



TAMPEREEN  
AMMATTIKORKEAKOULU

# FTTX-LIITYNTÄVERKON RAKENTAMINEN

Mika Rantanen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2019  
Tietojenkäsittely  
Tietoverkkopalvelut



## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tietojenkäsittely  
Tietoverkkopalvelut

RANTANEN, MIKA  
FTTX-liityntäverkon rakentaminen

Opinnäytetyö 45 sivua  
Toukokuu 2019

---

Digitaalisen tiedonsiirron määrä kasvaa jatkuvasti. Vanhat kuparikaapelit eivät enää pysty siirtämään tietoa tarpeeksi tehokkaasti. Kuparikaapelin on korvannut valokuitu ja sen uskotaan turvaavan tiedonsiirtotarpeemme pitkälle tulevaisuuteen. Optisen liityntäverkon rakentaminen on monivaiheinen projekti, jossa rakennuttajan tarvitsee hallita useita eri teknisiä osa-alueita. Optiset liityntäverkot ovat yleistyneet merkittävästi viime vuosikymmenien aikana osaksi alentuneiden rakentamiskustannusten vuoksi. Edullisempi hinta on tuonut kuidun jokaisen kiinteistönomistajan ulottuville.

Opinnäytetyön tarkoitus oli kartuttaa kirjoittajan omaa osaamista optisen liityntäverkon rakentamisesta. Opinnäytetyössä esiteltiin yleisimmin liityntäverkon rakentamisessa käytettyjä menetelmiä, tekniikoita ja komponentteja. Näiden lisäksi pohdittiin suunnitelmien tärkeyttä rakennusprojekteissa. Tavoitteena oli saada nidottua tiivis paketti optisen liityntäverkon rakentamisen vaiheista ja tekniikoista. Tätä työtä voivat hyödyntää myös muut alalle pyrkivät henkilöt, jotka haluavat paremman kokonaiskuvan rakentamisen vaiheista ja siinä käytettävistä eri komponenteista.

Työn tuloksena syntyi informatiivinen paketti optisen liityntäverkon rakentamisen eri vaiheista, tekniikoista, komponenteista ja asennusmenetelmistä. Lisäksi työssä esiteltiin liityntäverkon toimintaa, käyttömahdollisuuksia sekä verkostorakennetta.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Business Information Systems  
Networking

RANTANEN, MIKA  
Building FTTX-Access Networks

Bachelor's thesis 45 pages  
May 2019

---

The amount of digital data transfer in today's world is constantly growing. Old copper cables are no longer able to fill the requirements for data transfer speeds. Therefore, copper cables have been replaced by fiber optics in modern access networks. The usage of optical fibers in access networks has grown vastly in past decades. Reduced expenses of the fiber cabling have brought fiber networks available to every homeowner.

The purpose of this thesis was to become familiar with different features of optical network and the variety of building phases required in access networks. The work introduces common working methods, techniques and components used in optical access networks. It also highlights the importance of planning in building projects. This thesis can be used as an information source for new construction personnel.

The result of this thesis is an informative output regarding different phases of optical network's construction, including techniques, components and installation methods. The work also introduces thoughts about functions and structures of optical access networks.

---

Key words: fiber optics, access network, ftx, data transfer

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
2	VERKOSTON RAKENTEET .....	9
2.1	Yleinen viestintäverkko .....	9
2.2	Optisen liityntäverkon siirtotekniikat .....	10
2.3	Verkkotopologiat .....	11
3	VALOKUITUKAAPPELI.....	13
3.1	Kaapelin rakenne.....	13
3.1.1	Sisäkaapelit.....	14
3.1.2	Ulkokaapelit .....	15
3.2	Optiset kuidut.....	16
3.2.1	Monimuotokuidut .....	17
3.2.2	Yksimuotokuidut .....	17
3.2.3	Vaimennus.....	19
4	VERKOSTORAKENTAMINEN .....	20
4.1	Suunnittelu.....	20
4.1.1	Kuitujen määrä kaapelissa.....	21
4.1.2	Käytännön suunnittelu .....	21
4.1.3	Suunnittelun tuotokset .....	22
4.2	Maarakennustekniikat ja ulkokaapelin asentaminen.....	23
4.2.1	Kanava-asennus vetämällä .....	23
4.2.2	Asennus puhallustekniikalla.....	24
4.2.3	Maa-asennus .....	25
4.2.4	Matala-asennustekniikat.....	27
5	OPTISEN VERKON LAITTEET JA KOMPONENTIT .....	29
5.1	Optiset liittimet .....	29
5.1.1	Liittimen hionta .....	30
5.1.2	Yleisimmät liitintyytit .....	31
5.2	Kuitukaapelin päättäminen ja tarvikkeet .....	32
5.3	Päätelaitteet.....	33
5.3.1	Päätetekotelot .....	33
5.3.2	Päätepaneelit.....	34
5.3.3	Jakamokaapit ja -telineet.....	34
5.4	Jatkokset .....	35
5.4.1	Sisä- ja ulkojatkokset .....	36
5.4.2	Kylkiotto .....	37
6	LIITYNTÄVERKON ASIAKASRAJAPINTA .....	38

6.1	FTTX-tekniikat .....	38
6.2	Jakamot.....	39
6.3	Sisäverkon kaapelointi .....	40
6.4	Valokuituyhteyksien mittaukset.....	41
7	POHDINTA .....	43
	LÄHTEET .....	45

**LYHENTEET JA TERMIT**

ATM	Asynchronous Transfer Mode, pakettipohjainen kytkentäisen verkon siirtotekniikka.
dB	Desibeli, käytetään kahden signaalin välisen tehosuhteen ilmaisuun sekä vaimentimen ilmaisuun.
DSL	Digital Subscriber Line, joukko tietoliikennetekniikoita, joilla siirretään tietoa kuparisessa lankapuhelinverkossa.
DSLAM	Digital Subscriber Line Access Multiplexer, DSL-keskitin, jonka avulla voidaan kuparinen sisäverkko liittää optiseen liittäntäverkkoon.
Ethernet	IEEE:n standardin 802.3 määrittelemä pakettipohjainen lähiverkkotekniikka.
FTTX	Fiber to the X, jossa X määrittää mihin asti liittäntäverkon kuitukaapeli tuodaan asiakkaalle.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers, kansainvälinen tekniikan alan järjestö.
LAN	Local Area Network, lähiverkko.
MAN	Metropolitan Area Network, alueverkko
P2MP	Point-to-Multipoint, Pisteestä useaan pisteeseen kytkentä.
P2P	Point-to-Point, pisteestä pisteeseen kytkentä.
PON	Passive Optical Network, passiivinen optinen verkko.

OLT	Optical Line Terminal, passiivisen verkon päätelaite.
ODF	Optical Distribution Frame, optinen liitinkenttä.
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer, valokaapelitutka
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, siirtoverkkotekniikka
WAN	Wide Area Network, runkoverkko

## 1 JOHDANTO

Valokuidun käyttäminen liityntäverkkojen rakentamisessa on kasvanut huomattavasti viime vuosikymmenten aikana. Nykyisten kuparikaapeleiden tiedonsiirtokapasiteetti ei enää täytä tämän päivän verkossa olevien laitteiden tiedonsiirtovaatimuksia. Erilaisilla xDSL-tekniikoilla (DSL = Digital Subscriber Line) on yritetty pidentää kuparikaapeleiden käyttöikä, mutta nyt nämäkin tekniikat ovat tulleet tiensä päähän. Optiset liityntäverkot turvaavat tiedonsiirtotarpeemme pitkälle tulevaisuuteen ja ne tulevat ajan myötä syrjäyttämään kuparikaapelin käytön tiedonsiirrossa. Valokuitu itsessään ei ole kovin uusi keksintö. Sitä on jo pitkään käytetty teleoperaattoreiden runkoverkoissa, niin ydin- kuin alueverkkojenkin rakentamisessa. (Nestor cables 2015, 8.) Nyt voisikin sanoa, että elämme valokuidun rakentamisen kulta-aikaa.

Tätä opinnäytetyötä kirjoittaessani olen työsuhteessa Telia Finland Oy:n kanssa. Työskentelen siellä optisten liityntäverkkojen rakennuttamisen yksikössä ja työnkuvaani kuuluu pääosin pienten asiakassuuntautuvien rakennuttamisprojektien läpivienti. Työpaikalla syntyi myös ajatus tämän opinnäytetyön kirjoittamisesta. Kuidun rakennusprojekti sisältää suuren määrän eri osa-alueita, joiden hallinta on olennainen osa rakennuttajan työnkuvaa.

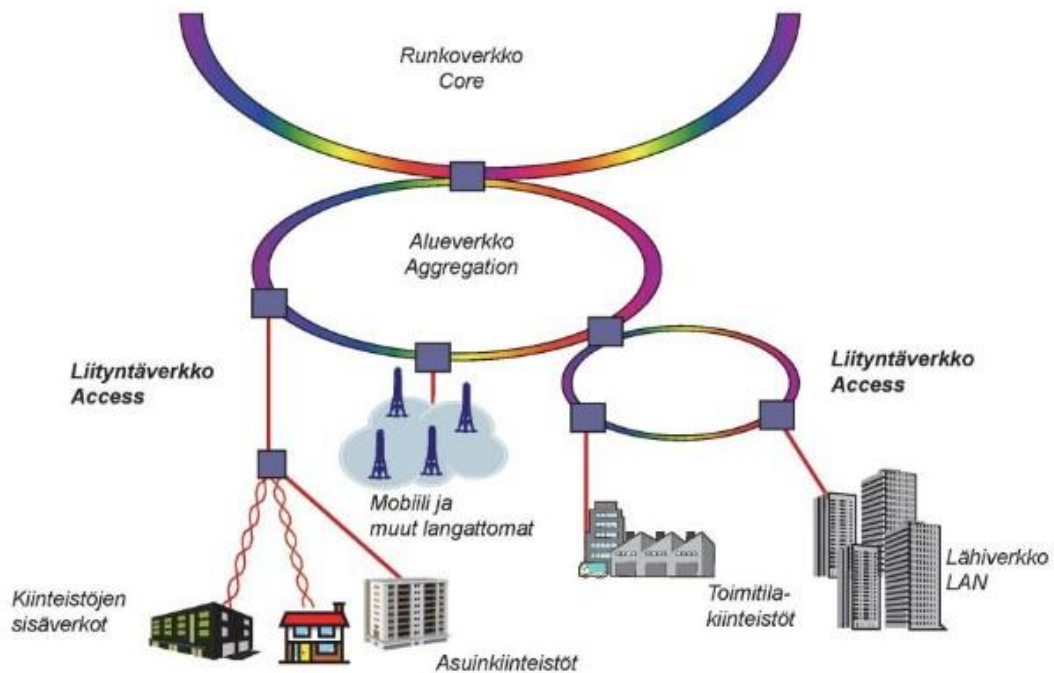
Tämän opinnäytetyön tarkoitus on kartuttaa kirjoittajan omaa osaamista optisen liityntäverkon rakentamisesta. Tätä opinnäytetyötä voidaan käyttää opetusmateriaalina ja hyödyntää kuidun rakentamisen alalle pyrkivien henkilöiden kouluttamisessa. Myös muut kuidun rakentamisesta kiinnostuneet henkilöt saavat paremman kokonaiskuvan verkon rakentamisen eri vaiheista ja siinä käytettävistä tekniikoista. Opinnäytetyön tavoitteena on kartoittaa kuidun rakentamisen vaiheiden pääkohdat aihealueittain, sekä tutustua osaan käsiteltävistä tekniikoista tarkemmin.



## 2 VERKOSTON RAKENTEET

### 2.1 Yleinen viestintäverkko

Yleisestä viestintäverkosta käytetään tavallisemmin nimitystä televerkko. Televerkko voidaan jakaa hierarkkisen mallin mukaan kolmeen eri tasoon (kuva 1). Päällimmäisenä tasona toimii runkoverkko. Runkoverkosta haarautuvia pienempiä osia kutsutaan alueverkoiksi. Alueverkoista muodostuvat liittytävät toimittavat lopuksi yhteydet asiakkaille. (Nestor cables 2015, 7.)



KUVA 1. Televerkon rakenne (Nestor cables 2015, 7)

Runko- ja alueverkoissa valokuitua on käytetty jo pidemmän aikaa, mutta liittytävät verkoissa valokuidun käyttö on lisääntynyt huomattavasti vasta viime vuosikymmenen aikana. Yksi merkittävä syy tähän on se, että liittytävät verkoja on määrällisesti enemmän, kuin esimerkiksi runkoverkkoja. Tästä johtuen kuitukaapelin rakentamiskustannukset liittytävät verkossa ovat huomattavasti korkeammat asiakasta kohden, kuin runko- tai alueverkossa. (Nestor cables 2015, 8.)

## 2.2 Optisen liityntäverkon siirtotekniikat

Liityntäverkkojen avainteknologioita ovat Ethernet ja IP (Internet Protocol). Ethernet ja IP yhdessä optisen tiedonsiirron kanssa muodostavat tavallisen laajakaistaisen internet-verkon lisäksi myös todellisen monipalveluverkon. Tällä verkolla pystytään toteuttamaan puhelinverkon, joukkoviestintäverkon ja dataverkon palveluita samalla yhteydellä. (Nestor cables 2015, 8.)

Ethernet on nykyään ylivoimaisin siirtotekniikka kaikilla tasoilla ja sen nopeudet ovat kasvaneet viimeisen kahden vuosikymmenen aikana 10000-kertaisiksi. Tämän vuoksi Ethernet on otettu käyttöön myös lähiverkon (LAN) ulkopuolella runkoverkossa (WAN), alueverkossa (MAN) sekä liityntäverkossa (Access). Nykyään siis lähes kaikki kuluttajien ja yritysten yhteydet alkavat ja päättyvät Ethernet-yhteyksillä. Vanhempia tekniikoita, kuten SDH (Synchronous Digital Hierarchy) ja ATM (Asynchronous Transfer Mode), käytetään edelleen joillakin verkon osuuksilla, mutta Ethernet korvaa nämä tulevaisuudessa. (Nestor cables 2015, 68; Unuth 2018.)

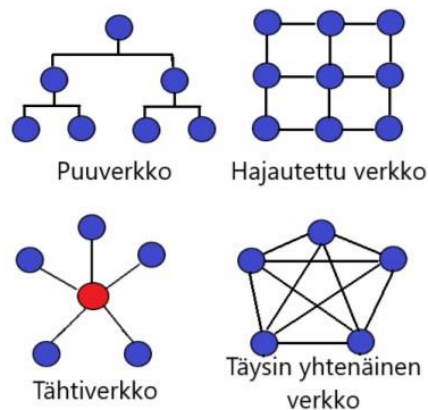
Ethernet on tekniikan alan järjestö IEEE:n standardoima tiedonsiirtotekniikka. Ethernet-pohjaisia tuotteita ja järjestelmiä on laajasti saatavilla, ja ne kaikki ovat yhteensopivia toistensa kanssa. Kupari- ja valokuituverkko tukevat molemmat Ethernet-tekniikkaa. Tämä mahdollistaa tiedonsiirron näiden kahden erityyppisen verkon välillä. Optisessa liityntäverkossa Ethernetin käytöstä on monia etuja, kuten verkon eri kerrosten yhtenäistäminen (MAN, WAN, LAN), skaalautuvat siirtonopeudet sekä pienentyneet kustannukset. (Nestor cables 2015, 69; Unuth 2018.)

Ethernet-yhteyden päällä toimiva internet-protokolla on IP-verkkojen ydin. IP ei ole Ethernetin kaltainen siirtojärjestelmä, vaan se on OSI-mallin (Open System Interconnection) verkkokerroksen protokolla, jonka avulla päätelaitteet kommunikoivat keskenään. IP on pakettimuotoista liikennettä, jonka päällä voidaan verkon yli lähettää minkä tahansa sovelluksen dataa. IP jakaa verkon kapasiteettia tasaisesti kaikkien verkon käyttäjien kesken, mutta verkon ruuhkautuessa paketteja saattaa jäädä toimittamatta. (Nestor cables 2015, 70.)

## 2.3 Verkkotopologiat

Verkkotopologia käsitteellä tarkoitetaan tietoverkon tapaa, jolla verkossa olevat laitteet ovat yhdistettyinä toisiinsa. Yleisesti käytössä on kaksi tapaa, joilla voidaan kuvata verkon rakennetta: fyysinen ja looginen topologia. Looginen topologia kuvailee verkkoa verkkolaiteiden viestinnän tasolla (IP), ja näin ollen loogisen topologian piirtäminen ja hahmottaminen on yleensä helpompaa. Fyysinen topologia kuvaa tavallisesti laitteiden ja yhteyskanavien tarkkoja fyysisiä sijainteja. Laitteiden fyysisten sijaintien selvittäminen voi joskus olla vaivalloista, mutta erittäin tärkeää verkoston dokumentoinnin kannalta. (Härkönen 2013, 50.)

Jokaiselle verkon tasolle voidaan määrittää oma topologia. Kuvassa 2 esitellään neljä yleisessä käytössä olevaa verkkotopologiaa. Yleisimmät käytössä olevat verkkotopologiat ovat puuverkko, hajautettu verkko, tähtiverkko ja täysin yhtenäinen verkko. (Härkönen 2013, 50.)

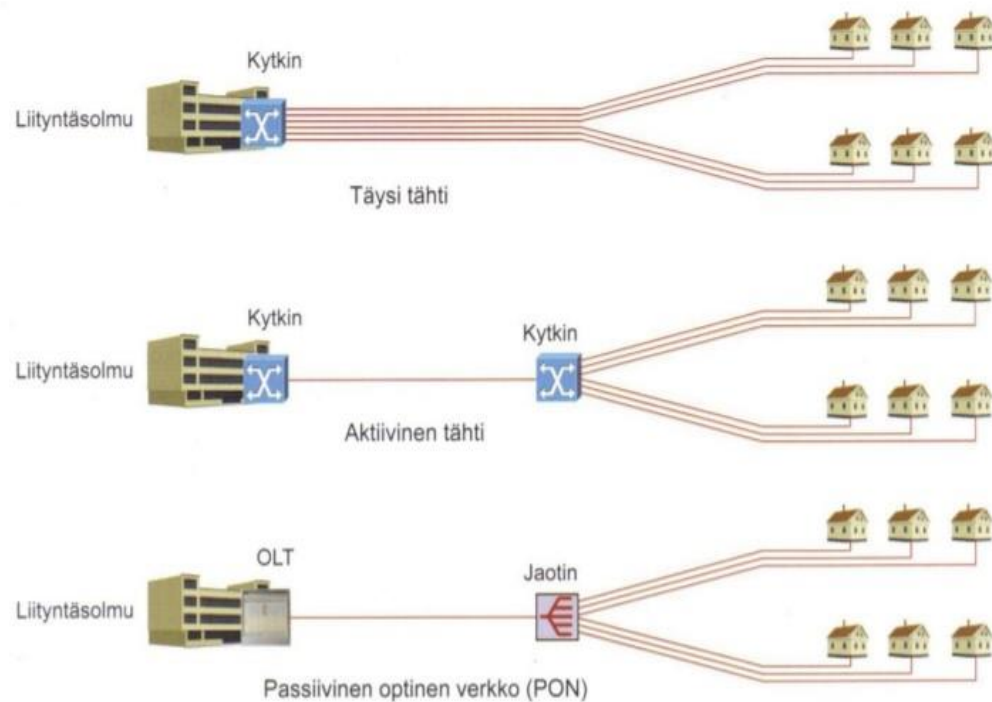


KUVA 2. Erilaisia verkkotopologioita (Kaarela 2018, 13)

Optiselle liityntäverkolle tyypillisimmät loogiset topologiat ovat täysi tähti, aktiivinen tähti sekä passiivinen optinen verkko. Tähtitopologian toiminta perustuu tähden keskellä olevaan keskitettyyn hallintalaitteeseen, kuten esimerkiksi kytkimeen. Kyseiseen kytkimeen liitetään kaikki samaan verkkoon kuuluvat asiakasverkkolaitteet omilla kaapeliliitännöillä. Tätä liitännätapaa kutsutaan pisteestä pisteeseen -yhdistämiseksi (point-to-point, P2P). Täysi tähti saadaan muodostettua, kun hallintalaite sijaitsee verkon liityntäsolmussa. Aktiivinen tähti puolestaan muodostuu, jos liityntäsolmun hallintalaitteen ja asiakaspäätteiden väliin rakennetaan ylimääräinen aktiivinen hallintalaite, kuten esimerkiksi toinen kytkin. (Härkönen 2013, 50.)

Tähtitopologian suosiminen liittytverkkojen rakentamisessa johtuu sen viansietokyvystä. Jos yksi yhteys katkeaa, muut yhteydet jatkavat toimintaansa normaalisti. Toisaalta yhteyksien yhteisen hallintalaitteen hajoaminen lamaannuttaa koko tähtimallisen verkon. Tähtitopologialla muodostettu verkko voidaan tarvittaessa laajentaa muihin tähtitopologian verkkoihin. Lisäksi tähtitopologisesta verkosta voidaan muodostaa muita verkkotopologioita. (Kaarela 2018, 14.)

Passiivisessa optisessa verkossa (PON) liittytäsolmulta kulkee yksi yhteys jaottimelle. Jaottimelta viedään jokaiselle asiakaspäätteelle oma yhteys. Asiakaspäätteiden ja liittytäsolmun välistä topologiaa tässä yhteydessä kutsutaan pisteestä moneen pisteeseen -yhteydeksi (point-to-multipoint, P2MP). Jaotin on passiivinen verkkolaite, joka ei ole riippuvainen sähkövirrasta. Jaottimen optinen hajotin mahdollistaa yhden kuidun jakamisen useamman asiakaskohteen kesken. Kuvassa 3 on esitetty kolme yleisimmin käytettyä optisen liittytverkon loogista topologiaa. (Härkönen 2013, 50.)



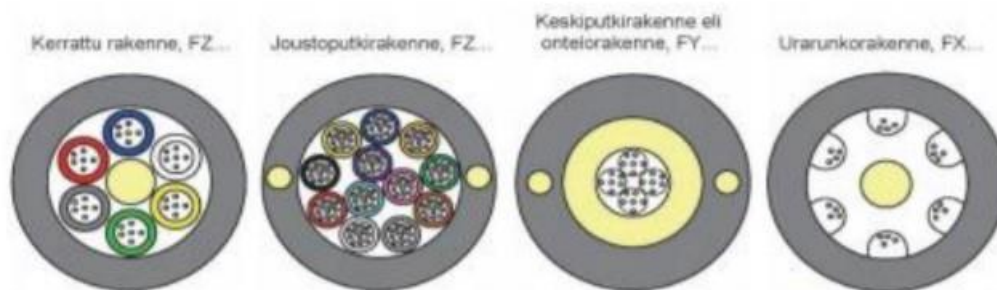
KUVA 3. Optisen liittytverkon loogiset topologiat (Nestor cables 2015, 77)

### 3 VALOKUITUKAAPELI

#### 3.1 Kaapelin rakenne

Kuitukaapelin sisällä kulkeva yksittäinen valokuitu on erittäin hauras ja vahingoittuu helposti. Tämän takia kuidut suojataan ensiöpäällysteellä jo valmistusvaiheessa. Naarmuuntumiselta ja kosteudelta suojaavan ensiöpäällysteen on kuitenkin oltava helposti irrotettavissa (kuorittavissa), kun esimerkiksi kuitu tarvitsee jatkaa. Yleensä ensiöpäällysteen materiaalina käytetään akrylaattia, jonka pinnoite värjätään lopuksi kuidun tunnistamista varten. Toisiöpäällyste tai jokin muu toisiosuoja lisätään ensiöpäällysteen päälle. (Koivisto 2009, 7.)

Kuidunsuojauksen lisäksi valokaapelin perusrakenteeseen kuuluu kaapelisydän, veto- ja lujite-elementit sekä vaippa. Kaapelisydän voidaan lisäksi jakaa vielä neljään eri rakenteelliseen osaan (kuva 4): joustoputkirakenne, kerrattu rakenne, urarunkorakenne ja ontelorakenne. (Koivisto 2017, 35.)



KUVA 4. Kaapelisydänrakenteen neljä eri mallia (Koivisto 2017, 36)

Kerratussa rakenteessa keskielementtiä ympäröi toisiöpäällystetyt kuidut tai kuituparit. Voidaan puhua tiukasta tai väljästä kerratusta rakenteesta, riippuen kuitujen toisiöpäällysteen tiukkuudesta. Kyseisessä rakenteesta kaapelin vetoelementtinä toimii keskielelementti. Kerrattu rakenne on käytetyin kaapelirakenne kuituverkkojen rakentamisessa. Haarajatkoksen (ns. kylkiotto) asennus onnistuu parhaiten juuri kerratturakenteiseen kaapeliin, koska jatkettavat kuidut ovat hyvin paikannettavissa ja käsiteltävissä keskielementin ympärillä. (Koivisto 2009, 8; Härkönen 2013, 25.)

Joustoputkirakenne muistuttaa kerrattua rakennetta. Sen kuituputket ovat pienempiä ja elastisempia kuin kerrattun rakenteen putket. Toinen merkittävä ero on keskielementin puuttuminen. Tämä mahdollistaa joustoputkirakenteessa suuremman kuitukapasiteetin, mutta tarvittavan vetolujuuden tuottaminen hankaloituu ilman keskielementtiä. Suuren kuitukapasiteettinsa ansiosta joustoputkirakenteiset kaapelit sopivat erinomaisesti jako- ja syöttökaapeleiksi liityntäverkkoihin. (Koivisto 2017, 36.)

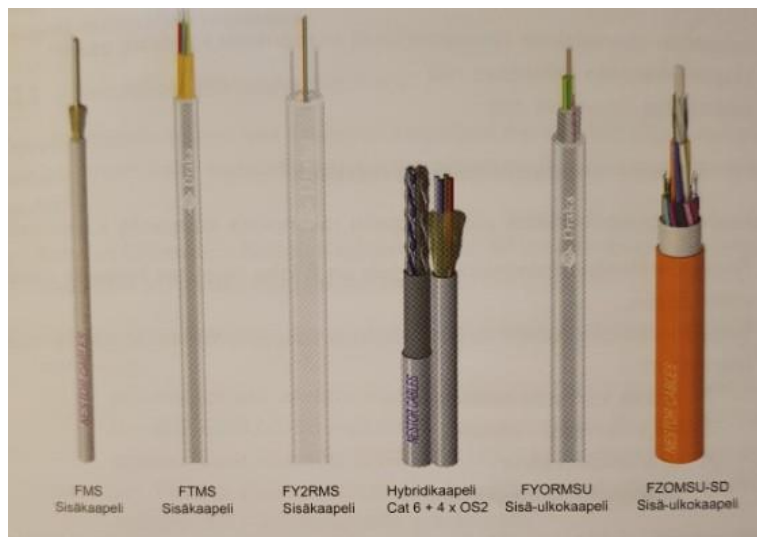
Ontelorakenteen sisällä kulkevassa putkessa sijaitsevat väljästi ensiöpäälystetyt kuidut. Putki antaa kuiduille lisäsuojaa ja se toimii eräänlaisena väljänä toisiopäälysteyneä kuiduille. Vaipan ja sydämen välissä toimivaa lujitekerrosta hyväksikäyttämällä saadaan ontelorakenteelle riittävä vetolujuus. (Koivisto 2009, 8.)

Urarunkorakenteessa kaapelin sydämen muodostaa muovitanko, jossa on pituussuuntaisia uria. Urissa väljästi sijaitsevat ensiöpäälysteiset kuidut toimivat samalla tavalla kuin kerratussa rakenteessa. Kuten kerratussa rakenteessa, myös urarunkorakenteessa keskellä sijaitsee kaapelin vetoelementti. Kyseistä kaapelirakennetta käytetään yleensä sisäverkon kaapelissa tai talokaapelissa. (Koivisto 20017, 36.)

Veto- ja lujite-elementtejä on erilaisia riippuen kaapelin sydänrakenteesta. Elementtejä käytetään kaapeleissa, jotta käytön ja asennuksen aikana kuituihin ei kohdistuisi rajoitusten ylittävää vetorasitusta. Liiallinen rasite ja kuitujen venyminen voi vahingoittaa kuituja pysyvästi. (Koivisto 2009, 9.)

### **3.1.1 Sisäkaapelit**

Sisäkaapelit eroavat niin rakenteeltaan kuin ominaisuuksiltaan ulkokaapeleista. Sisätiloissa kulkevan kaapelin on oltava kevyt ja taipuisa, jotta sen asennus olisi vaivatonta ahtaissa paikoissa. Sisäkaapelin paloturvallisuuteen on kiinnitettävä erityistä huomiota, sillä kaapelit yleensä sijoitetaan asuintilojen läheisyyteen. Vähimmäisominaisuudet kaapelille ovat itsestään sammuvuus, halogeenittomuus ja vähäinen savun muodostus. Optiset kaapelit asennetaan sisätiloissa kaapelihyllylle, kaapelitikkaille tai asennusputkiin. Kuvassa 5 on esitetty erimallisia sisäkaapeleita ja niiden rakenteita. (Nestor cables 2015, 37; Koivisto 2009, 31.)



KUVA 5. Esimerkkejä sisäkaapeleista (Koivisto 2015, 31)

Vuonna 2018 Viestintävirasto (nykyinen Traficom) on asettanut säädöksen koskien kiinteistöjen sisäverkkoja ja teleurakointia. Säädöksen mukaan sisälle asennettavien kaapeleiden tulee täyttää paloluokan E vaatimukset. Jos yleiskaapeloinnissa käytettävä kaapeli ei täytä paloluokan E vaatimuksia, on se päätettävä tai jatkettava viiden metrin jälkeen sisäänviennistä. Näitä kaapeleita ei saa asentaa sisätiloihin viisi metriä pidempää matkaa eivätkä ne saa kulkea palo-osastojen välillä. Jatkettaessa kaapelia on kaapelityyppi vaihdettava paloluokan E täyttävään sisäkaapeliin. (Viestintävirasto 2018.)

Nykyään tarjolla on myös kaapeleita, jotka täyttävät sisä- ja ulkokaapeleiden laatuvaatimukset. Näitä kaapeleita kutsutaan sisäulkokaapeleiksi. Nämä kaapelit ovat vedenpitäviä, kestävät lämpötilan vaihtelua ja ovat paloturvallisia. Yleensä sisäulkokaapelia käytetään nousu- ja aluekaapeloinnissa. Aluekaapeloinnissa on huomioitava, että kyseinen kaapeli ei sovellu asennettavaksi suoraan maahan. Sisäulkokaapeli tulee aina asentaa valmiiseen kanavaan tai putkeen. (Koivisto 2017, 37.)

### 3.1.2 Ulkokaapelit

Ulkokaapelille tärkeimmät rakenteelliset ominaisuudet ovat sään ja rasituksen kestävyys. Kaapelin kuoren tulee olla tarpeeksi vahva, jotta se kestäisi kuljetuksen ja varastoinnin ennen asennusta. Lisäksi sen tulee kestää lämpötilojen vaihtelut sekä maa- tai vesiaineksen tuottamat rasitukset. (Koivisto 2015, 30.)

Ulkokaapelin vedenpitävyys savutetaan täyttämällä kaapeli jollakin täyteaineella, kuten rasvalla, geelillä tai paisuva-aineella. Nämä aineet estävät veden tunkeutumisen ja etene-  
misen kaapelissa. Asennustavasta riippuen ulkokaapelit voidaan jakaa neljään pääryh-  
mään: kanavakaapeli, maakaapeli, ilmakaapeli ja vesistökaapeli. Jokaisen kaapelin suo-  
jaus sekä veto- ja lujite-elementit on suunniteltu täyttämään asennustavan mukaiset vaa-  
timukset kaapelin eliniälle, joka voi olla jopa 30 vuotta. Kuvassa 6 on esitetty erimallisia  
maahan asennettavia ulkokaapeleita. (Nestor cables 2015, 38; Koivisto 2015, 30.)



KUVA 6. Esimerkkejä ulkokaapeleista (Koivisto 2015, 31)

### 3.2 Optiset kuidut

Kaapeleiden sisällä sijaitsevat kuidut valmistetaan yleensä kvartsilasista. Yleiskaapeloin-  
nissa käytettävä kvartsilasi voi olla tyypiltään yksimuoto- tai monimuotokuitu. Kuitu voi-  
daan myös valmistaa osittain tai kokonaan muovista. Tämä on toistaiseksi harvinainen  
kuidun valmistustapa, ja muovisia kuituja käytetäänkin yleensä vain teollisuuskiinteistö-  
jen kaapeloinnissa. Muovikuidut ovat kuitenkin pikkuhiljaa yleistymässä myös kotien  
kaapeloinnissa. Muovikuidut voivat olla tyypiltään vain monimuotokuituja. (Koivisto  
2015, 18.)

Optisen kuidun toiminnan perustana toimivat taitumis- ja heijastumislait kahden aineen  
rajapinnassa. Kuidun rakenteelliset osat, ydin ja kuori, pitävät valonsäteet sisällään. Kui-



dun valonsäteen tulokulman ollessa tarpeeksi pieni kuidun akseliin nähden, liikkuvat valonsäteet eteenpäin kuidussa. Valon eteneminen tapahtuu ytimen ja kuoren rajapinnassa kokonaisheijastuksen avulla. (Nestor cables 2015, 16.)

### 3.2.1 Monimuotokuidut

Kvartsilasista valmistetut monimuotokuidut voidaan jakaa viiteen kategoriaan: OM1, OM2, OM3, OM4 ja OM5. Jokaisella kategorialla on oma standardinsa ja ominaisuuksiltaan tuorein ja paras kategoria on OM5. Kategorian OM4 ja OM5 monimuotokuituja käytetään yleensä vain kriittisimmissä kohteissa, kuten datakeskuksissa. Yleisessä käytössä oleva OM3-kategorian monimuotokuitu häviää hieman suorituskyvyltään OM4 ja OM5 kuiduille. Suorituskykyä mitataan vertaamalla kuidun pituuden suhdetta tehokkuuteen. Toisin sanoen kuinka pitkä saa yksi yhtenäinen kuitu olla, jotta säilytetään haluttu tiedonsiirtonopeus. Kategorian OM1 ja OM2 monimuotokuituja ei enää uusissa kaapelointikohteissa saa käyttää, koska niiden tiedonsiirto-ominaisuudet eivät enää vastaa tämän päivän standardeja. (Koivisto 2015, 18; FS.COM 2017.)

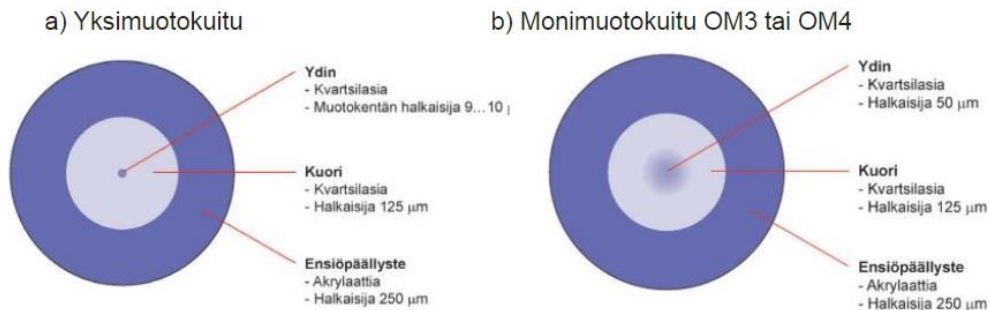
Valo etenee monimuotokuidussa useaa eri etenemisreittiä. Koska valonsäteet kulkevat eri reittejä ytimen sisällä, menee niiltä myös eri aika kulkea kuidun päästä päähän. Lisäksi valopulssit levenevät edetessään kuidussa. Tämä ilmiö rajoittaa suurinta siirrettävää signaalitaajuutta kuidussa eli kaistanleveyttä. Kaistanleveys monimuotokuidussa ilmoitetaan MHz x km (Megaherziä x kilometri). Monimuotokuidussa juuri kaistanleveys on rajoittava tekijä suurilla tiedonsiirtonopeuksilla. Samasta syystä myös monimuotokuidun yhteyspituus on rajoitetumpi kuin yksimuotokuidussa. (Koivisto 2015, 20, 24.)

### 3.2.2 Yksimuotokuidut

Kvartsilasista valmistettu yksimuotokuitu on monimuotokuitua huomattavasti yleisempi kuitumuoto. Se soveltuu kaikenlaisuuteen kaapelointiin eri kiinteistöissä sekä yleisessä televerkossa. Yleiskaapeloinnissa käytettävä yksimuotokuitu tarjoaa nopeammat yhteydet ja pidemmät etäisyydet verrattuna monimuotokuituun. Yksimuotokuidut voidaan jakaa kahteen eri kategoriaan: OS1 ja OS2. Ainoa ero näillä kahdella kategorialla on vai-

mennukseen liittyvät vaatimukset. Viestintäviraston määräyksen 65 mukaan asuin- ja liikenteen yleiskaapeloinnissa tulee käyttää vain OS2-kategorian kuituja. (Viestintävirasto 2018; Koivisto 2015, 22.)

Yksimuotokuidun ydin on niin pieni, että siellä kulkeva valo etenee vain yhtä reittiä pitkään. Näin ollen valopulssien levenemistä ei tapahdu kuten monimuotokuidussa. Valosignaalin aallonpituudet yksimuotokuidussa poikkeavat hieman toisistaan. Tämä aiheuttaa vähäistä valopulssien levenemistä, jota kutsutaan kromaattiseksi dispersioksi. Kuvassa 7 on esitetty yksimuotokuidun ja monimuotokuidun rakenteellisia eroja. (Koivisto 2015, 25.)



KUVA 7. Yksimuotokuidun ja monimuotokuidun poikkileikkauskuvat (Nestor cables 2015, 22)

Alla olevasta kuvasta (kuva 8) voidaan nähdä, kuinka yksimuotokuidulla yhteyksien toimittaminen onnistuu monimuotokuitua huomattavasti pidempiä matkoja. Monimuotokuiduilla onnistuu taas yksimuotokuituja nopeampien yhteyksien toimittaminen lyhyemmillä matkoilla. (FS.COM 2017.)

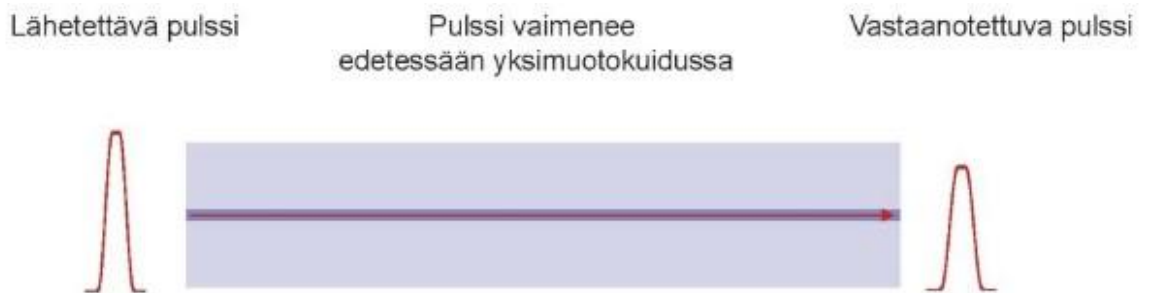
Fiber Optic Cable Type		Fiber Cable Distance					
		Fast Ethernet 100BA SE-FX	1Gb Ethernet 1000BASE-SX	1Gb Ethernet 1000BA SE-LX	10Gb Base SE-SR	40Gb Base SR4	100Gb Base SR10
Single mode fiber	OS2	200m	5000m	5000m	10km	/	/
	OM1	200m	275m	550m (mode conditioning patch cable required)	/	/	/
Multimode fiber	OM2	200m	550m		/	/	/
	OM3	200m	550m		300m	100m	100m
	OM4	200m	550m		400m	150m	150m
	OM5	200m	550m		300m	400m	400m

KUVA 8. Yksimuotokuidun ja monimuotokuidun eroja (FS.COM 2017)

### 3.2.3 Vaimennus

Vaimennuksella tarkoitetaan kuidun sisällä kulkevan valotehon heikkenemistä. Tässä ilmiössä vastaanotettava signaali on heikompi kuin lähetettävä (kuva 9). Vaimennusta kuidun sisällä tapahtuu pääasiassa kahdesta syystä: absorptiosta ja sironnasta. (Nestor cables 2015, 23.)

Absorptio tarkoittaa valon imeytymistä kuidun materiaaliin. Kuidun sisällä olevat epäpuhtaudet, infrapuna-alue sekä ultraviolettialue edistävät valotehon imeytymistä. Sironna tarkoittaa kuidussa olevien mikroskooppisen pienien taitekerroinerojen aiheuttamaa heijastumista kaikkiin suuntiin. Vaimennusta esiintyy yksimuotokuiduissa ja sen yksikkönä käytetään dB/km (Desibeliä/kilometri). (Nestor cables 2015, 23.)



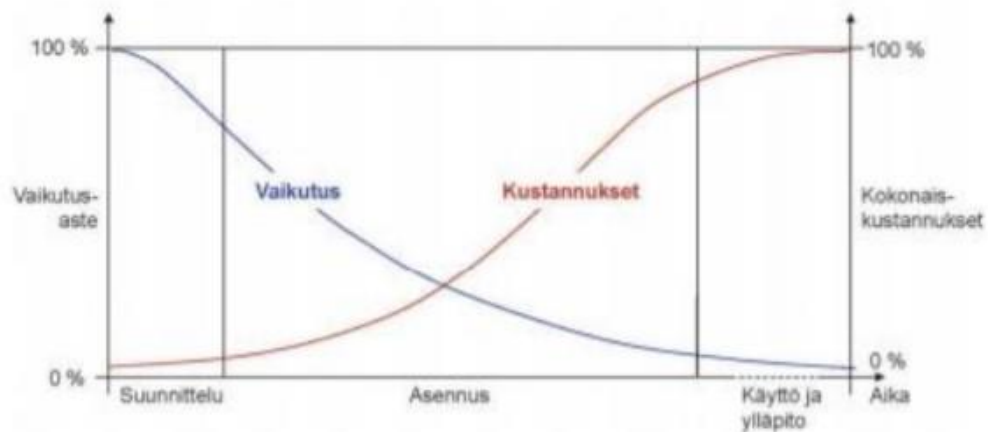
KUVA 9. Vaimennus yksimuotokuidussa (Nestor cables 2015, 23)

## 4 VERKOSTORAKENTAMINEN

### 4.1 Suunnittelu

Optisen kaapelin asentaminen on monivaiheinen tapahtumaketju. Ennen asennusvaihetta tulee suunnitella tarkasti asennettavan kaapelin reitti, kaapelin tyyppi sekä asennustapa. Lähtökohtaisesti rakentamisessa käytetään kustannustehokkainta vaihtoehtoa, mutta on syytä pitää mielessä hyvän asennustavan ohjeet sekä muut asennuksia koskevat säädökset ja määräykset. (Headpower 2017.)

Suunnittelu on erittäin tärkeä osa verkostorakentamista ja se vaikuttaa pitkälle verkon elinkaaren kannalta. Kuvasta 10 voidaan todeta suunnittelun vaikutus verkon elinkaaren kokonaiskustannuksiin. Suunnittelulla osuus kustannuksista on vähäinen verrattuna esimerkiksi verkon ylläpitokustannuksiin. Verkon ylläpito on kallista, mutta hyvällä suunnittelulla näitä kustannuksia voidaan vähentää. (Koivisto 2017, 62.)



KUVA 10. Suunnittelun vaikutus kustannuksiin (Koivisto 2017, 62)

Teleoperaattorin näkökulmasta, liittytävien verkkojen suunnittelu toimii samalla indikaattorina liittymähinnoittelulle. Liittytävien verkkojen rakentamisesta peritään asiakkaalta kertaluontoinen liittymismaksu. Tämä kyseinen kertamaksu määräytyy verkon rakentamisesta kertyvien kustannusten perusteella. Hinnoittelussa otetaan myös huomioon valmiin liittymän kuukausimaksu sekä tilauksen kesto. Nämä asiat sovitaan asiakkaan kanssa ennen verkon rakentamisen aloitusta. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014.)

#### **4.1.1 Kuitujen määrä kaapelissa**

Omakotitalo alueen liittämistä optiseen liityntäverkkoon suunniteltaessa on suositeltavaa käyttää vähintään 4-kuituista talokaapelia. Tästä talokaapelista jatketaan ja päätetään kaksi kuitua P2P-tekniikalla liityntäsolmusta suoraan omakotitaloon asti. Näin ollen kaksi kuitua jää tyhjäksi ja ne voidaan ottaa käyttöön tarvittaessa myöhemmin. (Nestor cables 2015, 101.)

Asuinkerros- ja rivitalojen liittäminen optiseen liityntäverkkoon tulisi suunnitella tehtäväksi vähintään 24 kuitua sisältävällä kaapelilla. Tämän kuitukaapelin liityntäsolmusta jatketaan, teleoperaattorista riippuen, joko kaksi tai neljä kuitua ja ne päätetään kerros- tai rivitalon talojakamoon. (Nestor cables 2015, 101.)

Liityntäverkkoa suunniteltaessa on tärkeää ottaa huomioon kaapelin sisältämä kuitumäärä. Vaikka nykyaikaiset tietoliikennejärjestelmät mahdollistavat erilaisten palveluiden toimittamisen yhdellä kuidulla, on hyvä varata useampia tyhjiä kuituja mahdollista verkon laajentamista varten. Suunnitteluvaiheessa on hyvä hahmottaa rakennettavan liityntäverkon ympäristö ja arvioida uusien asiakkaiden mahdollisuus tulevaisuudessa. Valmiiksi asennetut tyhjät kuidut voidaan ottaa helposti käyttöön uusille asiakkaille eikä ylimääräistä kaapelia tarvitse asentaa. (Headpower 2017.)

#### **4.1.2 Käytännön suunnittelu**

Kaapelireitin suunnittelu on olennainen osa verkotorakentamista. Aluksi reitti kannattaa hahmoitella karkeasti karttapohjalle, jotta saadaan alustavaa tietoa kaapelireitin pituudesta ja asennusympäristöstä. Tämän jälkeen on suositeltavaa suunnitella maastoasennukset paikan päällä suunnitelmien tarkentamiseksi. Kentällä käynyt suunnittelija pystyy havaintojensa perusteella arvioimaan reitin taloudellisen kannattavuuden. Reitillä voi olla esimerkiksi kivikkoista tai kallioista maaperää, joka osaltaan kasvattaisi maarakennuksesta koituvia kustannuksia huomattavasti. Tässä tapauksessa tulisi suunnitella kaapelin reitti kulkemaan jotain muuta kautta, jos mahdollista. Kaapelin asennuksen toteutustapa selviää myös yleensä suunnittelijan kenttäkäynnillä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014.)

Maastosuunnittelun jälkeen voidaan alkaa suunnittelemaan verkkoa tarkemmin. Tarkennettua verkkosuunnitelmaa muutetaan maastosuunnittelussa tehtyjen havaintojen perusteella. Lisäksi suunnitelmaan lisätään tarvittavat jakamot, kaivot ja laitetilojen sijainnit sekä tien alitukset. Tarkennettua suunnitelmaa voidaan tarkentaa niin paljon kuin halutaan. Mitä yksityiskohtaisempi suunnitelma, sitä tarkemmin rakentamisen kustannukset voidaan määrittää. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014.)

Kaapeleiden ja rakenteiden asentamista varten täytyy anoa erillinen sijoituslupa. Sijoituslupan myöntää kyseessä olevan maaosuuden omistava taho. Tämän kaltaisia tahoja ovat esimerkiksi Elinkeino, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY), aluehallintovirasto, kunnat, kaupungit sekä yksityiset maanomistajat. ELY-keskus myöntää luvat hallinnoimilleen tieosuuksille. Nämä tiet ovat yleensä poikkeuksetta sellaisia yleisiä teitä, jotka eivät ole kaupungin, kunnan tai yksityisen tahon omistuksessa. ELY-keskukselta lupaa haettaessa kannattaa varautua jopa kahden kuukauden odotukseen rakentamisen ruuhka-aikoina. Yksityisen maanomistajan kanssa on syytä varata aikaa sopimusneuvotteluille. Sopimuksen laatiminen yhteisymmärryksessä voi joskus olla hankalaa ja viivästyttää töiden aloittamista. Aluehallintoviraston kanssa asioidaan, jos kaapelia ollaan asentamassa vesistöihin. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014.)

#### **4.1.3 Suunnittelun tuotokset**

Suunnitelman tuotoksena pitäisi syntyä dokumentti, jonka perusteella verkko voidaan rakentaa. Osapuolien kannalta oleellimmat dokumentit ovat reittisuunnitelma ja työseloste. Reittisuunnitelmasta pitää käydä ilmi reitin kokonaispituus, jakamoiden ja laitetilojen sijainnit, kaapeleiden kuitumäärät sekä erittely kaapeleiden pituuksista kaapelityypeittäin. Reittisuunnitelmaksi käy yleensä karttapohja, jolle reitti on piirretty sekä edellä mainitut asiat kirjallisesti esitettynä. Työselosteessa kuvataan tarkemmin asennusmenetelmät ja työtavat. Seloste sisältää ohjeita sekä maaurakoitsijalle että teleoperaattorille. Keskeisiä työselosteen sisältämiä asioita ovat työssä käytettävien materiaalien ominaisuudet, asennusta koskevat ohjeet, tienpäällystysohjeistukset, jatkokset, merkinnät sekä dokumentointi. (Nestor cables 2015, 113.)

## 4.2 Maarakennustekniikat ja ulkokaapelin asentaminen

Optisen kaapelin asennuksessa on tärkeää noudattaa valmistajan laatimia ohjeita ja raja-arvoja. Kuidun optiset ominaisuudet heikentyvät helposti, jos kuituihin kohdistuu sen asennusvaiheessa liiallista veto-, puristus- tai taivutusrasitusta. Tärkeä raja-arvo kaapelin asentamisessa on myös sen alin asennuslämpötila. Varsinkin kaapelin veto, jatkaminen ja päättäminen ovat sellaisia asennuksen vaiheita, joissa kuidun vaurioitumisriski on suuri. Mahdollinen asennuksessa syntyvä vaurio kuidussa voi näkyä vasta vuosien päästä asennuksesta. (Koivisto 2009, 30.)

Kaapelia asennettaessa hyvään asennustapaan kuuluu esimerkiksi työvaran jättäminen. Työvaralla tarkoitetaan riittävän kaapelipituuden jättämistä päättämistä tai jatkamista varten. Työvaran vähimmäispituuden tulisi olla viisi metriä ylimääräistä kaapelia, mutta yleensä sitä kannattaa jättää enemmän. Liikaa työvaraa ei voi olla, mutta liian pieni työvara voi tehdä kaapelin muutostöistä mahdottomia. Ainakin seuraavissa paikoissa työvaran jättäminen on välttämätöntä: jakokaapit, jatkoskaapit, jakamot ja laitetilat sekä kaivot. (Nestor cables 2015, 123.)

Optisen liityntäverkon kaapeleiden yleisimmät asennustavat ovat asennus kanavaan tai maanvaraisputkeen, asennus maahan, mikro-ojitus ja muut matala-asennustekniikat, ilma-asennus sekä vesistöasennus. (Nestor cables 2015, 123.)

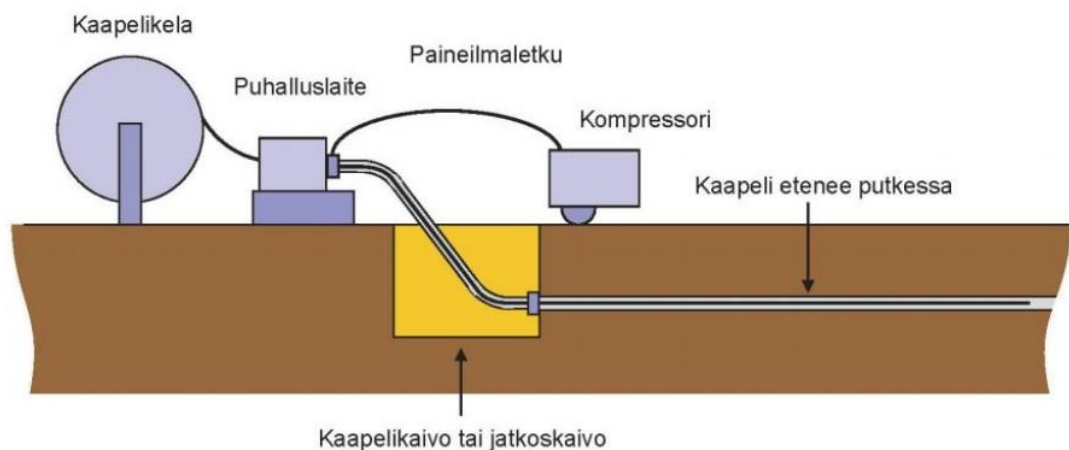
### 4.2.1 Kanava-asennus vetämällä

Kanavaputkista ja kaapelikaivoista muodostuva kanavaverkosto on erityisesti kaupungeissa ja taajamissa yleisesti käytetty valokaapelin asennuspaikka. Jalkakäytävien ja viheralueiden alla kulkevat putket saattavat asuinalueen koosta riippuen muodostaa suuria kokonaisuuksia. Kaapelikaivot toimivat näiden kokonaisuuksien risteyspaikkoina. Kaivot helpottavat kaapelin asennusta putkeen ja sinne voidaan myös tarvittaessa sijoittaa kaapelin jatkos. Ajoradan alle kaapeli asennetaan vain poikkeustapauksissa kuten tien alituksissa. Harvaan asutulla alueella, missä ei ole mahdollisuutta asentaa kaapelia valmiiseen kanavaan, käytetään asennus menetelmänä maanvaraisputkea. (Koivisto 2009, 32.)

Kaapelin vedossa kaapelin päähän asennetaan vetokoukku, josta vetovaijerin avulla kaapelia vedetään putkessa. Kaapelia vedettäessä on tärkeää noudattaa kaapelin valmistajan asettamia raja-arvoja. Kaapelin suurinta sallittua vetolujuutta ei saa ylittää vedon aikana ja kanavaputken suulla on varottava kaapelin hankautumista putken suun reunoihin. Asennuksessa tarvittava kaapelin vetovoima on suoraan verrannollinen kaapelin painoon, joten pienempien kaapeleiden kohdalla vetovoimaa on vähennettävä. (Koivisto 2009, 33.)

#### 4.2.2 Asennus puhallustekniikalla

Paineilma-asennusta eli puhallustekniikkaa voidaan käyttää kaapelin asentamiseen sekä kanava-asennuksessa, että maanvaraisputkiasennuksessa. Puhallustekniikassa kaapelikelta syötetään kaapeli puhalluslaitteen läpi putkeen tai kanavaan. Kompressori puhallaa paineilmaa syöttölaitteeseen. Ilma tarttuu putkessa kaapelin ulkopintaan kuljettaen tätä putkessa eteenpäin (kuva 11). Asennuksen sujuvuuden kannalta on suositeltavaa, että putken sisähalkaisija on kaksi kertaa asennettavan kaapelin ulkohalkaisija. Asennusputken tulee olla myös ilmatiivis. (Nestor cables 2015, 126.)



KUVA 11. Puhallustekniikka havainnollistettuna (Nestor cables 2015, 126)

Puhallustekniikalla saavutetaan monia etuja verrattuna vetotekniikkaan. Puhallustekniikassa erillistä vetolaitteistoa tai vetoköyttä ei tarvita lainkaan. Paineilma mahdollistaa tasan vetorasituksen kaapelin koko pituudelle. Lisäksi tekniikkaa voidaan käyttää erikoisiin putkiin ja kaapeleihin mihin vuodenaikaan tahansa. (Nestor cables 2015, 126.)



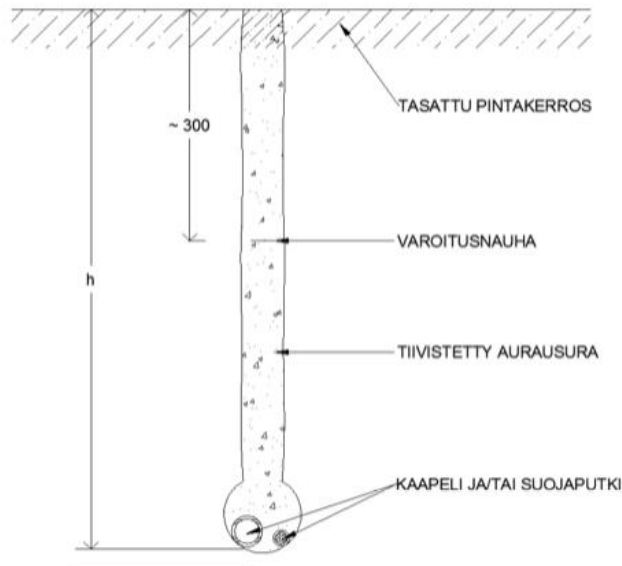
### 4.2.3 Maa-asennus

Maa-asennuksessa kaapeli lasketaan valmiiksi kaivettuun kaapeliojaan tai asennetaan suoraan maahan auraamalla. Auraus on kaivamiseen verrattuna nopeampi ja kustannustehokkaampi tapa. Maaperän ollessa huono on syytä käyttää perinteistä kaivuumenetelmää. Ennen kaapelin laskemista kaapeliojaan on hyvä varmistaa, ettei ojassa ole teräviä kiviä. Kaapeliojan pohjan on oltava tasainen. Tarvittaessa pohja tasoitetaan hienolla hiekkakerroksella. Kaapeliojaan asennetun kaapelin päälle lasketaan varoitusnauhaa kaivinkoneiden aiheuttamien kaapelivahinkojen välttämiseksi. Kuvassa 12 on esitetty kaapelin laskemista kaapeliojaan auraustekniikkaa käyttäen. (Nestor cables 2015, 128.)



KUVA 12. Kaapelin aurausta (Nestor cables 2015, 131)

Kaapelin tai putken auraus aloitetaan aloituskuopan kaivulla, jossa myös aurattava kaapeli tai putki sekä varoitusnauha asennetaan auraan. Aloituskuopan tulee vastata asennussyvyyttä, joka normaalisti on 0,7 metriä maanpinnasta mitattuna (kuva 13). Kivikkoinen ja juurakkoinen maaperä on hyvä esiaurata ilman kaapeleita. Auruksen aikana asennussyvyyttä ei saa muuttaa. Useamman kaapelin tai putken aurauksessa alimmaiseksi asennetaan halkaisijaltaan suurin putki tai kaapeli. (Headpower 2017.)



KUVA 13. Poikkileikkauskuvaa aurauksen jäljestä maassa (Headpower 2017)

Kaapelin asennussyvyyksissä on noudatettava kohteelle määriteltyjä vaatimuksia. Tämän kaltaisia vaatimuksia on lueteltuna esimerkiksi kuntien ja liikenneviraston rakentamista koskevissa ohjeissa. Muussa tapauksessa noudatetaan standardin SFS-EN 50174-3 vaatimuksia (Taulukko 1). (Nestor cables 2015,129.)

TAULUKKO 1. Standardin SFS-EN 50174-3 mukaiset asennussyvyudet (Nestor cables 2015,129)

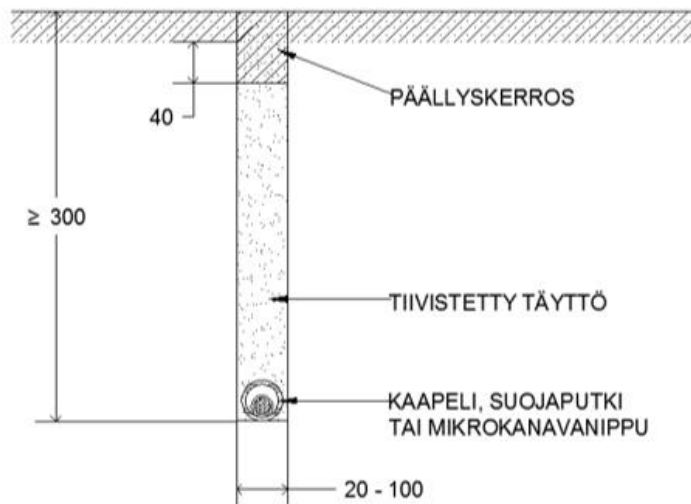
Kaapelin sijainti	Vaatus	Suositus
Jalkakäytävä	0,5 m	0,5 m
Tie, mukaan lukien pysäköintialueet	0,6 m	0,6 m
Moottoritie	1,0 m*	1,0 m*
Rautatie	1,0 m*	1,0 m*
Pelto tai viljelysmaa	0,9 m	0,9 m
Viljelemätön tai maisemoitu maa-alue	0,5 m	0,9 m
*Maan omistaja tai käyttäjä voi vaatia suurempia syvyyksiä		

Kaapeli- ja putkireitti merkitään merkkiantennilla maastossa, jotta reitin paikantaminen tulevaisuudessa olisi helpompaa. Tietoliikenneverkoissa merkkiantenni on väriltään oranssi. Merkkiantennia käytetään maanalaisten kaapelijatkosten, kieppien, kanava- ja tienalitusputkien päiden, kaapelihaarojen, sekä maanalaisten kaapelikaivojen merkitsemiseen. Antenneja ei saa asentaa kiinni metalliin, eikä alle kahden metrin etäisyydelle toisistaan. (Headpower 2017.)

#### 4.2.4 Matala-asennustekniikat

Omakotialueiden kaapelointi voi olla varsin haastavaa, sillä alueiden kadut ovat usein kapeita ja taloja saattaa olla kadun molemmin puolin. Lisäksi talojen välissä voi olla puustoja tai pensaita, jotka osaltaan hankaloittavat suurten koneiden liikkumista alueella. Kaivamisesta ongelmallisen saattaa tehdä olemassa olevien kaapeleiden suuri määrä maan alla. Tämän kaltaisten alueiden kaapelointia varten on kehitetty erilaisia matala-asennusmenetelmiä kuten mikro-ojitus (micro trenching), sahaus ja jyrsintä. (Nestor cables 2015, 132.)

Nimensä mukaan matala-asennusmenetelmässä kaapeli asennetaan lähemmäksi maanpintaa kuin tavallisesti. Yleensä tämä tarkoittaa noin 0,3 - 0,5 metrin syvyyteen maanpinnasta. Maan pintaan tehdään tyypillisesti sahaamalla tai jyrsimällä 20 – 100 millimetriä leveä ura kaapelille, suojaputkelle tai mikrokanavaputkinipulle. Ennen kuin mikro-ojitus-työt aloitetaan, on tärkeää suunnitella kaapelireitti ennakkoon ja selvitettävä olemassa olevien kaapeleiden sijainti reitillä. Asennuksen jälkeen uran täyttö on tehtävä huolellisesti käyttäen soveltuvaa tiivistysmenetelmää. Kuvassa 14 on esitetty poikkileikkauskuvaa mikrokanavanipun asennuksesta kaapeliuraan. (Headpower 2017.)



KUVA 14. Mikro-ojitus (Headpower 2017)

Mikro-ojistekniikka on ollut Suomessa käytössä vähän aikaa, ja vain pieni osa alalla toimijoista osaa käyttää sitä. Alun perin Ruotsista lähtöisin oleva asennustekniikka ei ole meillä vielä yleisessä käytössä, koska useiden kuntien rakennussäännöt kieltävät kaapelin

asentamisen alle 70 senttimetrin syvyyteen maanpinnasta. Mikro-ojituksella on monia etuja verrattuna perinteiseen kaivamiseen. Mikro-ojitus on huomattavasti edullisempi ja ympäristöystävällisempi tekniikka. Sillä pystytään asentamaan päivässä jopa kymmenen kertaa enemmän kaapelia maahan kuin perinteisellä menetelmällä. (Sammatti 2017.)

## 5 OPTISEN VERKON LAITTEET JA KOMPONENTIT

### 5.1 Optiset liittimet

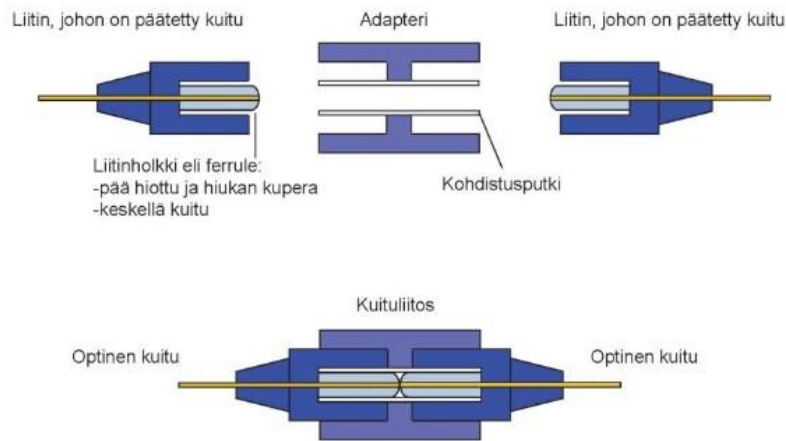
Optisia liittimiä käytetään sellaisissa paikoissa, joissa kaapeliliitos joudutaan usein tai ajoittain avaamaan ja sulkemaan. Yleiskaapeloinnissa tällaisia käyttökohteita ovat esimerkiksi optiset liitinkentät (ODF) suurissa jakamoissa, optiset päätekotelot, päätepaneelit sekä tietoliikennesasiat. Optiset liittimet ovat alttiina kaikenlaisille vioille ja ne edustavat kaapeloinnissa aina epäjatkuvuuskohtaa. Oikean liittimen valinta, asennus sekä puhdistus ovat kriittisiä vaiheita yhteyden toimivuuden kannalta. Optisilta ominaisuuksiltaan liitin ei ole yhtä hyvä kuin hitsausjatkos. Hyvän optisen liittimen ominaisuuksiin kuuluu pieni liitosvaimennus, suuri heijastusvaimennus, hyvä stabiilius ja hyvä toistettavuus. (Koivisto 2015, 41.)

Liitosvaimennuksella tarkoitetaan liitoskohdassa tapahtuvaa tehohäviötä. Mahdollisimman pienen liitosvaimennuksen saavuttamiseksi tulee liitinpäiden olla puhtaat ja oikein kohdistettu. Lisäksi liitinpäiden hionnan laatu vaikuttaa liitosvaimennukseen. Hyvä liitosvaimennus optisessa liitoksessa on tavallisesti alle 0,3 desibeliä (dB). (Nestor cables 2015, 48.)

Heijastusvaimennus ilmoittaa kuinka hyvin valoteho läpäisee liitoksen heijastumatta liitosrajapinnasta takaisin paluusuuntaan. Valosignaalin heijastuminen takaisin voi aiheuttaa joissakin laserlähettimissä häiriöitä ja kasvattaa siirtovirheen riskiä. Nykyään televerkon sovelluksia varten optisessa liitoksessa tulee olla vähintään 40 dB heijastusvaimennus. Joidenkin sovelluksien kohdalla, kuten kaapeli-tv, voidaan vaatia jopa 60 dB heijastusvaimennus. (Nestor cables 2015, 48.)

Liitosvaimennuksen ja heijastusvaimennuksen muuttumattomuus liittimissä tekee optisesta liitoksesta stabiilin. Stabiilin liitoksen tulee kestää käyttöympäristön luomat olosuhteet, kuten tavallista korkeamman lämpötilan laitekaapissa. Hyvän toistettavuuden saavuttamiseksi liittimen tulee säilyttää vaimennukset riittävällä tasolla liitoksen avaamisen ja sulkemisen aikana. (Nestor cables 2015, 49.)

Kahden optisen liittimen yhdistämiseen käytetään adapteria, joka kohdistaa ja lukitsee kuidun päät paikoilleen muodostaen kuituliitoksen. Liitoksen suorituskykyyn vaikuttavat liittimet sekä adapterin eheys. Yleisin käytössä oleva liitin on holkkiliitin (kuva 15). (Koivisto 2015, 41.)



KUVA 15. Holkkiliittimen perusrakenne (Nestor cables 2015)

### 5.1.1 Liittimen hionta

Luotettavan liitoksen saavuttamiseksi liittinholkin eli ferrulen pää hiotaan molemmista liittimistä hieman kuperaksi. Näin varmistetaan kuidun päiden fyysinen kosketus adapterin sisällä. Yksimuotokuidussa ferrule on yleensä materiaaliltaan täyskeraaminen, mutta monimuotokuidussa voi esiintyä myös muovi- ja teräsferruleita. Ferruleessa käytettävä materiaali määräytyy pääosin hiontaominaisuuden perusteella. Hionnan laadulla on myös keskeinen merkitys liitoksen suorituskyvyn kannalta. Hiontatavat voidaan jakaa neljään kategoriaan: PC (Physical Contact)-, SPC (Super Physical Contact)-, UPC (Ultra Physical Contact)- ja APC (Angled Physical Contact)-hionta. (Koivisto 2015, 41.)

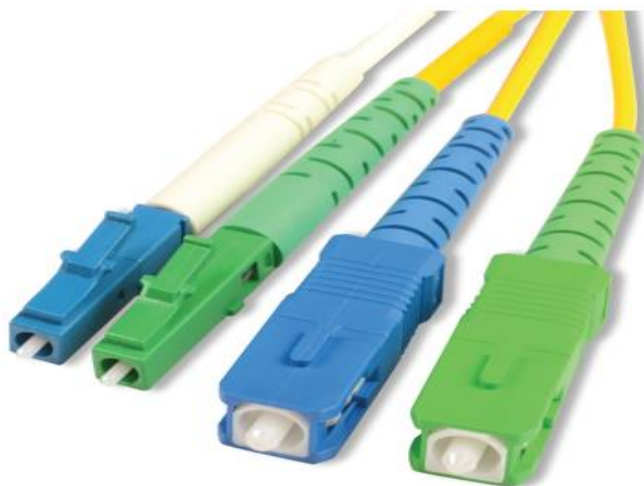
PC-hionta on perinteisin hiomatapa. Sillä saavutettava heijastusvaimennus on suurempi kuin 29 dB. PC-hionta ei enää täytä nykypäivän laatuvaatimuksia. SPC-hionnan tarkoitus on parantaa PC-hionnan laatua useammalla hiontavaiheella. SPC:n heijastusvaimennus on suurempi kuin 39 dB. UPC-hionnan hiontasarjan viimeinen vaihe on vaativampi kuin SPC-hionnan. UPC-hionta tuottaa yli 49 dB heijastusvaimennuksen. Nykyaikaisille yksimuotokuidun liittimille vaaditaan yleensä vähintään UPC-tason hionta. Vinkohionnassa (APC) liittimen pää hiotaan hieman vinoksi, mikä tuottaa liittimelle yli 59 dB heijastusvaimennuksen. (Koivisto 2015, 41.)

### 5.1.2 Yleisimmät liittintyytit

Valokuituverkossa ja siirtolaitteissa käytössä olevia optisia liittimiä on käytössä pääasiassa kaksi eri mallia. Nykyisin käytettävät liittintyytit ovat LC-liittimiä (Lucent Connector) tai SC-liittimiä (Subscriber Connector). LC-liittimen ferrulen pään halkaisija on 1,25 millimetriä ja SC-liittimen 2,5 millimetriä. (Headpower 2017.)

Standardiliittimen asemassa pitkään ollutta SC-liitintä on yleisesti käytetty kaikissa optisissa verkoissa ja kaapeloinneissa. Kyseinen holkkiliitin on tehty muovista ja se on muoltaan nelikulmainen. Liittimen sivuilla olevat kielekkeet lukitsevat liittimen adapteriin. SC-liitinadapteri mahdollistaa yhden (simplex) tai kahden (duplex) liittimen liittämisen adapteriin. Kaksoisadapteria käytettäessä voidaan tietoliikenteen eri suunnat laittaa kulkemaan eri kuituja pitkin. (Nestor cables 2015, 51.)

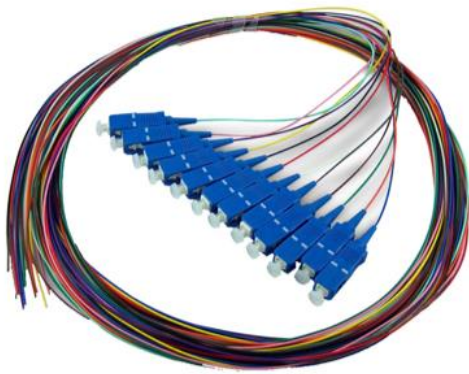
LC-liitin on suorituskyvyltään SC-liittimen veroinen. LC-liittimen fyysinen koko on kuitenkin vain puolet SC-liittimen koosta (kuva 16). Tästä syystä LC-liittimen suosio on kasvanut viime vuosien aikana, ja se todennäköisesti yleistyy uudeksi standardiliittimeksi syrjäyttäen SC-liittimen. Optisten verkkojen uudisrakentamisessa on otettu LC-liittimet vakiokäyttöön. SC-liittimiä käytetään enää vain vanhojen kaapelointien laajentamiseen. LC-liitinadaptereita on saatavana myös neljän (quad) liittimen versiona. (Nestor cables 2015, 52.)



KUVA 16. Vasemmalla kuvassa 1,25 mm LC-liitin ja oikealla 2,5 mm SC-liitin (Headpower 2017)

## 5.2 Kuitukaapelin päättäminen ja tarvikkeet

Valokuitukaapelin päättäminen tapahtuu häntäkuitujen tai häntäkaapelin välityksellä. Häntäkuidut ovat tyypillisesti 1,5 - 2 metriä pitkiä tiukkapäällysteisiä kuituja. Päättävä valokaapeli liitetään häntäkuituihin hitsaamalla. Häntäkuidun toisessa päässä sijaitsevat liittimet liitetään jakamon tai päätepaneelin liittinentien adaptereihin. Kuitujen suojausputket numeroidaan ja kuidut asetellaan siististi jatkoslevylle. Kuidun taivutussäde tulee ottaa huomioon kuituja käsiteltäessä. Päätetty kaapeli kiinnitetään nippusiteillä päätekoteloon tai päätepaneeliin. Näin varmistetaan riittävä vedonpoisto kaapelille. Kaapelipäätteelle asennetaan tarvittava maadoitus. Kaikki liittimet ja adapterit puhdistetaan ja suojataan omilla suojarahatuilla päättämistyön jälkeen. Kuvassa 17 on esitetty liitinpäillä varustetut häntäkuidut. (Headpower 2017.)



KUVA 17. Häntäkuidut (Headpower 2017)

Valmiskaapeli (häntäkaapeli) eroaa tavallisista häntäkuiduista siten, että valmiskaapelissa on tehtaalla esiasennetut liittimet kuitujen päissä. Kaapelin pituus, tyyppi, kuitumäärä- ja tyyppi, sekä liittimen tyyppi valitaan valmiskaapelin tilausvaiheessa. Valmiskaapelin käyttö nopeuttaa asennustöiden tekemistä. Esimerkiksi neljän kuidun asuin-kiinteistöissä erillisen ”hitsaustyömaan” perustamista ei tarvita. Valmiskaapelia on saatavana sekä sisä-, että ulkokäyttöön. (Nestor cables 2015, 56.)

Kytkentäkaapelia käytetään jakamoiden aktiivilaitteiden kytkemiseen olemassa olevaan kaapelointiin. Optiset ristikytkennät jakamoissa tehdään molemmin päin liittimillä varustetun kytkentäkaapelin avulla. Liittimet valitaan käyttötarkoituksen mukaan. Ristikytkennässä kaapelin liittimet ovat yleensä samanlaiset, mutta laiteliitännöissä kytkentäkaapelin päiden liittimet voivat olla erimalliset. (Koivisto 2015, 56.)



### 5.3 Päätelaitteet

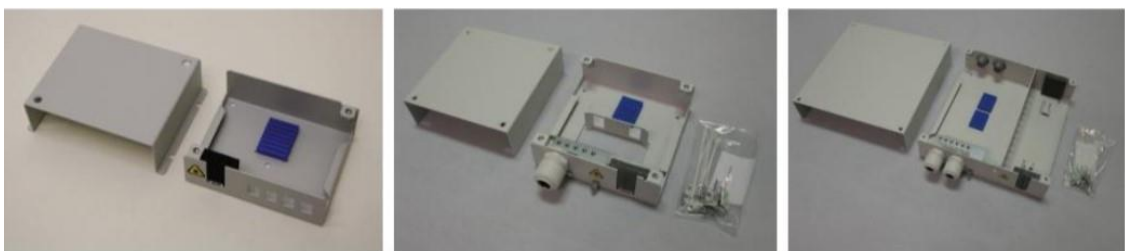
Päätelaitteilla tarkoitetaan koteloita, paneeleita, kaappeja ja telineitä, joihin kaapeli voidaan tarvittaessa päättää turvallisesti. Päätelaite valitaan asennuskohteen mukaan. Asennuksessa tulee noudattaa hyvää asennustapaa. (Headpower 2017.)

Kuitujen päättämisen päätelaitteilla tulee olla harkittua ja työjäljen ammattitasoista. Kuidut kieputetaan siististi ryhmittäin laitteen pohjalle kuidun taivutussäde huomioiden. Kuituliitosten tulee olla sijoitettuna oikeaan järjestykseen, eivätkä kuidut saa jäädä puristuksiin. Liittimet tulee puhdistaa huolellisesti ennen kytkemistä. (Headpower 2017.)

#### 5.3.1 Päätekotelot

Kuitukaapeli voidaan päättää päätekoteloon silloin, kun kaapelin sisältämä kuitumäärä on pieni (1-24). Päättävä kaapeli liitetään kotelon sisällä oleviin häntäkuituihin. Häntäkaapelia voidaan myös käyttää, mutta tällöin hitsausliitokset ovat erillisessä kotelossa. Päätekoteloa käytetään yleensä kohteissa, joissa 19 tuuman päätetelinettä ei voida käyttää. Kotelon asennuksessa tulee ottaa huomioon tietoturvaan liittyvät seikat, kuten tilan lukittavuus ja kytkentäkaapeleiden suojaus. (Nestor cables 2015, 61.)

Päätekotelot sisältävät 4-12 liitinpaikkaa ja ne soveltuvat kokonsa puolesta hyvin omakotitalojen, rivitalojen sekä kerrosasuntojen optisten kuitujen päättämiseen. Esimerkiksi omakotitalon ulkoseinälle voidaan asentaa tarvittaessa pieni päätekotelo, joka sisältää enintään neljä liitinpaikkaa. Jos päätekotelo päätetään asentaa talon ulkoseinälle, pitää huolehtia kaapelointi myös seinän läpi sisätiloihin. Kuvassa 18 on esitetty erimallisia päätekoteloita. (Nestor cables 2015, 61.)



KUVA 18. Erilaisia päätekoteloita (Nestoe cables 2015, 62)

### 5.3.2 Päätepaneelit

Päätepaneelit ovat tavallisesti 19 tuuman telineeseen asennettavia rakenneosia, joihin optiset kuidut voidaan päättää tai ristikytkä. Päätepaneelit sisältävät läpiviennit kaapeleille, jatkoslevyt tai -pidikkeet jatkoksia varten, sekä liitinkentän laitekytkentöjä tai ristikytkentöjä varten. Paneelin liitinkenttä koostuu adaptereista, joihin häntäkuitujen liittimet paneelin sisäpuolelta liitetään. (Nestor cables 2015, 61.)

Päätepaneelin asennuksessa on hyvä ottaa huomioon asennustekniset ja ylläpitoon liittyvät näkökulmat. Yhteen 19 tuuman paneeliin mahtuu 24-48 SC-liitinpaikkaa tai jopa 48-96 LC-liitinpaikkaa. LC-liittimet mahdollistavat suuren määrän liitäntöjä, mutta samalla tarvittavien häntäkuitujen määrä kasvaa. Suuri häntäkuitujen määrä paneelissa saattaa tuottaa hallinnallisia ongelmia. (Nestor cables 2015, 62.)

### 5.3.3 Jakamokaapit ja -telineet

Jakamoissa päätepaneelit sijoitetaan kaappeihin, kaappirunkoihin tai telineisiin. Erilliset aktiivilaitteet voivat sijaita samassa kaapissa tai telineessä kuin paneelit. Suurissa jakamoissa on kuitenkin syytä erotella aktiivilaitteet ja paneelit eri kokonaisuuksiin. Tämä helpottaa ristikytkentöjen ja laiteliitäntöjen asentamista. (Nestor cables 2015, 62.)

Telineratkaisuissa on otettava huomioon telineen käyttötarkoitus. Telineen rakenne voi olla muutakin kuin yleisesti käytetty 19 tuuman teline (kuva 19) ja käyttötarkoitus vain esimerkiksi päättämistä ja kuitujen kytkentöjä varten. Tämän kaltaisissa erikoistelineissä käytetään paneelin sijasta erilaisia liitinkenttiä ja -moduuleita. (Nestor cables 2015, 62.)



KUVA 19. 19 tuuman jakamoteline (Nestor cables 2015, 62)

#### 5.4 Jatkokset

Jatkoksia käytetään niissä verkon osissa, joissa kaapelit haarautuvat tai yhdistyvät toisiin kaapeleihin. Jatkos voi olla suora kaapelijatkos tai haarajatkos. Jatkostarvikkeita valittaessa on kiinnitettävä huomiota asennusympäristöön ja sen tuomiin haasteisiin. Lisäksi on huomioitava jatkettavien kaapeleiden lukumäärä, haaroitusmahdollisuus, sekä jatkoksen avattavuus jälkeenpäin. Jatkokset voidaan jakaa käyttötarkoituksen mukaan sisä- ja ulkojatkoksiin. (Nestoe cables 2015, 65.)

Kaapelin jatkaminen jatkoksessa suositellaan ehdottomasti tehtäväksi hitsausmenetelmää käyttäen. Tämä pätee niin yleiskaapeloinnissa kuin yleisessä televerkossakin. Hitsaaminen on ainoa teleoperaattoreiden hyväksymä kuitujen liittämistapa optisissa liityntäverkoissa. Hitsausjatkoksessa kuidunpäät kohdistetaan toisiinsa ja sulatetaan yhteen valo-kaaren avulla. (Koivisto 2015, 74.)

### 5.4.1 Sisä- ja ulkojatkokset

Ulkojatkoksina käytetään tätä tarkoitusta varten suunniteltuja koteloita tai kaappimaisia rakenteita. Ulkokaapelin jatkoskotelon tärkein rakenteellinen ominaisuus on suojata kuituja ympäristön aiheuttamilta rasitteilta. Tämän lisäksi sen tulee tarjota riittävä tila kuitujatkoksille ja kuitujen taivutussäteille. Muovisen tai metallisen kotelon mekaaninen lujuus ja tiiviys ovat erityisen tärkeitä ominaisuuksia. Jatkoskotelot soveltuvat erinomaisesti suoriin kaapelijatkoksiin, jolloin tarkoituksena on kasvattaa reitin pituutta. Kotelomainen rakenne mahdollistaa vapaan sijoitusmahdollisuuden kaivoon, jakokaappiin tai pylväeseen. Jatkoskotelo voidaan myös asentaa suoraan maahan. (Nestor cables 2015, 65.)

Jatkoskaappi on vaihtoehtoinen tapa toteuttaa ulkokaapelijatkos. Tässä toteutuksessa varsinainen jatkoskaappi sijoitetaan esimerkiksi jakokaapin sisälle. Näin saadaan jatkos suojattua paremmin ulkoilman aiheuttamalta kosteudelta. Jatkoskaappi mahdollistaa jatkoskoteloa suuremman kaapelimäärän jatkamisen, ja se on helpommin laajennettavissa. Lisäksi kaappiin voidaan lisätä liitinpaneeleja, jolloin jatkoskaappi voi toimia pienkohteiden alueellisena jakamana. (Nestor cables 2015, 65.)

Sisäjatkoksia käytetään kohteissa, joissa ulkokaapeli jatketaan yhteen tai useampaan sisäkaapeliin, tai kun jakamoiden välissä ei voida käyttää yhtenäistä kaapelia. Sisäjatkos voi olla ulkojatkoksen tavoin kaappi- tai kotelomallinen. Sisäjatkosten rakenteiden ei kuitenkaan tarvitse täyttää samanlaisia kriittisiä vaatimuksia kuin ulkojatkosten. Päätekotelo voi toimia myös sisäjatkoksena, jolloin paikat avattaville liittimille ovat valmiiksi asennettuina. Kuvassa 20 on esitetty sisäjatkoskotelo jatkoslevyineen. (Koivisto 2015, 95.)

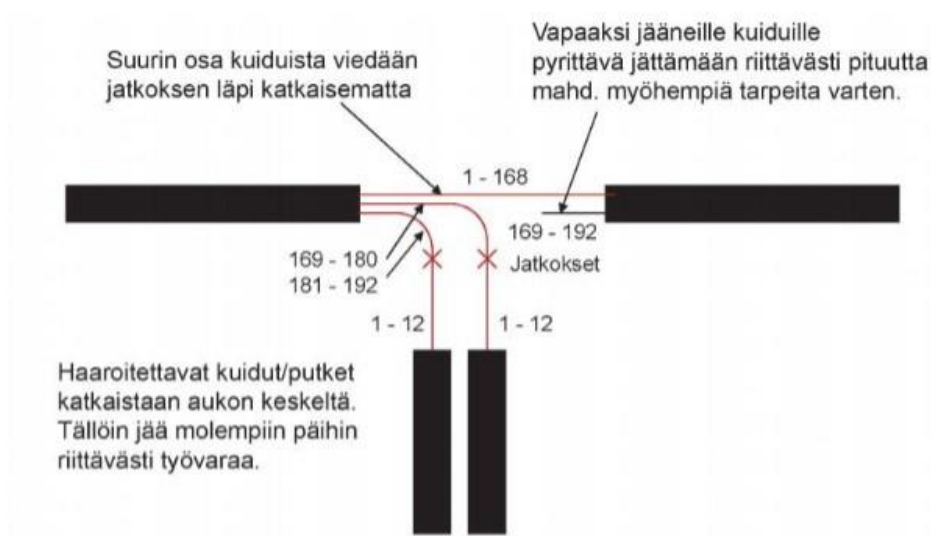


KUVA 20. Sisäjatkoskotelo (Nestor cables 2015, 67)

### 5.4.2 Kylkiotto

Kylkiotolla tarkoitetaan kaapelin haarajatkoksen toteuttamista ilman kaapelin katkaisua. Kerrattu kaapelirakenne soveltuu erinomaisesti kylkiötoon, sillä kaapelin sisällä olevat kuidut on aseteltu optimaalisesti keskielementin ympärille. Myös muita kaapelirakenteita voidaan käyttää, jos valmistajan ohjeet sen sallivat. Kylkiötossa jatketaan vain ne kuidut, jotka haaroitetaan. Kaapelin vaippa kuoritaan 2-3 metrin matkalta siitä kohtaa, mihin kylkiotto halutaan tehdä. Kylkiöton etuna on, että tarvittavat kuidut saadaan jatkettua ilman koko kaapelin katkaisua. (Nestor cables 2015, 148.)

Kylkiöttoa käytetään yleensä vain silloin, kun se on välttämätöntä. Esimerkiksi kuitureitin varrella sijaitsevaan kohteeseen voidaan kylkiöton avulla jatkaa kuitu, jos lähellä ei ole jatkoksia mistä kuitu voitaisiin tavallisesti jatkaa kohteeseen. Näin uutta kaapelia ei tarvitse kaivaa kaukana olevasta jatkokselta asti, ja rakentamisen kustannuksia saadaan vähennettyä. Kuvassa 21 on esitetty kylkiöton periaate. (Nestor cables 2015, 149.)



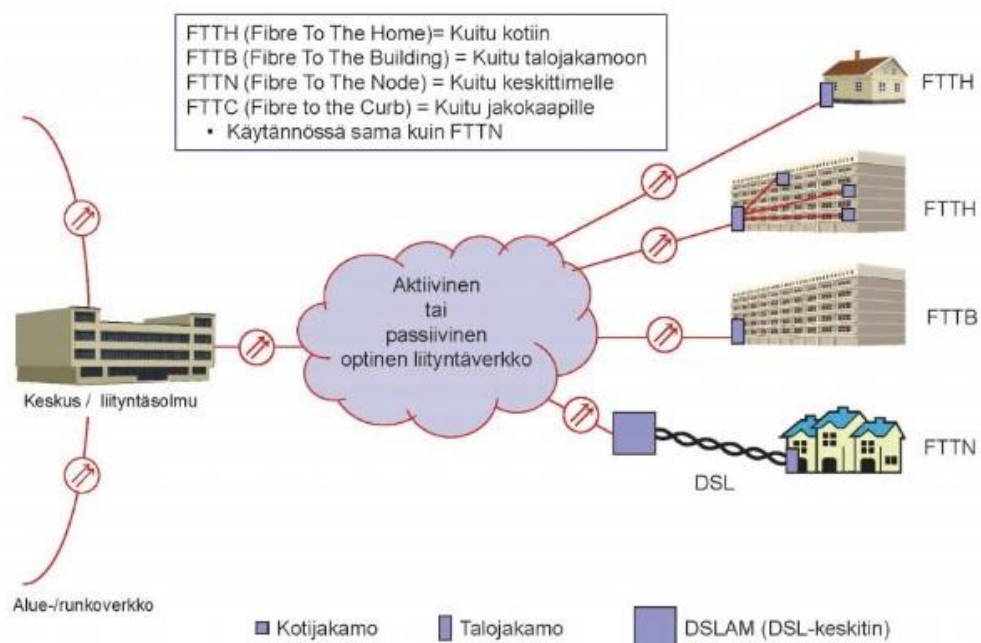
KUVA 21. Kylkiotto (Nestor cables 2015, 149)

## 6 LIITYNTÄVERKON ASIAKASRAJAPINTA

### 6.1 FTTX-tekniikat

FTTX (Fiber To The X) -tekniikat määrittävät optisen liityntäverkon päätepisteen asiakkaalle. FTTX-termin käyttö on yleistynyt valtavasti viime aikoina ja sen eri variaatiot ovat aiheuttaneet sekaannusta termien merkityksien välillä. Kaikki yleisimmät kuidun toimitustilanteet voidaan kuitenkin kiteyttää kolmeen eri termiin: FTTH (Fiber To The Home), FTTB (Fiber To The Building) ja FTTN (Fiber To The Node). (Nestor cables 2015, 9.)

FTTH kuvaa tilannetta, jossa optinen kuitu tuodaan omakotitaloon tai rivi- tai kerrostalon asuinhuoneistoon saakka. FTTB-termiä käytetään, kun kuitu tuodaan rivi- tai kerrostalon talojakamoon saakka. FTTN tarkoittaa kuidun ulottumista esimerkiksi DSL-keskittimelle (DSLAM), joka sijaitsee liityntäsolmun ja talojakamon välisellä verkon osuudella. FTTN-termi käsittää myös useasti käytetyn FTTC-termin (Fiber To The Curb), jossa kuitu ulottuu asiakkaan lähellä olevaan jakokaappiin. Kuvassa 22 on havainnollistettu optisen kaapelin päätepisteet eri FTTX-termien osalta. (Nestor cables 2015, 9.)



KUVA 22. FTTX-termistöä (Nestor cables 2015, 10)

FTTB-malli on nykyään suosituin tapa liittää rivi- ja kerrostalon asiakkaat optiseen liityntäverkkoon. Varsinkin vanhemmissa asuinkiinteistöissä on usein valmiina kuparikaapeloinnilla toteutettu sisäverkko. Sisäverkon päivittäminen voi olla melko kallista ja siksi yleensä riittää, että kuitu tuodaan vain talojakamoon asti. Vanha sisäverkko voidaan kuitenkin yhdistää optiseen liityntäverkkoon käyttämällä esimerkiksi vanhaa puhelinkaapelijärjestelmää (xDSL), tai kuparista kategorian kuusi (CAT6) parikaapelia. Näin asiakkaille voidaan tarjota jopa 100 Mb/s (Megabittiä/sekunnissa) siirtonopeuksia. (Raatikainen 2011, 56.)

FTTB-mallista voidaan myös kätevästi myöhemmin siirtyä käyttämään FTTH-mallia, kun suuremmille siirtonopeuksille on tarvetta. Tämänkaltaiset muutokset taloyhtiössä kannattaa suunnitella jonkin muun ison remontin, kuten putkiremontin, yhteyteen. Näin rakenteita ei tarvitse purkaa useaan kertaan, vaan muutokset molemmissa töissä voidaan suorittaa yhdellä purulla. (Raatikainen 2011, 56.)

## 6.2 Jakamot

Jakamoissa kaapelit päätetään ja kytketään toisiin kaapeleihin tai laitteisiin. Jakamon tyyppistä riippuen, kaapeleiden määrä voi vaihdella muutamasta kaapelista satoihin kaapeleihin. Jakamoihin sijoitetaan usein myös tietoliikennelaitteita, jotka asennetaan kaappeihin tai telineisiin. (Koivisto 2015, 90.)

Talojakamot toimivat asiakkaan kiinteistön sisäverkon ja optisen liityntäverkon välisenä rajapintana. Nykyään uusissa kiinteistöissä täytyy olla talojakamo ja asuinhuoneistoissa kotijakamo. Talojakamoiden suunnittelussa tulee ottaa huomioon liityntäkaapeleiden ja runkokaapeleiden turvalliset reitit jakamoon, sekä tilan tarve mahdollisille laitelajennuksille. Lisäksi tilan ilmanvaihdon ja valaistuksen tulee olla sopivat jakamon laitteita ja rakenneseosia varten. Jakamoon tulee estää pääsy asiattomilta henkilöiltä. (Koivisto 2017, 70.)

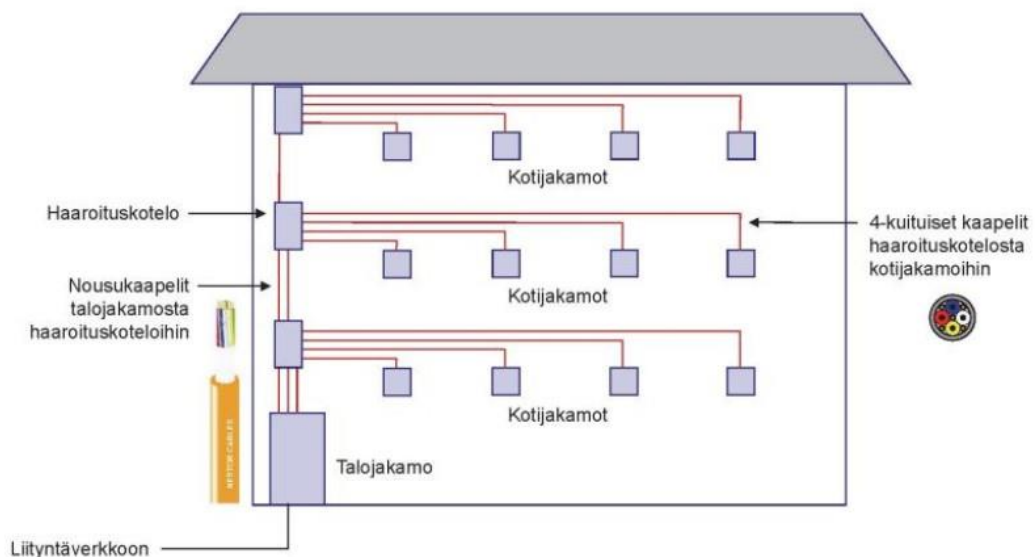
Kotijakamo asennetaan asuinhuoneistossa sellaiseen paikkaan, mihin nousukaapelointi on helpoin viedä. Asennuksessa tulee kuitenkin huomioida esteetön pääsy jakamolle. Ko-

tijakamo on yleensä seinälle asennettava kotelo, joka sisältää palvelun tai liittymän vaatimat aktiiviset tai passiiviset laitteet. Omakotitaloissa kotijakamo toimii myös talojakamona. (Koivisto 2017, 73.)

### 6.3 Sisäverkon kaapelointi

Nousukaapelointi -nimitystä käytetään talojakamon ja kotijakamon välisestä kaapeloinnista. Talojakamosta jokaiseen asuinkerrokseen asennettu nousukaapeli sisältää neljä kuitua jokaista asuinhuoneistoa kohden. Kerroskaapeloinnin neljä kuitua päätetään kotijakamon päatekoteloon. Asuinkiinteistöjen saneerauksissa nousukaapelointiosuus toteutetaan yhdellä vähintään CAT6-parikaapelilla, joka soveltuu sekä puhelin- että datakäyttöön. Uudiskohteet toteutetaan kahdella CAT6-parikaapelilla. Asuinhuoneistoihin ulotetaan neljä yksimuotokuitua, ja ne päätetään talojakamon kuituliittimiin. Kuvassa 23 on esitetty yksinkertaisen sisäkaapeloinnin periaate. (Prysmian Group 2017; Telia 2017.)

Sisäverkon kaapeloinnissa kannattaa asentaa putkitus tulevaisuuden optisia kaapelointeja varten. Kaapeloinnin suunnittelussa ja asennustöissä noudatetaan yleiskaapelointistandardia EN 50173-4 (perustuu ISO/IEC 15018 -julkaisuun vuodelta 2004). Sisäverkon kaapeleiden toimivuus tarkastetaan mittauksilla. (Telia 2017.)



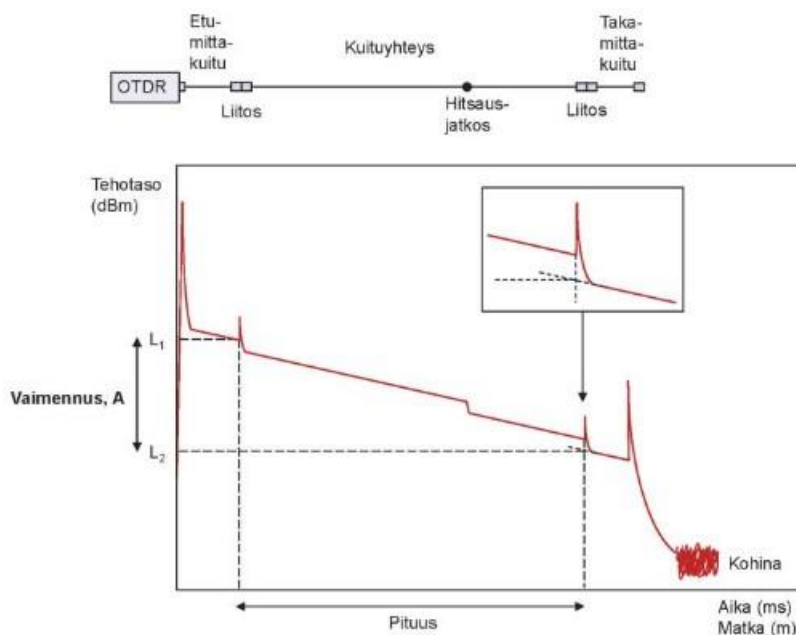
KUVA 23. Sisäkaapelointi (Nestor cables 2015, 117)



## 6.4 Valokuituyhteyksien mittaukset

Mittauksilla varmistetaan valokuitukaapelin eheys ja sille asetetut siirtotekniset vaatimukset. Jokainen siirtotie testataan mittauksin kaapelin asentamisen, jatkamisen tai päättämisen jälkeen. Mittaukset kuuluvat olennaisena osana liityntäverkon rakentamiseen. Mittauksista saatavat raportit lisätään verkon dokumentointiin, ja niitä voidaan myöhemmin käyttää verkon ylläpitotehtävissä ja vianetsinnässä. Tärkeimmät valokaapelin mittaukset ovat vaimennuksen mittaus, pituuden ja etäisyyksien mittaukset, kuitujen läpisoitto, sekä optisten liittimien liitinpäiden kunnan ja puhtauden tarkistaminen. (Nestor cables 2015, 162.)

Kuidun vaimennuksen ja etäisyyden mittaamisessa voidaan käyttää valokaapelitutkaa (OTDR). Tutkan toiminta vaimennuksen mittaamisessa perustuu valotehon siroamiseen takaisin jokaisesta kuidun kohdasta. Valotehoa siroaa takaisinpäin tällöin yhtä paljon kuin signaalin etenemissuunnassa. Jos mitattavalla reitillä on jatkoksia, tulee jatkosvaimennus mitata reitin molemmista päistä, ja laskea näiden kahden arvon keskiarvo. Valokaapelitutkan vaaka-asteikolta voidaan nähdä mitattavan kuitureitin pituus. Asteikko mittaa todellisuudessa signaalin edestakaista matkaa, joten oikea reitin pituus saadaan kertomalla asteikolla näkyvä luku 0,5:llä. Kuvassa 25 on esitetty valokaapelitutkalla tehdyn mittaus tuloksen grafiikkaa kentällä. (Nestor cables 2015, 166.)



KUVA 24. Vaimennuksen ja pituuden mittaaminen valokaapelitutkalla (Nestor cables 2015, 166)

Kuitujen läpisoitto on yksinkertainen menetelmä todeta yhteyden eheys, ja sitä käytetään tavallisesti kiinteistöjen optisten kaapelointien asennuksessa. Tällä voidaan varmistaa kiinteistöjen kytkennät, sekä se, onko kuidut päätetty oikeisiin liittimiin esimerkiksi päätepaneelissa. Läpisoiton valonlähteenä voidaan käyttää tavallista kynälamppua tai näkyvän valon laseria. On hyvä pitää mielessä, että läpisoitto ei ole virallinen mittaustapa, eikä sillä saada varsinaista mittaustietoa kuidun kunnosta. Menetelmässä käytetty laser voi näkyä kuidun toisessa päässä, vaikka yhteyden välillä oleva jatkos olisi huono, tai kuitu lähes poikki. Näin ollen virallista valokaapelitutkaa tulisi käyttää aina mahdollisuuksien mukaan mittauksissa. (Nestor cables 2015, 169.)

Liitinpäiden kunnan ja puhtauden tarkastaminen on erittäin tärkeä toimenpide kuitutöissä. Liittimiin voi asennuksen jälkeen jäädä epäpuhtauksia, naarmuja tai lohkeamia, jotka osaltaan vaikuttavat suuresti verkon toimintaan. Liitinpäiden tarkastamiseen tarvitaan mikroskooppia, sillä mahdolliset naarmut liitinpäissä voivat olla niin pieniä, ettei ihmissilmä havaitse niitä. Mikroskooppi voi olla optinen mikroskooppi tai videomikroskooppi. Turvallisuus syistä optinen mikroskooppi tulee varustaa infrapunasuodattimella. Silmävaurion riski on suuri, jos tarkastaja esimerkiksi unohtaa sammuttaa kuidun toisessa päässä sijaitsevan lähettimen. Mikroskooppia käytettäessä tulisi suurennuksen olla vähintään 100-kertainen monimuotokuidulle ja 200-kertainen yksimuotokuidulle. (Nestor cables 2015, 171.)

## 7 POHDINTA

Optisen liityntäverkon rakentaminen on monivaiheinen projekti. Kaikki alkaa asiakkaan tarpeesta saada oma sisä- tai lähiverkko yhdistettyä liityntäverkkoon nopeampia yhteyksiä varten. Kaapelin reitti asiakkaalle suunnitellaan lähimmästä liityntäsolmusta. Työssä käytettävät materiaalit, komponentit ja työmenetelmät valitaan huolellisesti asennusympäristön mukaan. Valmiin työn dokumentointiin on panostettava, koska kaapelia ja verkon muita osia voi olla vaikea löytää maastosta jälkepäin. Nykypäivänä laadukkaana dokumentoinnin merkitys korostuu, sillä maan alla sijaitsevat kaapeliverkostot ovat valtavia.

Suunnitelma on tärkeä osa rakennusprojektia. Hyvin tehtynä se säästää aikaa ja rahaa toteutusvaiheessa, sekä mahdollistaa verkon pitkän elinkaaren. Vähävikainen verkko tuottaa vähemmän ylläpito- ja korjauskustannuksia verkon omistajalle. Mielestäni on tärkeää, että nykyään suunnitelmat ja työselosteet vaaditaan myös pienissä liityntäverkkojen rakennusprojekteissa ja jatkostöissä.

Vanhemmat taloyhtiöt ovat siirtymässä vanhoista kuparikaapelijärjestelmistä optisiin liityntäverkkoihin. Tämä mahdollistaa kiinteistön asukkaille nopeampien internetyhteyksien toimittamisen. Usein tämän kaltaisissa tilanteissa on kyse yhden teleoperaattorin tarjoamasta taloliittymästä, jossa taloyhtiön asukkaat sitoutuvat maksamaan pienen kuukausimaksun kyseisen liittymän käytöstä. Vanhempien rakennusten kohdalla ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua talon oma sisäverkko. Valokuidusta ei välttämättä saada kaikkea sen mahdollistamaa hyötyä käyttöön. Kiinteistön oma vanhentunut sisäverkko saattaa muodostua pullonkaulaksi, joka rajoittaa liittymän huoneistokohtaisia enimmäisnopeuksia. On kuitenkin hyvä tietää, että FTTB-tekniikasta voidaan siirtyä kätevästi FTTH-tekniikkaan, jos suuremmille siirtonopeuksille on tarvetta. Tämä vaatii yleensä taloyhtiön päätöksen kiinteistön sisäkaapeloinnin uusimisesta.

Optisten liityntäverkkojen rakentaminen on nyt suosittua ja uskon niiden rakentamisen tulevaisuudessa vain kiihtyvän. Valokuidun tarjoama tiedonsiirtokapasiteetti riittää pitkälle tulevaisuuteen, eikä sille ole suunnitteilla korvaajaa. Langattomat tiedonsiirtotekniikat ovat nykypäivän trendi, ja odotankin mielenkiinnolla, mitä kaikkea esimerkiksi 5G-tekniikka tuo tullessaan. 5G:n mahdollistama IoT (Internet of Things) liittyy valtavan

määrän arkipäivän laitteita langattomasti verkkoon. On kuitenkin hyvä muistaa, että muiden tukiasemien tavoin myös 5G-tukiasemat tarvitsevat kiinteän yhteyden toimiakseen. Optisen liityntäverkon tarjoama kapasiteetti pystyy vastaamaan 5G-verkon tiedonsiirto-vaatimuksiin.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli kehittää kirjoittajan omaa osaamista optisen liityntäverkon rakentamisesta. Kattava selostus rakennusprojektissa käytettävistä eri menetelmistä ja komponenteista auttoi ymmärtämään rakentamisen vaiheita paremmin. Lisäksi komponenttien ja laitteiden tarkempi tutkiminen niin rakenteellisesti kuin asennusteknisesti selkeyttivät kokonaiskuvan hahmottamista. Onnistuin löytämään ajankohtaista tietoa optisen verkon rakentamisessa käytettävistä tekniikoista. Tavoitteeni on, että tulevaisuudessa myös muut verkonrakennusalalle pyrkivät henkilöt saisivat kattavan tietopaketin tästä opinnäytetyöstä. Kehitysehdotuksena vastaavanlaisille opinnäytetöille ehdottaisin esimerkiksi asennuskeskeisempää lähestymistapaa.

## LÄHTEET

FS.COM, Single Mode vs Multimode Fiber: What's the difference? 2017. Blogi. Luettu 10.2.2019. <https://community.fs.com/blog/single-mode-cabling-cost-vs-multimode-cabling-cost.html>

Headpower. 2017. Tietoliikenteen yksiköt. Verkkopalvelu. Vaatii käyttöoikeuden. <https://headpower.fi/rakentaminen/tietoliikenteen-yksikot/>

Härkönen, T. 2013. Optiset liityntäverkot. Tietotekniikan koulutusohjelma. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Kaarela, T. 2018. Energiankeruu teollisuuden sensoriverkon tarpeisiin. Informaatioteknologian tiedekunta. Jyväskylän yliopisto. Pro gradu -tutkielma.

Koivisto, P. 2017. Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit: Opas kiinteistöverkon rakentajalle. Oulu: Nestor Cables Oy.

Koivisto, P. 2015. Yleiskaapelointijärjestelmät: Optisen kaapeloinnin asennus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Koivisto, P. 2009. Optiset kaapeloinnit kiinteistöissä. Espoo: Sähköinfo Oy.

Liikenne- ja viestintäministeriö. 2014. Kuituverkon rakentamismenetelmät. Luettu 16.2.2019. [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77925/Julkaisu\\_2-2014.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77925/Julkaisu_2-2014.pdf)

Nestor cables. 2015. FTTX optiset liityntäverkot. Oulu: Nestor cables Oy. [https://issuu.com/nestorcables/docs/fttx\\_optiset\\_liityntaverkot](https://issuu.com/nestorcables/docs/fttx_optiset_liityntaverkot)

Prysmian Group. 2017. Sisäverkon kaapelointi. Luettu 6.3.2019. [https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Sisaverkon\\_kaapelointi\\_2017.pdf](https://fi.prysmiangroup.com/sites/default/files/atoms/files/Sisaverkon_kaapelointi_2017.pdf)

Raatikainen, J. 2011. Optinen tiedonsiirto kuituverkossa. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Tampereen ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö.

Sammatti, M. 2017. Mikro-ohitus valokuituverkon rakentamisessa. Luettu 26.2.2019. <https://www.koneviesti.fi/artikkelit/artikkeli-1.205610>

Telia. 2017. Pientalorakentajan tietoliikenneopas. Luettu 8.3.2019. <https://www.telia.fi/dam/jcr:8c556c1e-8fc2-4d63-9083-7402bc76a48f/pientalorakentajan-tietoliikenneopas-2017.pdf>

Traficom. 2018. Määräys 65 kiinteistön sisäverkoista ja teleurakoinnista. Luettu 31.1.2019. <https://www.traficom.fi/fi/saadokset>

Unuth, N. 2018. The Fundamentals of an Ethernet LAN, Explained. Luettu 10.3.2019. <https://www.lifewire.com/what-is-ethernet-3426740>