



# Valokuituverkon suunnittelu

Marko Saarela

OPINNÄYTETYÖ  
Huhtikuu 2020

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Sähkövoimatekniikka

SAARELA, MARKO:  
Valokuituverkon suunnittelu

Opinnäytetyö 46 sivua, joista liitteitä 2 sivua  
Huhtikuu 2020

---

Opinnäytetyössä oli tarkoitus tutustuttaa lukija optisten verkkojen suunnitteluun ja toimintaan. Työ tehtiin yhteistyössä Exsane Oy:n kanssa tavoitteena parantaa yrityksen omaa kuituosaamista ja lisätä tietoa. Opinnäytetyötä voidaan myös käyttää työntekijöiden perehdyttämiseen koskien valokuituverkkoja.

Valokuituverkon rakentaminen on tällä hetkellä vilkasta ja erilaisia kuntien omistamia valokuituyrityksiä on perustettu ympäri Suomea. Tätä rakentamisen kovaa vauhtia selittää EU-komission määräys, jonka mukaan vuoteen 2025 mennessä pitäisi jokaisessa kiinteistössä olla valmius 1Gb/s-yhteyteen. Lisäksi pyrkimys kasvattaa internetin nopeutta lisää painetta rakentaa optisia kuituverkkoja.

Teoriaan luodaan työssä tiivis katsaus ja vain oleelliset asiat kuidun toiminnan ymmärtämisen kannalta on selostettu. Pääpaino työssä oli optisen verkon suunnittelun ja rakentamisen toteutuksessa.

Lähteinä opinnäytetyössä on käytetty alan kirjallisuutta ja artikkeleita, lisäksi opinnäytetyön tekijän koulutustaustasta on ollut hyötyä. Lisäksi yrityksessä tehdyistä projekteista on ollut hyötyä työn tekemisessä.

Valmis työ tarjoaa valokuituverkon suunnittelusta ja rakentamisesta kiinnostuneelle tiiviisti ja yksinkertaisesti tietoa aiheesta.

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering  
Power Engineering

SAARELA, MARKO  
Design of an Optical Fiber Network

Bachelor's thesis 46 pages, appendices 2 pages  
April 2020

---

The main goal of this thesis is to introduce the reader to the design and workings of the optical fiber networks. This thesis was made in collaboration with Exsane Oy in order to improve the company's own knowledge concerning optical networks. The company can also use it as a training tool to orientate new workers to optical fiber networks.

In recent years the construction of optical fiber networks has been hectic and different companies owned by cities have appeared all around Finland. EU Commission's strategy on Connectivity for a European Gigabit Society in 2016 established three main strategic objectives to be reached by 2025, which included access to internet that can provide speeds up to 1 Gbps for every European household. This has increased construction exponentially. Therefore, the pursuit to raise the speed of the network introduces pressure to build more optical fiber networks.

In this thesis, only the most crucial theory required to understand the working principle of optical fiber have been explained. Data for this study was gathered by a literature review. Also, different projects done by the firm were examined.

This thesis summarizes the design and construction of an optical fiber network in an easy-to-approach form, and is aimed to help anyone who is interested in this topic.

---

Key words: optical fiber, planning, network

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	OPTISET VERKOT .....	7
2.1	Optiset kuidut .....	7
2.1.1	Optisten kuitujen optiset ominaisuudet .....	9
2.1.2	Optisten kuitujen mekaaniset ominaisuudet .....	11
2.2	Kaapelit ja komponentit .....	12
2.2.1	Kaapeleiden päärakenteet .....	15
2.2.2	Mikroputket .....	17
2.2.3	Komponentit .....	18
3	SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN .....	24
3.1	Lähtökohdat suunnitteluun .....	24
3.2	Rakentaminen .....	27
3.2.1	Tarkastukset .....	30
3.2.2	T- pätevyys ja OL-sertifikaatti .....	30
4	ASENNUKSET .....	33
4.1	Kaapeleiden ja mikroputkien käsittelyä .....	33
4.2	Kuidun puhaltaminen mikroputkeen .....	34
4.2.1	Mikrosahaus .....	36
4.2.2	Asennus tapojen vertailu .....	37
4.3	Valokuidun hitsausjatkos .....	38
4.4	Järjestelmän mittaus, tarkastus ja ylläpito .....	40
5	POHDINTA .....	43
	LÄHTEET .....	44
	LIITTEET .....	45
	Liite 1 .....	45
	Liite 2 .....	46

**LYHENTEET**

LED	Light Emitting Diode
VCSE	Vertical Cavity Surface Emitting Laser
nm	nanometri
$\mu\text{m}$	mikrometri
MHz x km	megahertsi kertaa kilometri
g/m	gramma metriä kohden
dB	desibeli
OTDR	Optical Time Domain Reflectometer

## 1 JOHDANTO

Optisia verkkoja rakennetaan kaikkialla tällä hetkellä paljon. EU-komissio onkin määritellyt, että vuoteen 2025 mennessä pitäisi jokaisessa kiinteistössä olla valmius 1Gb/s-yhteyteen. Ainut keino saada tämä mahdolliseksi on investoida optisiin verkkoihin. Kuitenkin EU:n laajakaistan edistymistä koskevassa tarkastelussa Suomi on EU-maiden keskiarvon alapuolella ja suurin osa kotitalouksista on edelleen ilman optista yhteyttä. Siksi valokuidun rakentaminen ja rakentamisen laadun nosto on tärkeää täällä Suomessa. ([www.finnet.fi](http://www.finnet.fi))

Paljon näkyvyyttä viime vuosina saanut 5G-verkko tarjoaa kyllä huippunopean netin, mutta sekään ei toimi ilman kattavaa valokuituverkkoa. Mobiilimastot ja lähetin vastaanottimet vaativat aina kuitenkin kiinteän yhteyden. Ihmiset tuntuvat unohtavan välillä tämän tosi asian, kun nopeita langattomia verkkoja hehkutetaan.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Exsane Oy:n kanssa. Exsane Oy on sähkö- tele- ja valaistusverkkojen asiantuntija, joka suunnittelee, rakentaa, tarkastaa ja pitää kunnossa infrastruktuuriverkkoja. Yritys on toiminut 25 vuoden ajan ja siellä työskentelee nykyään noin 65 henkilöä. Heidän asiakkaitaan ovat niin kunnat kuin sähköverkkoyhtiötkin kautta maan. Yhtiöllä on toimipaikat Porvoossa, Pälkäneellä, Joensuussa, Mikkelissä ja Toivalassa.

Työn tarkoituksena oli tutustuttaa sekä lisätä yrityksen tietämystä kuituverkon toiminnasta ja toteuttamisesta. Opinnäytetyössä on hyödynnetty sekä kirjallisia lähteitä että omaa tietämystä alasta.

## 2 OPTISET VERKOT

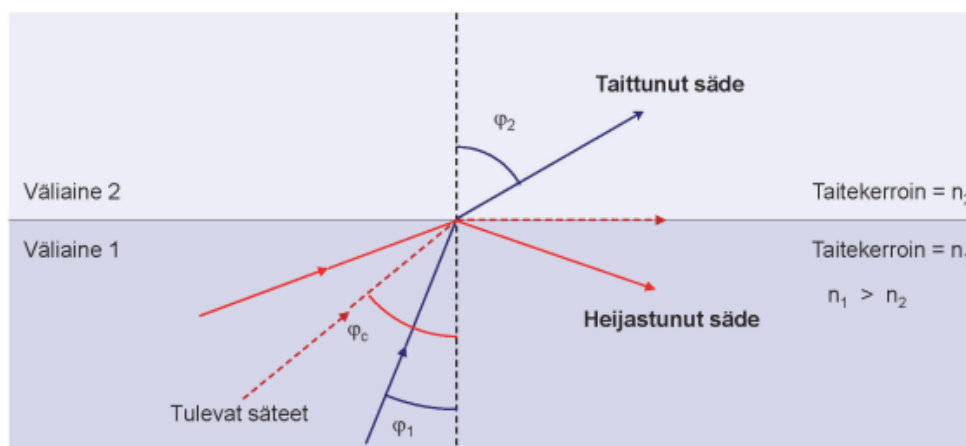
Optinen tiedonsiirto perustuu valon taittumiseen ja kimpoamiseen kahden eri aineen rajapinnoilla. Pääkomponentteina on lähetin ja vastaanotin. Nimensä mukaisesti lähetin lähettää muuntamansa sähköisen signaalin valona optista kuitua pitkin. Kuidun toisessa päässä vastaanotin ottaa valosignaalin vastaan ja muuntaa sen sopivaan sähköiseen muotoon. Valosignaalin liikkuaessa optisessa kuidussa se menettää osan tehostaan. Tehon menetys johtuu suurilta osin signaalin vaimenemisesta kuitujatkoissa, rajapinnoissa ja kuidun epäpuhtauksissa kuten kolhuissa ja liassa kuidussa. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 10)

### 2.1 Optiset kuidut

Valokuidun toiminnan perustana oleva valon taittuminen kahden eri aineen rajapinnassa noudattaa seuraavaa matemaattista kaavaa. Kaava tunnetaan myös nimellä Snellin laki.

$$n_1 \sin(\varphi_1) = n_2 \sin(\varphi_2) \quad (1)$$

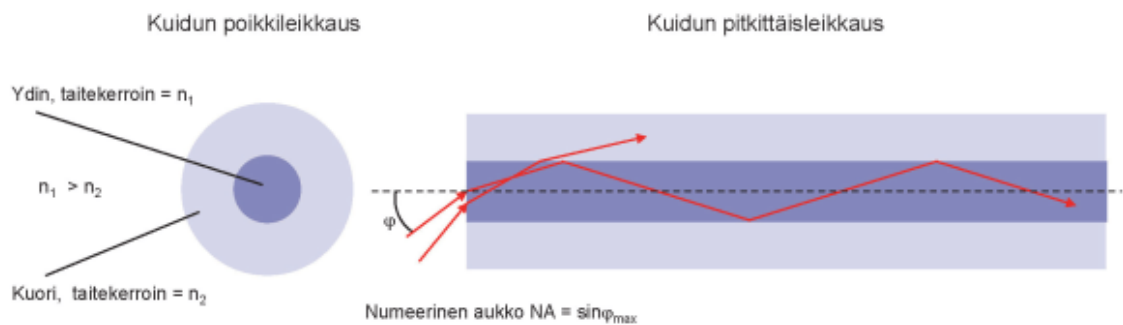
, missä  $n_1$  ja  $n_2$  ovat väliaineiden yksi ja kaksi taitekertoimet.  $\varphi_1$  ja  $\varphi_2$  ovat väliaineiden valonsäteen ja rajapinnan normaalin muodostama kulma. Kuva 1 havainnollistaa Snellin lakia. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivut 16)



KUVA 1. Valon taittuminen kahden eri aineen rajapinnassa. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 16)

Kuvassa 1 näkyy kun suuremman taitekertoimen omaavasta väliaineesta 1 tulee valosignaali kulmassa  $\varphi_1$ , taittuu valonsäde rajapinnan ohittaessaan pois päin rajapinnan normaalista. Näin käy, kunnes saavutetaan kriittinen kulma  $\varphi_c$ , jossa taittunut säde etenee rajapinnan mukaisesti. Kriittisen kulman suuruus riippuu väliaineiden taitekertoimien suhteesta. Kun tulevan valonsäteen kulma on suurempi kuin kriittinen kulma valo ei enää taitu rajapinnassa vaan heijastuu takaisin päin väliaineeseen yksi samassa kulmassa. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 16-17)

Optisissa kuiduissa Snellin lakia käytetään käytännössä siten, että kuitu on rakennettu kahdesta osasta ytimestä ja kuoresta. Ytimessä on suurempi taitekerroin kuin kuoressa, jolloin valosignaali kykenee heijastumaan kuidun ytimen sisällä eteenpäin. Pieni osa säteistä kuitenkin läpäisee rajapinnan ja siirtyy kuoreen aiheuttaen vaimennusta signaaliin. Kuvassa 2 on poikki- ja pitkittäisleikkaus optisesta kuidusta. Kuvassa on mainittu numeerinen aukko, joka kuvaa suurinta kulmaa, jolla valonsäde voi tunkeutua ytimeen ongelmitta.



KUVA 2. Valokuidun toiminta. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 17)

Numeerinen aukko ilmoitetaan yleensä monimuotokuidulle. Monimuotokuitu käyttää valonlähteenään tarkkuudeltaan heikompiä laitteita kuten LEDejä (Light Emitting Diode), joten numeerinen aukko on oleellinen kriteeri sille. Ledeistä on kerrottu lisää seuraavassa otsikossa. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 91)



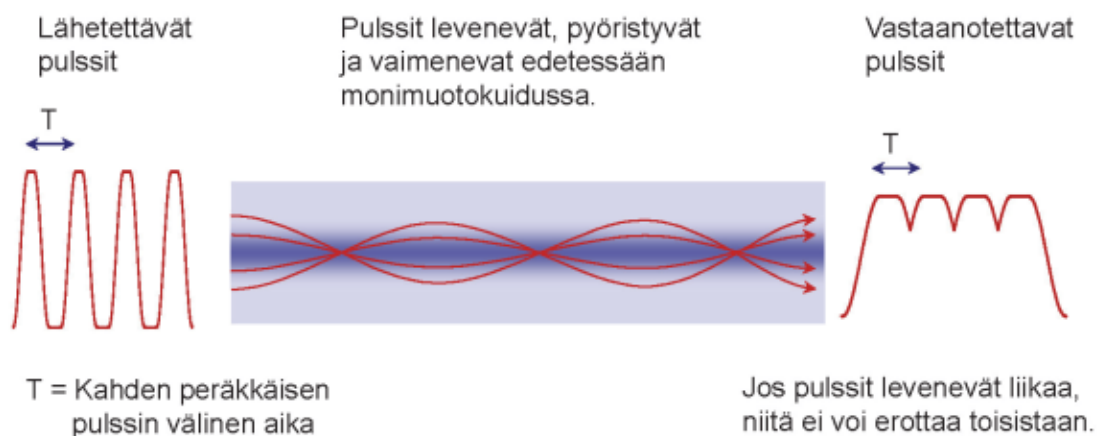
### 2.1.1 Optisten kuitujen optiset ominaisuudet

Optisten kuitujen ominaisuuksiin vaikuttaa ovatko ne monimuoto- vai yksimuoto- kuituja. Suurin ero on ensinnäkin se, että monimuotokuidun ydin on paljon suurempi halkaisijaltaan kuin yksimuotokuidun. Monimuotokuidun ytimen halkaisija on tyypillisesti 50-100  $\mu\text{m}$ , joka on paljon suurempi kuin siinä kulkeva valon aallonpituus ja yksimuotokuidun ytimen halkaisijaan (8-10  $\mu\text{m}$ ) verrattuna. Ison ytimen ansiosta monimuotokuidulla on suurempi valon keräämiskyky. Käytännössä tämä tarkoittaa, että monimuotokuiduilla voidaan käyttää halvempia elektronisia laitteita kuten LEDejä ja VCSE (Vertical-cavity surface-emitting) -lasereita. Ne toimivat 850nm ja 1300nm aallonpituuksilla. Kun taas yksimuotokuidut käyttävät tavallisesti 1310 tai 1550 nanometrin aallonpituuksia. Kuitenkin yksimuotokuidun kaistanleveys on suurempi kuin monimuotokuidun.

([https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode\\_optical\\_fiber#Comparison\\_with\\_single-mode\\_fiber](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber#Comparison_with_single-mode_fiber))

Kaistanleveys (kuva 3), joka ilmoitetaan yksikössä MHz x km, kertoo suurimman mahdollisen signaalin taajuuden tietyllä matkalla lähetyksessä käytetyllä aallonpituudella. Esimerkiksi 2000 MHz x km aallonpituudella 850 nm tarkoittaa, että suurin siirrettävä taajuus yhden kilometrin matkalla on 2000 MHz. Puolet lyhyemmällä matkalla suurin taajuus kasvaa 4000 MHz:iin. Kaistanleveys on monimuotokuidun suurin siirtonopeutta ja etäisyyttä rajoittava tekijä.

([https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode\\_optical\\_fiber#Comparison\\_with\\_single-mode\\_fiber](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber#Comparison_with_single-mode_fiber))

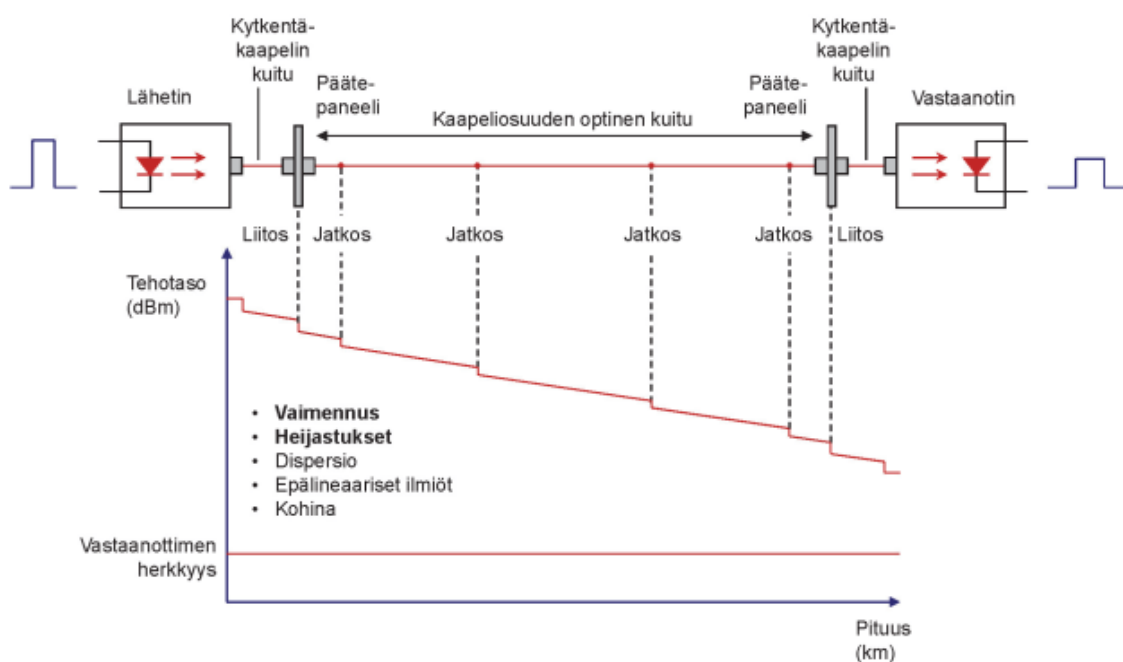


KUVA 3. Monimuotokuidun kaistanleveys. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 28)

Koska monimuotokuidun ydin on suurempi, se tukee useampaa aaltomuotoa. Tämän takia se on kuitenkin altis muotodispersiolle, kun taas yksimuotokuitu ei ole. Muotodispersiolla tarkoitetaan aallon leviämistä ajan kuluessa monimuotokuidussa johtuen valon muotojen eri nopeuksista ytimen sisällä. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode\\_optical\\_fiber#Comparison\\_with\\_single-mode\\_fiber](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber#Comparison_with_single-mode_fiber))

Ledi valonlähteet lähettävät montaa aallonpituutta ja jokainen niistä etenee hiukan eri nopeudella. Tämä kromaattinen dispersio on toinen monimuotokuidun käytännöllisen etäisyyden rajoittaja, mutta kromaattinen dispersio vaikuttaa myös yksimuotokuidussa. Kuitenkin yleistettynä yksimuotokuidussa vaimennukset ovat paljon pienempiä kuin monimuotokuidussa, johtuen yhden aallonpituuden käytöstä. ([https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode\\_optical\\_fiber#Comparison\\_with\\_single-mode\\_fiber](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber#Comparison_with_single-mode_fiber))

Kuvassa 4 on esitetty optisen tiedonsiirron periaate vaimennuksineen. Kuvassa on havainnollistettu kuinka jokainen optisen verkon osa ja komponentti vaikuttaa verkon tehotasoon. Edellä mainitut kuidun vaimennukset ja dispersiot yhdessä valokuitujen jatkoskohtien kanssa laskevat tehotasoa. Kuitenkin toimivassa optisessa verkossa tehotaso ei laske vastaanottimen herkkyyden alle.



KUVA 4. Optisen tiedonsiirron periaate. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot)

Verkkoa suunnitellessa onkin tärkeää pitää mielessä kuvan esittämä periaate, kun mietitään kuitujatkojen määriä, materiaaleja ja eri asennustekniikoita. Jatkoista on kerrottu enemmän luvussa 4.3.

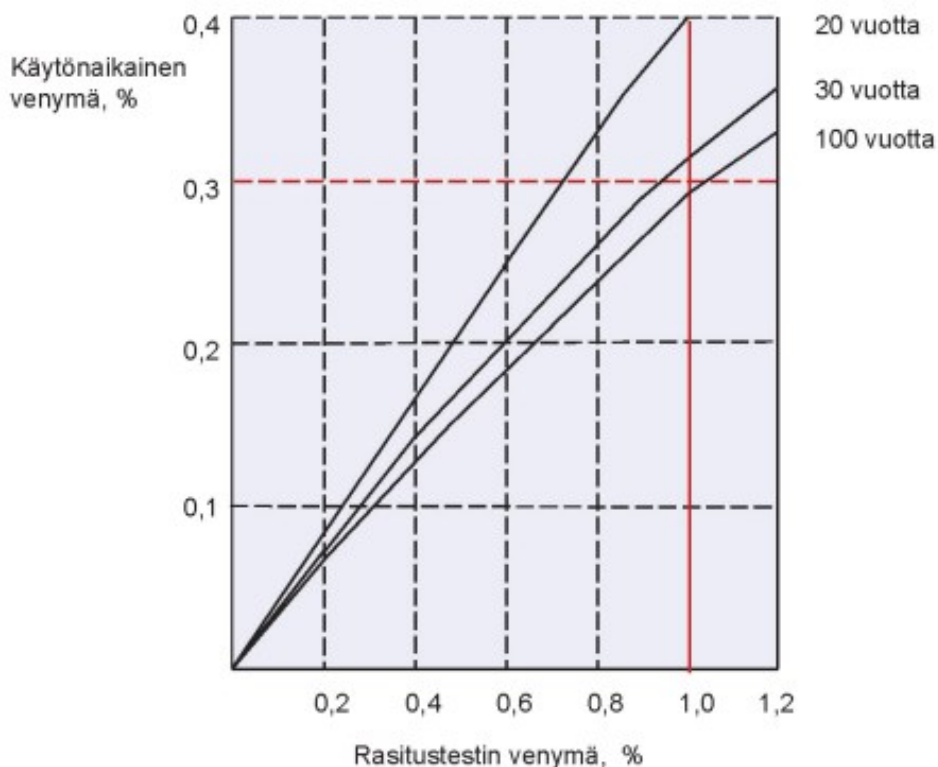
### **2.1.2 Optisten kuitujen mekaaniset ominaisuudet**

Tyypillisesti kuidut on tehty kvartsilasista ( $\text{SiO}_2$ ). Kuituja voidaan tehdä myös lasista, jonka ympärillä on muovinen kuori. Kuitu voi olla myös kokonaan valmistettu muovista. Kuitua valmistettaessa se suojataan päällystämällä, yleisimmin käytetään akrylaattia. Päällyste suojaa kuitua naarmuilta ja epäpuhtauksilta, kun kuitua käsitellään myöhemmässä vaiheessa esimerkiksi asennuksen aikana. Yleisin ensiöpäällysteen halkaisija on  $250 \mu\text{m}$ . Kuidun tunnusväri on päällysteen pinnassa. Ensiöpäällysteen lisäksi kaapeleissa olevat kuidut on suojattu vielä toisiöpäällysteellä tai jollain muulla suojaustavalla. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 20)

Vaikka valokuidun murtolujuus on suuri, tavallisesti muutamia giga Pascaleita, sen palautumaton venymäalue on hyvin pieni, joten se katkeaa helposti rasituksen alla. Kuidun heikot kohdat ovat kriittisiä sen katkeamismekanismien kannalta. Näitä ovat edellä mainitut naarmut, epäpuhtaudet ja mikrohalkeamat. Ensiöpäällysteen tärkeä tehtävä onkin suojata kuitua väsymiseltä. Väsyminen tarkoittaa sitä, kun seuraavat ehdot täyttyvät samanaikaisesti. Kuidussa esiintyy mikrohalkeamia ja se on pitkään vetojännityksessä. Lisäksi kuitu on altistunut kosteudelle. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 20)

Jotta valokuidussa esiintyvät mahdolliset viat huomataan. Tehdään sille proof-testi eli rasiustesti, jolla heikot kohdat tulevat esille. Testiin kuuluu kuidun rasiutus tietyllä voimalla, jonka aikana sitä samalla myös venytetään voimaa vastavalla voimakkuudella. Näin toimimalla heikko kohta hajoaa ja se löydetään. Läpäistessään testin kuidun elinikä voidaan ennustaa testissä käytetyn venymän ja kuidun käytön aikaisen venymän perusteella. Käytön aikainen venymä saa

olla enintään 1/3 rasiustestin venymästä. Kuvassa 5 näkyy kuidun eliniän enustusta ja sitä voidaan hyödyntää arvioidessa verkon käyttöikä. Toki täytyy muistaa, että kuvan arvot ovat vain arvioita eikä niitä pidä täysin uskoa. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 20)



KUVA 5. Valokuidun eliniän odotus riippuen käyttöaikaisesta venymästä ja rasiustestin venymästä. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 21)

Käyttöikään vaikuttaa myös oikeanlainen taivutus, kun halutaan pidentää kuidun elinikää. Suositeltava minimitaivutussäde on 30-40 mm. Riippuen valokuidusta se voi olla myös eri kuin edellä mainittu, siksi valmistajan ohjeet on hyvä lukea läpi. Rasiuksen lisäksi taivutus lisää kuidun vaimennusta. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 21)

## 2.2 Kaapelit ja komponentit

Kaapelin tärkein tehtävä on suojata lasikuitua. Kaapelin on kestävä kuljetus, varastointi, asennus ja käytön aikainen rasitus koko sen elinkaaren ajan, joka on useita vuosikymmeniä. Valokaapelin on oltava myös asennus ystävällinen, materiaaleiltaan sopiva ja edullinen. Näistä syistä kaapeleita on monia erilaisia

eri ympäristöihin ja tarkoituksiin (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 31).

Kaapeleita voidaan jakaa asennusympäristönsä mukaan kahteen pääryhmään ulko- ja sisäkaapeleihin. Ulkokaapelit jaetaan vielä niiden asennustavan mukaan neljään ryhmään kanavakaapelit, maakaapelit, ilmakaapelit ja lopuksi vesistökaapelit.

Kanavakaapeleita on muutamia erilaisia tyyppejä asennustavan mukaan jaoteltuna. Perinteisiä kanavakaapeleita voidaan asentaa esimerkiksi vetämällä tai puhaltamalla maavaraisputkituksiin tai kanavaputkiin. Mikrokanavakaapelit asennetaan puhaltamalla mikrokanaviin, mutta niistä myöhemmin luvussa 2.2.2. Kaivamalla voidaan asentaa myös maakaapelit eli niin kutsutut perinteiset valokaapelit. Lisäksi auraamista voidaan hyödyntää asennuksessa maahan. Auraamisessa kuitukaapelit kiinnitetään kaivurin varren päässä olevaan isoon auran, joka nimensä mukaisesti auraa maahan kapean uran. Samalla auralaite ohjaa kaapelit maan sisään peitellen ne. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 31).

Ilma- ja vesistökaapelit ovat erikoiskaapeleita, joita käytetään harkitummin ja paikoissa, jossa kaivaminen ei onnistu. Ilmakaapelit asennetaan pylväisiin lähes samalla tavalla kuin sähköjohdotkin. Vesistö käyttöön soveltuvat vesistökaapelit joutuvat kestäämään veden vaikutuksesta suuria puristus- ja vetorasituksia. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 31 ja 137).

Valokaapelin keskeisimpiin osiin kuuluu kuidut ja niiden suojaus. Kaapelin sydänrakenne, veto-, lujite-elementti ja suojarakenteet kuten vaippa ja vesitiiviysmateriaalit. Jotta kaapelin tyyppi ja rakenne voidaan helposti selvittää, on kehitetty tyyppimerkintä. Joka on jaettu kahteen osaan, rakenne ja tyyppi. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 31).

Tyyppimerkinnän ensimmäinen kirjain on F, joka tarkoittaa valokaapelia. Toinen kirjain kuvaa kaapelisydämen perusrakennetta. Näiden jälkeen merkinnän kirjaimet ilmoittavat kaapelin vaipparakenteen kerroksittain sisältä ulospäin mentä-

essä. Myös valokaapelin käyttötarkoitus selviää tästä. Tyyppimerkinnän kirjaimet on selostettu taulukossa 1. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 33-34)

TAULUKKO 1. Kaapelin rakenteen ilmoittavat merkinnät. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 34-35)

Kirjaimen sijainti		
2.	3.	
T, tiukka kerrattu rakenne	A, alumiini	B, laminoitu
Z, väljä kerrattu rakenne	C, kupari	D, poimutettu
X, urarunkorakenne	F, litteä teräslanka	G, sinkitty teräsnauha
Y, keskiputki-/ontelorakenne	H, metallisuojaus	J, juutti tai muovilanka
	K, kannatinköysi	L, lyijy
	M, muovi	O, täytemassa
	P, pyörölanka	R, metalliton lujite-elementti
	S, sisäkäyttö	SD, puolikuiva
	U, ulkokäyttö	V, teräsnauha
	W, vesistöikäyttö	

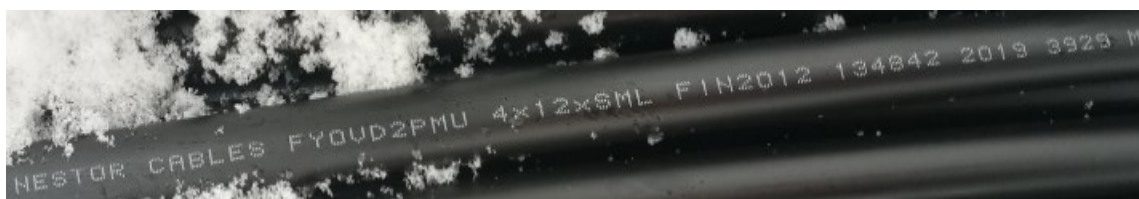
Tyyppimerkintä jatkuu kuitutyypin ilmoittavalla merkinnällä. Se kertoo esimerkiksi kuitujen lukumäärän ja kuitujen tyypin. Merkinnät ovat esitetty taulukossa 2.

TAULUKKO 2. Kaapelin kuitutyypin ilmoittavat merkinnät. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 34-35)

1. kirjain	Kertoo kuitujen lukumäärän tai lkm. muodossa, ryhmien lukumäärä x ryhmän kuitujen lkm.				
2. kirjain kuitutyypit ( $\mu\text{m}$ )	SM yksi- muotokuitu	OM1: mo- nimuoto- kuitu 62,5/125	OM2: mo- nimuoto- kuitu 50/125	OM3: mo- nimuoto- kuitu 50/125	OM4: mo- nimuoto- kuitu 50/125
3. kirjain	Kuparijohtimia sisältävissä valokaapeleissa lisätään extra merkintä toisen osan loppuun				

Kuitutyypin merkinnän jälkeen merkitään usein myös kuidun päällysteen halkaisija. Merkinnät tälle ovat kirjaimet L ja T, jotka tarkoittavat järjestyksessä 250  $\mu\text{m}$  ja 900  $\mu\text{m}$  halkaisijaa. Näiden lisäksi on kirjain R, joka ei tarkoita päällysteen halkaisijaa vaan että kyseessä on kuitunauha.

Kuvassa 6 on esimerkki työmaalla käytetystä valokuitukaapelista. Kaapelissa merkinnät ovat selvästi näkyvillä ja helposti luettavissa. Tämän ansiosta työmaan eri kaapelit on helppo erottaa toisistaan ja vältetään virheitä rakentamisen aikana.



KUVA 6. Esimerkki valokuitukaapelista ja sen vaippamerkinnöistä.

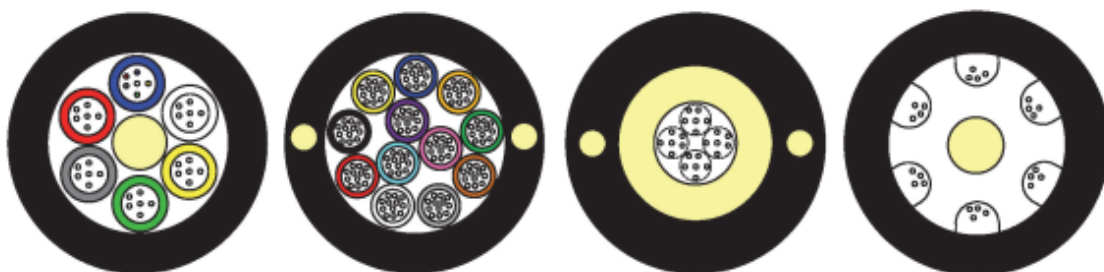
Kuvan kaapeli on ulkokäyttöön tarkoitettu (U) muovikaapeli (M), jossa on keskiputkirakenne (Y). Valokuitukaapelissa (F) on täytemassa (O) teräsnauhalla (V) ja kaapeli on poimutettu (D). Lisäksi siinä on 4 kuitunippua, joissa jokaisessa on 12 kuitua (karvaa).

### 2.2.1 Kaapeleiden päärakenteet

Valokaapeleiden päärakenteet ovat kerrattu rakenne, joustoputkirakenne (ns. flex-rakenne), keskiputkirakenne ja urarunkorakenne. Nämä kuitu rakenteet ovat esitetty kuvassa 7 vasemmalta oikealle.

Kerratussa rakenteessa toisiopäällystetyt kuidut on kerrattu samankeskeisesti keskielementin ympärille. Samalla keskielementti toimii kaapelin vetoelementtinä. Tämä rakenne on yleisin liityntäverkon kaapelityyppi koska kerratulla rakenteella päästään hyvinkin suuriin kuitumääriin. Rakenne mahdollistaa myös kylkiöton kaapeliin, jolloin sitä ei tarvitse katkaista. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 33)

Niin sanottu flex-rakenne muistuttaa kerrattua rakennetta. Sillä siinäkin on kuituputket mutta nämä ovat pienempiä ja siten taipuisampia. Kuituputket ovat kestäviä eivätkä ne tarvitse lämpöä suoristettaessa. Samoin niiden kuoriminen sormin onnistuu. Koska keskielementti puuttuu, käytetään joustoputkirakenteen vetämiseen vaipassa olevia vetoelementtejä. Kuten kerratulla rakenteella myös flex-rakenteella päästään suuriin kuitumääriin ja sopii siten liityntäverkon syöttökaapeliksi. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 33)



KUVA 7. Valokaapeleiden päärakenteet. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 34)

Keskiputkirakenne muodostuu ensiöpäällystetyistä kuiduista, jotka sijaitsevat yhdessä putkessa. Kaapelin veto tapahtuu vaipassa olevilla vetoelementeiltä tai vaipan ja sydämen välissä olevalla lujitekerroksella. Tätä kaapelirakennetta käytetään yleisimmin liityntäverkon talokaapeleina, mutta se on myös tyypillinen runkoverkon kaapelirakenne. Kuitenkin keskiputkirakenteella on rajoitettu kuitumäärä enintään 96 kuitua. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 33)



Viimeinen rakenne on urarunkorakenne, jossa kaapelin sydän on muovitanko. Muovitangon ympärillä on pituussuuntaisia uria. Ensiöpäälysteiset kuidut sijaitsevat väljästi urissa. Vetoelementti sijaitsee kaapelin keskellä. Tämän rakenteen käyttö rajoittuu rajoitetun kuitumäärän takia talokaapeleihin ja sisäverkkoihin. Tyypillinen kuitumäärä on 4-48. (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 33)

## 2.2.2 Mikroputket

Toinen tapa asentaa optisia kuituja on mikroputket, joka on varsin uusi tekniikka Suomessa. Historiallisesti putkia on käytetty sähkökaapeloinnissa ja nettikaapeloinneissa siten, että samaan halkaisijaltaan isoon putkeen laitettiin sekä sähköettä kuitukaapeleita. Kuitenkin kuitukaapeleiden ollessa pienempiä ja kevyempiä kuin sähkökaapelit täytyi löytää parempi keino kuitukaapeleiden asennukseen. Kuitukaapelit eivät kestä vetämistä samalla tavalla kuin sähkökaapelit, joten kuidun asennus puhaltamalla yleistyi. Tähän tarkoitukseen kehitettiin mikroputket, jotka samalla suojaavat kuitua. (<https://www.emtelle.com/microducts-the-myth-and-mystery-explained/>)



KUVA 8. Esimerkkejä mikroputkista ja niiden värityksestä. (<https://www.emtelle.com/microducts-the-myth-and-mystery-explained/>)

Mikroputket sisältävät mikrokanavia, jotka ovat yleensä muovista valmistettuja taipuisia kanavia. Ulkohalkaisijan ollessa 3-16 mm. Kanavan sisällä kulkee yksi kuitukaapeli tai yksikkö. Pienen halkaisijan etuina isoihin putkiin on, että ne voidaan jatkaa halvoilla ”jatkospalikoilla”. Mikroputket ovat omiaan, kun rakennetaan toisiinsa yhteydessä olevia kuituverkkoja. Mikroputkia voidaan asentaa usealla eri tavalla kuten kaivamalla, auraamalla tai mikrosahaamalla.

Mikrokanavan on kestävä 10-15 baarin sisäinen ilmanpaine, jota käytetään ilmapuhalluksen aikana. Samalla kanavan sisäpinnan täytyy olla tarpeeksi liukas, että puhalluskuitu liukuu sen sisällä. Tämän saavuttamiseksi voidaan käyttää ulkoisia liukasteita, mutta näitä ei suositella, sillä ne voivat aiheuttaa käsittelyongelmia, ja ne myös nostavat asennuksen hintaa. Parempana menetelmänä onkin käyttää sisämateriaalia, johon on jo sisällytetty liukastetta. Vähäinen kitka kanavan ja kuidun välillä on oleellinen kriteeri siihen, kuinka pitkälle kuitua voidaan puhaltaa. Toinen merkittävä puhalluksen pituuteen vaikuttava tekijä vain hyvin kevyillä kaapeleilla (5 g/m) on staattinen veto kuitukaapelin ja kanavan välillä. Menestyneimmät mikrokanavat koostuvatkin kahdesta kerroksesta: ohuesta ja liukkaasta sisäkerroksesta ja paksummasta kestävästä ulkokerroksesta. Taulukossa 3 on esitetty eräiden mikroputkien puhallus etäisyyksiä. (<https://www.emtelle.com/microducts-the-myth-and-mystery-explained/>)

TAULUKKO 3. Mikroputkien puhallus etäisyyksiä. (<https://www.emtelle.com/microducts-the-myth-and-mystery-explained/>)

kaapeli- tyyppi	kaapelin halkaisija (mm)	mikrokanavan ulko-/sisähalkaisija (mm)	Puhallus etäisyys (m)
EMTELLE 2 kuitu nippu	1,1	5/3,5 ja 7/3,5	1200
EMTELLE 4 kuitu nippu	1,1	5/3,5 ja 7/3,5	1200
EMTELLE 8 kuitu nippu	1,5	5/3,5 ja 7/3,5	800
EMTELLE 12 kuitu nippu	1,6	5/3,5 ja 7/3,5	600

### 2.2.3 Komponentit

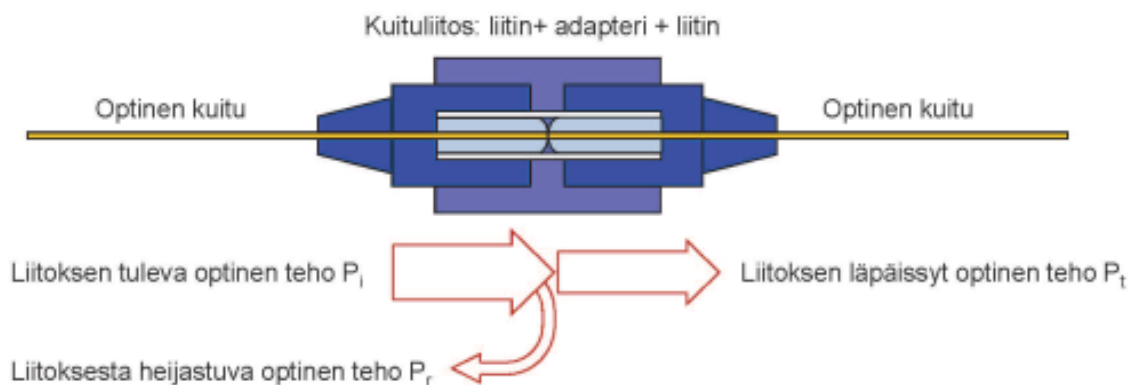
Kaapelin lisäksi kuituverkko tarvitsee erilaisia komponentteja moniin eri tarkoituksiin. Tärkeimpiä komponentteja ovat optiset liittimet, jaottimet ja kytkimet.

Optista liitintä käytetään, kun on tarvetta avata ja sulkea liitos toistuvasti. Esimerkkejä tällaisista ovat päätepaneelit, -kotelot ja liitinkentät. Koska liittimen

käyttö tarkoittaa optisen kuidun katkaisua, on se samalla myös epäjatkuuuskohta ja mahdollinen vikakohta. Siksi optiselta liittimeltä vaaditaan pientä liittosvaimennusta ja suurta heijastusvaimennusta. Samalla näiden stabiilius täytyy olla mahdollisimman tasainen tarkoittaen, että niiden arvot pysyvät muuttumattomina, vaikka ympäristöolot muuttuisivat. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 43-44).

Liitosvaimennus on liittoksessa tapahtuvaa tehohäviötä, jonka suuruus hyvillä liittimillä yksi- ja monimuotokuiduissa on alle 0,3 dB (desibeli). Luonnollisesti tehohäviön tulee olla mahdollisimman pieni. Tehohäviön suuruuteen vaikuttaa muun muassa liitinpään hionta, kohdistustarkkuus ja liitinpään puhtaus.

Heijastusvaimennus ilmoittaa, kuinka hyvin valoteho siirtyy liittoksen läpi heijastumatta takaisinpäin. Koska kyseessä on heijastusvaimennus tarkoittaa suurempi numero (dB) parempaa liittosta. Kuten liittosvaimennukseen myös heijastusvaimennukseen vaikuttaa liitinpään puhtaus ja hionta. Yleisesti yli 40 dB on riittävä heijastusvaimennuksen lukuarvo, joka hyväksytään yleisempien televerkon ja lähiverkon käyttöihin. Kuva 9 havainnollistaa vaimennuksien käsitteitä (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 42-43).

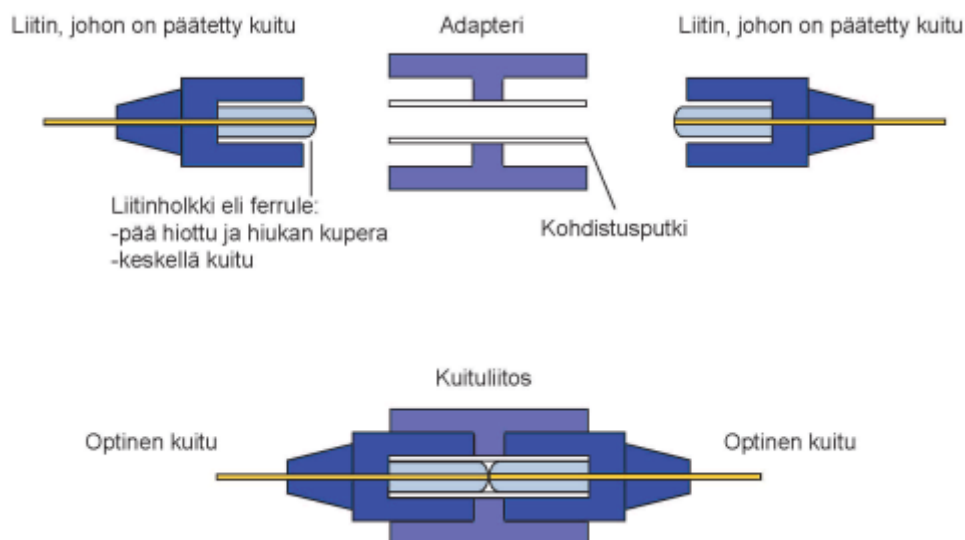


KUVA 9. Liitos- ja heijastusvaimennukset optisessa kaapelissa. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 43)

Kuvatussa liittimessä tapahtuu molemmat vaimennukset liitin- ja heijastusvaimennus. Kohdatessaan rajapinnan valo käyttäytyy Snellin lain mukaisesti ja pyrkii kulkemaan eteenpäin toiseen aineeseen kuitenkin tunkeutuessaan raja-

pinnan läpi se menettää tehoaan. Tämän menetetyn tehon juuri liitos- ja heijastusvaimennukset selittävät. Vaikka optisen liittimen arvot olisivat kuinka hyvät tahansa ei sillä koskaan päästä samoihin optisiin ominaisuuksiin kuin hitsausjatkoksella.

Yleisin liittimen perusrakenne on holkkiliitin. Kuvassa 10 on esitetty sen perusrakenne. Holkkirakenteeseen kuuluu kolme osaa: kaksi holkkia joihin kuidun päät kiinnitetään ja adapteri, joka yhdistää nämä kaksi holkkia. Yhdessä nämä osat muodostavat kuituliitoksen. Kaikki yleisimmät liittimet kuten SC (subscriber connector), LC (Lucent connector) ja MU (miniature Unit) ovat holkkiliittimiä. Näistä enemmän edempänä.



KUVA 10. Holkkiliittimen perusrakenne (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 44).

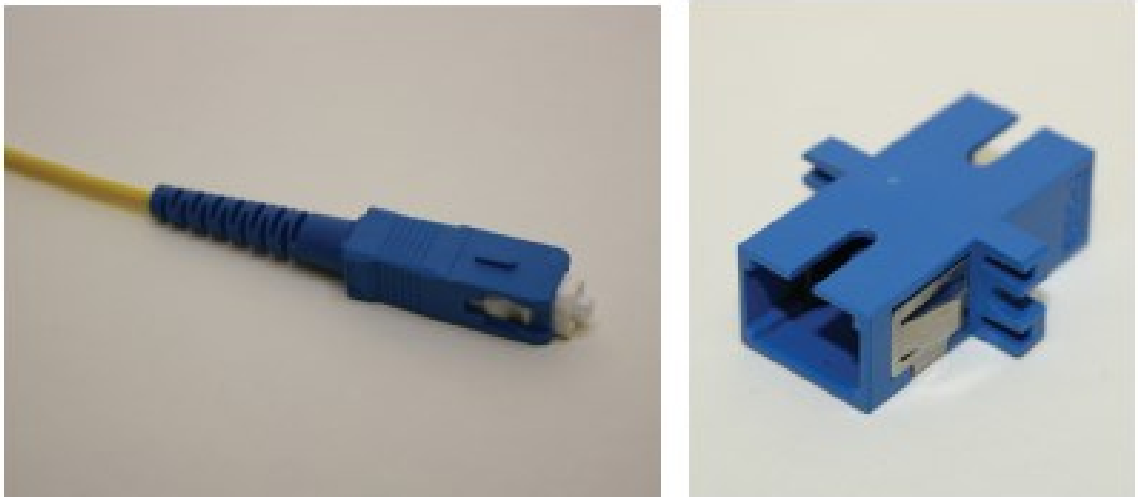
Jotta liitoksesta saadaan luotettava, hiotaan liitinholkin pää kuperaksi. Näin tekemällä varmistetaan kuidunpäiden välinen kosketus. Erilaisia hiontatapoja on:

- PC (physical touch) -hionta, heijastusvaimennus on  $\geq 30$  dB.
- SuperPC-hionta, heijastusvaimennus on  $\geq 40$  dB.
- UltraPC-hionta, heijastusvaimennus on  $\geq 50$  dB.
- Vino-hionta, liitinholkki on hiottu vähän vinoon.

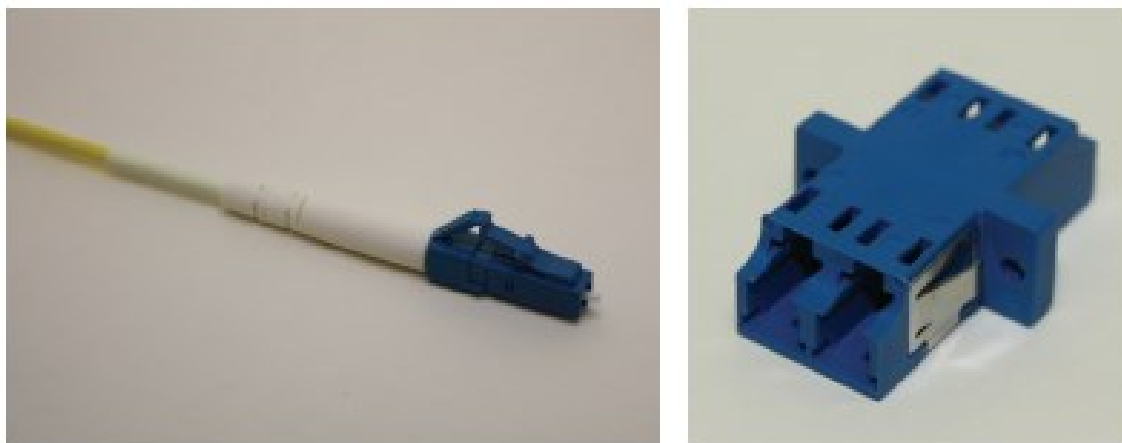
Aikoinaan tavallinen PC-hionta oli yleisin hiontatapa, mutta liitin vaatimusten noustessa myös hiontatavat paranivat. Nykyään yksimuotokuituliittimiltä vaaditaan yleensä vähintään UPC-hionta. Vino hionta on yleistynyt myös, koska

sillä päästään yli 60 dB heijastusvaimennus. Sen etuna on, että myös liittämättömänä sen heijastusvaimennus on yli 55 dB. Korkea heijastusvaimennus on mahdollista, koska vinon hionnan ansiosta heijastunut valo poistuu kuidusta eikä heijastu taaksepäin (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 45).

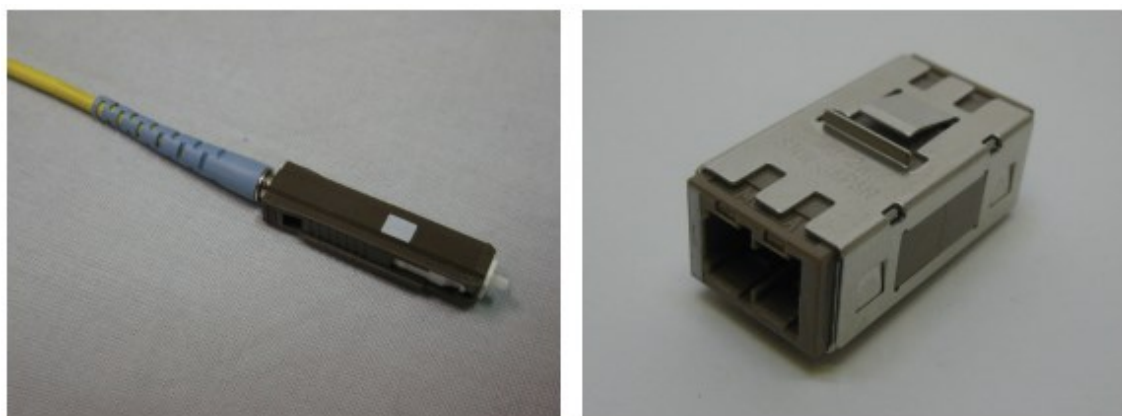
Yleisimpien liittimien SC (subscriber connector) ja LC (Lucent connector) ominaisuudet ja suorituskyvyt ovat samaa luokkaa. Kuitenkin LC-liittimen etuna on sen puolet pienempi koko SC-liittimeen verrattuna ja näin mahdollistaa suuren asennustiheyden. Senpää takia se tulee todennäköisesti tulevaisuudessa olemaan yleisin liitin SC-liittimen sijasta. Kuvissa 11, 12 ja 13 näkyvät SC-, LC- ja MU-liittimen rakenne (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 51-53).



KUVA 11. SC-liitin ja sen adapteri. Kytkeminen ja avaaminen käyvät työntämällä ja vetämällä (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 52).



KUVA 12. LC-liitin ja sen adapteri. Kytkeminen käy työntämällä ja avaaminen painamalla liittimen lukitussalpa alas ja vetämällä, kuten parikaapeloinnin RJ45-liittimessä (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 53).



KUVA 13. MU-liitin tai niin kutsuttu mini-SC ja sen adapteri. Koko on LC-liittimen luokkaa (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 53).

Useamman kuidun liittimistä tärkein on MPO (Multi-fiber Push on). MPO:lla voidaan liittää 2-24 kuitua samanaikaisesti. Sen liitosvaimennus on noin  $< 0,35$  dB ja heijastusvaimennukset  $> 25$  dB (monimuotoliitin) sekä  $> 55$  dB (yksimuotoliitin). Tämä liitin on käytössä datakeskuksissa missä sen pieni koko ja suuri liittämättäiheydet ovat eduksi. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 48)



KUVA 14. Erilaisia MPO-liittimiä (<https://www.connectortips.com/what-are-mpo-connectors/>).

### 3 SUUNNITTELU JA RAKENTAMINEN

Hyvällä suunnittelulla voidaan säästää optisen verkon rakentamisessa paljon sekä aikaa että rahaa. Hyvään suunnitelmaan kuuluu monta eri tekijää ja vaihetta eikä vähäisimpänä itse aikataulutus. Kun suunnitelma on laadittu ja alkaa rakentaminen, joka voi joko tehdä suunnitelmasta loistavan ja toimintavarman tai kalliin ja ongelmallisen.

#### 3.1 Lähtökohdat suunnitteluun

Optisen verkon suunnittelun periaatteita on miettiä miten tasapainoilla asennusteknisten ratkaisujen, verkon toimivuuden ja kustannusten kanssa. Tähän kuuluu suunnitella laitetilojen ja jakamoiden optimoidut määrät ja paikat, 2-suuntaisen syötön mahdollinen toteutus, varaputkitus, haaroitusten minimointi ja talokaapelimäärien minimointi.

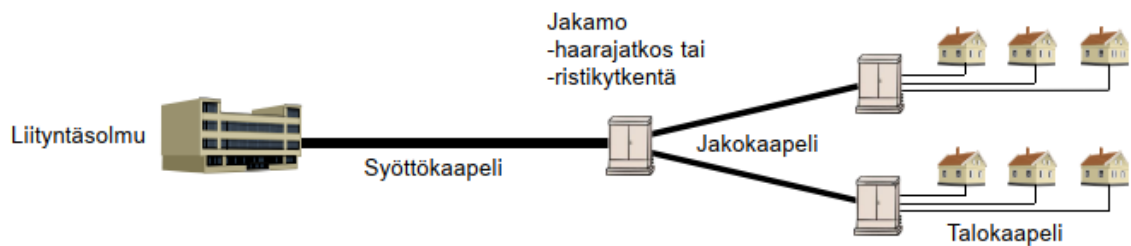
Suunnittelijan täytyy tuntea riittävästi yleiskaapeloinnin standardit, kuten EN 50173-sarja ja EN 50174-sarja. Tämä tarkoittaa sitä, että suunnitelman täytyy ottaa huomioon kaapeloinnin rakenne ja kokoonpano, johon kuuluu kaapeleiden ja tarvikkeiden määrät sekä pituudet. Turvallisuus ja asennustavat ovat myös tärkeässä asemassa suunnitelman laadinnassa ja jotta työskentelystä tulisi turvallista. Lisäksi laadunvarmistukseen, dokumentointiin ja verkon käyttöön ja ylläpitoon on kiinnitettävä huomiota. Näiden avulla näytetään työn tilaajalle verkon toimivuus ja varmistetaan oman työn jälki. Näiden lisäksi suunnitelman on täytettävä Viestintäviraston määräyksen 65 vaatimukset. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 64-65)

Verkon suorituskyky ottaa kantaa kaapeloinnin ja siihen liittyvien komponenttien siirtotekniseen suorituskykyyn. MICE on lyhennelmä, jota käytetään ympäristöolosuhteiden huomioimiseen kaapeloinnissa. Se muodostuu englannin kielen sanoista (Mechanical) mekaaninen, (Impurity) epäpuhtaudet, (Climate) ilmastolliset vaikutukset ja (Electrical) sähkömagneettiset vaikutukset. Jokainen sana viittaa erilaiseen ympäristön tai muuhun kaapelointiin liittyvään vaikutukseen. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 64-65)



Käyttö ja ylläpito sisältää ohjeet, miten verkkoa rakentamisen jälkeen ylläpidetään. Ulkoisen verkon liitännärajojen sijainti ja vaatimukset, jotka ovat tarpeen tulevaisuuden laajennuksia varten. Tulevaisuuden laajennuksien miettiminen on hyvin tärkeää, koska huonosti tehty suunnittelu voi tulla erittäin kalliiksi tulevaisuudessa. Komponenttien saatavuus, verkon ylläpitoa ja korjausta varten olevat tiedot kuuluvat myös suunnitelmaan. (Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit, sivu 64-65)

Kuvassa 15 on esitetty yleiskuva kaapelitopologiasta, joka tukee suurinta osaa erilaisista tietoliikennejärjestelmistä. Liityntäverkkoon kuuluu laajimmillaan kolme eri kaapelointitasoa, jotka ovat syöttökaapelointi, jakokaapelointi ja talokaapelointi.



KUVA 15. Kaapelitopologia liityntäverkolle (Televerkkopalvelut Seppo Marttila Oy).

Kuvaan 15 liittyvässä taulukossa 4 on esitetty jokaisen liityntäverkon tason kuitujen suositellut minimimäärät. Taulukossa N tarkoittaa kiinteistöjen lukumäärää verkossa. Verkon kokoon vaikuttaa asukastiheys ja kaapeloitavan alueen koko. Jakamon ja päättämiskohdan näkökulmasta topologia on tähtimäinen.

TAULUKKO 4. Optisten kuitujen minimimäärät.

Rakennuksen tyyppi	Kaapeliosuus	Kuitujen lkm kaapelissa
Omakotitalo	Talokaapeli	4 tai 6
	Jakokaapeli	$2 \times N + 24$
	Syöttökaapeli	$2 \times N + 48$
Asuinrivitalokiinteistö	Talokaapeli	24
	Jakokaapeli	$6 \times N$ , vähintään 24
	Syöttökaapeli	$6 \times N$ , vähintään 48
Asuinkerrostalokiinteistö	Talokaapeli	24
	Jakokaapeli	$6 \times N$ , vähintään 24
	Syöttökaapeli	$6 \times N$ , vähintään 48

Kun kaapeloitava alue kuidulle on päätetty, täytyy kaivettavat kuidut ja niiden määrät valita. Tehdäänkö verkko perinteisillä kuitukaapeleilla vai puhaltamalla hyödyntämällä mikroputkia? Tuleeko kuidun kanssa asennettavaksi samaan aikaan muita kaapeleita kuten sähkökaapeleita? Vuonna 2016 voimaan tullut yhteisrakentamista koskeva laki määrää eri toimijat asentamaan kaapelinsa samaan kaivantoon (<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160276>). Näin ehkäistään haitallisia peräkkäisiä kaivuu projekteja ja hyödynnetään samaa kaivantoa. Samalla rakentamisen kokonaiskustannukset laskevat koska kulut jaetaan rakentajien kesken. Kuvassa 16 on esitetty suurin piirteinen eri kulujen osuudet koko kuitukaapeliverkon rakentamisesta.



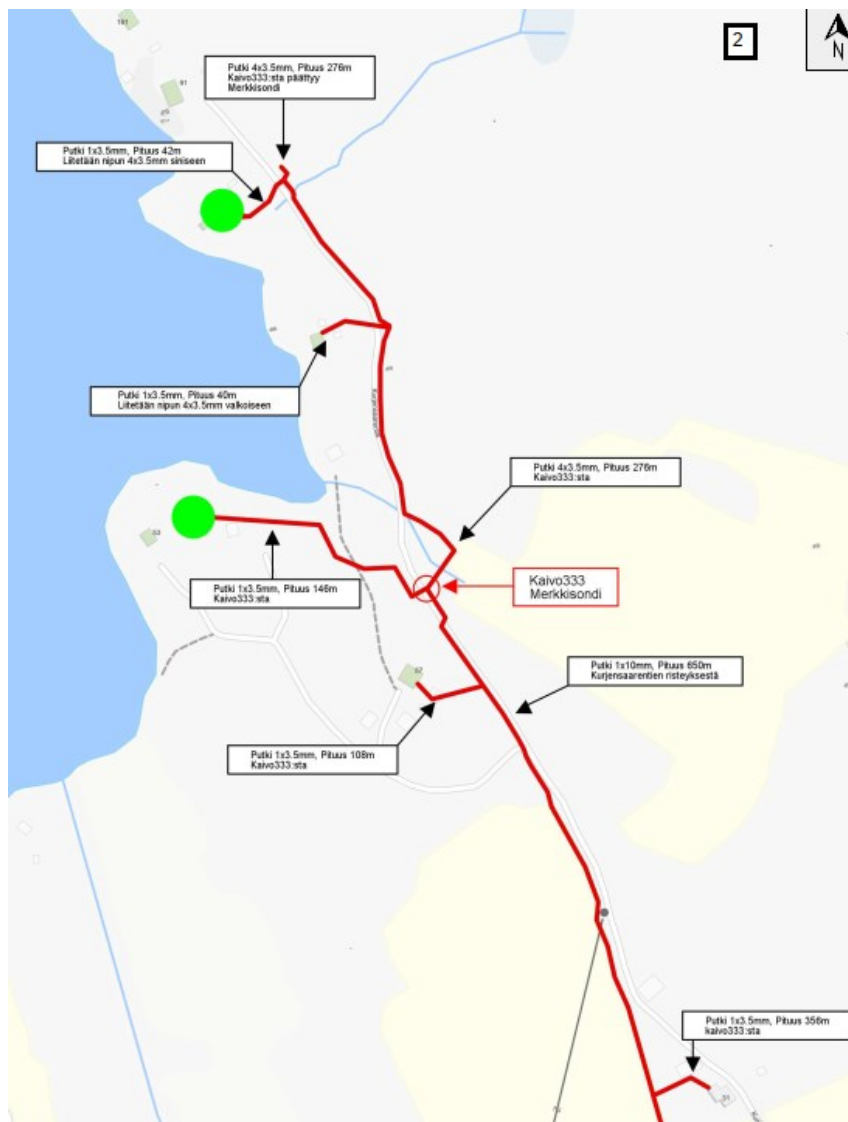
KUVA 16. Kustannuksien jakautuminen eri osa-alueille. (Televerkkopalvelut Seppo Marttila Oy).

Kuten edellä esitetystä kuvasta nähdään, on työn osuus ylivoimaisesti suurin kuluerä, joten sitä pyritään vähentämään mahdollisuuksien mukaan. Tällaisia keinoja ovat esimerkiksi jatkojen vähentäminen, kaapeli/kuitumäärien optimointi ja hyvien materiaalien valinta. Tästä syystä kultaisen keskitien löytäminen kuitumäärien ja hitsausten kanssa on tärkeää.

### 3.2 Rakentaminen

Rakentaminen aloitetaan suunnitelman teolla. Valokuituverkon suunnittelemiseen on useita ohjelmistoja kuten KeyRNS, Tigers ja KeyCOM. Jokainen ohjelmisto on toimiva ja tekee tarvittavan, eli ohjelmistolla voidaan näppärästi piirtää karttapohjan päälle kuituverkko ja määrittää sille heti tarvittavat komponentit. KeyCOMilla on yksi etu muihin verrattuna. Se on selainpohjainen, joten sen käyttämiseen ei tarvita kuin internet yhteys ja tietokone. KeyCOMin toimittaja KeyPro Oy pitää huolen karttojen päivittämisestä ja suunnitelmien säilytyksestä. Sen käyttö on täten helppoa ja varmaa.

Reittisuunnitelma voidaan tehdä KeyCOM ohjelmistolla kokonaan alusta loppuun, laitetilasta aina kuluttajalle saakka. Reittisuunnitelman sisältää selostuksen ja karttapohjalle laaditun piirroksen reitille. Selostuksesta tulee löytyä kunkin reitin kokonaispituus, kaapelityypit ja niiden pituudet, jakamoiden ja/tai laiteilojen sijainnit viimeisenä kuitumäärät kaapeleissa. Kuvassa 17 on esimerkki reittisuunnitelmasta, jossa näkyvissä oleviin tietolaatikoihin merkataan rakentamiseen liittyviä oleellisia tietoja. Laatikoihin merkataan esimerkiksi kuitu- taikka putkityyppi, jatkosten paikka sekä mistä ja mihin kukin kaapeli asennetaan.



KUVA 17. Esimerkki reittisuunnitelmasta mikroputkilla toteutettuna.

Kuvassa 17 on kuitutilaajat merkattu vihreällä ympyrällä. Tilaajien sijaintien perusteella reitti on suunniteltu siten, että he ovat saatu liitettyä verkkoon tehokkaasti mutta samalla tulevaisuuden mahdolliset kuitutilaajat on pidetty mielessä.

Vuoden 2018 helmikuun alussa voimaan astuneessa Viestintäviraston määräyksessä 65C/2018 veloitetaan asentamaan vähintään neljä yksimuotokuitua kiinteistöä rakennettaessa tai uusittaessa. Tämä tarkoittaa suunnittelun ja rakentamisen kannalta sitä, että jokaiselle kiinteistölle täytyy varmistaa neljän kuidun mahdollisuus. Eli tämä tulee ottaa huomioon suunnitellessa runkoreittien suuruuksia (Viestintäviraston Määräyksen 65 perustelut ja soveltaminen, sivu 25).

Niin kuin sähköverkonkin maanrakennustyössä myös optisen verkon reittisuunnitelmaan on tärkeää selvittää asennusmenetelmät ja työtavat. Nämä ohjeet tehdään auttamaan sekä maanrakennusurakoitsijaa että teleurakoitsijaa. Keskeisiä ovat muun muassa käytettävien materiaalien ominaisuudet, kaapeleiden/putkien kaivuu- ja veto-ohjeet. Lisäksi jälkitöiden toteutus esimerkiksi kaivuu jälkien siistiminen on hyvä selvittää ajoissa, että vältetään ongelmilta, kun niitä joudutaan tekemään.

Yksi tärkeimmistä asioista on selvittää valokuidun sisäänvienti rakennukseen. Tämä siksi, että vältetään viivästyksiltä asennusvaiheessa ja sisäänviennin tarkalla mietinnällä varmistetaan kuituyhteyden toimivuutta. Samoin tärkeitä ovat jatkosten, kaivojen ja kaappien asennustavat ja niiden dokumentointi.

Selvitykset ovat tärkeää tehdä, koska tavallisesti teleurakoitsijan rooli työmaalla on päättää kaapelit. Sillä, kaapelointi sisältyy usein sähköurakoitsijan urakkaan. Tämä voi olla ongelma, koska mikäli suunnittelija on määritellyt vain kuitujen määrän kaapeliin, eikä tarkkaa tyyppiä, urakoitsija saattaa ostaa edullisinta mahdollista kaapelia tietämättä mahdollisia ongelmia, joita tästä voi seurata. Halvimmat kaapelit ovat veto-ominaisuuksiltaan riittämättömiä rakennustyömaiden vaatimukseen, joissa kaapeleita vedetään suuria määriä. Jos kuitukaapeliin muodostuu murtumia tai venymiä kaapelin vedosta ei näitä ongelmakohtia voida huomata ennen kuin kuitureitti testataan. Kuidun korjaaminen voi tulla lopulta paljon kalliimmaksi kuin mitä parempi kuitukaapeli olisi alun perin maksanut. Varsinkin, jos kaapelit pitää uusia kokonaisuudessaan koska valokaapeli tarvitsee työvaroja vähintään kaksi metriä ei jatkoja/korjauksia voida aina tehdä.

### 3.2.1 Tarkastukset

Ongelmat rakentamisessa voidaan jakaa kolmeen osaan, asennusmenetelmät ovat huonoja, työn jälki on laadultaan heikkoa ja järjestelmän testaukset sekä dokumentointi tehdään puutteellisesti. Asennusmenetelmät ovat kriittisiä verkon toiminnalle tulevaisuudessa. Huonosti tehty asennus voi viilata verkon käytettävistä iästä vuosia pois. Esimerkiksi huonosti kalibroidulla laitteella kuidun päätte voi olla vaimennuksen puolesta selvästi odotettu heikompi myös asentajan merkitys korostuu tällaisissa tapauksissa.

Laadukkaat toimijat ovat panostaneet laitteisiin ja taitaviin työntekijöihin, jotka siten puolestaan nostavat tällaisten toimijoiden hintaa markkinoilla. Projektien kustannukset pyritään nykyään minimoimaan mahdollisuuksien mukaan ja tällöin saatetaan tehdä kompromisseja väärissä paikoissa kuten valita halpa mutta ei laadukas teleurakoitsija. Tämä ratkaisu saattaa projektin edetessä näkyä työn jäljessä tai tarkastuksen aikana. Tarkastus on tehtävä huolellisesti, jotta asennuksessa muodostuneet viat huomataan. Tarkastuksen puuttuessa tai se on heikosti tehty vaikeuttaa tämän syyllisten löytämisen tulevaisuudessa, jos kuituyhteydessä löytyy vika. Vian löytyessä vuosien päästä voi kuidun asentanut yritys olla konkurssissa tai muuten kykenemätön korjaamaan väärää asennusta. Viestintäverkkoja rakentavan TelePatrolin toimitusjohtaja on huolissaankin juuri tarkastusten puutteesta taloyhtiöissä, joissa valokuitu on kyllä viety kiinteistölle, mutta sitä ei ole päätelty eikä täten myöskään testattu (<https://www.tivi.fi>). Onkin tärkeää ja tilaajan vastuulla vaatia asennuksen tarkastusta työn aikana. (Tele-, Turva-, ja RAU-Urakointi Käytännössä 2018)

### 3.2.2 T- pätevyys ja OL-sertifikaatti

Jotta kalleilta korjauksilta vältyttäisiin, pitäisi tilaajien ja pääurakoitsijoiden löytää pätevät tekijät, joilla on T-pätevyys tai OL-sertifikaatti. Nämä kertovat urakoitsijan riittävästi osaamisesta.

T-pätevyys myönnetään henkilölle, joka täyttää seuraavat ehdot. Tekninen peruskoulutus ja vaadittava työkokemus. Tarkemmin sanottuna tämä tarkoittaa,

että henkilöllä on soveltuva tutkinto esimerkiksi sähköinsinööri tai vastaava ammattitutkinto. Tutkinnon lisäksi hakijalla täytyy olla vähintään 3 vuoden alan työkokemus. Jos henkilöllä on ainoastaan alan perustutkinto tai vastaava koulutus, on työkokemuksen alalta oltava 5 vuotta tai enemmän. Viimeisempänä mahdollisuutena T-pätevyyteen on telepätevyyden täydennyskoulutuksen käyminen ja 8 vuoden työkokemus. Liitteessä yksi ehdot T-pätevyydelle on kerrottu tarkemmin. (<https://www.seti.fi/t-tietoverkkotyot>).

T-todistus on voimassa viisi vuotta. Pätevyytodistus voidaan uusida, kun hakija on osallistunut kerran ylläpitokoulutukseen ja työskennellyt alan parissa todistuksen aikana. (<https://www.seti.fi/t-tietoverkkotyot>)

OL-urakoitsija-hyväksyntä myönnetään hakemuksesta yritykselle, joka asentaa ja/tai ylläpitää optisia liityntäverkkoja sekä täyttää seuraavat kriteerit. Yrityksellä on nimetty liityntäverkkotöiden asennustöiden vastuuhenkilö ja tarvittavat mittaus- ja tarkastuslaitteet ovat käytettävissä. Tarvittavia laitteita ovat muun muassa näkyvän valon laservalolähetin, valokuitututka (OTDR, Optical Time Domain Reflectometer) ja jatkoskone. Lisätietoja tarvittavista laitteista on liitteessä 2. (<https://www.seti.fi/t-tietoverkkotyot>)

Liityntäverkkotöiden vastuuhenkilöllä on oltava voimassa OL-asiantuntijapätevyys (vertaa sähkötöiden johtaja yrityksissä). Jos OL-vastuuhenkilö vaihtuu, täytyy yrityksen nimetä uusi vastuuhenkilö 3 kuukauden kuluessa. Mittauslaitteita ei tarvitse olla yrityksellä itsellään, mutta sen täytyy sitoutua käyttämään mittauspalveluja tekevää alihankintayritystä. Joka tapauksessa mittalaitteiden kalibrointitodistukset on löydettävä niitä jonkun kysyessä. (<https://www.seti.fi/t-tietoverkkotyot>)

Lisäksi OL-urakoitsija-hyväksynnän omaavalla yrityksellä on velvollisuus käyttää asiakkaan toimittamia tai muussa tapauksessa yleisesti saatavana olevia EN- tai ISO/IEC -standardien mukaisia kaapeleita, komponentteja ja muita asennusmateriaaleja. (<https://www.seti.fi/ol-urakoitsija-hyvaksyna>). (<https://www.seti.fi/t-tietoverkkotyot>)

OL-urakoitsijahyväksyntä myönnetään 3 vuodeksi kerrallaan, jonka jälkeen se on uusittava. Vain voimassa olevan OL-urakoitsijahyväksynnän omaava yritys on oikeutettu käyttämään OL -urakoitsijatunnusta. SETI Oy ylläpitää rekisteriä hyväksytyistä yrityksistä SETIpro-rekisterissä (<https://www.seti.fi/ol-urakoitsija-hyvaksynta>).



## 4 ASENNUKSET

Aivan kuin muissakin kaapelointiprojekteissa niin myös ennen kuituverkonkin asennusta täytyy selvittää ja laatia verkon rakentamisen aikataulu, johon kirjaetaan rakentamisen asennusvaiheet ja niiden ajankohdat. Lisäksi tarvittava materiaali ja henkilöstö on hyvä olla hyvissä ajoin valmiina (Optiset liityntäverkot).

### 4.1 Kaapeleiden ja mikroputkien käsittelyä

Toisin kuin sähkökaapelit, jotka ovat joko kuparisia tai alumiinisia, on kuitukaapelit valmistettu herkemmästä materiaalista, lasista tai muovista. Tällöin niiden käsittelyn on oltava myös varovaisempaa. Kuitukeloja tulisi aina kuljettaa ja varastoida pystyasennossa. Tämä siksi, että käärintäkerrokset pysyvät hyvin järjestyksessä eivätkä lähde niin sanotusti valumaan painovoiman vaikutuksesta, jos kela olisi vaakatasossa. Pystyasennossa kelalta purkamisenkin on helpompaa. Purkaminen tapahtuu aina pystyasennossa ja kela pyörittämällä eikä kaapelista vetämällä.

Asennuksen aikana täytyy noudattaa valmistajan antamia ohjeita ja asennusta koskevia raja-arvoja. Oli kyse sitten kuidun päättämisestä, jatkamisesta tai vedosta ei kuituun saa kohdistua sellaisia voimia, että se vaurioituisi. Valokuidun vaurioita on vaikea, ellei mahdoton huomata pelkällä silmällä, joten vaurio hyvin todennäköisesti ilmenisi vasta kuidun testausvaiheessa. Tärkeimmät valokaapelin asennukseen liittyvät raja-arvot ovat pienin taivutussäde, alin lämpötila asennuksen aikana ja suurimmat vetovoimat ja puristuskestävyydet. (Optiset liityntäverkot, sivu 39)

Pienin taivutussäde on erittäin helppo vahingossa ylittää kokemattomalta käyttäjältä koska sitä ei välttämättä huomaa. Liian jyrkkä taivutus suurentaa kuidun vaimennusta ja pahimmassa tapauksessa tekee siitä käyttökelvottoman. Suurin sallittu vetovoima riippuu käytettävästä kaapelista ja sen antaa kaapelin valmistaja. Kaapelin suurimman vetopituuden voidaan myös laskea, kun tiedetään vetovoima, kaapelin paino ja kitkakerroin. Vetovoima voidaan unohtaa melkein kokonaan, jos kuitu asennetaan puhaltamalla. Yleisesti kuitukaapelin käsittelyssä

pitää varoa kaapelin liiallista puristumista, painautumista tai hankautumista teräviin kulmiin, iskuja, kiertymistä ja silmukan muodostumista kelalta purkamisen yhteydessä. (Optiset liityntäverkot, sivu 40)

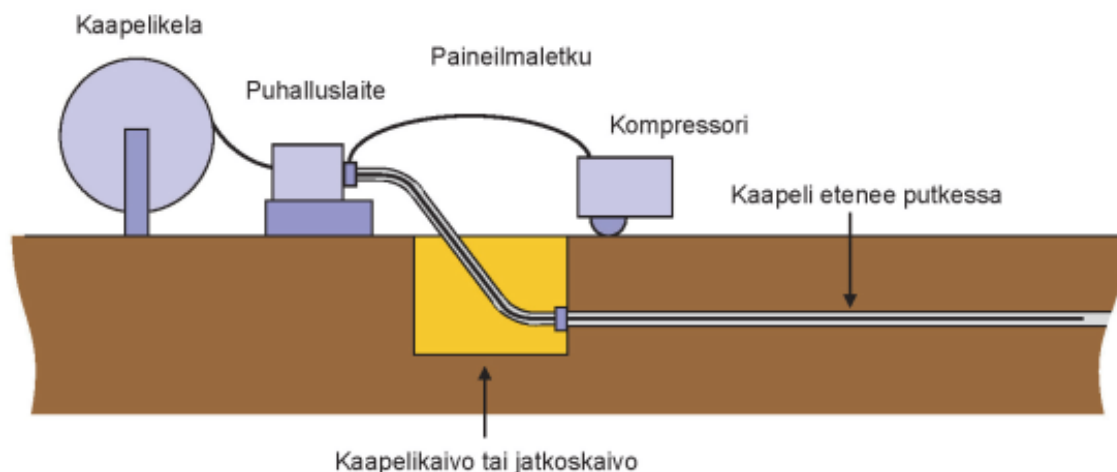
Kun kuitukaapeli pitää katkaista esimerkiksi päättämistä tai jatkon tekoa varten, täytyy kaapeliin jättää riittävän pitkä työvara. Työvara voi olla 2 metristä aina 20 metriin saakka riippuen kohteesta ja paikasta. Onkin parempi aina jättää liian paljon kuin liian vähän työvaraa.

## **4.2 Kuidun puhaltaminen mikroputkeen**

Mikrokanavatekniikka on Suomessa varsin vähän käytetty tekniikka, mutta sillä on monia hyötyjä tavalliseen kuituasennukseen verrattuna. Erillisiä vetolaitteita tai vetoköysiä ei tarvita, joten kaapelin kuormitus on huomattavasti pienempää. Kuitu voidaan myös asentaa valmiina olevaan mikrokanavaan mihin vuodenaikaan tahansa ja kun tarve kuituyhteydelle tulee. Mikrokanavatekniikka on optimaalinen alueilla, jossa ei kuidun asiakkaiden määriä tai tulevia sijainteja tiedetä tarkkaan. Tämä johtuu siitä, että ylimääräisiä kanavia voidaan helposti kaivaa runkoreitille varalle valmiiksi koska mikrokanavia kaivettaessa ei tarvitse arvioida tarvittavia kuitumääriä. Lisäksi huolellisella asennuksella ne säilyvät hyvin maan alla. Mikrokanavaputken jatkaminen ja haaroittaminenkin onkin huomattavasti halvempaa ja helpompaa verrattuna perinteiseen kuitukaapeliin.

Varjopuolina mikrokanavatekniikassa voidaan pitää sitä, että rakentamisvaihe voi olla kalliimpi kuin perinteisen kaapeliverkon. Kustannuksia nostaa kaivannon tasoitus, mahdollinen hiekkapeti kanaville ja se että kaikkia mikrokanavaputkia ei voi aurata maahan.

Kuvassa 18 on esitetty kuitupuhalluksen periaate. Kuvassa kompressorin tuottaman paineilma ohjataan putkeen, jossa ilma tarttuu kaapeliin ja kuljettaa sitä eteenpäin.



KUVA 18. Kuitupuhalluksen periaate (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 126).

Kuvan mukaisia puhalluksia voidaan myös ketjuttaa eli puhalltaa peräkkäisistä kaapelikaivoista samaan aikaan, jolloin puhallusmatka pitenee. Kuitupuhallusmatka voi olla 500 metristä aina 1500 metriin. Matkan pituuteen vaikuttaa kaapelityyppi, reitin mutkittelu ja aaltoilu. Isot ja terävät kivet voivat tuhota kanavareitin. Kaivaminen onkin suositeltavin asennustapa onnistuneen puhalluksen kannalta, sillä silloin isot kivet voidaan poistaa reitiltä. Mikrokanavat asennetaan kaivannon pohjalle mahdollisimman suoraan eivätkä ne saa olla kierteellä. Kanavanippu pidetään asennuksen aikana sopivan tiukalla, jolloin se asettuu kaivantoon paremmin ja kaivannon esitäyttö tulee tehdä hienojakoisella kivettömällä maa-aineksella.

Onnistuneen puhalluksen kannalta kuvan 19 mukaiset kaapelikaivot ja puhalluskaivot ovat tärkeitä. Pitkillä kanavareiteillä kaivoja käytetään välipuhalluspaikkoina mutta mikrokanaviston haaroituskohdat ja useamman kanavanipun liitokset on hyvä sijoittaa kaivoon.



KUVA 19. Kuva kaapelikaivosta.

Kaivoasennuksissa tulee kiinnittää huomiota liitettävien kanavien riittävään limitykseen ja kanavien suojaamiseen kaivojen läpivienneissä. Lisäksi kanavien minimitaivutussäteitä ei pidä alittaa täten voidaan saavuttaa paras mahdollinen puhalluspituus

Mikrokanavat jatketaan jatkoliittimien avulla. Kuten sähkökaapelit niin myös mikrokanavien tapauksessa saman väriset kanavat liitetään keskenään. Liitokset tehdään kanavien tasolla nostamatta liitettäviä kanavia ylös kaivannosta koska eri tasolla tehty liitos tekee kanavasta pidemmän ja takaisin kaivantoon painettaessa se jää mutkalle.

#### **4.2.1 Mikrosahaus**

Eräs mikroputkien asennustapa mikrosahaus on yleistymässä erityisesti isoissa taajamissa, joissa kaivaminen ei onnistu. Mikrosahauksessa asfalttiin sahataan 24 mm leveä ja 30-40 cm syvä railo, johon mikroputket asetetaan samaan aikaan. Mikrosahaus aiheuttaa liikenteelle vain vähäistä haittaa, koska asennus tekee vain parin sentin kuilun asfalttiin, voi sen yli ajaa turvallisesti autolla. Tämän ja asennustavan nopeuden ansiosta mikrosahaus on suosittua tiheästi asutulla seudulla. ([www.kuitusahaus.fi](http://www.kuitusahaus.fi))

Mikrosahausta voidaan tehdä sekä kesällä että talvella. Talvi asennuksessa maa täytyy kuitenkin ensin lämmittää. Oikein tehtynä tällä tekniikalla päästään jopa 700 metriä/päivä asennusnopeuteen. ([www.kuitusahaus.fi](http://www.kuitusahaus.fi))

#### **4.2.2 Asennus tapojen vertailu**

Vertaillessa perinteistä kuituasennusta ja mikrokanavalla toteutusta täytyy pitää mielessä suunnitelman pituus ja reitti. Eli harkita kumpi asennustapa on järkevämpi mihinkäkin reittisuunnitelmaan. Kuvassa 20 on esitetty kuvan 17 suunnitelma mutta perinteisellä kuitukaapelilla toteutettuna.

Perinteisellä kuidulla tehtynä reittisuunnitelma tarvitsee kolme kappaletta kuitujatkoja ja kahta eri kaapelikokoa. Kaapelityyppinä on FYO2PMU eli keskiputkirakenne, joka ei ole hyvä, jos halutaan hyödyntää kylkiottoja. Kylkioton kannalta parempi kaapelityyppi olisi kerratturakenne. Kylkiotto on kuitenkin kustannustehokas vasta isoilla kuitumäärillä, vähintään 96, joten tällä reittisuunnitelmalla siitä ei olisi suurta hyötyä (Optiset liityntäverkot, sivu 54).

Mikrokanavilla tehtynä reittisuunnitelma tarvitsee kahta eri putkikokoa mutta yhden puhalluskaivon. Koska kuitutilaajia on kaksi, täytyy kuituyhteys saada tällä hetkellä vain näihin kohteisiin. Muihin reitin varrella oleviin kiinteistöihin riittää kaivaa pelkkä kuituputki tulevaisuuden mahdollista käyttöä varten. Kuituputkeen voidaan sitten tarvittaessa puhaltaa kuitukaapeli. Näin säästetään kaapelien hankinta kustannuksissa, sillä kaikki kiinteistöt eivät välttämättä koskaan näe tarvetta tilata kuituyhteyttä.



KUVA 20. Reittisuunnitelma perinteisellä kuidulla.

Yllä mainittujen syiden vuoksi ja epävarmuus mahdollisten asiakkaiden määrästä osoittavat, että tässä reittisuunnitelmassa mikrokanavat olisivat parempi vaihtoehto. Joskus myös asennustapojen sekoitus on kustannustehokkain ratkaisu. Eikä kumpikaan rakennustapa ole absoluuttisesti parempi kuin toinen.

### 4.3 Valokuidun hitsausjatkos

Hitsaus on kuitujen pääasiallinen jatkamismenetelmä ja ainoa järkevä jatkamismenetelmä pysyvissä jatkoissa. Itse jatkaminen on yksinkertainen toimenpide mutta ennen sen tekemistä tehtävät esivalmistelut on tärkeää hoitaa huolellisesti. Muuten hitsausjatkos laatu voi olla heikko. Valmisteluihin kuuluu muun

muassa kaapelin kuorinta, pituus, valaistus, työtila ja työympäristö. Myös kos-teus, vetoisuus ja pöly on hyvä pitää minimissään. Hyvällä suunnittelulla ja do-kumentoinnilla vähennetään mahdollisia vahinkoja ja ongelmia. Varsinkin jos kuituja jatketaan suuri määrä. (Optiset liityntäverkot, sivu 48)

Hitsauskoneessa kuitujen päät kohdistetaan ja sulatetaan yhteen valokaaren avulla. Tämä tapahtuu automaattisesti hitsauskoneen puolesta. Koko hitsaus-jatko sisältää seuraavat vaiheet järjestyksessä:

1. Esivalmistelut.
2. Jatkossuojan pujotus kuituun tarkoittaa pienen muovihylsyn asettamista kuidun ympärille. Sen tarkoitus on samanlainen kuin sähkökaapeleiden-kin jatkosuoja.
3. Kuidun kuorinnassa ensiöpäälyste poistetaan noin 3 cm matkalta.
4. Kuitu puhdistetaan alkoholilla, jonka jälkeen se on valmis katkaistavaksi.
5. Kuidun katkaisu mahdollistaa puhtaan, tasaisen ja suoran katkaisupin-nan jatkamista varten.
6. Kuidun asettelu jatkoskoneeseen, jossa kone kohdistaa ja yhdistää kuitu-jen päät automaattisesti.
7. Jatkossuojan kutistaminen. Lopuksi pujotettu jatkossuoja kutistetaan teh-dyn kuituhitsauksen päälle. Suoja lisää jatkon mekaanista lujuutta siinä olevalla liimalla ja vahvistetangolla. (Optiset liityntäverkot, sivu 49)

Kuvassa 21 on esitetty eräs hitsauskone. Kone tekee hitsauksen jälkeen jatkolle vetolujuustestin. Se osaa myös ilmoittaa miten tehty hitsausjatko onnistui. Arvo esitetään laitteen näytöllä asentajalle.



KUVA 21. Kuva jatkoskoneesta (Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot, sivu 144).

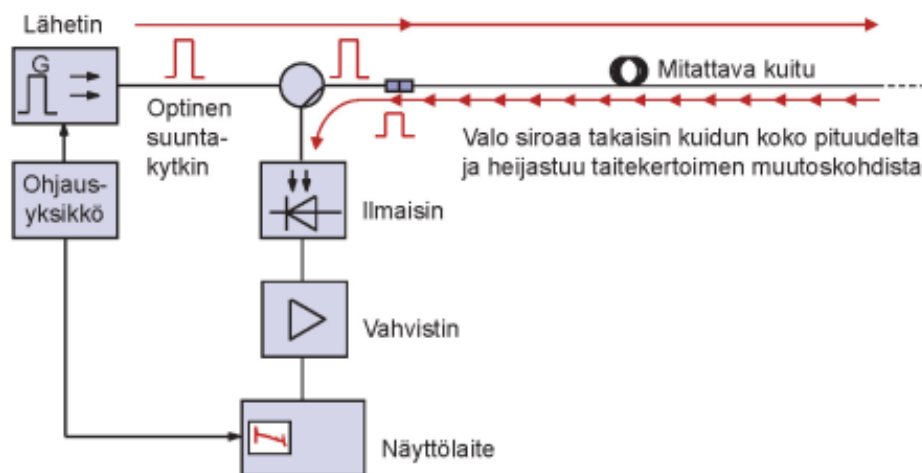
Kuvan hitsauskoneetta käytetään hitsausjatkoksien tekemiseen niin kaapelia pidentävässä suorassa jatkoksessa sekä kaapelin haaroittamiseen käytetyssä haarajatkoksessa (kylkiotto). Kylkiotossa jatketaan vain haaroitukseen tarvittavat kuidut, jolloin koko kuitukaapelia ei tarvitse katkaista. Sen etuna on, että kuitukaapeli voidaan asentaa kokonaan ja kylkiottoja voidaan tehdä vasta niitä tarvittaessa (Optiset liityntäverkot, sivu 54).

#### **4.4 Järjestelmän mittaus, tarkastus ja ylläpito**

Jotta kuituyhteys toimisi ja palvelisi asiakasta pitkälle tulevaisuuteen, on se tärkeää mitata ja tarkastaa. Mittauksilla varmistetaan, että optinen yhteys pystyy täyttämään sille asetetut siirtovaatimukset nyt ja tulevaisuudessa. Samalla teleurakoitsija varmistaa työnsä laadun ja vastuunsa kuituyhteydestä. Dokumentoinnin kannalta mittaukset ovat hyvinkin tärkeitä aivan kuten sähköverkonkin maailmassa. Hyvä dokumentointi auttaa myös tulevaisuudessa, jos verkkoa täytyy laajentaa tai korjata. Oleellimmat mittaukset ja tarkastukset ovat vaimennusmittaus, pituuden mittaus, läpisoitto sekä liittimien puhtauden ja kunnon tarkastus.



Kuidun vaimennus ja pituus voidaan mitata valokaapelitutkalla. Tutkalla mittaus perustuu kuidun takaisinsirontaan ja heijastumiseen kahden eri taitekertoimen rajapinnassa. Kuva 22 esittää kyseisen toimintaperiaatteen.



KUVA 22. Valokaapelitutkan toimintaperiaate (Nestor cables, FTTX Optiset liittävät, sivu 162)

Lähetimestä lähetetään valopulssi kuituun. Pulssin edetessä kuidussa se vaimenee kuidun vaimennuksen mukana. Luonnollisesti osa valosta siroaa ja heijastuu takaisin päin. Tämä sironnut ja heijastunut signaali kytketään suuntakytkimen kautta ilmaisimeen, jonka jälkeen vahvistin nimensä mukaisesti vahvistaa signaalin näyttölaitteelta luettavaksi. Ruudulta nähdään kuidusta sen alkupään palanneen optisen tehon taso ajan funktiona. Pituus saadaan kuvaajasta, kun tiedetään valon etenemisnopeus kuidussa. (Nestor cables, FTTX Optiset liittävät, sivu 162-163)

Pelkkä valokaapelitutkan käyttäminen ei kuitenkaan riitä. Mittaajan on osattava tulkita valokaapelitutkan tulosta oikein, koska tutka mittaa vain takaisin siroavaa ja heijastuvaa valoa ajan funktiona. Eli tutka ei kerro vaimennuksia, heijastuksia ja etäisyyksiä suoraan. Siksi mittaajan on itse pääteltävä, onko tutkan antama tulos hyvä ja järkevä. Jokainen mittatulos on pystyttävä pyydettäessä selittämään. (Optiset liittävät, 78)

Kun tarvittavat mittaukset on tehty pitää ne dokumentoida. Mittaustulokset dokumentoidaan tilaajan toiveiden mukaisesti mutta yleisesti niiden pitäisi sisältää ainakin tutkamittauksen tulokset, yhteenvetoraportti, osoitus ettei yhteydessä

ole kuitueriytyimiä sekä lisäksi tieto jatkos paikoista. Näiden lisäksi yleensä dokumenteissa pitää olla päivämäärä, mittaajan nimi ja käytettyjen mittalaitteiden tiedot. Jokaisen kuitu korjauksen jälkeen täytyy tehdä uudet mittaukset ja tarkistukset. (Optiset liityntäverkot, 86)

Näitä dokumentteja voidaan sitten helposti käyttää hyväksi optisen verkon kunnossapidossa yhdessä suunnittelu ohjelman kanssa, jossa näkyy reitit ja käytetyt kuitukaapelit. Kunnossapito pitää sisällään verkon vikojen korjauksen ja ehkäisyn sekä kaapelinäytöt. Tulevaisuuden laajentumistarpeiden ja muutosten huomioimisen. Kunnossapito voidaan myös ulkoistaa toiselle osapuolelle, mutta se ei kuitenkaan poista rakennuttajan vastuuta verkon oikeasta toiminnasta.

## 5 POHDINTA

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä yritykselle yleiskatsaus kuidun rakentamisesta ja asentamisesta yrityksen omaan käyttöön. Tämä työ toimisi helppolukuisena esittelynä valokuituverkon suunnitteluun ja rakentamiseen, kun omaa osaamista halutaan kehittää yrityksen sisällä. Tarkempaan ja yksityiskohtaisempaan tarkasteluun löytyy paljon hyviä teoksia ja kursseja.

Teoriaan haluttiin sisällyttää vain välttämätön kuidun toiminnasta ja fysiikasta sen takana. Myös optisten kuitujen optisia ja mekaanisia ominaisuuksia käytiin läpi aiheen ymmärtämisen kannalta. Pääpaino haluttiin kuitenkin pitää käytännön asioissa, joten painoarvo laitettiin käytettävien kaapelien ja komponenttien selostamiseen.

Suurin osuus työstä kuitenkin käytettiin rakentamisen ja asentamisen läpi käymiseen. Tämä sen takia, että siitä on eniten hyötyä yrityksessä. Verrattain uuteen mikrokanavatekniikkaan keskityttiin erityisesti siksi että se on ollut jo käytössä muutamassa projektissa. Sen käyttöä voidaan kuitenkin vielä edelleen kehittää varsinkin yhteiskäytössä perinteisen kuitu rakentamisen kanssa ja kun omia suunnitelmia tehdään. Pienimuotoinen kuiturakentamisen vertailu tehtiin havainnollistamaan kummankin rakentamistavan ominaisuuksista. Kummallakin rakentamistavalla on paikkansa ja käyttönsä eikä kumpaakaan voi jättää huomiotta optista verkkoa suunnitellessa.

Optisen verkon suunnitteluun kuuluu paljon enemmänkin kuin tässä työssä on käyty läpi. Mutta ennen kuin menee syvemmälle aiheeseen, on perusteet ja muutama käytännön asia hyvä tietää. Uskon, että tämä työ palvelee sitä tarkoitusta hyvin.

## LÄHTEET

Nestor cables, FTTX Optiset liityntäverkot

Nestor cables, Kiinteistöjen optiset kaapeloinnit

Wikipedia: Multi-mode optical fiber [viitattu 2.1.2020]

[https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode\\_optical\\_fiber#Comparison\\_with\\_single-mode\\_fiber](https://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber#Comparison_with_single-mode_fiber)

Emtelle: Building blocks of a modern Network [viitattu 3.1.2020]

<https://www.emtelle.com/microducts-the-myth-and-mystery-explained/>

Connectortips [viitattu 10.3.2020]

<https://www.connectortips.com/what-are-mpo-connectors/>

Viestintäviraston Määräyksen 65 perustelut ja soveltaminen

T-pätevyys [viitattu 12.2.2020]

<https://www.seti.fi/t-tietoverkkotyot>

OL-urakoitsijahyväksyntä [viitattu 12.2.2020]

<https://www.seti.fi/ol-urakoitsija-hyvaksynta>

Optiset liityntäverkot

Suunnittelu, asennus ja testaus 2011

Tele-, Turva-, ja RAU-Urakointi Käytännössä 2018, SETI Oy. Sähköpätevyyden ylläpito, artikkelikokoelma.

tivi [viitattu 28.2.2020]

<https://www.tivi.fi/uutiset/valokuidun-rakentamisessa-tehty-kohtalokkaita-virheitte-korjaaminen-kallista/e126dade-c283-3ff9-9884-68188b79ac37>

ecu [viitattu 28.2.2020]

[https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18\\_12/SR\\_BROAD-BAND\\_FI.pdf](https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_12/SR_BROAD-BAND_FI.pdf)

Finnet [viitattu 28.2.2020]

<https://www.finnet.fi/suomen-kuiturakentamiseen-vauhtia/>

Finlex [viitattu 01.3.2020]

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20160276>

Kuitusahaus [02.4.2020]

<https://www.kuitusahaus.fi/mita-on-mikrosahaus/>

## LIITTEET

## Liite 1

# T (tietoverkkotyöt)



## T (TIETOVERKKOTYÖT)

T-pätevyys myönnetään henkilölle, joka täyttää seuraavat ehdot.

### **Tekninen peruskoulutus ja vaadittava työkokemus:**

- Kiinteistön viestintäverkon (tietoverkko) työnjohto, asennus, ylläpito tai asiantuntijatehtäviin soveltuva tietoliikenne- tai sähköalan tutkinto (diplomi-insinööri, AMK-insinööri, insinööri, tekniikko tai vastaava ammattitutkinto tai vastaava alan erikoisammattitutkinto) sekä vähintään kolmen vuoden pituinen tietoverkkoalueeseen perehdyttävä työkokemus tai
- Kiinteistön viestintäverkon (tietoverkko) työnjohto, asennus, ylläpito tai asiantuntijatehtäviin soveltuva tietoliikenne- tai sähköalan peruskoulutus (ammattikoulu, ammattikurssi tai muu vastaavanlainen koulutus) sekä vähintään viiden vuoden pituinen tietoverkkoalueeseen perehdyttävä työkokemus tai
- Telepätevyuden täydennyskoulutuksen tai vastaavan koulutuksen suoritus sekä vähintään kahdeksan vuoden pituinen kiinteistön tietoverkkoalueeseen perehdyttävä työkokemus.

Kiinteistön viestintäverkkoilla tarkoitetaan yhteisantennijärjestelmien (A) tai puhelinsisäjohtoverkkojen ja yleiskaapelointijärjestelmien (T) työnjohto-, asennus-, ylläpito- tai asiantuntijatehtäviä. Työkokemuksesta on aina vähintään 6 kk oltava viimeisen kolmen vuoden ajalta.

Jos henkilö on osallistunut pätevyysalueen täydennyskoulutukseen (kts. pätevyyskoulutus), työkokemusvaatimusta lyhennetään **1,5 vuodella**.

Jos henkilö haluaa myöhemmin täydentää pätevyystodistuksen AT-pätevyydeksi, voi henkilö täydentää puuttuvan osa-alueen osallistumalla antenniverkko- tai tietoverkkoaiheiseen täydennyskoulutukseen (kts. [pätevyyskoulutus](#)). Pätevyuden täydentäminen rinnastetaan pätevyystodistuksen uusimiseen ja siitä veloitetaan pätevyuden uusimismaksu.

### **Telepätevyystodistuksen voimassaolo ja uusiminen:**

A/T-todistus on voimassa viisi vuotta. Pätevyystodistus uusitaan, kun henkilö on todistuksen voimassaoloaikana toiminut alan tehtävissä ja osallistunut vähintään kerran telepätevyuden ylläpitokoulutukseen.

## Liite 2

Yrityksellä on käytettävissään:

- Optinen tehomittapari yksimuotokuidun vaimennuksen mittaamiseksi
- Näkyvän valon laservalolähetin
- Valokuitututka (OTDR) varustettuna etu- ja takamittakuiduin
- Kuitumikroskooppi

Vaaditut työvälineet:

- Jatkoskone (ytimen mukaan kohdistava)
- Optisten liittimien puhdistusvälineet
- Asianmukainen työskentelysuoja ulkotöissä