

Opinnäytetyö (AMK)  
Elektroniikan koulutusohjelma  
Tietoliikennejärjestelmät  
2016

Jaakko Relander

# OPTISET TIETOLIIKENNEVERKOT 2010- LUVULLA



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU  
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Elektroniikan koulutusohjelma | Tietoliikennejärjestelmät

2016 | 36

Yliopettaja Juha Nikkanen, Tietoliikenneinsinööri Niklas Helander

Jaakko Relander

## OPTISET TIETOLIIKENNEVERKOT 2010-LUVULLA

Työssä kartoitettiin valokuituverkon saatavuutta Euroopan osalta ja tutkittiin saatavuuden kehitystä välillä 2010–2015. Optisten verkkojen rakentaminen on kiihtynyt merkittävästi 2010-luvulla. Osa Euroopan maista on ottanut valtavia harppauksia viiden vuoden aikana kuituverkon saatavuuden saralla. Kiihtyvän kuituverkon rakentamisen selittää osin asiakkaiden tarve nopeampiin tietoliikenneyhteyksiin. Toinen tekijä optisten liityntäverkkojen saatavuuden nopeaan kehittymiseen on rakentamisen kustannusten pienentyminen.

Työtä varten selvitettiin Varsinais-Suomen alueen valokuituverkon saatavuutta ja sen kehitystä 2010-luvulla. Laitilan Puhelin Osk sekä Paraisten Puhelin Oy tarjosivat arvokasta tietoa optisen liityntäverkon saatavuuden kehityksestä sekä tilaajamäärien kehityksestä. Tiedot kerättiin haastatteleamalla operaattoreiden edustajia. Molempien operaattorien tapauksessa tilaajamäärä kasvoi, kun kuituverkon kapasiteettia rakennettiin lisää. Raakadatan lisäksi operaattorit tarjosivat näkemyksiään liityntäverkon rakentamisesta 2010-luvulla.

### ASIASANAT:

Optinen kuitu, kuituverkko, tietoliikenneverkko, kuitu kotiin, tiedonsiirto, valokaapelit

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree programme in Electronics | Communication Systems

2016 | 36

Juha Nikkanen, Principal lecturer and Niklas Helander, Communication Networks engineer

Jaakko Relander

## FIBER OPTIC BASED COMMUNICATION NETWORKS IN THE 2010S

The availability of fiber optic network in Europe and the development of its availability between 2010 and 2015 was surveyed for this thesis. Construction of fiber optic networks has escalated in 2010s. A part of European countries have taken tremendous leaps in five years on the field of optical fiber availability. The acceleration of fiber optic network construction is partly explained by the customers' need for fast communication networks. Another reason for the fast development of fiber network availability is a general drop of network constructing expenses.

The availability of fiber optic networks in Southwest Finland in 2010s was surveyed for this thesis. Laitila Telephone Cooperative and Pargas Telephone Ltd. provided valuable information on developments in the availability of the fiber optic access network, as well as on the development in number of subscribers. The information was gathered by interviewing operators' representatives. In case of both operators, the number of subscribers did grow when more network capacity was built. In addition to the raw data, the network operators offered their views on the construction of the optical access network in 2010s.

### KEYWORDS:

Optical fiber, optical network, communication network, fiber to the home, data transfer, fiber optic cables

## ALKUSANAT

Haluan kiittää erityisesti Laitilan Puhelin Osk:n verkostovastaavaa Kari Saisaarta sekä Paraisten Puhelin Oy:n verkkopäällikköä Janne Jalavaa, jotka näkivät vaivaa ja käyttivät aikaansa tarjotakseen tietoa ja näkemyksiä optisten liityntäverkkojen saatavuudesta, tilaajakannasta sekä muusta verkonrakentamiseen liittyvästä tiedosta.

Kiitos myös työpaikkani opinnäytetyöohjaajalle Niklas Helanderille esimerkillisestä ohjaamisesta sekä kattavan lähdemateriaalin tarjoamisesta työhöni.

Turussa 24.2.2015

# SISÄLTÖ

<b>KÄYTETYT LYHENTEET</b>	<b>7</b>
<b>1 JOHDANTO</b>	<b>8</b>
<b>2 OPTINEN TIETOLIIKENNEVERKKO</b>	<b>9</b>
2.1 Valokuitu ja sen rakenne	9
2.2 Verkkoelementit	9
2.2.1 Optiset kaapelit	10
2.2.2 Kaapelijatkokset	11
2.2.3 Valokuitupäätteet	13
2.2.4 Optiset lähettimet	14
2.2.5 Optiset vastaanottimet	15
2.3 Optisen verkon rakenne	16
2.3.1 Fyysinen kapasiteetti	16
2.3.2 Verkkojen perustopologiat	17
<b>3 FTTX-KONSEPTI</b>	<b>20</b>
3.1 FTTB: Fiber to the building	20
3.2 FTTH: Fiber to the home	22
<b>4 RAKENTAMISMENETELMÄT</b>	<b>23</b>
4.1 Asennus kanavaputkiin tai maanvaraisputkiin	23
4.1.1 Kaapelin asennus vetoköydellä	24
4.1.2 Kaapelin asennus puhallustekniikalla	24
4.2 Maa-asennus	25
4.2.1 Kaapelin asennus maaajaan	25
4.2.2 Kaapelin asennus auraamalla	25
<b>5 SAATAVUUS</b>	<b>27</b>
5.1 Saatavuus Euroopassa	27
5.2 Saatavuus Varsinais-Suomessa	29
5.2.1 Laitilan Puhelin Osk	29
5.2.2 Paraisten Puhelin Oy	32
<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>35</b>

**KUVAT**

Kuva 1. Yksi- ja monimuotokuidun poikkileikkausprofiilit.	9
Kuva 2. Kaapelirakenteita.	10
Kuva 3. Valokuitujakokaappi jossa suuri syöttökaapeli ja useita tilaajakaapeleita.	12
Kuva 4. XOK –valokaapelijatkos.	13
Kuva 5. Vasemmalla 19-tuuman päätepaneeli, keskellä päätekotelo ja oikeanpuoleisena YJT-liitinkenttä.	14
Kuva 6. Havainnekuva optisen verkon rakenteesta ja topologioista.	17
Kuva 7. Fyysisen verkon topologiat.	19
Kuva 8. Vasemmalla FTTB -toteutus ja oikealla FTTH -toteutus.	20
Kuva 9. FTTB -toteutus eri sisäverkkoratkaisuilla.	21
Kuva 10. Esimerkki kanavaputkistosta.	23
Kuva 11. Kaapelin puhaltamiseen tarvittava laitteisto.	25

**KUVIOT**

Kuvio 1. Valokuidun saatavuus EU:n alueella vuonna 2010.	27
Kuvio 2. Valokuidun saatavuus EU:n alueella vuonna 2015.	28
Kuvio 3. Laitilan Puhelin Osk:n valokuituverkon saatavuuden kehitys.	31
Kuvio 4. Laitilan Puhelin Osk:n tilaajamäärän kehitys.	31
Kuvio 5. Paraisten Puhelin Oy:n valokuituverkon saatavuuden kehitys.	33
Kuvio 6. Paraisten Puhelin Oy:n FTTB tilaajamäärän kehitys.	33
Kuvio 7. Paraisten Puhelin Oy:n FTTH tilaajamäärän kehitys.	34

**TAULUKOT**

Taulukko 1. SFS 5648 mukainen kuitujen värijärjestelmä.	11
---	----

## KÄYTETYT LYHENTEET

CAT3	Kategorian 3 parikaapeli
CAT5	Kategorian 5 parikaapeli
CAT6	Kategorian 6 parikaapeli
DSL	Digitaalinen tilaajayhteys (Digital Subscriber Line)
DSLAM	DSL-keskitin (Digital Subscriber Line Access Multiplexer)
FTTH	Kuitu kotiin (Fiber to the home)
FTTB	Kuitu rakennukseen (Fiber to the building)
FTTN	Kuitu liityntäsolmuun (Fiber to the node)
FTTC	Kuitu aktiivilaitekaapille (Fiber to the cabin)
Gbit/s	Tiedonsiirtonopeus (Gigabittiä sekunnissa)
IPTV	Internet-protokollan kautta välittyvä televisiokuva (Internet Protocol Television)
LAN	Lähiverkko (Local Area Network)
LED	Valoa emittoiva diodi, puolijohdekomponentti (Light Emitting Diode)
VCSEL	Pintaemitoiva laser (Vertical Cavity Surface Emitting Laser)
WLAN	Langaton lähiverkko (Wireless Local Area Network)
YJT	Yleisjakoteline

# 1 JOHDANTO

Nykypäivän tekniikka vaatii toimiakseen nopeita tietoliikenneyhteyksiä. Suuria tiedostoja ladataan palvelimilta, ja etätyöskentely yleistyy. Suoratoistopalvelut ovat jatkuvassa kasvussa, ja pilvipalvelut ovat osa nykyaikaisen ihmisen arkea. Vanhat kupariset tietoliikennekaapelit eivät rakenteeltaan eivätkä tekniikaltaan kykene venymään tarvittaviin tiedonsiirtonopeuksiin. Kupariverkon rinnalle, loppujenlopuksi sen tilalle, onkin rakennettu viime vuosikymmeninä optista vastinetta, valokuituverkkoa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tutustuttaa lukija optisiin verkkoihin, niiden rakenteeseen ja eri toteutustapoihin. Passiivisten kuituverkkoratkaisujen tutkimiseen on käytetty Niklas Helanderin vuonna 2012 julkaisemaa insinööryötä, joka tarjosi mittavan kokonaisuuden passiivisesta kuituverkkotekniikasta sekä paljon yleistietoa optisista liityntäverkoista [1]. Joni Vikatmaan vuonna 2013 julkaisema insinööryö käsittelee laajasti optisen kuidun ominaisuuksia fysiikan laikien kannalta, sekä antaa runsaasti tietoa optisen verkon suunnittelusta [2]. Optisen liityntäverkon rakentamisesta ja sen komponenteista kerrotaan tyhjentävästi Onninen Oy:n vuonna 2008 julkaisemassa teoksessa Optiset Liityntäverkot. Kirjan sisältöä on ammennettu tähän insinööryöhön ja suosittelen sen lukemista jokaiselle optisista verkoista kiinnostuneelle [3].

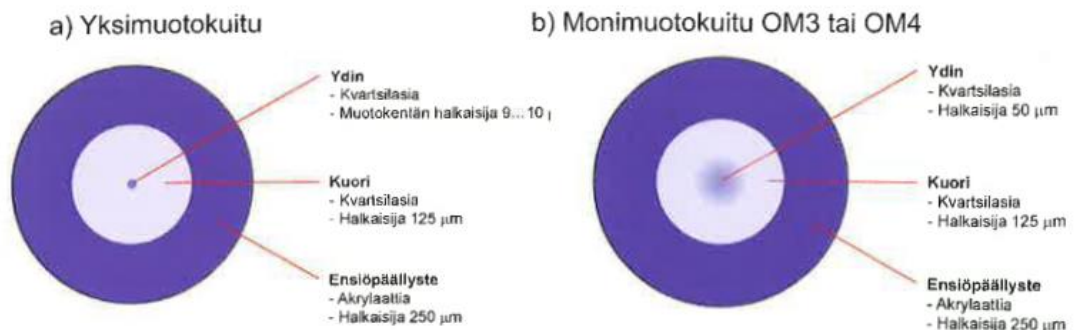
Työn alussa tarkastellaan optisia liityntäverkkoja. Optisen verkon rakenne ja sen eri verkkoelementit käydään läpi kappaleessa 2. Kappale 3 käsittelee FTTx-konseptia, tärkeimpinä aiheinaan FTTB ja FTTH. Optisen verkon rakennusmenetelmiä käsitellään kappaleessa 4. Lopuksi kerrotaan, miten optisten verkkojen saatavuus on kehittynyt 2010-luvulla ja kuinka kuluttajat ovat reagoineet kuituliittymien saatavuuteen. Jälkimmäistä tarkastellaan tilaajamäärien suhteella verkon maksimitilaajamäärään. Euroopan maiden kuituverkon saatavuutta tutkitaan Fiber to the Home Council –organisaation tarjoamien tutkimusten kautta [4], ja tutkimusten tuloksia verrataan varsinaissuomalaisen operaattorien liityntäverkkojen saatavuuteen.



## 2 OPTINEN TIETOLIIKENNEVERKKO

### 2.1 Valokuitu ja sen rakenne

Valokuitu on optista signaalia kuljettava dielektrinen johdin, jota käytetään optisella taajuusalueella olevien sähkömagneettisten aaltojen siirtoon. Optiset kuidut voidaan jaotella eri tyyppeihin sen perusteella, miten valo siinä etenee sekä millainen taitekerroinprofiili siinä on. Yleisesti kuidut jaetaan yksimuotokuituihin ja monimuotokuituihin (Kuva 1). Optinen signaali etenee kuidun ytimestä. Ytimestä seuraava kerros on kuori. Ydin ja kuori ovat molemmat materiaaliltaan kvartsilasia. Kuoren päällä on vielä yksi tai useampi kerros muovia suojaamassa kuitua. Valokuitujen fyysisen koon ilmaisemiseen käytetään merkintää, jossa kerrotaan ytimen halkaisija sekä kuoren halkaisija, esim. yksimuotokuidulla koko on 9/125  $\mu\text{m}$  ja monimuotokuidulla 50/125  $\mu\text{m}$  (ytimen halkaisija/kuoren halkaisija). [3, 5, 6]



Kuva 1. Yksi- ja monimuotokuidun poikkileikkausprofiilit [7].

### 2.2 Verkkoelementit

Optinen verkko on kokonaisuus, joka käsittää useita eri verkon komponentteja eli verkkoelementtejä. Verkkoelementeiksi käsitetään mm. kaapelit, jatkokset, päätteet ja verkon aktiivilaitteet.

### 2.2.1 Optiset kaapelit

Optisia kaapeleita eli valokaapeleita on suunniteltu moniin eri käyttökohteisiin. Karkeimpana jakona voidaan pitää erottelua sisä- ja ulkokaapeleihin. Ominaisuudet näiden kahden kategorian välillä ovat suuret, sillä olosuhteiden asettamat vaatimukset ovat molemmissa omanlaisensa. Ulkokaapeleiden tulee olla mekaanisesti vahvempia kuin sisäkaapeleiden, niiden on kestävä lämpötilan vaihteluita kesän helteestä talven kireisiin pakkasiin. Ulkokaapelin rakenteiden on myös kestävä fyysistä rästitystä asennuksessa sekä asennuksen jälkeen.

Sisäkaapelit ovat ominaisuuksiltaan kevyempiä, ohuempia ja taipuisampia kuin ulkokaapelit. Ne voidaan asentaa ahtaisiin tiloihin ja niiden rakenne mahdollistaa käännökset ja taitokset, joihin jäykällä ulkokaapelilla ei pystyisi. Sisäkaapelin tärkeimpiin ominaisuuksiin kuuluu paloturvallisuus. Kaapelin on oltava itsestään sammuva, eikä se saa palaessaan muodostaa kovinkaan paljoa savua sekä sen on oltava halogeeniton. Sisäkaapelin käyttöön kannustaa myös sen rakenteellinen keveys verrattuna ulkokaapeliin. On paljon helpompi vetää arinoille ja läpivientien läpi kevyttä sisäkaapelia, kuin painavaa ja jäykkää ulkokaapelia. On olemassa myös kaapelia jota voidaan käyttää sisä- ja ulkoasennuksissa. Kuva 2 havainnollistaa kaapelirakenteiden erilaisuuden asennuskohteesta riippuen.



Kuva 2. Kaapelirakenteita. Vasemmalla ulkokaapeli, keskellä sisä- ja ulkokaapeli ja oikeanpuoleisena vain sisäkäyttöön tarkoitettu kaapeli [8].

Optisten kaapeleiden perusrakenne koostuu itse kuidusta ja sen suojakerroksista, kaapelin sydänrakenteesta eli luusta, veto- ja lujite-elementeistä, kaapelin

täyteaineesta (geeli tai rasva) sekä kaapelin ulkokuoresta eli vaipasta. Kuitujen tunnistamiseksi toisistaan käytetään hyödyksi standardeihin perustuvia värijärjestelmiä. Suomessa on käytössä kansallinen kuuden värin standardi (SFS 5648), jota ei käytetä muualla maailmassa (Taulukko 1). [3, 9]

Taulukko 1. SFS 5648 mukainen kuitujen värijärjestelmä [3].

Kuidun järjestysnumero	Kuidun väri
<b>Ensimmäinen kuitu</b>	Sininen (SI)
<b>2., 6., 10., jne kuitu</b>	Valkoinen (VA)
<b>3., 7., 11., jne kuitu</b>	Keltainen (KE)
<b>4., 8., 12., jne kuitu</b>	Vihreä (VI)
<b>5., 9., 13., jne kuitu</b>	Harmaa (HA)
<b>Viimeinen kuitu</b>	Punainen (PU)

### 2.2.2 Kaapelijatkokset

Valokaapelin jatkamiseen käytetään siihen suunniteltuja koteloita tai kaappeja, joista käytetään yleisesti nimitystä jatkos. Jatkoksen on oltava rakenteeltaan sellainen, että se kykenee suojaamaan kaapeleita mekaaniselta rasitukselta ja ympäristön vaikutuksilta. Jatkoksessa on oltava tilaa kuitujen taivutussäteelle sekä itse hitsauksille ja hitsausten tukipilleille. Kaapelit on kiinnitettävä jatkokseen tukevasti. Kaapeleiden vetoelementit kiinnitetään jatkoksen kiinnikekohtiin ja mahdolliset metalliosat maadoitetaan jatkoksen maadoituspisteisiin. [3]

Käytettävän jatkoksen valinta riippuu paljon käyttökohteesta. Jos on suunnitteilla suuren kaapelin jatkaminen useampaan pieneen kaapeliin, esim. uudisrakennusalueen tietoliikenneverkko, käytetään yleisimmin jatkoskaappia (Kuva 3).



Kuva 3. Valokuitujakokaappi jossa suuri syöttökaapeli ja useita tilaajakaapeleita.

Jatkoskaappiin voidaan tuoda suuriakin syöttökaapeleita. Uuden kaapelin lisääminen kaappiin on tehty helpoksi, minkä takia jatkoskaappeja käytetäänkin paljon. Kaapin sisälle on kalustettu kaapeleiden kiinnitys- ja maadoitusraudat, jatkoslevyjen telineet sekä läpivientitiivisteet. Haittatekijänä jatkoskaapin käytössä on se, että se on melko kookas ja kaappi on ulkoisten tekijöiden armoilla. Esimerkiksi, jos ajoradalta suistuva ajoneuvo törmää jatkoskaappiin, on korjaustöiden määrä mittava. Vastaavaa riskitekijää ei esiinny kaivoon sijoitettavalla kaapelijatkoksella.

Kuva 4 esiintyvä kuitujatkos on yleinen verkkoelementti optisessa tiedonsiirtoverkossa. Jatkos on tarkoitettu sijoitettavaksi kaivoon tai korkealle pylvääseen, jolloin se on ulkoisilta vaaratekijöiltä suojassa. Kaivojatkos on suunniteltu vedenpitäväksi, joten edes rankkasateet tai kaivon jäätyminen talvella eivät tuota ongelmia tiedonsiirrolle. Kaivojatkoksen käsittely on jatkoskaappiin verrattuna hieman hankalampaa, sillä jatkos pitää nostaa kaivosta ennen kuin sen parissa voidaan työskennellä. Useimmiten kaivojatkvoja käsitellessä työtilana käytetään auton perässä vedettävää kuitujatkoskoppia.



Kuva 4. XOK –valokaapelijatkos [10].

Vaihdettaessa ulkokaapelista sisäkaapeliin käytetään jatkoksia joita kutsutaan laadunvaihdoksiksi. Laadunvaihdos asennetaan melko lähelle kaapelin sisääntulopistettä paloriskin minimoiseksi sekä sisävedon helpottamiseksi. Laadunvaihdoksen rakenteeseen kuuluu vedonpoistoelementit tulevalle ja lähtevälle kaapelille, maadoituskisko sekä kotelosta riippuen joko jatkoslevy tai pelkästään tyyny-paikat joihin jatkospillit asetellaan. [3]

### 2.2.3 Valokuitupäätteet

Valokuitupääte on verkkoelementti, johon valokaapeli lopulta päätetään. Pääteessä on komponentit kaapelin kiinnittämiseen ja kuitujen ohjaamiseen joko jatkoslevylle tai suoraan jatkostyynyille. Valokuitupääteessä on usein valmiina liittimet ja liittimien päässä häntäkuidut. Tulevan kaapelin kuidut jatketaan häntäkuituihin, joista valo ohjautuu liittimiin. Liittimeltä yhteys voidaan kytkentäkuidun avulla jatkaa seuraavaan valokuitupääteeseen esimerkiksi keskuksissa, tai yhteys voidaan vastaavasti kytkeä asiakkaan päätelaitteeseen, josta se ohjataan sisäverkkoon ja lopulta käyttäjien päätteisiin. Usein käytetään valokuitupäätettä joka sopii 19-tuuman laitetelineeseen ja vie yhden laitepaikan. Päätetä kutsutaan nimeltä 19-tuuman päätepaneeli (Kuva 5). Ratkaisu on käytössä yleisesti siitä

syystä, että asiakaspään datalaitekaapit ovat samaa standardia ja esimerkiksi käytettävät kytkimet ovat saman kokoisia. Jos valokaapelin päätekohteessa on rajatusti tilaa, eikä 19-tuuman laitetelinettä ole saatavilla, voidaan kaapeli päättää ns. päätekoteloon (Kuva 5). Päätekotelo voidaan asentaa seinälle eikä se vie paljolti seinätilaa. Päätekotelolla ja 19-tuuman paneelilla ei ole suorituskyvylisiä eroja, sillä ne ovat molemmat passiivisia verkon komponentteja. Kaapeleita päättävässä keskuksessa, on useimmiten käytössä YJT-päätteet (Kuva 5). YJT tulee sanasta yleisjakoteline. YJT:n rakenne mahdollistaa satojen kuitujen päättämisen tiiviiseen tilaan, tehden siitä ideallisen ratkaisun keskuksessa jossa yhteyksiä kytetään kaapelista toiseen. Yleisjakotelineen kokonaisuuteen kuuluu kehikko, joka kiinnitetään tukevasti maahan ja mahdollisesti myös ylhäällä kulkevaan kaapelihyllyyn. Kehikkoon asennetaan liitinkenttiä joista lähtee määrämittainen sisäkaapeli. Sisäkaapeli viedään keskuksen laadunvaihtuhuoneeseen jossa se jatketaan maailmalle lähteviin kaapeleihin. [11]



Kuva 5. Vasemmalla 19-tuuman päätepaneeli, keskellä päätekotelo ja oikeanpuoleisena YJT-liitinkenttä [12].

#### 2.2.4 Optiset lähettimet

Optisen verkon lähettimen tehtävänä on muuttaa sähköinen signaali optiseksi signaaliksi. Optinen signaali syötetään valonlähteeltä valokuituun. Lähettimet ovat puolijohdekomponentteja ja niistä tärkeimmät ovat

- LED (Light Emitting Diode)
- VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser)

- Laser (Light amplification by stimulated emission of radiation).

Laser soveltuu parhaiten pitkiin yhteysväleihin sen suuren tehon ja kapean valokeilan takia. Yksimuotokuiduilla käytetään aina laser-lähtimiä. VCSEL on myös laser, mutta niitä ei käytetä yksimuotokuiduissa niiden leveämmän valokeilan takia. Yksimuotokuiduissa käytettävät laserit voidaan jakaa kahteen päätyyppiin:

- MLM-laserit (Multi-Longitudinal Mode), esim Fabry-Perot-laser
- SLM-laserit (Single-Longitudinal Mode), esim. DFB-laser (Distributed Feedback).

Monimuotokuitua käytettäessä voidaan lähettimeksi valita joko LED tai VCSEL, joista edullisempi vaihtoehto on LED. LEDillä voidaan päästä noin 1 Gbit/s tiedonsiirtonopeuksiin. Maksiminopeuden rajoittuminen johtuu LEDin hitaasta nousuajasta. Suuremmat tiedonsiirtonopeudet monimuotokuidussa mahdollistuvat käyttämällä VCSEL-lähetintä. VCSEL-lähettimellä on kapeampi valokeila kuin LEDillä, sekä siitä saadaan irti suurempi valoteho. Monimuotokuituihin perustuvissa lähiverkoissa voidaan päästä 10 Gbit/s nopeuksiin käyttämällä VCSEL-lähetintä. [3, 7]

### 2.2.5 Optiset vastaanottimet

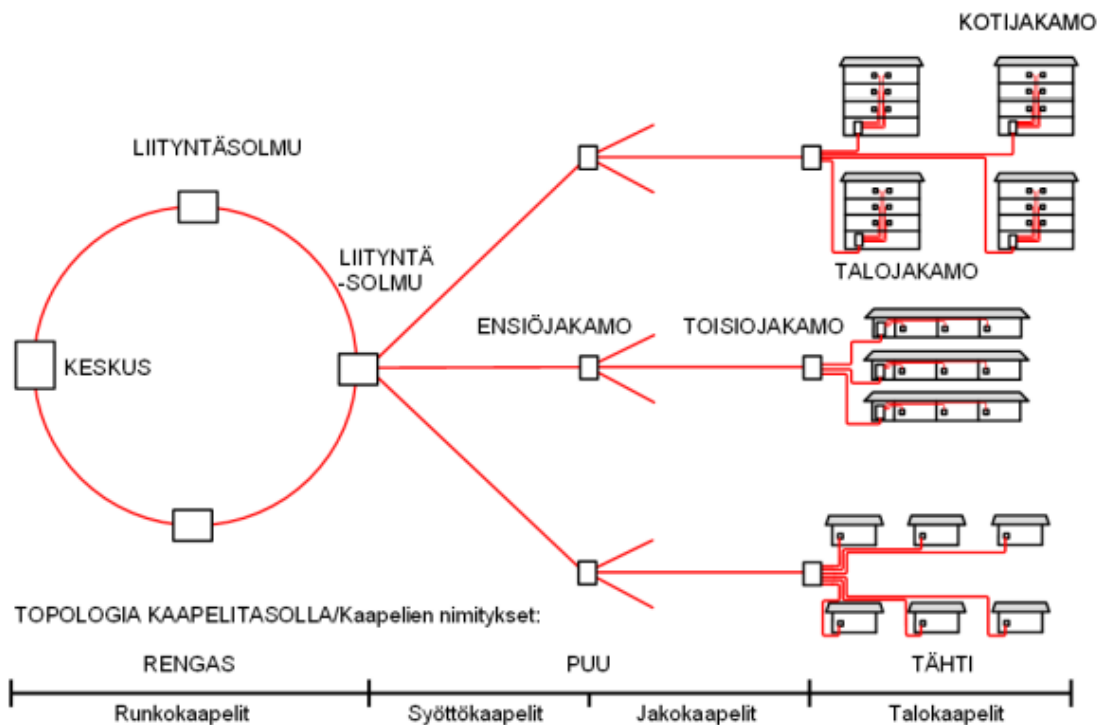
Vyöryvalodiodit ja PIN-diodit ovat optisten vastaanottimien ilmaisinkomponentteja. Ilmaisinkomponentin tehtävä on muuntaa vastaanotettu optinen signaali sähköiseen muotoon. Dynamiikka ja herkkyys ovat vastaanottimen tärkeimmät ominaisuudet. Dynamiikka ilmoittaa tehoalueen, jossa vastaanotin toimii halutulla tavalla. Herkkyys ilmaisee pienimmän optisen tehon, jolla vastaanotin toimii riittävän virheettömästi. [3, 7]

## 2.3 Optisen verkon rakenne

### 2.3.1 Fyysinen kapasiteetti

Optinen tiedonsiirtoverkko voidaan jakaa karkeasti kolmeen osaan: runkoverkkoon, liityntäverkkoon ja sisäverkkoon (Kuva 6). Runkoverkko on koko tietoliikenneverkon selkäranka, joka yhdistää liityntäverkot toisiinsa. Runkoverkko rakentuu valokuitumäärällisesti suurista kaapeleista. Mitä suuremmassa mittakaavassa verkkoa tarkastellaan, sitä suurempia kaapeleita siellä käytetään. Runkoverkosta seuraava askel on liityntäverkko. Runkoverkon ollessa rengasmaisesti toteutettu, on liityntäverkko rakennettu puu-topologialla ja sisäverkko on yleisesti toteutettu tähtimäisesti. Rengasmainen toteutus nostaa runkoverkon vikasietoisuutta. Yhden reitin katkettua on yhteys ehjä vielä toiseen suuntaan. Tämä on tärkeä ominaisuus runkoverkon suunnittelussa, sillä sitä pitkin kulkee suuria datamääriä. Runkoverkosta asiakkaille päin lähtevät liityntäverkon kaapelit pienentyvät kuitumäärällisesti mitä lähemmäs asiakaskiinteistöä kuljetaan. Runkoverkon kaapelit ovat kuitumäärällisesti 192–432 kuidun kaapeleita. Liityntäverkossa syöttökaapelit voivat olla väliltä 48–96 kuitua. Lähempänä asiakasrajapintaa olevat jakokaapelit ovat usein 24–48 kuituisia valokaapeleita ja viimeisenä topologiassa tulevat talokaapelit ovat kuitumäärältään yleisesti 4-12 kuidun kaapeleita, riippuen asennuskohteesta. Yhteys runkoverkon liityntäsolmulta asiakaskiinteistön teletilaan kulkee kuitua pitkin. Asiakkaan sisäverkko voi olla joko kuitua tai kuparia. Sisäverkon tyyppi määrittää kiinteistön teletilaan asennettavat päätelaitteet. [5]





Kuva 6. Havainnekuva optisen verkon rakenteesta ja topologioista [5].

### 2.3.2 Verkojen perustopologiat

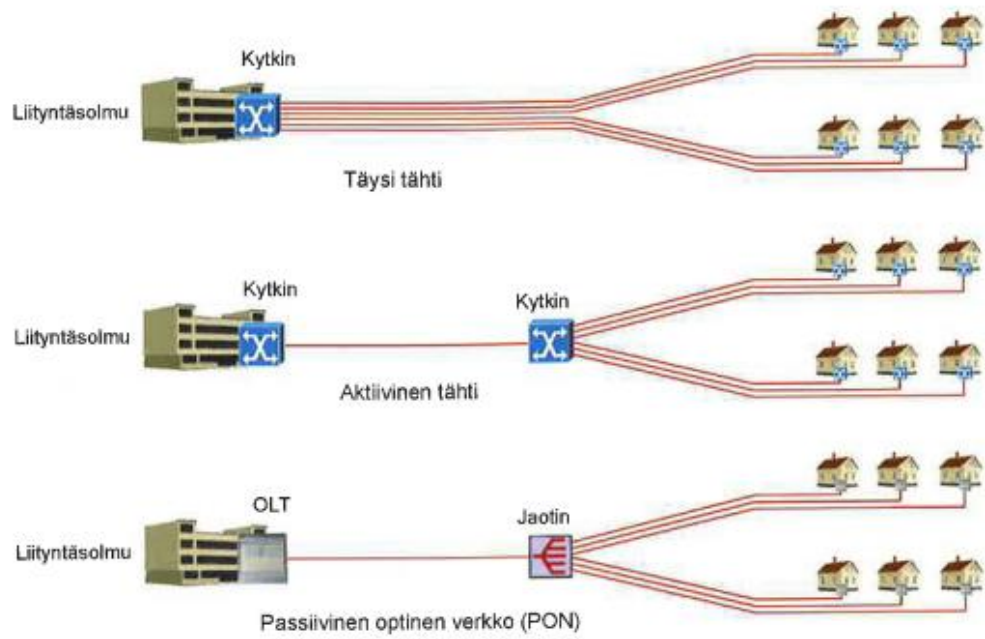
Topologia -käsitettä käytetään kun kuvataan verkon rakennetta, se tarkoittaa verkon geometrista tai loogista muotoa sekä rakennetta. Liityntäverkon lähetys- ja paluusuuntaa varten on aiemmin tarvittu omat kuitunsa. Nykyään on mahdollista siirtää molemmat suunnat yhtä kuitua pitkin. Runkoverkon liityntäsolmun Metro-kytkimeen voidaan liityntäverkkoa varten lisätä joko yksi- tai kaksisuuntainen laser-moduuli. Kaksisuuntainen laser-moduuli käyttää lähetys- ja paluusuuntaa varten omia aallonpituuksiaan. Metro-verkossa siirrettävä valokuitusignaali on teknologialtaan Ethernet-liikennettä. [3]

Topologia voidaan määritellä verkon eri tasoilla. Signaalien yhteyksien topologiat ovat loogisia topologioita. Optiselle liityntäverkolle voidaan määritellä kolme loogista topologiaa (Kuva 7):

- Täysi tähti. Asiakasliittymät on liitetty liityntäsolmuun erikseen omalla pisteestä-pisteeseen –yhteydellään (Point-to-Point, P2P). Käytettäessä P2P

–tekniikan verkkoa joudutaan keskukselta varaamaan jokaiselle asiakkaalle vähintään yksi kuitu. Suomen Viestintäviraston ohjeiden mukaan omakotitalokytkennoissä tulisi kuitenkin olla 2 kuitua kiinteistöä kohden ja taloyhtiöiden kytkennöissä kuitumäärän tulisi olla 12. Tämä vie paljon tilaa keskuksilta ja pakottaa operaattoreita investoimaan keskuksen aktiivilaitteisiin asiakasmäärän kasvaessa. Jokaista tilaajaa kohden on keskuksen metro-kytkimellä laser-moduuli. [5, 7, 1]

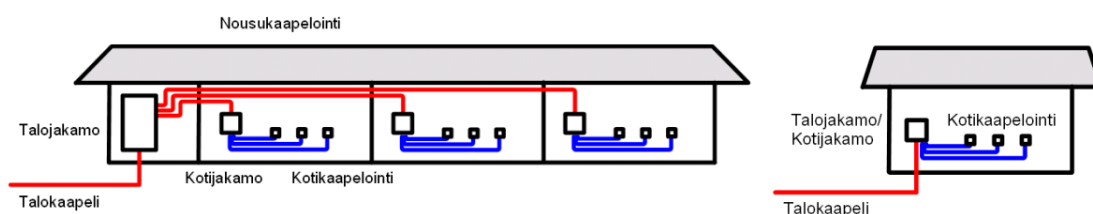
- Aktiivinen tähti. Asiakasliittymät on liitetty alueelliseen aktiivilaitteeseen (kytkin) omalla P2P –yhteydellään. Kytkin on liitetty yhdellä tai kahdella kuidulla liityntäsolmuun. Tätä topologiaa käytettäessä rajoittavaksi tekijäksi muodostuu liityntäsolmulta alueelliselle aktiivilaitteelle kulkevan valokuidun kapasiteetti. [7]
- Passiivinen optinen verkko (PON). Tunnetuimmat PON –verkkotyypit ovat APON, BPON, GPON ja EPON. Vain GPON ja EPON mahdollistavat Ethernet-liikenteen. Asiakasliittymät on liitetty omalla yhteydellään passiiviseen jaottimeen. Passiiviselta jaottimelta lähtee laser-moduulista riippuen yksi tai kaksi kuitua liityntäsolmuun. Yhtä jaotinta kohden voidaan siis parhaassa tapauksessa tarvita vain yksi valokuitu. Kaikki jaottimelle tulevat asiakasyhteydet joutuvat jakamaan liityntäsolmulle lähtevän kapasiteetin. Topologiaa kutsutaan nimellä pisteestä-moneen-pisteeseen (Point-to-Multipoint, P2MP). [7, 1]



Kuva 7. Fyysisen verkon topologiat [3].

### 3 FTTX-KONSEPTI

FTTx-konsepti käsittelee liityntäverkon erilaisia toteutustapoja. Kuitu liityntäsolmuun (FTTN, Fiber To The Node) on nykyään jo vanhentunut sovellus, jossa kuitu tuodaan aluekeskittimelle josta yhteydet lähtevät lähikortteleiden kiinteistöihin käyttäen olemassa olevaa puhelinverkon kuparikaapelointia. Kuitu jakokaappiin (FTTC, Fiber To The Cabin) -sovellus on lähestulkoon sama kuin FTTN, sillä erolla että kuituyhteys tuodaan ulkona sijaitsevalle aktiivilaitekaapille, josta yhteys etenee asiakasrajapintaan puhelinkaapelia pitkin. Kuitu kiinteistöön (FTTB, Fiber To The Building) sekä Kuitu kotiin (FTTH, Fiber To The Home) -sovellukset ovat nykyään käytetyimpiä konsepteja sillä valokaapeli ja sen tarjoamat nopeat palvelut saadaan tuotua niillä lähimmäs asiakasta (Kuva 8). FTTB ja FTTH rakentamisessa keskuksen ja asiakkaan väliset siirtopituudet eivät nouse muutamaa kilometriä pidemmäksi runkoverkon liityntäsolmujen tiheyden takia. Tyypillinen Metro-kytkimeen asennettavan laser-moduulin kantama on 10 kilometriä. Metro-verkossa tieto siirtyy Ethernet-teknologialla runkoverkosta aina tilaajapäätteelle asti. [3, 5, 6]

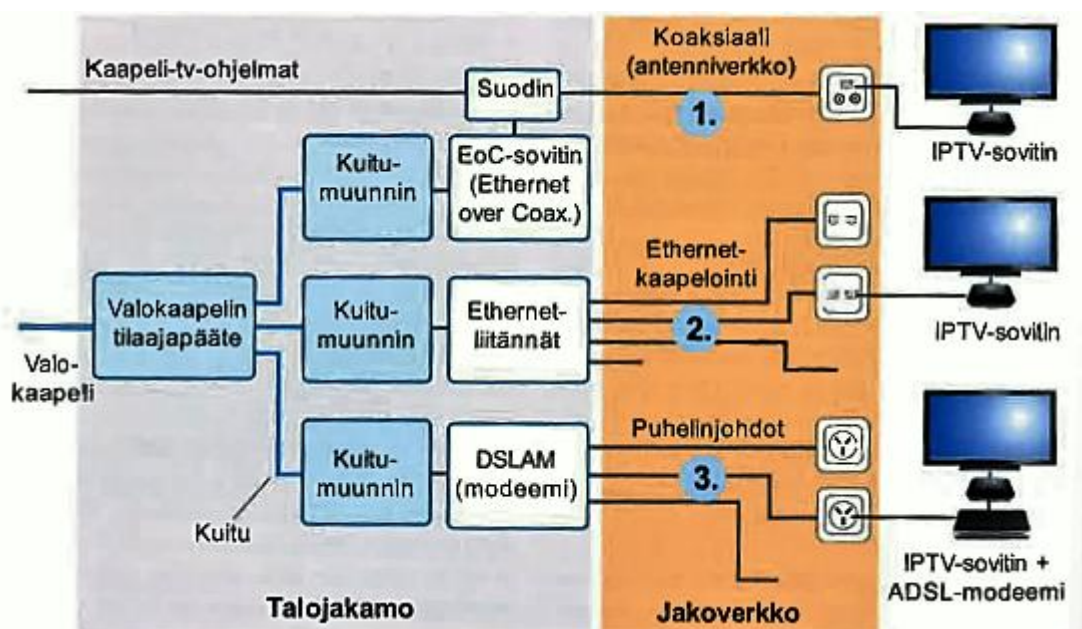


Kuva 8. Vasemmalla FTTB -toteutus ja oikealla FTTH -toteutus [5].

#### 3.1 FTTB: Fiber to the building

FTTB-rakentaminen on nopein tapa lisätä valokuitupohjaisten tiedonsiirtoliittymien saatavuutta. Tuomalla valokaapeli esimerkiksi kerrostalokiinteistön kellariin, saadaan yhdellä päätelaitteella lähes sadalle ihmiselle nopea internet-yhteys. Syöttö kerrostalokiinteistöön voidaan toteuttaa joko yhdellä tai kahdella valo-

kuidulla, riippuen käytetyistä laser-moduuleista. Päätelaitte riippuu kiinteistön sisäverkosta. Perinteisille CAT3-puhelinkaapeleille on käytössä omat DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) päätelaitteensa, jotka keskittävät kiinteistön tilaajakaapelit yhdelle valokuidulle. Yhdeltä DSLAM-laitteelta voidaan tarjota 100 Mbit/s tiedonsiirtonopeus käyttäjää kohti. DSLAM-laitteeseen voidaan kytkeä 96 käyttäjää. CAT5- ja CAT6-sisäverkkoihin asennetaan kytkimet jotka muuttavat valokuitua pitkin tulevan signaalin sisäverkkoon sopivaksi. CAT5- ja CAT6-verkon asiakasliittymät voivat olla nopeudeltaan jopa 1000 Mbit/s ja asiakkaita yhden kuidun päähän voidaan ottaa 48. Valokaapelia pitkin voidaan toteuttaa myös taloyhtiön kaapeli-tv-syöttö. Tämä vaatii yhden lisäkuidun käyttöönoton verkossa ja keskuksella. Kerrostalokiinteistön laajakaistaratkaisu voidaan toteuttaa myös pelkästään kiinteistön antenniverkkoa hyödyntämällä. Tämä onnistuu erityisen hyvin jos antenniverkko on rakennettu tähtimäisesti. TV- ja laajakaistapalvelu kulkevat tässä tapauksessa samaa antennijohtoa pitkin ja ne erotellaan toisistaan huoneiston antennirasiassa. Kuva 9 havainnollistaa eri sisäverkkoratkaisuiden käytön FTTB -kohteissa. [5, 6, 13]



Kuva 9. FTTB -toteutus eri sisäverkkoratkaisuille [6].

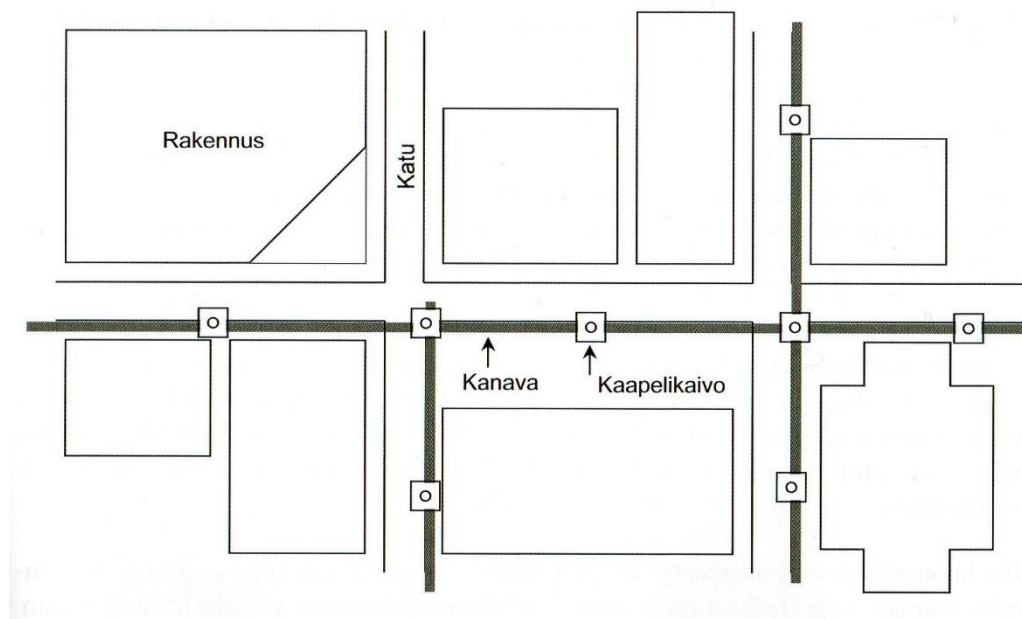
### 3.2 FTTH: Fiber to the home

Kuitu kotiin –konseptia on aiemmin hidastanut päätelaitteiden korkeahko hinta. Päätelaitteiden hintaa korkealla pitäneet opto-/sähkö-muuntimet ovat kuitenkin tulleet edullisemmaksi ja näin ollen mahdollistaneet FTTH –rakentamisen kiihtymisen. Uudisrakentamisen tilanteessa jokaiselle kaava-alueen tontille viedään valmiiksi valokaapeli liittymistä varten. Kaapelin toinen pää päätetään jakokaappiin tai jatkokseen, ja kuidut hitsataan eteenpäin kohti keskusta. Talouden ottaessa valokuituyhteyden käyttöön, tarvitsee se vain kytkeä keskuksessa. FTTH -yhteyksissä on yleisesti käytetty kaksisuuntaisia laser-moduuleita metro-kytkimen liitännäspaikkojen säästämiseksi. Tehtäessä vanhan yhteyden restaurointi valokuiduksi, joudutaan restaurointialueella useimmiten kaivamaan kadunvarret auki uutta putki- ja kaapeliverkkoa varten. Restaurointi tehdään usein asuinalueilla ja kaivuukustannuksia voidaan esimerkiksi jakaa sähköyhtiön kanssa. Valokaapeli päätetään kiinteistössä päteketeloon, johon sisältyy usein kuitumuunnin ja modeemi. Kaapelin päätepiste on usein tekninen tila, johon kiinteistön sisäverkon liityntäpisteet on tuotu. Näin yhteys saadaan jaettua kotitalouteen ilman ylimääräisten johtojen vetämistä. Kiinteistön ollessa niin vanha, ettei Ethernet-verkkoa ole vedetty, voidaan se joko tarpeen vaatiessa rakentaa tai asentaa esimerkiksi WLAN-reititin jolla yhteys saadaan jaettua kotitalouteen. [5, 14, 15]

## 4 RAKENTAMISMENETELMÄT

### 4.1 Asennus kanavaputkiin tai maanvaraisputkiin

Kaupunkialueilla kaapelointi suoritetaan useimmiten kanavaputkistoihin. Putkistot ovat laajamittaisia järjestelmiä, jotka yhdistyvät toisiinsa kaapelikaivojen välityksellä. Kanavaputkiverkostot (Kuva 10) mahdollistavat tietoliikenneverkon rakentamisen teoriassa ilman kaivinkoneita tai muita maanrakennuskoneistoa. Usein kuitenkin uutta verkkoa rakennettaessa joudutaan putkien liitoskohtia kaivamaan auki, sillä läheskään jokaisessa haarautumiskohdassa ei ole kaivoa asennettuna. Tällaisessa tapauksessa joudutaan kadun pinta rikkomaan ja siirtämään maa-ainesta pois putkien päältä. Putkien liitoskohdan ollessa katukivetyksen alla, joudutaan kivetyks poistamaan tarpeeksi suurelta alueelta maa-aineksen poistamisen mahdollistamiseksi. [3]



Kuva 10. Esimerkki kanavaputkistosta [3].

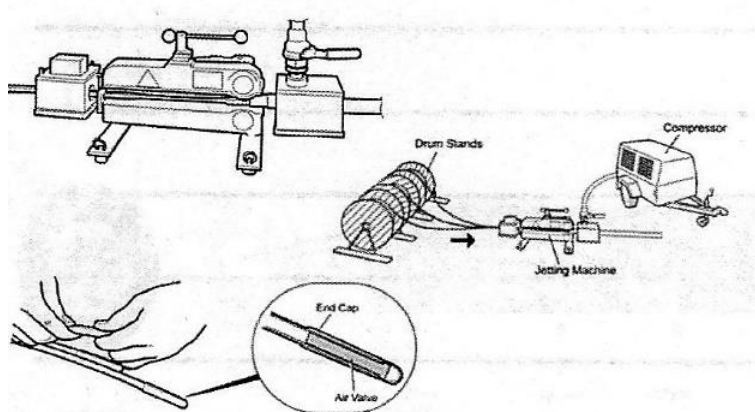
#### 4.1.1 Kaapelin asennus vetoköydellä

Kaapeli asennetaan kanavaputkeen muovisen vetoköyden avulla. Köysi ujutetaan putkeen ja työnnetään kohteeseen josta kaapelia vedetään eteenpäin. Kaapeli kiinnitetään köyteen tukevasti, jonka jälkeen vetoköyttä lähdetään vetämään putken toisesta päästä. Toimenpidettä toistetaan kunnes koko matka on kuljettu aloitus- ja päätekohteen välillä. Vetoköysiä on erilaisia. Pitkissä kaapelivedoissa käytetään motorisoituja vetoköysiä työn helpottamiseksi. Asennettavan kaapelin materiaali vaikuttaa vetovälin pituuteen. Vetoväli voi olla useita kilometrejä. Kevytrakenteiset kanavakaapelit ovat helpommin vedettävissä pidempiä matkoja kuin raskaammat maakaapelit, sillä kaapelin etenemiseen tarvittava vetovoima on suoraan verrannollinen kaapelin painoon. Pitkien vetomatkojen keskelle on hyvä suunnitella kaapelijatkoksia, sillä kaapelia on helpompi käsitellä mitä lyhempi vetomatka on. [3]

#### 4.1.2 Kaapelin asennus puhallustekniikalla

Puhallustekniikka on uudempi tapa asentaa kaapeli kanava-, maanvarais- tai mikroputkeen. Tekniikan käyttöön tarvitaan suuritehoinen kompressori ja kaapelin puhalluslaite (Kuva 11). Kompressorista tuleva ilmanpaine ohjataan puhalluslaitteelle, johon tuodaan myös puhallettava kaapeli. Kaapeli syötetään kelalta purkaen kierteiden välttämiseksi. Jos kaapelissa on asennuksen aikana kierteitä, aiheuttaa se kitkaa asennusputken reunaa vasten ja näinollen asentuu huonommin. Kierteet myös haittaavat tulevien kaapeleiden asennusta kaapelin viedessä paljon tilaa putkesta. Paineilman on oltava riittävän suuri tarttuakseen siirrettävän kaapelin vaippaan. Puhallustekniikan eduksi voidaan lukea se, ettei sen käyttöön tarvita erillisiä vetoköysiä. Asennuspituus kaapelia puhallettaessa voi olla jopa 2 kilometriä, jos putkilinja on hyvä ja mahdollisimman suora. Vaatimukset hyvälle putkilinjalle ovat ilmatiiveys sekä mahdollisimman pienet taivutussäteet koko linjan matkalla. [3, 14]





Kuva 11. Kaapelin puhaltamiseen tarvittava laitteisto [14].

## 4.2 Maa-asennus

Kaapelia asennettaessa maaajaan tai auratessa suoraan maahan puhutaan maa-asennuksesta. Maa-asennusta käytetään alueilla, joihin kanaputkiverkoston rakentaminen ei ole järkevää, esimerkiksi pitkien tieosuuksien varsille tai muuten hajanaisesti asutuille alueille. [3, 16]

### 4.2.1 Kaapelin asennus maaajaan

Kaapelia asennettaessa maaajaan on se sijoitettava vähintään 400 mm:n syvyyteen. Oja on pohjustettava hienojakoisella maa-aineksella ja kaapeli peitettävä asennuksen jälkeen muovikourulla. Täytettäessä kaapeliojaa tulisi käyttää maa-ainesta, jossa ei ole suuria kiviä ja joka olisi jakoisuudeltaan tasalaatuista. Varoitussauhan tulee sijaita 400 mm:n syvyydellä maan pinnasta, minimitalanteessa kaapeli, kouru ja varoitussauha ovat kaikki samassa syvyydessä. [3, 16]

### 4.2.2 Kaapelin asennus auraamalla

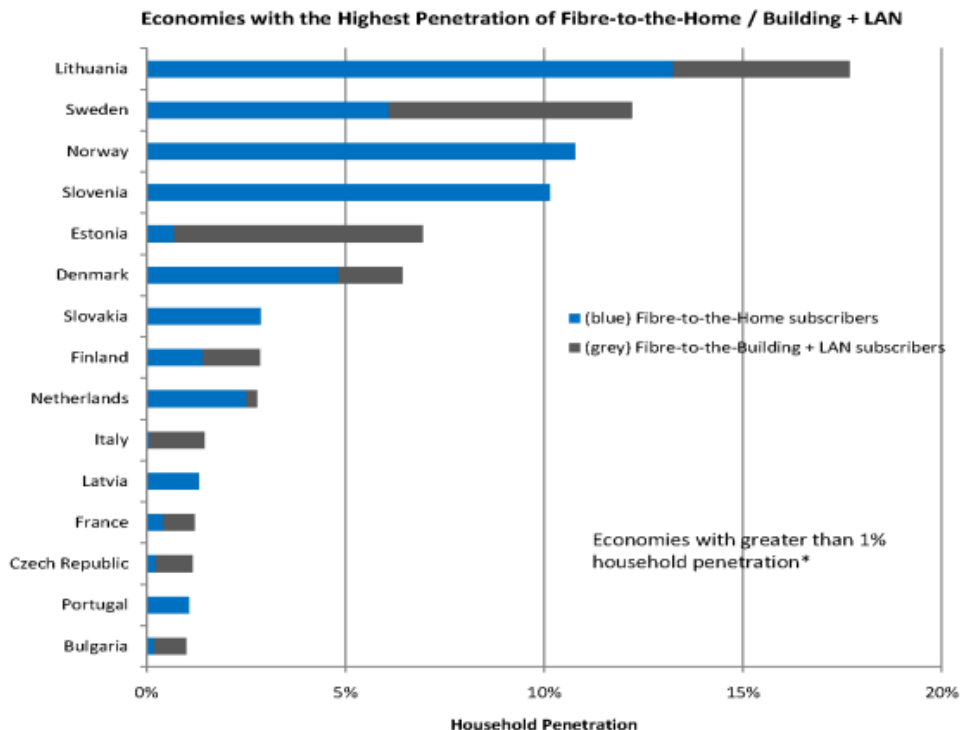
Asennettaessa pitkiä matkoja esimerkiksi teiden varteen, voidaan kaapeli asentaa auraamalla. Aurauksessa kaapelit upotetaan kaivinkoneen erikoiskauhalla

suoraan maahan. Asennusmenetelmää voidaan käyttää vain tietynlaisissa olosuhteissa ja maaston pitää olla kivetön ja tasainen. Alueella sijaitsevat johto- ja putkiverkot rajoittavat auraamista, eikä uuden kaapelin asennustyö saa häiritä tai vaurioittaa jo olemassa olevaa verkkoa. Kaapelin auraaminen maahan on hyvin huolellista toimintaa. Kaapelin kuntoa on tarkkailtava ennen sen laskemista maahan, sillä se tulee välittömästi peitetyksi ja tämän jälkeen kaapelivaurioiden paikantaminen hankaloituu. Tieliikennelaitoksen ohjeistuksen mukaan aurattava kaapeli on asennettava ajoradan penkereeseen vähintään 3,0 m:n etäisyydelle tien keskiviivasta. Syvyyden on oltava vähintään 0,6 m tien pinnasta tai 0,8 m tasoristeyksen kohdalla. Samalla kun kaapelia aurataan maahan, on uraan laskettava myös varoitusnauha tulevien kaivuuvahinkojen välttämiseksi. [3, 16]

## 5 SAATAVUUS

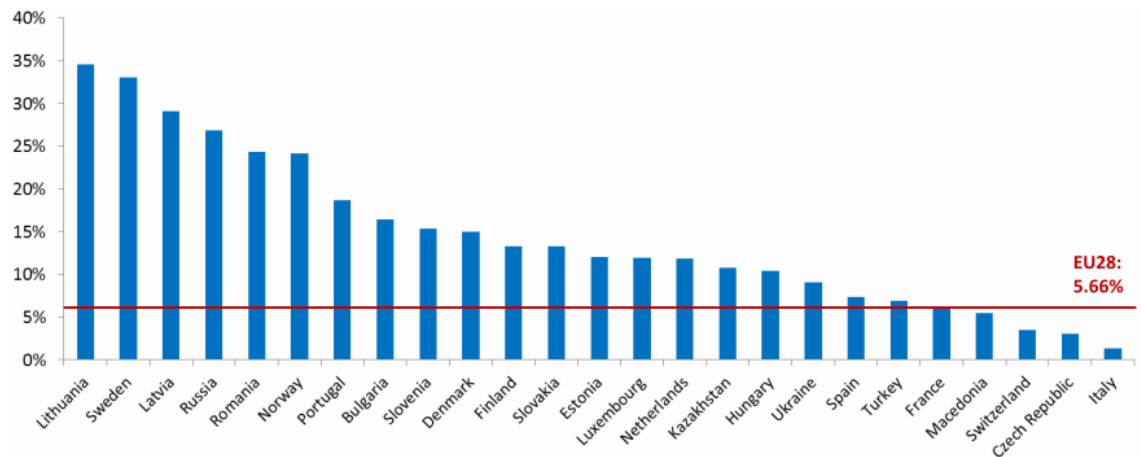
### 5.1 Saatavuus Euroopassa

Optisten kuituverkkojen saatavuuden kehitystä Euroopassa seuraa FTTH Council Europe –organisaatio. Organisaation tarkoitus on kiihdyttää kuitupohjaisten, huippunopeiden liityntäverkkojen saatavuutta yrityksille ja yksityishenkilöille. Saatavuutta kuvataan kuidutettujen asuinkiinteistöjen (FTTB + LAN) ja kotitalouksien (FTTH) prosenttiosuudella koko valtion asuinkiinteistöihin ja kotitalouksiin verrattuna (Household Penetration). Vuonna 2010 teetetyin tutkimuksen mukaan (Kuvio 1) Liettua johtaa kuituyhteyksien saatavuudessa n. 17 %:n penetraatiolla, toisella sijalla majailee Ruotsi n. 12 %:n osuudellaan. Suomi on tilastoissa vasta 7. sijalla, penetraation ollessa noin 3 %. Ruotsin ja Suomen kuitupenetraatiossa yhtäläistä on että FTTH- ja FTTB-rakentaminen ovat yhtä suuressa roolissa maiden osalta. [17]



Kuvio 1. Valokuidun saatavuus EU:n alueella vuonna 2010 [17].

Tarkastellessa vuonna 2015 teetettyä tutkimusta Euroopan kuitupenetraatiosta, (Kuvio 2) voidaan ensimmäisenä huomata valtioiden saavuttaman penetraatio-prosentin nousseen huomattavasti. Liettua majoilee edelleen listan kärjessä lähes 35 %:n osuudellaan. Ruotsi on sijoittuneena tilaston toiselle sijalle penetraation ollessa suurin piirtein 33 %:n. Suomen kuidutettujen asuinkiinteistöjen ja kotitalouksien määrä on noussut viidessä vuodessa noin 10 prosenttiyksikköä. [4]



Kuvio 2. Valokuidun saatavuus EU:n alueella vuonna 2015 [4].

Vuoden 2015 tutkimuksessa FTTH ja FTTB saatavuutta ei ollut eritelty suoraan kuvaajaan. Suomi on kuitenkin siirtynyt pääosin FTTB-painotteiseen rakentamiseen. Tämä selittää 10-prosentin harppauksen viidessä vuodessa, sillä FTTB-rakentaminen on nopein tapa kasvattaa optisten tietoliikenneyhteyksien saatavuutta. [4]

Voidaan siis todeta, että optisen kaapeloinnin ylivertaisuus kuparisiin tiedonsiirtokaapeleihin on huomattu maailmanlaajuisesti. FTTH Council Europe tuo ilmi vuoden 2015 tutkimuksessaan, että optisten liityntäverkkojen saatavuuden suurimmat työjuhdat löytyvät pienempien paikallisoperaattorien suunnalta. Suuret operaattorit ovat siirtyneet alan pioneerien sijalta oppipojan rooliin. Suomen osalta tutkimuksessa on mainittu positiivisessa valossa Finnet-liitto, joka koostuu 23 jäsenyhtiöstä. Jäsenyhtiöt ovat paikallisoperaattoreita ympäri Suomen. [4]

## 5.2 Saatavuus Varsinais-Suomessa

Saatavuutta ja sen kehitystä kartoitettiin ottamalla haastatteluun Varsinais-Suomalaisia teleoperaattoreita. Haastattelussa selvitettiin operaattoreiden FTTH- ja FTTB-liittymien saatavuutta 2010-luvulla sekä FTTH- ja FTTB-liittymien tilaajamääriä samalla aikajaksolla. Tilaajamäärän kehityksen seuraaminen on hyödyllinen sekä erittäin mielenkiintoinen tapa tutkia kuluttajarajapinnan reagoitua sitä ympäröiviin tiedonsiirto ratkaisuihin. Saatavuuden ja tilaajamäärän suhteessa saattaa olla alueellisesti hyvinkin paljon eroja. Kaupungeissa on usein paljon opiskelijoita ja nuorta väestöä. Kaupunkilaisille nopeat tietoliikenneyhteydet ovat nykypäivänä hyvin tärkeitä, elleivät jopa pakollisia. Siirryttäessä enemmän maaseudulle muuttuu väestö vanhemmaksi ja harvempaan asutuksi. Vanhemman väestön myötä ei tarve nopeille tietoliikenneyhteyksille ole välttämättä niin suuri kuin nuoren väestön keskuudessa. [18]

Haastattelussa kartoitettiin myös yleisiä optisten liityntäverkkojen rakentamiseen liittyviä seikkoja, kuten mitkä asiat saattavat rajoittaa tai hidastaa verkon rakentamista, ja onko operaattori käyttänyt liityntäverkkonsa toteutukseen passiivista vai aktiivista verkkoa. Tietoa kerättiin myös kysymällä optisten tietoliikenneverkkojen tulevaisuudesta operaattorin näkökannalta sekä television tarjonnasta kuituverkon yhteydessä. Haastattelussa pyrittiin valottamaan myös seikkoja, jotka ovat operaattorin osalta johtaneet tämänhetkiseen FTTB- ja FTTH-verkkojen saatavuuteen.

### 5.2.1 Laitilan Puhelin Osk

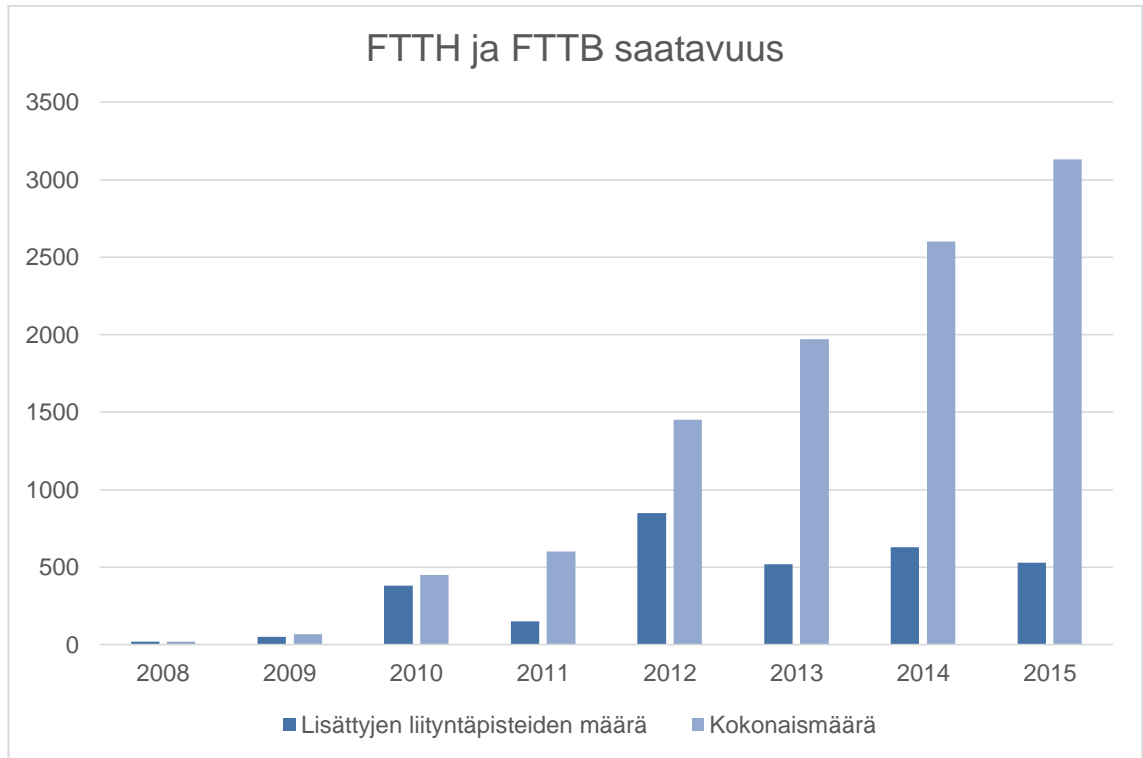
Laitilan Puhelin on rakentanut valokuituverkkoa jo 90-luvulta lähtien. Aluksi rakennettiin runkoyhteyksiä yrityksen omiin tarpeisiin, kuten esimerkiksi päätekeskuksille, tukiasemille sekä osaksi valtakunnallisia siirtoyhteyksiä. [18]

Osuuskunta laati optisen liityntäverkon rakentamisesta hyvät suunnitelmat, vahvat linjapäätökset sekä investointiohjelman koko toimialueen kattavan kuituver-

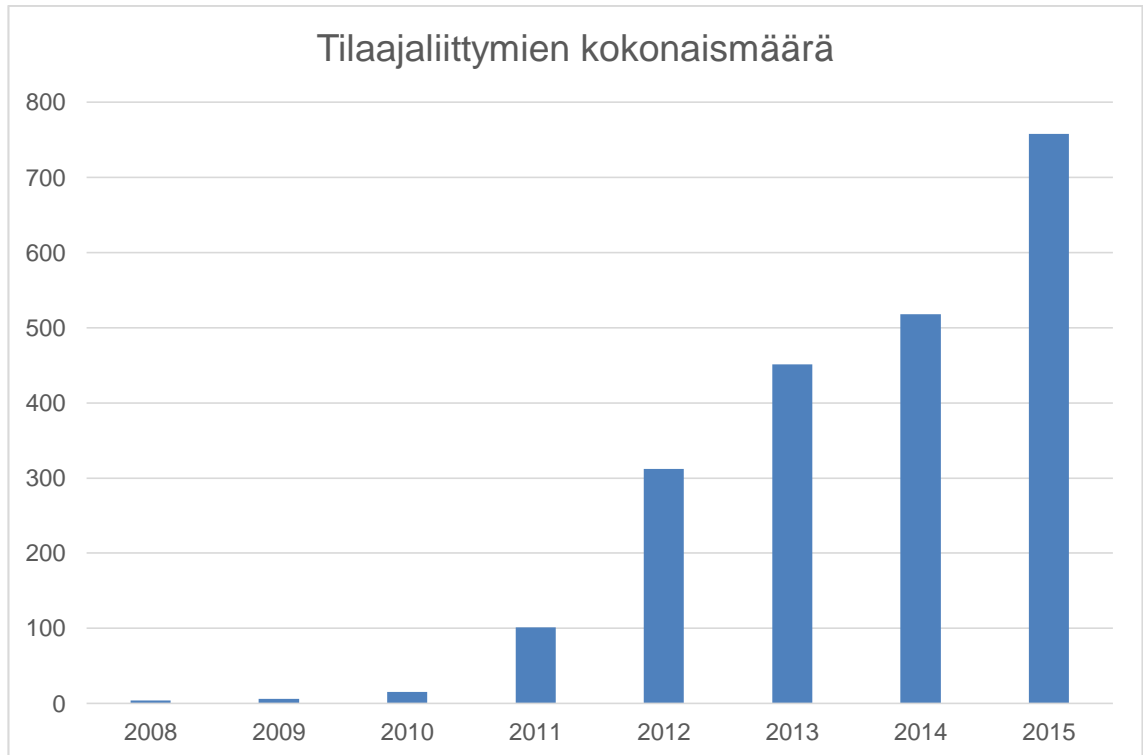
kon rakentamiseen. Aluerakentaminen kokonaisuutena sekä oman brändin luominen kuituverkolle ovat operaattorin mukaan olleet avainasemassa hyvin kehittyvän tilaajakannan luomiseen. Osuuskunta on myös panostanut tiedottamiseen ennen alueellista verkonrakennusta sekä sen aikana. [18]

Laitilan Puhelin aloitti järjestelmällisen kuiturakentamisen tilaajaliittymien osalta vuonna 2008. Toimialue jaettiin aluekokonaisuuksiin, joita alettiin rakentamaan alue kerrallaan. FTTH-rakentaminen on toteutettu joko jättämällä kaapelikioppi tontin rajalle kadun varteen tai tuomalla kaapeli kiinteistöön asti. FTTB-rakentamisessa kaapeli on tuotu valmiiksi kerros- tai rivitalon talojakamoon. Laitilan Puhelin on tuonut kuidun jokaiseen toimialueellansa sijaitsevaan kerros- tai rivitaloon vuosien 2008 – 2015 aikana, rakentaminen on painottunut kolmeen viimeiseen vuoteen (Kuvio 3 ja Kuvio 4). Toimialueeseen kuuluu 170 FTTB-kohdetta. Kohdekiinteistöissä on suurin piirtein yhteensä noin 1 700 asuntoa. Yrityskiinteistöissä on käytetty vaihdellen FTTH- tai FTTB-toteutustapaa, joissain tapauksissa lähiyrityksiä varten on varattu kytkentätilaa lähimmästä katujakamosta. Kaavoitettujen alueiden ollessa lähes valmiita siirtyy operaattori rakentamaan liityntäverkkoa haja-asutusalueille. Osuuskunta ennustaa rakennustahdin jatkuvan vilkkaana, vaikkakin luonteeltaan erilaisena. Haja-alueilla asiakastiheys harvenee, jonka seurauksena kaapeloinnin määrä kasvaa kilometreissä mitattuna. Operaattori kokee nämä alueet tärkeiksi, sillä myös vapaa-ajan asuntojen tiedonsiirtoyhteyksien tarve kasvaa jatkuvasti. Omalla toimialueellaan ei operaattorin mukaan ole rakentamista rajoittavia tekijöitä. Suurimmaksi jarruttajaksi saattavat osua omien henkilöstöresurssien lievä rajallisuus. Lupabyrokratia ulkoisten toimijoiden kanssa koetaan osuuskunnan mukaan hidastavaksi tekijäksi.

Laitilan Puhelin on toteuttanut liityntäverkkonsa kokonaan PON-tekniikalla, kuitenkin siten että muiden tekniikoiden käyttö on mahdollista. Operaattori tarjoaa verkossaan kaapeli-tv-palvelut sekä lisäksi tarjolla on IPTV-palveluita. FTTH-kohteisiin tarjotaan 100 Mb/s nopeutta 29,90 €/kk hinnalla. [18]



Kuvio 3. Laitilan Puhelin Osk:n valokuituverkon saatavuuden kehitys [18].



Kuvio 4. Laitilan Puhelin Osk:n tilaajamäärän kehitys [18].

Liityntäverkon ollessa jo suurimmalta osin valmis on tilaajamäärän kasvulle vielä verkon kapasiteetin puolesta varaa. FTTH:n ja FTTB:n yhteenlaskettu saatavuus vuonna 2015 oli 3 000 liityntäpistettä ja liittymämäärä noin 760 (Kuvio 3 ja Kuvio 4). Verkon saatavuusmäärästä on siis käytössä noin neljännes. [18]

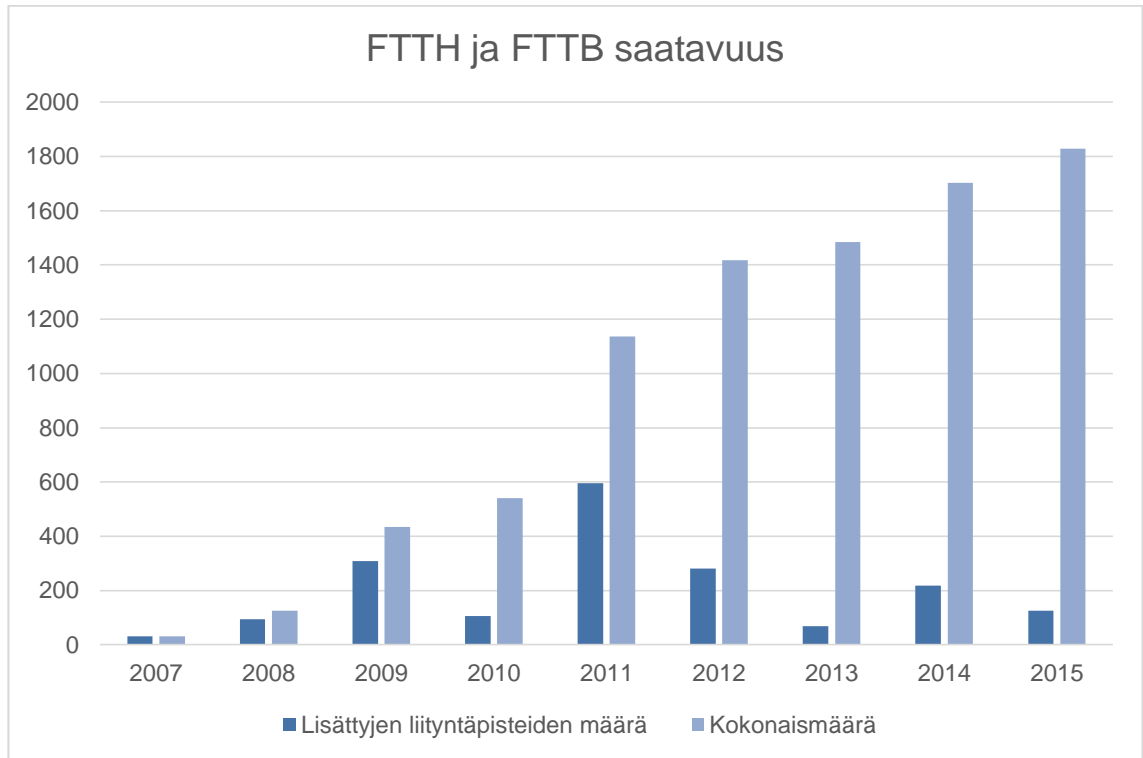
### 5.2.2 Paraisten Puhelin Oy

Paraisten puhelin aloitti tilaajakäyttöön tarkoitetun kuituverkon rakentamisen vuonna 2007. Yhtiö on panostanut optisen liityntäverkkonsa myyntiin ja markkinointiin. Operaattori järjestää asiakkailleen info-tilaisuuksia kuituverkon rakentamisesta ja sen mahdollistamista palveluista. [18]

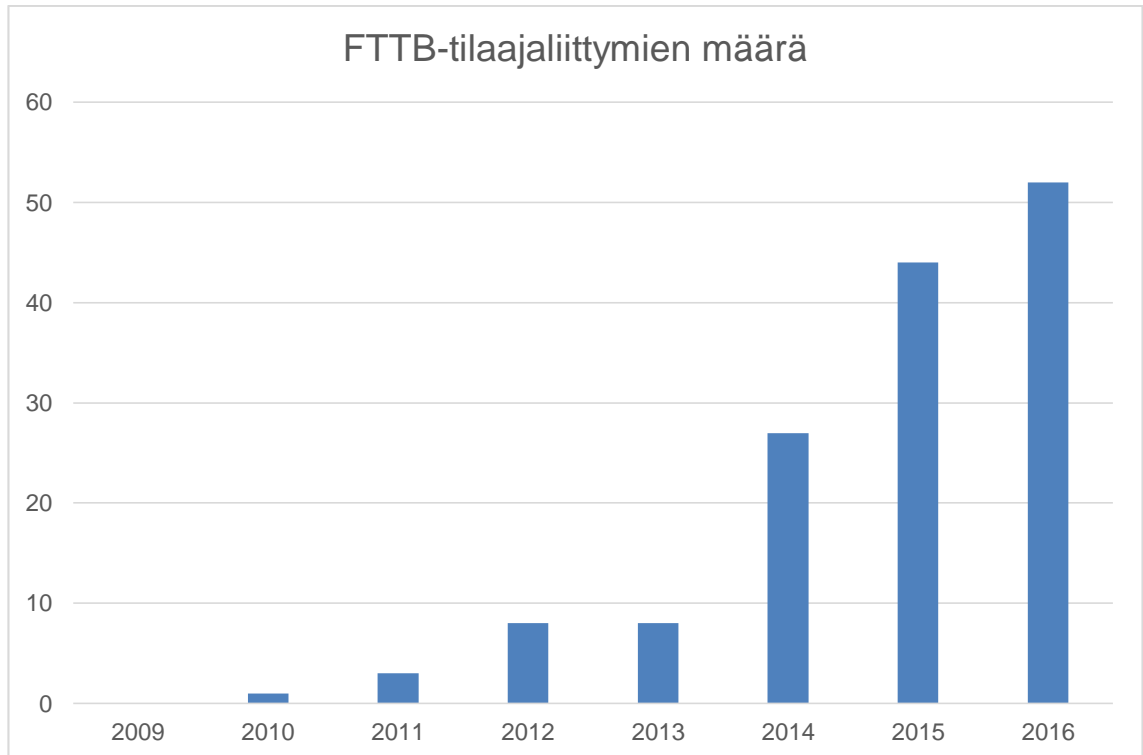
Liitymien saatavuus on kehittynyt tasaisesti aloitusvuodesta lähtien. Lisättyjen liityntäpisteiden määrä ei kuvaa täysin uuden verkon rakentamista kuviossa Kuvio 5, sillä joinain vuosina on otettu paljon jo aikaisemmin rakennetun runkoverkon liityntäpisteitä käyttöön. Liityntäpisteiden kokonaismäärän tasainen kehitys kuitenkin kertoo operaattorin sitoutuneisuudesta tekniikkaan. Tilaajamäärän tasainen kasvu kertoo myös asiakasrajapinnan nopeasta reagoinnista uuden teknologian käyttöönottamiseen (Kuviot 6 ja 7). [18]

FTTB-tilaajaliittymillä tarkoitetaan kerros- tai rivitaloon kytkettyä kuituliittymää. Kuituliittymän päässä saattaa olla kiinteistön koosta riippuen useita kymmeniä asiakasliittymiä. Tilaajaliittymien kasvun selittää kuparipohjaisten tiedonsiirtoratkaisujen auttamaton riittämättömyys. DSL- tai mobiilipohjainen tiedonsiirto ei ole kyllin nopea tai edes luotettava vaihtoehto nykyajan sovelluksien pohjaksi. Osa tekijä kuituverkon tilaajamäärien nousuun on myös vanhojen kuparisten ilmalinjoiden purkaminen. [18]

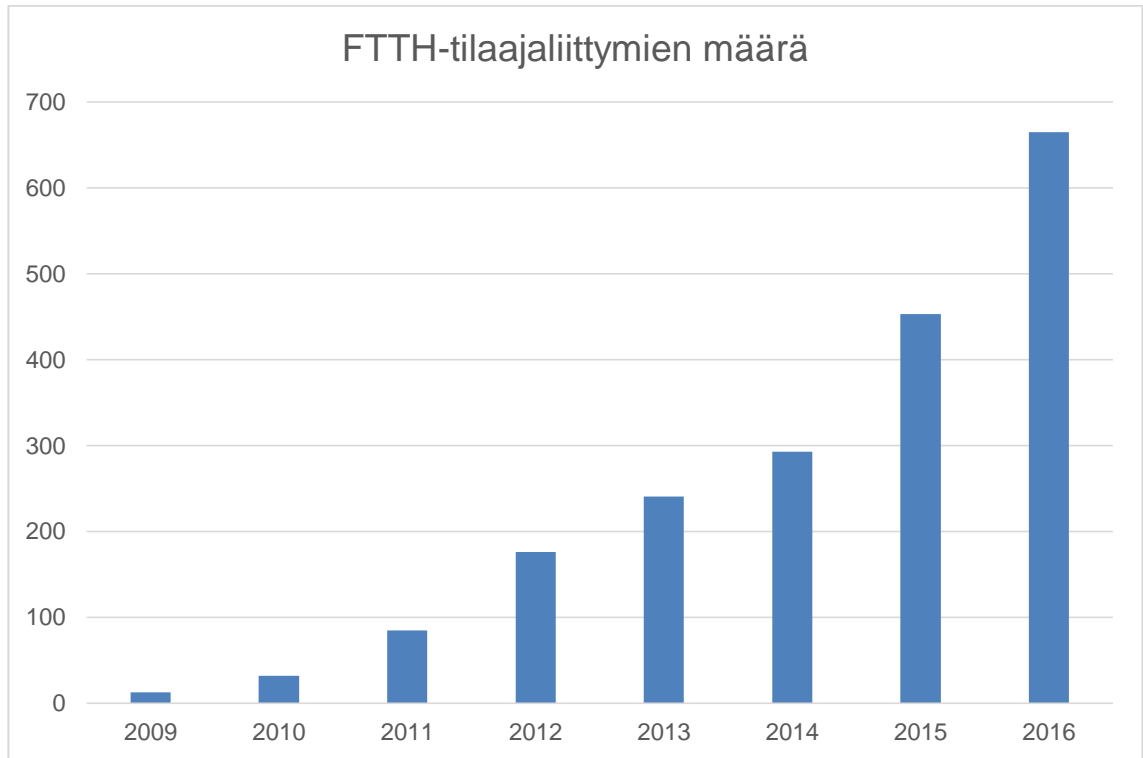




Kuvio 5. Paraisten Puhelin Oy:n valokuituverkon saatavuuden kehitys [18].



Kuvio 6. Paraisten Puhelin Oy:n FTTB tilaajamäärän kehitys [18].



Kuvio 7. Paraisten Puhelin Oy:n FTTH tilaajamäärän kehitys [18].

Laskettaessa FTTH- ja FTTB-tilaajaliittymien määrät yhteen saadaan noin 700 tilaajaliittymää. Tilaajaliittymien määrää verrattaessa verkon noin 1 800 liityntäpisteen saatavuuteen todetaan verkon käyttöasteeksi reilu kolmannes. [18]

Paraisten Puhelin on toteuttanut liityntäverkkonsa suurimmaksi osaksi P2P-verkkona. FTTH-liittymiin operaattori tarjoaa 100 Mb/s yhteyttä ja kaapeli-tv-palveluita 59,61 €/kk hintaan tai 200 Mb/s yhteyttä ja kaapeli-tv-palveluita hintaan 89,56 €/kk. Alati kasvavaan saatavuuden kysyntään yhtiö pyrkii vastaamaan mahdollisimman tehokkaasti, myös haja-asutusalueilla. Operaattori on päättänyt toteuttaa haja-asutusalueiden liityntäverkkonsa GPON-verkkona, passiivisen verkon osuus koko verkosta on noin 5 %. Kuituverkossa kulkee tavallisen IP-liikenteen lisäksi myös kaapeli-tv sekä IPTV-palveluita. [18]

Verkkoon investointi, työntekijöiden puute sekä ajoittain hankala lupabyrokratia ovat hidastaneet operaattorin liityntäverkon levittämistä koko toimialueelle. Kuituliittymien myynti on työlästä, sillä yhtä liittymäkauppaa kohden vaaditaan 5–7 kontaktikertaa operaattorin ja asiakkaan välillä. [18]

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyössä käytiin läpi optisten liityntäverkkojen perusteet. Työssä paneuduttiin verkkoelementteihin, topologioihin, rakennusmenetelmiin sekä FTTB- ja FTTH-konseptiin.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin FTTH- ja FTTB-verkkojen saatavuutta sekä tilaajamäärien kehitystä Euroopassa ja Varsinais-Suomessa 2010-luvulla. Saatavuus ja tilaajamäärät ovat kasvaneet suurissa määrin. Euroopan tasolla tarkisteltaessa esimerkiksi Ruotsi on kasvattanut kuitupenetraatiotaan 12 %:sta 33 %:iin. Varsinais-Suomen osalta tarkisteltiin kahden paikallisoperaattorin liityntäverkon saatavuuden ja tilaajamäärän kehitystä. Liityntäverkon saatavuus ja tilaajakannan kehitys kulkivat rinta rinnan, johtuen pääosin operaattoreiden hyvästä markkinoinnista sekä kuluttajien valveutuneisuudesta.

Kasvava FTTB- ja FTTH-rakentaminen tulee näillä näkymin jatkumaan samaan tapaan kuin aikaisemminkin. Ilmiö on havaittavissa Suomessa, Euroopassa ja koko maailmassa. Vuosien kuluessa yhä suurempi osa kuluttajaliittymistä tulee kulkemaan valokuidun kautta runkoverkosta kiinteistöön asti. Langattomien mobiililaajakaistojen ollessa erinomaisia ratkaisuja matkapuhelimiin ja tabletteihin eivät ne kuitenkaan sovellu jokapäiväiseen raskaaseen tiedonsiirtoon. Monet tyytyvät vielä vanhoihin kuparipohjaisiin laajakaistaratkaisuihin, mutta tämäkin trendi kokee muutoksen, kun yhä uudemmat sukupolvet tottuvat nopeisiin tiedonsiirtoyhteyksiin.

## LÄHTEET

- [1] Niklas Helander 2011, Insinööriyö. Passiiviset kuituverkot. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201104295355>
- [2] Joni Vikatmaa 2013, Insinööriyö. Optisen verkon suunnittelu ja rakennus. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2013060412732>
- [3] Onninen Oy 2008, Optiset liityntäverkot
- [4] FTTH Council Europe 2015, FTTH Market in Europe – Status and analysis 2015. Webjulkaisu. Viitattu 30.1.2016 [http://www.ftthcouncil.eu/documents/Webinars/2015/Webinar\\_24March2015.pdf](http://www.ftthcouncil.eu/documents/Webinars/2015/Webinar_24March2015.pdf)
- [5] Viestintävirasto 2006, Työryhmäraportti Optiset liityntäverkot v2
- [6] Ari Ikonen ja Telestory Oy 2009, Teräväpiirtotelevisio
- [7] Nestor Cables Oy 2015, FTTX Optiset liityntäverkot
- [8] SLO Oy 2015, Tuotekatalogi, Teleasennusjohdot ja –kaapelit
- [9] Teletekno Oy 2007, Eurooppalainen yleiskaapelointi, Suunnittelu, asennus ja ylläpito
- [10] Draka Comteq Finland Ltd. 2006, Valokaapeleiden yleisjatkos XOK. Webjulkaisu. Viitattu 18.1.2016 <http://www.sahkonumerot.fi/7260467/doc/technicalinfodoc/>
- [11] Nestor Cables Oy 2011, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit
- [12] SLO Oy 2015, Tuotekatalogi, Valokuitukaapelointi - Sähkönjakelu- ja televerkot
- [13] Veikko Naskali ja Pauli Suikkanen 2004, Antennijärjestelmät ja valmistautuminen digiaikaan
- [14] Hexatronic Oy 2015, Passive Fiber – Ribbonet Installation
- [15] Teletekno Oy 2005, Kotien yleiskaapelointi, Opas standardin ISO/IEC 15018 soveltamiseen
- [16] Liikennevirasto 2001, Maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeet. Webjulkaisu. Viitattu 22.1.2016 [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b7\\_maakaapeleiden\\_kaivu\\_asennusohjeet.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b7_maakaapeleiden_kaivu_asennusohjeet.pdf)
- [17] FTTH Council Europe 2010, Press release. Webjulkaisu. Viitattu 29.1.2016 [http://www.ftthcouncil.eu/resources/ranking-of-european-ftth-penetration-shows-scandinavia-and-smaller-economies-still-ahead?media\\_id=1326](http://www.ftthcouncil.eu/resources/ranking-of-european-ftth-penetration-shows-scandinavia-and-smaller-economies-still-ahead?media_id=1326)
- [18] Paraisten Puhelin Oy:n ja Laitilan Puhelin Osk:n kanssa suullisesti ja sähköpostitse käydyt haastattelut