraditi cijela pristupna mreža jer su korisnici raspršeni kroz cijelo naselje onda se dobiva vremenski period od 4,5 godine za povrat uložene investicije. Uzimajući u obzir da je prema anketi polovica korisnika u kratkoročnom razdoblju zadovoljna trenutnim uslugama i ne zahtijeva nove ili jeftinije usluge pristupa od onih koje plaćaju sada za xDSL tehnologije, investicija nije isplativa.

## Literatura

- [1] Bažant, A., G. Gledec, Ž. Ilić, G. Ježić, M. Kos, M. Kunštić, I. Lovrek, M. Matijašević, B. Mikac, V. Sinković. Osnovne arhitekture mreža, Element, Zagreb, 2007.
- [2] Tehno-ekonomska obilježja izgradnje FTTH mreža, Lator d.o.o (pristupljeno kolovoz 2017)  
[https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija\\_Tehno-ekonomska%20obilje%C5%BEja%20izgradnje%20FTTH%20mre%C5%BEa-v%201%200.pdf](https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2012/studije/Studija_Tehno-ekonomska%20obilje%C5%BEja%20izgradnje%20FTTH%20mre%C5%BEa-v%201%200.pdf)
- [3] Popis Broja stanovnika (pristupljeno kolovoz 2017)  
[http://www.zgizbori.hr/izbori/zgizborilokalni13.nsf/0/916FE48BF01BE3AEC1257B480051BB60/\\$FILE/Broj\\_stanovnika\\_po\\_gradskim\\_cetvrtima\\_i\\_mjesnim\\_odborima\\_Popis.pdf](http://www.zgizbori.hr/izbori/zgizborilokalni13.nsf/0/916FE48BF01BE3AEC1257B480051BB60/$FILE/Broj_stanovnika_po_gradskim_cetvrtima_i_mjesnim_odborima_Popis.pdf)
- [4] Prikaz korištenja brzina širokopojasnog pristupa (pristupljeno kolovoz 2017)  
<http://mapiranje.hakom.hr/hr-HR/StatistickiPrikaz#sthash.27fMdf5s.dpbs>
- [5] Područja dostupnosti širokopojasnog pristupa (pristupljeno kolovoz 2017)  
<http://mapiranje.hakom.hr/hr-HR/SirokopojasniPristup#sthash.MzoJXH02.5AGGRymq.dpbs>
- [6] Tromjesečni usporedni podaci tržišta elektroničkih komunikacija u Republici Hrvatskoj za Q2 2017 (pristupljeno kolovoz 2017)  
[https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2017/e\\_trziste/Tromjese%C4%8Dni%20usporedni%20podatci%20za%20tr%C5%BEi%C5%A1te%20elektroni%C4%8Dkih%20komunikacija%20RH,Q22017.pdf](https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2017/e_trziste/Tromjese%C4%8Dni%20usporedni%20podatci%20za%20tr%C5%BEi%C5%A1te%20elektroni%C4%8Dkih%20komunikacija%20RH,Q22017.pdf)
- [7] [https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/Sirokopjasni-pristup.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/Sirokopjasni-pristup.pdf) (pristupljeno kolovoz 2017)
- [8] [http://arhiva.ericsson.hr/etk/revija/Br\\_1\\_2010/02.pdf](http://arhiva.ericsson.hr/etk/revija/Br_1_2010/02.pdf) (pristupljeno kolovoz 2017)
- [9] Europe's Digital Progress Report 2017 (pristupljeno kolovoz 2017)  
[http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc\\_id=44293](http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=44293)
- [10] Europe's Digital Progress Report - 2017 (pristupljeno kolovoz 2017)  
[http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc\\_id=44461](http://ec.europa.eu/newsroom/document.cfm?doc_id=44461)
- [11] [https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator\\_HAKOM\\_studija\\_N-VV-3\\_10.pdf](https://www.hakom.hr/UserDocsImages/2010.g/Zeno/Studije/Lator_HAKOM_studija_N-VV-3_10.pdf)

- [12] Ulaganja u širokopojasni pristup, Lator, 2011 (pristupljeno rujan 2017)  
[https://www.hakom.hr/UserDocImages/2011/Studije/UL-LATOR-SD-AT-HAKOM\\_studija\\_ulaganja%20u%20%C5%A0PI-v.1.0..pdf](https://www.hakom.hr/UserDocImages/2011/Studije/UL-LATOR-SD-AT-HAKOM_studija_ulaganja%20u%20%C5%A0PI-v.1.0..pdf)
- [13] Pravilnik o tehničkim i uporabnim uvjetima za svjetlovodne distribucijske mreže  
[http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010\\_09\\_108\\_2882.html](http://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2010_09_108_2882.html)
- [14] Strategija razvoja širokopojasnog pristupa u Republici Hrvatskoj u razdoblju od 2016. do 2020. godine  
<http://www.mppi.hr/UserDocImages/Strategija-sirokopojasni-pristup2016-2020-usvojeno%20na%20VRH.pdf> (pristupljeno kolovoz 2017)
- [15] Odabir najpovoljnijih modela financiranja i poticajnih mjera za ulaganja u infrastrukturu širokopojasnog pristupa, Lator, studeni 2012 (pristupljeno kolovoz 2017)
- [16] Studija FTTH poslovnih modela u Hrvatskoj, Lator, srpanj 2010 (pristupljeno kolovoz 2017)
- [17] Sveta Klara administrativno područje (pristupljeno kolovoz 2017)  
<https://www.google.hr/maps/place/Sveta+Klara,+Zagreb/@45.7606351,15.9472774,14z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x4765d5ca26f8248d:0x947199671cee634f!8m2!3d45.7612064!4d15.9587387>
- [18] FTTH Business guide v5 (pristupljeno kolovoz 2017)  
[http://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH\\_Business\\_Guide\\_V5.pdf](http://www.ftthcouncil.eu/documents/Publications/FTTH_Business_Guide_V5.pdf)
- [19] Okvirni nacionalni program za razvoj infrastrukture širokopojasnog pristupa u područjima u kojima ne postoji dostatan komercijalni interes za ulaganja  
<http://www.mppi.hr/UserDocImages/VRH-ONP-objava.pdf> (pristupljeno kolovoz 2017)
- [20] Speed Test  
<http://beta.speedtest.net/> (pristupljeno kolovoz 2017)
- [21] Google Earth  
<https://earth.google.com/web/> (pristupljeno srpanj 2017)
- [22] Površina svete klare  
<http://www.zagreb.hr/15-mjesni-odbor-sveta-klara/15058> (pristupljeno travanj 2017)

## Popis kratica

ARPU - prosječni prihod po korisniku, engl. Average Revenue per User  
DPbP - diskontirano razdoblje povrata ulaganja, engl. Discounted Payback Period  
DTK - distributivna telekomunikacijska kanalizacija  
ADSL - asimetrična digitalna pretplatnička linija, engl. Asymmetric Digital Subscriber Line  
FTTH - pristup svjetlovodnim vlaknom do korisnika, engl. Fiber to the Home  
GPON - standard FTTH pristupa, engl. Gigabit Passive Optical Network  
HD - visoka rezolucija TV sadržaja, engl. High Definition  
IPTV - televizija putem IP protokola, engl. Internet Protocol TeleVision  
MDF - glavni razdjelnik u bakrenoj pristupnoj mreži, engl. Main Distribution Frame  
NPV - neto sadašnja vrijednost, engl. Net Present Value  
ODF - svjetlovodni prospojnik, engl. Optical Distribution Frame  
OLT - mrežni element u GPON sustavu u pristupnoj centrali, engl. Optical Line Termination  
ONU - korisnička oprema u GPON sustavu, engl. Optical Network Unit  
P2MP - mrežna topologija točka-više točaka, engl. Point to Multi-Point  
P2P - mrežna topologija točka-točka, engl. Point to Point  
RBO - referentna ponuda za bitstream usluge, engl. Reference Bitstream Offer  
SD - standardna rezolucija TV sadržaja, engl. Standard Definition  
VoIP - prijenos govora putem IP protokola, engl. Voice over Internet Protocol  
DBO - planiraj (dizajniraj), izgradi i upravljaj, eng. Design, build and operate  
ADSL - *Asymmetric Digital Subscriber Line* - asimetrična digitalna pretplatnička linija  
VDSL - Very-high-bit-rate digital subscriber line - digitalna pretplatnička linija sa visokom brzinom prijenosa  
FTTC - Fiber To The Curve - vlakno do ugla  
EPON - Ethernet Passive Optical Network - ethernet pasivna optička mreža  
EFM - Ethernet in the first mile - Ethernet protokol u prvoj milji  
DOCSIS - Data Over Cable Service Interface Specification- specifikacija za prijenos podataka putem kablenskog sučelja  
UMTS - Universal Mobile Telecommunications System - univerzalni mobilni telekomunikacijski sistem  
3G - 3rd Generation - mreže 3. generacije  
4G - 4th Generation - mreže 4. generacije  
LTE - Long Term Evolution - dugoročna evolucija  
WiMAX - Worldwide Interoperability for Microwave Access - svjetska interoperabilnost za mikrovalni pristup  
DAVIC - Digital Audio Video Council - vijeće za digitalni audio i video  
ITU - Internacional Telecommunication Union - međunarodna telekomunikacijska unija,  
ATM forum - Asynchronous Transfer Mode forum -forum za nesinkroni prijenosni mod  
NGA - Next Generationa Acces - pristup sljedeće generacije  
MPoP - Metro Point of Presence - lokalni čvor - LČ  
DP - Distribution Point - distribucijski čvor -DČ  
SDM - Svjetlovodna distribucijska mreža, eng. drop ili terminating segment  
SGM - glavne svjetlovodne mreže, eng. feeder ili distribution segment  
DTK - distribucijske telekomunikacijske kanalizacije  
PEHD - polyethylene high-density - polietilen visoke gustoće  
PVC - Polyvinyl chloride - polivinil klorid  
PON - Passive Optical Network - pasivna optička mreža



WDM PON - Wavelength Division Multiplexing - multipleksiranje sa valnom podjelom  
EDPR - Europe Digital Progress Report - Izvješće o digitalnom razvoju Europe  
HAKOM - Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti  
xDSL - Digital Subscriber Line - digitalna pretplatnička linija, x - neka od DSL tehnologija  
EU - Europe Union - europska unija)  
HT - Hrvatski Telekom  
SDH - Synchronous Digital Hierarchy - sinkronizirana digitalna hijerarhija  
IX - razmjenu internet prometa - Internet eXchange  
CAPEX - kapitalni troškovi - Capital Expenditures  
OPEX - operativni troškovi - Operational Expenditures  
NPV - neto sadašnja vrijednost - Net Present Value  
ROI - Vrijeme povrata investicije - Return of Investment  
DBO - Design, Build and Operate - planiraj, izgradi i upravljaj  
EFRR, eng. ERDF - Europski fond za regionalni razvoj  
ESF - Europski socijalni fond  
KF, eng. CF - EU kohezijski fond  
SD -standard definition - standardna razlučljivost  
HD -High Definition - visoka razlučljivost  
IPTV - Internet Protocol Television - televizija preko internet protokola

## Popis slika

Slika 1 - Topologije pristupnih mreža [1].....	5
Slika 2 – Dijelovi i čvorovi u FTTH mrežama [2].....	6
Slika 3 - Pregled opcija vođenja kabela i smještaja opreme u FTTH mreži [2].....	7
Slika 4 - Struktura P2P FTTH mreže [2].....	10
Slika 5. Struktura P2P FTTH mreže s integriranim čvorovima [2].....	11
Slika 6 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u DČ-u [2].....	11
Slika 7 – P2MP FTTH mreža, pristup alternativnih operatora u LČ-u [2].....	12
Slika 8 - Podaci o povezivosti [9].....	14
Slika 9 - Administrativno područje Svete Klare[17].....	16
Slika 10 - pokrivenost do 30Mbit/s [5].....	17
Slika 11 - Pokrivenost od 30 - 100 Mbit/s [5].....	17
Slika 12 - pokrivenost preko 100 Mbit/s [5].....	18
Slika 13. - Struktura jediničnih troškova FTTH operatora – idealni ekonomski održivi slučaj [2].....	24
Slika 14 - Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s fizičkim pristupom na DČ razini [2].....	25
Slika 15 - Jedinični troškovi FTTH infrastrukturnog i alternativnog operatora s bitstream pristupom na LČ razini [2].....	26
Slika 16 - Jedinični troškovi u FTTH mreži – ekonomski neodrživi slučaj [2].....	27
Slika 17 - Struktura FTTH poslovnog modela [16].....	27
Slika 18 - Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), polaganje svjetlovodnih kabela u postojeću DTK mrežu [2].....	31
Slika 19 - Investicijski troškovi izgradnje SDM dijela FTTH mreže (P2P i P2MP), izgradnja nove DTK mreže [2].....	31
Slika 20 - Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM, SGM i P2P/P2MP mrežna oprema, pretpostavljena izgradnja nove DTK mreže [2].....	32
Slika 21 - Investicijski troškovi po kućanstvu - SDM dio mreže, P2P topologija, prema smještaju DČ-a [2].....	33
Slika 22 - Investicijski troškovi po kućanstvu – SDM dio mreže, P2P topologija, opcija izgradnje DTK sa standardnim PEHD/PVC cijevima [2].....	33
Slika 23 – Shematski prikaz mogudih izvora financiranja projekata izgradnje širokopojasne infrastrukture [15].....	35

## Popis grafova

Graf 1 - Broj priključaka širokopojsnih pristupa internetu putem nepokretne mreže[6] ...	14
Graf 2 - Udio operatora na tržištu u %.....	19
Graf 3 - Brzina pristupa internetu.....	19
Graf 4 - Podjela internet usluga u %.....	20
Graf 5 - Cijena trenutnih usluga.....	20
Graf 6 - Primjećujete li zastajkivanje ili sporo učitavanje stranica i videa.....	21
Graf 7 - Primjećujete li zamućenost ili pikseliziranost video slike.....	21
Graf 8 - Zadovoljstvo trenutnim uslugama.....	22
Graf 9 - Željena cijena usluga putem svjetlovodnog pristupa.....	40
Graf 10 - Zainteresiranost za uslugama putem svjetlovodne mreže.....	40

## Popis tablica

Tablica 1 - Pregled osnovnih karakteristika tržišno najzastupljenijih širokopolasnih tehnologija (1 dio) [15].....	3
Tablica 2 - Pregled osnovnih karakteristika tržišno najzastupljenijih širokopolasnih tehnologija, (2 dio) [15].....	4
Tablica 3. - Osnovni parametri za proračun troškova pružanja FTTH usluga [2].....	23
Tablica 4 - Karakteristike investicijskih modela [15].....	36
Tablica 5 - Pregled geodemografskih karakteristika kategorija naselja [2].....	38

# Prilozi

## Zainteresiranost za uvođenje svjetlovodnih(optičkih) mrežnih usluga u naselju Sveta Klara

1. Kojeg ste spola?

- a) M b) Ž

2. Vaša dob?

- a) 18-35 b) 36-50 c) 51-67 d) 68+

3. Koji je vaš stupanj obrazovanja?

- a) Osnovna škola b) Srednja škola c) Fakultet

4. Ime vašeg trenutnog operatera?

- a) T-com b) Iskon c) H1 d) Amis e) Optima f) \_\_\_\_\_

5. Koje usluge trenutačno koristite kod vašeg operatera?

- a) Telefon b) Telefon+internet c) Telefon+internet+televizija d) Internet

6. Koja je vaša brzina interneta?

- a)do 4Mbit b)do 10 Mbit c) do 20 Mbit d)\_\_\_\_\_

7. Koliko trenutno plaćate usluge vašeg telekom operatera?

- a) 100kn b) 100-150kn c) 150-200kn d) 200-250kn e) 250-300kn f) 300+kn

8. Primjećujete li zastajkivanje ili sporo učitavanje stranica i videa?

- a) DA b) NE

9. Primjećujete li zamućenost ili pikseliziranost video slike?

- a) DA b) NE

10. Jeste li zadovoljni trenutnim uslugama?

- a) DA b) NE

11. Jeste li zainteresirani za uslugu bržeg interneta putem svjetlovodne pristupne mreže?

- a) DA b) NE

12. Koliko biste platili za nove usluge putem svjetlovodne pristupne mreže?

- a)100-200kn b)200-300kn c)300+kn

Komentar:

---

---



Sveučilište u Zagrebu  
Fakultet prometnih  
znanosti  
10000 Zagreb  
Vukelićeva 4

## IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj \_\_\_\_\_ diplomski rad

isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu \_\_\_\_\_ diplomskog rada

pod naslovom **Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže u**

**naselju Sveta Klara**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

Student/ica:

U Zagrebu, \_\_\_\_\_ 18.9.2017 \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
Mario Marić  
(potpis)



Zagreb, 24. travnja 2017.

Zavod: **Zavod za informacijsko komunikacijski promet**  
Predmet: **Planiranje telekomunikacijskih mreža**

## DIPLOMSKI ZADATAK br. 4115

Pristupnik: **Mario Marić (0135195958)**  
Studij: **Promet**  
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: **Analiza isplativosti uvođenja svjetlovodne pristupne mreže na području Svete Klare**

Opis zadatka:

Temeljem analize geodemografskog tipa naselja Sveta Klara odrediti troškove i mogućnosti implementacije svjetlovodne pristupne mreže.

Zadatak uručen pristupniku: 28. travnja 2017.

Mentor:

Predsjednik povjerenstva za  
diplomski ispit:

---

prof. dr. sc. Zvonko Kavran





Sveučilište u Zagrebu  
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI  
Vukelićeva 4, 10000 Zagreb  
**Diplomski studij**

## P O T V R D A

kojom se potvrđuje da je student

Mario Marić JMBAG 0135195958

---

izradio diplomski rad pod naslovom (naziv rada na hrv. i engl. jeziku)

---

ANALIZA ISPLATIVOSTI UVOĐENJA SVJETLOVODNE PRISTUPNE MREŽE U NASELJU SVETA KLARA

ANALYSIS OF OPTICAL ACCES NETWORK IMPLEMENTATION IN SVETA KLARA

---

u skladu sa zadanim zadatkom, tezama i pravilima struke, te može pristupiti tiskanju rada.

Nadzorni nastavnik:

Zagreb, 17.9.2017