



UUDET ASENNUSTEKNIIKAT JA KAAPELEIDEN RAKENTEET LIITYNTÄVERKON VALOKAAPELEIDEN ASENTAMISESSA

Petteri Sikanen

Opinnäytetyö



Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Tietotekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Petteri Sikanen	
Työn nimi Uudet asennustekniikat ja kaapeleiden rakenteet liityntäverkon valokaapeleiden asennuksissa	
Päiväys 25.5.2012	Sivumäärä/Liitteet 42
Ohjaaja(t) ATK-kouluttaja Reijo Tenhunen, Kaapeliasiantuntija Matti Korhonen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) TeliaSonera Finland Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia ja vertailla uusia asennustekniikoita sekä kaapeleiden rakenteita optisen liityntäverkon valokaapeleiden asennuksissa erityisesti asfaltoiduilla kaupunkialueilla. Työn lähtökohtana oli verkon rakentajien tyytymättömyys käyttöön vakiintuneiden menetelmien, kuten kaivinkoneella tehtävien avokaivantojen, korkeisiin kustannuksiin ja työn hitauteen.</p> <p>Tietoyhteiskunnan infrastruktuuri perustuu optisten valokuitujen varaan, sillä vain niiden avulla pystytään tarjoamaan nykyaikaisia IPTV-, ääni- ja internetpalveluja. Tästä syystä verkkooperaattorit joutuvat rakentamaan optista kuituverkkoa niin maaseudulle kuin kaupunkialueillekin.</p> <p>Työn alkuosassa on tutkittu optisen kuidun ominaisuuksia ja toimintaperiaatteita sekä esitelty liityntäverkon osuuden nykyisiä rakentamisperiaatteita. Uusina asennustekniikoina työssä esitellään mikro-ojitus, suuntaporaus sekä olevan kuparikaapelin ytimen purkaminen ja mikrokanavan tilalle asentaminen. Tekniikoita yhdistää mikrokokoisten valokuitukaapelien käytön ja puhallustekniikalla tapahtuvan kuitujen asennuksen lisäksi pyrkimys välttää asfalttipinnoitteen rikkomista ja korjauspinnoittamisen tarvetta mahdollisimman paljon. Kaivamisesta ja korjausasfaltoinnista aiheutuvat kulut ovatkin suuri osa verkonrakentamisen kokonaiskustannuksista.</p> <p>Työn suoritus perustuu kirjallisiin aineistoihin sekä TeliaSoneran järjestämän mikro-ojitustekniikan pilottiprojektin havaintoihin.</p>	
Avainsanat Valokuitu, mikrokuitukaapeli, liityntäverkko, mikro-ojitus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Computer Science			
Author(s) Petteri Sikanen			
Title of Thesis New installation methods and cable structures of optical fibre cables in the access network			
Date	25.5.2012	Pages/Appendices	42
Supervisor(s) Reijo Tenhunen, Cable specialist Matti Korhonen			
Project/Partners TeliaSonera Finland Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to do research and comparison of new alternative installation methods and cable structures used to build optical fiber access networks, especially in paved urban areas. The basis for this research was dissatisfaction in the current open trenching methods and the large costs related to them.</p> <p>The goals set by the authorities towards the development of the information society, its infrastructure and the related services such as video-on-demand and IPTV require optical fiber connections instead of copper cables. Therefore there is a growing need to install more and more optical fiber into rural and urban areas and new installation methods are required to lessen the financial impact of these large investments.</p> <p>The first part of this thesis consists of the basic operational principles of optical fiber communications and a simple presentation of basic access network construction process in order to understand the fundamental operating principles of optical fiber access networks.</p> <p>Some of the new installation techniques presented in this thesis are micro trenching, horizontal directional drilling and copper cable de-coring in order to install micro ducts inside the copper cable. All of these new methods share some common principles. New small micro fibers are used and blown with air pressure into micro sized ducts. The impact on paved surfaces and the need to repair or reinstate asphalt after installation is minimized to gain cost savings.</p>			
<p>Keywords</p> <p>Optical fiber, microduct fiber cable, access network, micro trenching</p>			

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on suoritettu vuosina 2011 ja 2012 Savonia-ammattikorkeakoulun tietotekniikan koulutusohjelmassa. Haluan erityisesti kiittää työn ohjaajina toimineita atk-kouluttaja Reijo Tenhusta Savonia-ammattikorkeakoulusta ja kaapeliasiantuntija Matti Korhosta TeliaSonera Finland Oy:stä.

Kuopiossa

25.5.2012

Petteri Sikanen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	9
2	TAUSTAA.....	10
2.1	Laajakaista kaikille -hanke	10
2.2	Oleellisimmat standardit	11
3	VALOKAAPELI JA VALOKUITU.....	12
3.1	Valokuitu.....	12
3.2	Valokaapeli.....	14
4	KUITUVERKON RAKENNUSTEKNIIKAT	17
4.1	Verkkotopologiat ja tasot	17
4.2	Kuituverkon pääpiirteittäinen toteutus	18
4.3	Avoin kaapelikaivanto	19
5	MIKRO-OJITUS JA MIKROPUTKIRAKENTEET	21
5.1	Mikro-ojitus kaapelikanavan asennustekniikkana.....	21
5.1.1	Kaapelikanavan sahaaminen.....	22
5.1.2	Kaapelikanavan puhdistaminen ja kaapelin laskeminen	23
5.1.3	Kaapelikanavan täyttäminen ja pinnoitus.....	24
5.2	Mikroputket ja kaapelit.....	25
5.3	Puhallustekniikka.....	27
6	MUITA UUSIA ASENNUSTEKNIIKOITA	29
6.1	Olevan kuparikaapelin ytimen purkaminen	29
6.2	Horisontaalinen suuntaporaus	30
7	ASENNUSTEKNIIKOIDEN VERTAILU.....	32
7.1	Mikro-ojituksen soveltuvuus käyttöön	32
7.2	Kuparikaapelien ytimen purkamisen soveltuvuus käyttöön	34
7.3	Horisontaalisen suuntaporaussoveltuvuus käyttöön.....	35
8	TULOKSET	37
9	POHDINTA.....	39
10	YHTEENVETO	40
	LÄHTEET	41

TERMIT JA LYHENTEET

Ethernet	IEEE:n standardin 802.3 määrittelemä pakettipohjainen lähiverkkotekniikka.
FTTC	Fiber to the curb on tilaajayhteyden toteusmalli, jossa kuituyhteys tuodaan korttelin tai vastaavan pienalueen laitekappiin.
FTTB	Fiber to the building on tilaajayhteyden toteutusmalli, jossa kuituyhteys tuodaan esimerkiksi kerrostalon talojakamoon.
FTTH	Fiber to the home on tilaajayhteyden toteusmalli, jossa kuituyhteys tuodaan käyttäjän kotiin.
FOTP	Fiber to the premises on toinen nimi FTTB-mallille.
FTTN	Fiber to the node on tilaajayhteyden toteusmalli, jossa kuituyhteys tuodaan kaupunginosan tai vastaavan verkkoalueen keskitinlaitteeseen.
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers on kansainvälinen teknisen alan järjestö, joka tekee tieteellisiä julkaisuja sekä standardeja.
ITU	International Telecommunications Union on kansainvälinen telealan standardointijärjestö.
IEC	International Electrotechnical Commission on kansainvälinen telealan standardointijärjestö.
CENELEC	Comité Européen de Normalisation Électrotechnique on eurooppalainen sähköalan standardoimisjärjestö, joka luo EN-standardeja.
ETSI	European Telecommunications Standards Institute on eurooppalainen telealan standardoimisjärjestö.
SFS	Suomen Standardoimisliitto ry on Suomalainen standardisoinnin keskusjärjestö.
SESKO	Suomalainen sähkö- ja elektroniikka-alan standardoimisjärjestö joka on SFS ry:n jäsen.
LAN	Local area network eli esimerkiksi kodin verkkolaitteiden muodostama lähiverkko.
LASER	Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation tarkoittaa koherenttia valonsädettä tuottavaa optista laitetta.
LED	Light-Emitting diode eli loistediodi.
Mbps	Megabits per second eli megabittiä sekunnissa. Tiedonsiirron nopeutta kuvaava suure.
OTDR	Optical time-domain reflectometer tarkoittaa valokuitujen mittaukseen käytettävää tutkaa
UMTS	Universal Mobile Telecommunications System. Kolmannen sukupolven langaton verkkotekniikka.

VoIP

Voice over Internet Protocol. Äänen reaaliaikainen siirto Internetin tai muun IP -protokollaa käyttävän verkon välityksellä digitaalisessa muodossa.

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty TeliaSonera Finland Oyj:n toimeksiannosta Kuopiossa vuosina 2011 - 2012. Työn tavoitteena on uusien liityntäverkon rakentamisessa käytettyjen asennusmenetelmien ja materiaalien tutkiminen, kartoitus sekä vertailu nykyisiin yleisesti käytettyihin menetelmiin. Ratkaisuja haetaan kaupungeissa ja taajama-alueilla tehtäviin asennuksiin. Opinnäytetyön lähtökohtana on tyytymättömyys olemassa oleviin kalliisiin rakennusmenetelmiin, jotka aiheuttavat pitkäaikaista haittaa liikenteelle ja lähistön asukkaille.

Opinnäytetyön alkuosa käsittelee valokuidun toimintaperiaatteita ja ominaisuuksia sekä yleisimpiä kaapelirakenteita. Tämän lisäksi perehdytään nykyiseen kuituverkon rakennusprosessiin liityntäverkon alueella ja käytäntöihin. Näin saadaan konkreettista vertailupohjaa opinnäytetyön aiheen tarkempaan tutkimiseen.

Opinnäytetyön loppuosa koostuu uusien menetelmien esittelystä ja vertailusta alussa esitettyihin käytäntöihin ja rakenteisiin sekä niistä tehtyjen havaintojen esittämiseen ja pohdintaan. Tärkeimmät työssä esiteltävät asennustekniikat ovat mikro-ohitus, kupari-kaapelin ytimen purkaminen ja horisontaalinen suuntaporaus. Lisäksi työssä tutkitaan mikroputkien ja mikrokuitukaapeleiden rakenteita.

tu- tai kaapeliverkko enintään kahden kilometrin päässä ainakin 99 % vakinaisista asunnoista ja yritysten sekä julkishallinnon vakituisista toimipaikoista. Teleyritykset rakentavat ja ylläpitävät yleistä televerkostoa kaupallisien perustein lakien ja määräysten mukaan, ja julkinen sektori tukee teleyrityksiä, jos vuoden 2015 tavoitetasoa ei voida jollakin alueella saavuttaa kaupallisesti eikä sitä voida edellyttää teleyrityksiltä lailla tai viranomaismääräyksillä. (Pursiainen 2008, 5.)

2.2 Oleellisimmat standardit

Standardien tuntemus ja soveltaminen ovat olennaisia taitoja televerkkojen suunnittelussa ja rakentamisessa. Niihin on koottu asiantuntemukseen ja kokemukseen perustuvaa luotettavaa tietoa, joka keskittyy toimivuuden varmistamiseen. Valokaapeloinnin ja televerkkojen rakentamisen kannalta tärkeimpiä standardointielimiä ovat ITU, IEC, SFS, SESKO, THK, CENELEC sekä ETSI. Eurooppalaisen CENELEC:n tuottamat EN-standardit vahvistetaan suomalaisiksi SFS-standardeiksi mutta SFS tuottaa myös pelkästään Suomessa käytettäviä standardeja. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 92.)

Tässä opinnäytetyössä esiteltävää mikro-ojitustekniikkaa tutkitaan muun muassa ITU-T -sarjan standardien avulla. Lisäksi työn aiheeseen liittyy oleellisesti ITU-T -sarjan yksimuotovalokuitujen ominaisuuksia käsittelevä standardi G.652 sekä liityntäverkkojen taipuvaisia kaapelirakenteita käsittelevä standardi G.657.

3 VALOKAAPELI JA VALOKUITU

Ihminen on käyttänyt valoa viestinnän välineenä jo pitkään, mutta tuoreimpina läpimurtoina voidaan pitää ensin laserin keksimistä vuonna 1960 ja sitten ensimmäisen optisen valokuidun valmistamista Corning Glass Worksin toimesta vuonna 1970. Kyseessä oli askeltaitekertoiminen monimuotokuitu, joka toimi aallonpituusalueella 633 nm ja jonka vaimennus oli 17 desibeliä kilometriä kohti. Tutkijat havaitsivat pian, että kuidun vaimennusta voidaan huomattavasti alentaa käyttämällä pidempiä aallonpituuksia ja nykyisissä yksimuotokuiduissa päästäänkin jopa alle 0,2 desibelin vaimennuksiin kilometriä kohti, kun aallonpituus on 1550 nm. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 7.)

Tämän työn aihealueeseen kuuluvat uusien asennustekniikoiden lisäksi uudet valokuitukaapelien rakenteet. Siksi valokuidun toimintaperiaatteiden ja kaapelirakenteiden tunteminen on vertailun mahdollistamiseksi oleellista opinnäytetyön suorittamisen kannalta.

3.1 Valokuitu

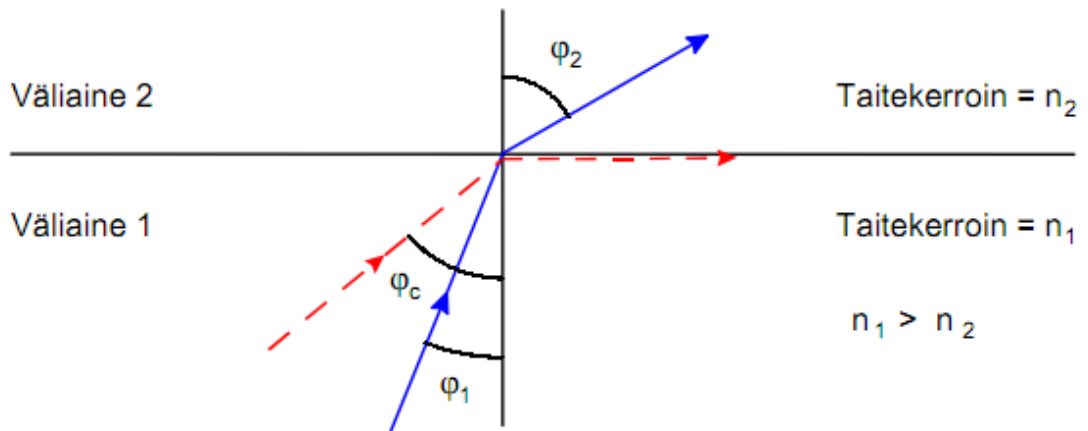
Optisissa kuiduissa siirretään digitaalista tietoa valopulssien avulla. Valopulssin lähteenä voidaan käyttää LED- ja Laser-lähtettä. Optinen valokuitu poikkeaa muista johtimista siten, ettei siinä esiinny sähköisille signaaleille tyypillisiä ongelmia, vaan käytössä on siirtotie, jossa lähes ainoat ongelmat syntyvät dispersiosta ja vaimenemisesta. Optinen kuitu koostuu kolmesta komponentista, jotka ovat ydin (core), valoverho (cladding) ja vaippa (coating). (Granlund 2007, 48.)

Optisen kuidun toiminta perustuu valon heijastus- ja taittumislakiin kahden aineen rajapinnassa. Valon taittuminen kuidussa noudattaa Snellin lakia:

$$n_1 \sin \varphi_1 = n_2 \sin \varphi_2 ,$$

jossa n_1 on väliaineen 1 taitekerroin, n_2 on väliaineen 2 taitekerroin ja φ on rajapinnasta taittuvan valonsäteen muodostama kulma pinnan normaalin kanssa. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 17.)

Valon taittuminen sekä kriittinen kulma, jossa kokonaisheijastus φ_c tapahtuu, esitetään kuviossa 1.

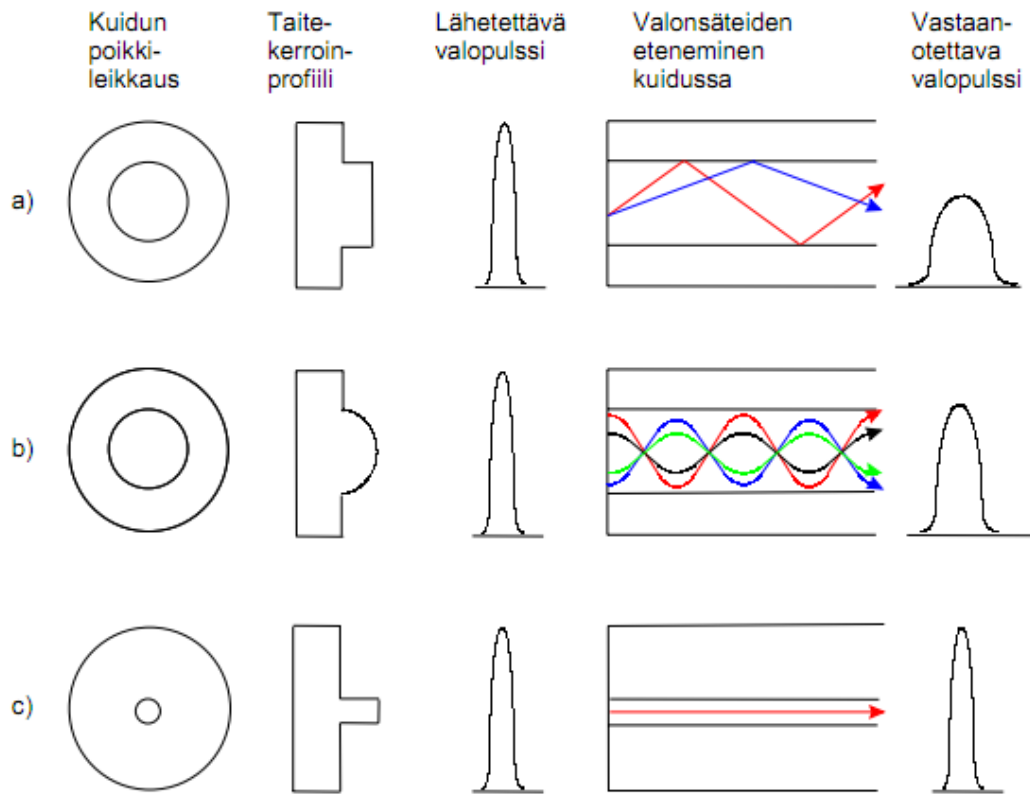


KUVIO 1. Snellin laki ja kriittinen kulma φ_c (Helkama Bica Oy 2004, 17)

Valokuidut voidaan monimuoto- ja yksimuotokuitujen lisäksi jaotella tarkemmin esimerkiksi taitekerroinprofiilien mukaan. Tärkeimmät kuitutyytit valon etenemisen kannalta ovat:

- Askeltaitekertoiminen monimuotokuitu eli askelkuitu
- Asteittaistaitekertoiminen monimuotokuitu eli asteittaiskuitu
- Yksimuotokuitu.

Näistä kuitutyyteistä tiedonsiirrossa käytetään nykyään lähinnä yksimuotokuitua ja asteittaiskuitua. (Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa 2004, 18). Kuitutyyppien periaatteet esitetään kuviossa 2.

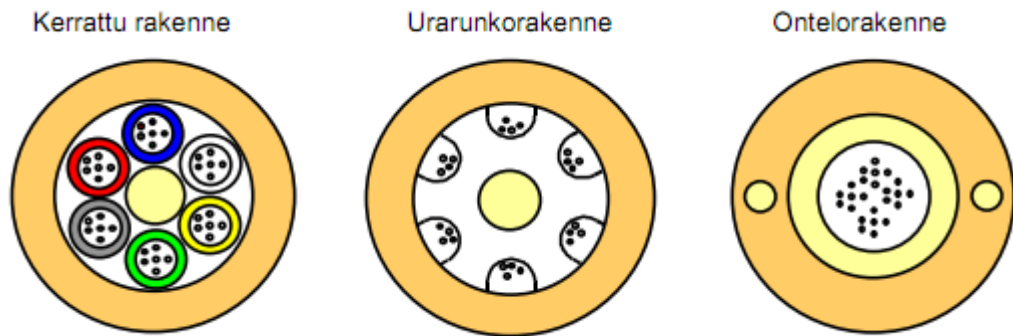


KUVIO 2. Askelkuidun (a), asteittaiskuidun (b) ja yksimuotokuidun (c) toiminnan pääperiaatteet (Helkama Bica Oy 2004, 18)

3.2 Valokaapeli

Valokaapelin tärkein tehtävä on suojata valokuituja rasituksilta niiden koko elinkaaren ajan, jonka on arvioitu olevan keskimäärin 30 vuotta. Tämän lisäksi valokaapelin tulisi olla helposti asennettava ja materiaaleiltaan käyttötarpeeseen sopiva sekä edullinen. Valokaapelin perusrakenne sisältää kuidut ja niiden suojauksen, kaapelin sydänrakenteen, täyteaineen, veto- ja lujite-elementit sekä vaipan. (Helkama Bica Oy 2004, 29.)

Kuvassa 3 esitetään valokaapelien kolme yleisintä sydänrakennetta, jotka ovat kerattu, urarunko- sekä ontelorakenne.



KUVA 3. Kolme valokaapelin sydänrakennetta (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 31)

Kerratussa rakenteessa toisiopäälystetyt kuidut on kerrattu kaapelin keskielementin ympärille. Rakenne voi olla tiukka tai väljä ja kaapelin keskielementti toimii myös vetoelementtinä. (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 31)

Urarunkorakenteessa kaapelin sydämen muodostaa muovitanko jossa on rungon ympäri joko helikaalisesti eli kierteisesti tai vaihtosuuntaisesti kiertäviä uria joihin ensiopäälystetyt kuidut sijoitetaan. Kaapelin vetoelementti on keskellä runkoa. Urarunkorakenne on asennuksen kannalta selkeä ja hyvän puristuslujuuden omaava kaapelirakenne. (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 31)

Ontelorakenne muodostuu yhdestä putkesta joka sisältää väljästi sijoitetut ensiopäälystetyt kuidut. Myös ontelorakenteessa on hyvä puristuslujuus ja vetolujuuden rakenteelle antaa vaipan ja sydämen välissä oleva lujitekerros tai vaipassa olevat vetoelementit. (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 31)

Optisen verkon kaapeleille asettamat tärkeimmät vaatimukset ovat riittävä mekaaninen lujuus sekä kaapelin sallitut lämpötila-alueet käytön ja asennuksen aikana. Kaapelien valmistajat ilmoittavat standardien mukaan testatut raja-arvot joiden sisällä kaapeli pystyy vastaamaan ilmoitettuihin suorituskykyarvoihin. Oikeiden valintojen mahdollistamiseksi on tärkeää jakaa valokaapelit sisä- ja ulkokäyttöisiin kaapeleihin. Sisäkaapelille tärkeitä ominaisuuksia ovat metallittomuus, asennuksen helppous sekä käyttäytyminen tulipalon sattuessa. Ulkokaapeleilta taas vaaditaan mekaanisesti enemmän, sillä ne joutuvat kestäämään kosteutta, auringonvaloa, lämpötilan muutoksia sekä kovempaa käsittelyä. Markkinoilla on myös sisä-/ulkokaapeleiksi kutsuttuja etenkin yleiskaapeloinnissa alue- ja nousukaapeleina käytettyjä kaapeleita jotka täyt-

tävät sisä- ja ulkoasennusten vaatimukset (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 34.)

Tämän opinnäytetyön kannalta tärkeimmät valokaapelit ovat kanavaan asennettavat kanavakaapelit, sekä itsenäisesti maahan asennettavat maakaapelit. Kanavakaapelit ovat rakenteellisesti heikompia kuin maakaapelit, mutta esimerkiksi muoviputkesta tehtyyn kanavaan asennettuina saavuttavat melko hyvän suojauksen. Yleisin kanavakaapelin rakenne on muovivaippa, jossa on pituussuuntainen alumiini- tai teräsnauha. Teräsnauhan korrugointi eli kiertäminen aalloittaisesti suojattavan rakenteen ympärille ja urarunkorakenne antaa kaapelille lujuutta pysyen kuitenkin kevyenä ja taipuisana. Tällaiset kaapelit sopivat myös maa-asennuksiin. (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 38.)

Maa-asennuksissa kaapelin tärkeimmiksi ominaisuuksiksi nousevat veto- ja puristuslujuus sekä vesitiiviys. Edullinen ja moniin sovelluksiin riittävän luja rakenne saavutetaan esimerkiksi urarunkorakenteella, riittävän vetolujuudella vetoelementillä sekä lujuudella muovivaipalla. Lujuutta voidaan tarvittaessa lisätä korrugoidulla teräslaminaatilla sekä pyörölanka-armeerauksella. On kuitenkin syytä muistaa että raskaampi rakenne nostaa väistämättä kaapelin kustannuksia. Maakaapelit suojataan usein myös tarkoitusta varten asennetulla muoviputkella, joka tarpeeksi suurena mahdollistaa myös uusien kaapelien asentamisen jälkikäteen esimerkiksi vetämällä ja sujuttamalla tai puhallusmenetelmällä. Telekaapeleiden suojaamiseen käytetyt putket valmistetaan yleensä PE – muovista ja värjätään punaiseksi. (Helkama Bica Oy 2004, Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa, 38.)

4 KUITUVERKON RAKENNUSTEKNIIKAT

Tässä kappaleessa käydään pintapuolisesti läpi nykyisiä käytäntöjä ja menetelmiä kaapeliverkon asentamisessa ja kaapelien käsittelyssä, jotta saadaan vertailupohjaa myöhemmin esiteltäville uusille asennustekniikoille. Lisäksi esitellään yleisimpiä verkotopologioita ja verkon tasoja. Tämän opinnäytetyön tarkastelualueena ovat kaapeleiden asennustekniikat ja rakenteet liityntäverkon tasolla eli asiakkaan tilojen ja palveluntarjoajan liityntäsolmun välillä. Ratkaisuja etsitään eritoten asfalttialueiden kaivamistekniikan korvaajiksi.

Kaikkia kaapeliverkon asentamisen osia, kuten esimerkiksi kuitujen päättäminen, päätepaneelit ja kuitujen jatkaminen ei käydä läpi sillä ne eivät ole tämän opinnäytetyön tarkastelun kohteena. Kaapeliverkon siirtojärjestelmät ovat myös tarkastelun ulkopuolella.

4.1 Verkkotopologiat ja tasot

Verkkotopologia on verkon fyysistä perusmallia kuvaava termi, joka kuvaa esimerkiksi asiakkaan tilan, verkkoon liityntäpisteiden, runkoverkon keskusten sekä kaapelien järjestelyä ja verkottumista toisiinsa. Verkkotopologialla voidaan kuvata esimerkiksi kerrostalon sisäisen kaapeloinnin rakenne tai internetoperaattorin runkoverkon rakenne, sillä verkkotopologian ei tarvitse kuvata laitteiden tai paikkojen sijainteja oikeissa mittasuhteissaan tai sijainneissaan vaan vain kuvata niiden väliset suhteet graafisessa muodossa. Topologiat voidaan jakaa kahteen pääryhmään, jotka ovat kaksipisteyhteydet (engl. *point-to-point*) sekä monipisteyhteydet (engl. *point-to-multipoint*). (Granlund 2007, 77.)

Yleisimpiä monipisteyhteyksiin kuuluvia verkkotopologioita ovat:

- Väylä, jossa verkon pisteet kytketään yhdellä kaapelilla toisiinsa
- Tähti, jossa verkon pisteet kytkeytyvät kukin suoraan yhteiseen koontipisteeseen tai laitteeseen
- Rengas, jossa verkon pisteet kytkeytyvät kahteen "viereiseen" laitteeseen yhdellä rengasmaisella kaapeloinnilla
- Mesh, jossa kaikki verkon pisteet kytkeytyvät jokaiseen muuhun laitteeseen kukin omalla kaapeloinnillaan.

(A guide to network topology 2008.)

Liityntäverkko on se osa verkkoa, johon asiakkaat kytkeytyvät. Siirtojärjestelminä käytetään erilaisia ratkaisuja, kuten kuparikaapeleita, optisia valokuituja ja langattomia järjestelmiä kuten UMTS- ja GSM-verkkoja. Liityntäverkkojen fyysiset toteutukset noudattavat usein tähtimäisiä verkkotopologioita, sillä asiakkaiden kiinteistöjä ei voida kytkeä toisiinsa rengasmaisesti vaan ne kerätään kukin omalla kaapeloinnillaan verkko-operaattorin lähimpään liityntäsolmuun. Nämä liityntäsolmut pyritään usein kaapeloimaan ainakin rengasmuotoisilla topologioilla, jotta operaattorit voivat varmentaa verkon siirtolaitteiden toiminnan esimerkiksi kaapelin rikkoutumisen varalta. Kun liityntäsolmut ovat rengasverkossa kytketty aina kahteen muuhun solmuun, ei yhden reitin hajoaminen pudota liityntäsolmua kokonaan pois verkosta.

4.2 Kuituverkon pääpiirteittäinen toteutus

Optisen valokuitu kotiin -verkon (FTTH) tekninen toteuttaminen koostuu pääpiirteittäin seuraavista vaiheista:

- Lähimmästä teleoperaattorin keskukselta tai vastaavasta liityntäsolmusta asennetaan optinen valokuituyhteys kohteeseen.
- Kuituyhteys toteutetaan maastoon esimerkiksi nurmialueelle auraamalla, asfalttiin kaivamalla, maan alle asennettuihin putkiin vetämällä tai ilmanpaineen avulla puhaltamalla, tai ilma-asennuksena pylväisiin. Yhteyden toteutuksessa voidaan käyttää useampiakin asennustekniikoita samaan aikaan, jotta verkko pystytään rakentamaan järkevästi ja edullisesti luotettavuusvaatimukset täytäten.
- Yleensä pientaloihin tuotavissa kaapeleissa kuituja on ainakin neljä ja kerrostaloihin tuotavissa kuusi kappaletta, joista ensivaiheessa kytketään ainakin kaksi.
- Kuidut päätetään yleensä kotipääteeseen tai jakamoon ja kodin sisäverkko voidaan hyvin toteuttaa kuparikaapeleihin perustuvalla ethernet-lähiverkolla. Lisäksi verkosta saatavia palveluja varten tarvitaan yleensä teleoperaattorin verkkolaite jotta palvelut voidaan kodin rajapinnasta muuttaa optisen verkon signaalista kuparikaapeleille.

(Onninen Oy 2011.)

Verkon suunnittelun näkökulmasta kuituverkkojen toteuttaminen asfaltoiduilla alueilla on yleensä edullisimman kaivamisreitin etsimistä olemassa olevien putkitusten ja muiden verkon rakenteiden avulla jotta voidaan mahdollisimman paljon välttää kallista maankaivu- ja korjauspinnoitustyötä.

4.3 Avoin kaapelikaivanto

Avoin kaapelikaivanto on yleinen kaapeliverkon rakennustapa asfaltoiduilla kaupunkialueilla Suomessa. Kaapelin asentaminen tällä menetelmällä aloitetaan kaivannon auki kaivamisesta kaivinkoneella ja ylimääräisen maa-aineksen ja esimerkiksi terävien kivien poistamisesta kaapelin reitiltä. Kun kaivanto on valmis ja puhdistettu, voidaan kaapelit ja niiden suojaputket laskea kaivantoon. Tämän jälkeen tulee kaivanto täyttää ja tiivistää kaupungin tai muun tienpitäjän antamien ohjeiden ja materiaalmääräysten mukaisesti. Koska kaapelikaivantoa ei yleensä ehditä asfaltoimaan heti sen valmistuttua, joudutaan kaivanto päällystämään tilapäisellä päällystemateriaalilla joka poistetaan ennen varsinaista paikkausasfaltointia. Esimerkiksi Helsingin kaupunki on määrännyt, että kapein päällystettävän alueen leveys on yksi metri riippumatta siitä kuinka kapea varsinainen kaivanto on. (Kaivutyöt ja tilapäiset liikennejärjestelyt pääkaupunkiseudulla 2008.)

Avoimen kaapelikaivannon suurimmat ongelmat ja haasteet ovat siinä, että kaivamis- ja päällystyskustannukset väliaikaisine ja lopullisine päällysteineen ovat yleensä olleet noin 60 % kaapelointihankkeen kokonaiskustannuksista. Varsinaiset kaapelin käsittelyyn liittyvät työt kuten kuidun hitsaamiset ja päättämiset aiheuttavat yleensä siis alle puolet kustannuksista. Lisäksi avokaivannon kaivaminen ja asfaltointi talviaikaan on lähes mahdotonta tai todella kallista. (TeliaSonera Finland Oyj 2011)

Toinen ongelma kaivamismenetelmässä on työn hitaus ja tästä johtuvat haitat ympäröivälle asutukselle sekä liikenteelle sillä kaivamisen aikana tarvitaan erityisiä liikennejärjestelyjä ja liikenteenohjausta. Lisäksi työnaikainen tilantarve on yleensä suuri, sillä työmaa-alueeksi pitää varata riittävästi tilaa kääntyvälle kaivinkoneelle ja syntyvän irtonaisen maa-aineksen pois kuljettavalle kuorma-autolle. Kaivannot saattavat olla auki useiden työpäivien ajan, jolloin ne tulee suojata aidoin ja varoitusmerkein. Kaivanto saattaa myös jäädä pitkäksi aikaa väliaikaisen päällysteen varaan, joka ei vastaa kantokyvyltään asianmukaista asfalttipäällystettä. Jos kohteet pystyttäisiin paikkaamaan heti teletöiden jälkeen, voitaisiin väliaikaisten päällystemateriaalien kustannukset välttää kokonaan.

Taulukkoon yksi on tuotu Helsingin kaupungin määräys kolmen eri katuluokan kerrospaksuuksista avokaivantojen yhteydessä. Kun esimerkiksi kevyen liikenteen väylälle asennettavan kaapelin asennussyvyys on yhteensä noin 70 cm, voidaan todeta kaivamisen ja korjausasfaltoinnin olevan varsin työlästä. Toisaalta näissä syvyyksissä kaapelit ovat verrattain hyvässä suojassa niin lämpötilan vaihteluilta kuin muilta mekaanisilta rasitteilta.

Taulukko 1. Helsingin kaupungin määräyksiä erilaisten katurakenteiden kerrospaksuuksista. (Kaivutyöt ja tilapäiset liikennejärjestelyt pääkaupunkiseudulla 2008.)

KATULUOKKA	RAKENNEKERROS	KERROSPAKSUUS
Erittäin vilkkaasti liikennöidyt kadut	Asfalttibetoni	25 cm
Kantava kerros	Kalliomurske	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka	60 cm
Pääliikenne- ja kokoojakadut	Asfalttibetoni	14 cm
Kantava kerros	Kalliomurske	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka	50 cm
Kevyen liikenteen väylät	Asfalttibetoni	6 cm
Kantava kerros	Kalliomurske	15 cm
Jakava kerros	Sora tai sorainen hiekka	50 cm

5 MIKRO-OJITUS JA MIKROPUTKIRAKENTEET

Tämän opinnäytetyön tärkein uusi asennustekniikka on tässä luvussa esiteltävä mikro-ojittaminen ja sen toteutuksessa hyödynnettävät uudet mikrokokoiset putkirakenteet sekä mikrokuitukaapelit. Terminä aiheesta käytetään myös matala-asennusta, mutta erityisesti maailmalla *micro trenching* eli mikro-ojitus näyttäisi vakiinnuttavan asemansa yleisesti käytettynä nimenä.

Mikrokokoisia putkia ja putkielementtejä voidaan asentaa suoraan maavaraisiksi mikro-ojitettuun kanavaan, tai isompien nykyisin käytettyjen putkistojen sisälle. Mikrokuitukaapeleita löytyy tarpeesta riippuen metallittomina ja metallivahvisteisina ja niitä voidaan asentaa mikroputkituselementeistä riippuen sujuttamalla, tai ilmatiiviiseen systeemiin puhallustekniikkaa hyödyntäen. Puhallustekniikka esitellään myös tässä luvussa, sillä vaikka se ei olekaan uusi asennustekniikka sen tunteminen liittyy olennaisesti mikro-ojittamiseen.

5.1 Mikro-ojitus kaapelikanavan asennustekniikkana

Mikro-ojitustekniikkaa suositellaan käytettäväksi erityisesti asfaltoiduilla alueilla, kuten teillä ja jalkakäytävillä. Sen etuja perinteisiin kaivumenetelmiin ovat asentamisen nopeus, suuret kustannussäästöt kaivu- ja jälkitöissä kuten kaivannon sulkemisessa ja paikkaamisessa sekä pienemmässä vaikutuksessa ympäristölle ja liikenteelle. (ITU-T Recommendation L.48, 1.)

Mikro-ojitus toteutetaan yleensä sahaamalla tai leikkaamalla päällysteeseen ja pohjamassaan (esim. hiekka) noin 30 - 40 cm syvä ja 7 - 15 cm leveä kaivanto tai ura. Kuviossa neljä esitetään ITU-T -standardin L.48 *Mini-trench installation technique* mukainen mikro-ojituksen periaatekuva. Mikro-ojituksen reitiksi suositellaan jalkakäytäviä ja niiden reunakiveyksiä, mutta jos niitä ei ole, tulisi kaivanto sijoittaa vähintään metrin etäisyydelle asfalttipäällysteen reunasta. Reitti tulisi suunnitella niin, ettei siinä ole jyrkkiä käännöksiä, kallistuksia tai kulmia, sillä ne vaikeuttavat sahaamista. Kulmissa on tarpeen tehdä apusahauksia jotta, kaapelien taipumiskulmat eivät aiheuta ylimääräistä mekaanista rasitusta. (ITU-T Recommendation L.48, 2.)

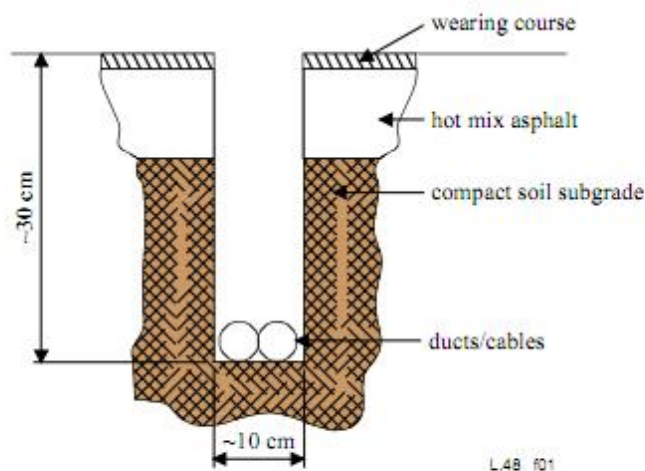


Figure 1/L.48 – Example of mini-trenching installation configuration

KUVIO 4. ITU-T standardin L.48 mukainen periaatepiirros mikrokanavan rakenteesta. Kuva ITU-T 2003.

Koska mikro-ojitustekniikassa sahataan asfalttia, on äärimmäisen tärkeää tietää muiden tiessä olevien rakenteiden ja kaapelointien, kuten liikennevalojen, anturien sijainti. Apuna voidaan käyttää tien omistajan karttatietoja ja kenttätutkimuksia kaapelitutkan avulla. On myös syytä harkita, tulisiko mikrokanavien yhteyteen laskea metallisia tunnistenauhoja, joiden avulla rakenteet voidaan todentaa myöhemmin OTDR – laitteella, sillä mikrokaapelit ja mikrokanavat ovat yleensä metallittomia. (ITU-T Recommendation L.48, 3.)

5.1.1 Kaapelikanavan sahaaminen

Mikro-ojitus voidaan toteuttaa esimerkiksi kuvassa 5 näkyvässä päältä ajettavalla laikkaleikkurilla, joka sahaa reitin maahan, tai hieman leveämmällä jyrävällä terärrakenteella. Terän tulee olla suljetun rakenteen sisällä, jotta vältetään sahauksesta mahdollisesti aiheutuvien irtokivien lentäminen ympäristöön. Sahauksen aikana kairaväntöön syntyvä irtonainen maa-aines tulee kerätä talteen tai muuten puhdistaa kairaväntöstä, jotta kaapeli pystytään laskemaan tarkoitettuun syvyyteen.



KUVA 2. Kaapelikanavan sahaaminen mikro-ojitustekniikkaa käyttäen.

Yksi suurimmista riskeistä sahauksen aikana on asfalttikerroksen alla olevan materiaalin variseminen kaivannon pohjalle jättäen tyhjää tilaa kaivannon seinämiin. Jos pinnoittaminen ei ole tarpeeksi kattava, voi paikatus sauman reunoille tai alle jäädä pieniä ilmataskuja, jotka aiheuttavat paikkauksen valumista ja epätasaisuuksia tien pintaan.

5.1.2 Kaapelikanavan puhdistaminen ja kaapelin laskeminen

Kun mikro-ojituksen reitti on sahattu auki, tulee syntynyt kaivanto puhdistaa. Kaikki irtonainen materiaali, kuten pohjalle asfalttipinnoitteen alta mahdollisesti valunut täytemateriaali, isot irtonaiset kivet ja lohkeillut asfalttipinnoite tulee poistaa kaivannosta. Näin varmistetaan, että mikrokanava ja kaapelit pystytään asentamaan vähintään haluttuun syvyyteen koko reitiltä eikä yllättäviä kohoumia tule. Kanavan puhdistaminen voidaan suorittaa esimerkiksi paineilmalla. (ITU-T Recommendation L.48, 3.)

Halutut kanava- ja kaapelielementit voidaan asentaa kaivantoon kahdella tavalla. Samanaikaisessa sahauksessa ja kaapelien laskussa kaapelikela kiinnitetään reittiä sahaavan koneen perään ja se laskee kaapelin automaattisesti kaivantoon reittiä sahatessaan. Tällöin on tärkeää varmistaa myös, että sahaava kone pystyy puhdistamaan kaivannon sahauksen ja kaapelin laskun välissä, että kaapeli pystytään las-

kemaan vähintään haluttuun syvyyteen koko reitiltä ja että ongelmatilanteissa kaapelikela voidaan irrottaa sahauslaitteesta ja kaapelin laskua jatkaa manuaalisesti. Tällöin vältetään teknisesti tarpeettomien jatkosten tekeminen ongelmakohtiin. Kaapelirakenteet voidaan myös asentaa jälkikäteen kun koko reitti on sahattu ja puhdistettu valmiiksi. Tämä on hitaampi tapa suorittaa mikro-ojitus, mutta sahausta suorittavalta laitteelta ei tällöin vaadita yhtä paljoa. (ITU-T Recommendation L.48, 3; 4.)

Mikrokanavien tulee olla laskun aikana päistään suljettuja, jotta estetään veden ja hiekan sekä muun lian pääsy rakenteisiin. Kanavat voidaan myös valmistella valittua kaapelinasennustekniikkaa varten lisäämällä vetokaapelit. Jos mikrokaapelit asennetaan puhallustekniikalla, vetokaapeleita ei tarvita. (ITU-T Recommendation L.48, 4.)

5.1.3 Kaapelikanavan täyttäminen ja pinnoitus

Viimeisenä työvaiheena mikro-ojituksessa suoritetaan kaapelikanavan täyttö ja pinnoittaminen. Tien rakenteesta riippuen täyttömateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi hiekkaa tai sementtiä. Yleisinä täyttömateriaalin vaatimuksina voidaan pitää ainakin seuraavia ominaisuuksia:

- Materiaali pystyy täyttämään koko kaivannon ja seinämät tiiviisti.
- Materiaali on tasalaatuista ja muodostaa yhtäläisen pinnan koko kaivantoon.
 - Täyttömateriaali ei saa mahdollistaa pinnoitteen painumista kuopalle.
- Nesteet ja kaasut voivat lävistää täytemateriaalin.
- Materiaali on helposti työstettävissä ja poistettavissa kaivannosta.
- Materiaali täyttää kyseiselle tiealueelle asetetut mekaaniset kantovaatimukset.
- Materiaali estää asennettujen kaapelirakenteiden liikkumisen kaivannossa.

Jos mikro-ojitusta ei pystytä välittömästi täytön jälkeen pinnoittamaan lopullisella pinnoitemateriaalilla, kuten kuumalla bitumiseoksella tai kylmällä asfalttimassaseoksella, tulee kaivanto merkitä asianmukaisin varoituksin ja tarpeen vaatiessa täyttää tasaiseksi tieliikenteen käyttöön väliaikaisella pinnoitteella. Lisäksi tulee ottaa huomioon kaikki tienpitäjän asettamat vaatimukset kaivantojen täytölle. Kuumalla bitumimassalla toteutettu pinnoitus esiintyy kuvassa kuusi. Yksi mikro-ojitustekniikan kantavista ajatuksista on kuitenkin se, että kaivannot saadaan täytettyä ja pinnoitettua mahdollisimman nopeasti, mieluiten samana päivänä kuin reitin sahaaminen. Tällöin ei ole tarpeen sulkea kaivantoja väliaikaisilla pinnoitteilla, jotka revitään irti ennen lopullista paikkausta ja saavutetaan kustannussäästöjä niin väliaikaisista materiaaleista kuin

myös lopullisten paikkamateriaalien huomattavasti pienemmästä tarpeesta. (ITU-T Recommendation L.48, 4).



KUVA 3. Kuumalla bitumimassalla paikattu mikro-ojitus. Valokuva Petteri Sikanen 2011.

5.2 Mikroputket ja kaapelit

Mikroputket ovat pieniä, joustavia ja kevyitä halkaisijaltaan 16 mm tai pienempiä putkia joita voidaan toimittaa esiasennettuina tai puhaltaa paineilmalla suurempiin putkirakenteisiin. Pienuudestaan huolimatta mikroputkilla ja mikrokaapeleilla voidaan säästää jo varsinkin liityntäverkon tarpeisiin hyvin riittäviä kuitumääriä, kuten taulukosta kaksi voidaan todeta. Mikroputkia ja mikrokaapeleita voidaan myös hyödyntää isompien putkirakenteiden osiin jakamisessa ja toteuttaa kaapelointi olevaan putkitukseen, johon perinteisen kokoinen maa- tai kanavakaapeli ei enää sopisi. (FTTH Handbook 2012.)

Taulukko 2. Tyypillisimpiä mikroputkien ja mikrokaapelien mittoja sekä kuitumääriä. (FTTH Handbook 2012, 65)

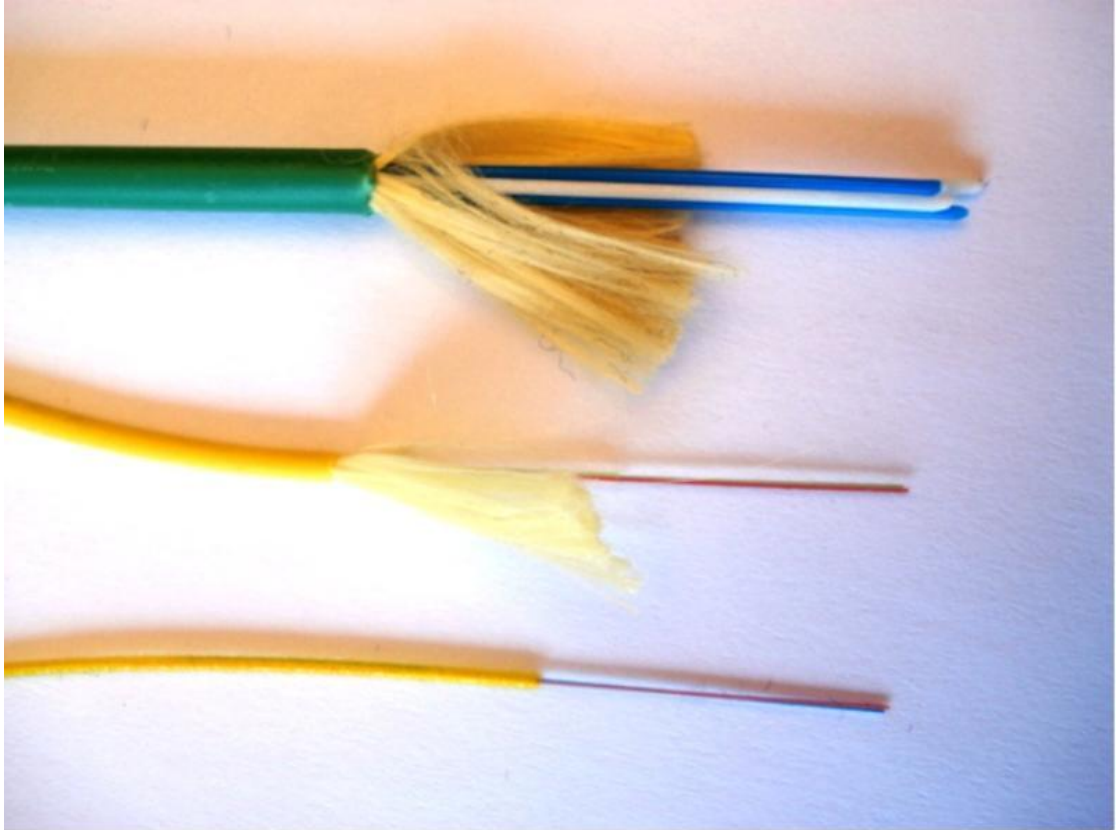
Mikroputken ulkohalkaisija (mm)	Mikroputken sisähalkaisija (mm)	Tyypillinen kuitumäärä	Tyypillinen kaapelin halkaisija (mm)
16	12	24 – 216	9.2
12	10	96 – 216	6.5 – 8.4
10	8	72 - 96	6 – 6.5
7	5.5	48 - 72	2.5
5	3.5	6 - 24	1.8 – 2
4	3	22 - 12	1 – 1.6

FTTH – verkkojen toteuttaminen mikroputkien ja kaapeleiden avulla on joustava asennustapa. Esimerkiksi uuden omakotitaloalueen tapauksessa voidaan kiinteistöille rakentaa valmis mikroputkitus, mutta kuidut voidaan puhaltaa myöhemmin jos asiakas tilaa yhteyden. Kaapeleiden puhaltaminen valmiiseen mikroputkiverkostoon vaatii maanrakennustöitä vain silloin jos kaapeli jumittuu matkalle. Tämän vuoksi kaapeleiden asentaminen onnistuu myös talvella. Nykyisin kiinteistöjen rajalle viedään maakaapeli kiepille odottamaan tilausta ja pelkän mikroputken asentamisella voidaan saavuttaa säästöjä verrattuna asennettuun maakaapeliin, jota ei koskaan tilata käyttöön. Toisaalta mikroputken ja mikrokaapelin asentaminen on työläämpää kuin perinteisen maakaapelin käyttö. Mikroputken ja maakaapelin asentaminen kanavaan aiheuttaa saman verran työtä, mutta mikrokaapelit joudutaan puhaltamaan erillisellä puhalluslaitteistolla. Kuvassa seitsemän on esitetty eräitä mikroputkipatteristojen toteutuksia, jotka voidaan asentaa suoraan maahan.



KUVA 4. Erilaisia maavaraisen asennuksen kestäviä mikroputkistoelementtejä. Kuva LPR Global, Inc 2012.

Mikrokuitukaapeleiden toimintaa on jo määritelty useissa eri standardeissa, joista maininnan arvoisia ovat ainakin ITU-T sarjan taivutusta sietävien yksimuotokuitujen ominaisuuksia käsittelevä suositus G.657. Kuvassa kahdeksan on esitetty kolme erikokoista metallitonta kuitukaapelia.



KUVA 5. Perinteinen vihreä kanavakaapeli ja kaksi puhallustekniikalle soveltuvaa mikrokuitukaapelia. Valokuva Skanova 2011.

5.3 Puhallustekniikka

Kaapeleiden puhallustekniikkaa kehitettiin 1980-luvulla sekä British Telecomin että sveitsiläisen Plumettazin ja Willem Griffioenin toimesta. Kaapelin vetäminen muoviputkiston läpi aiheuttaa vetomatkaa laskevaa kitkaa varsinkin kulmissa ja käännöksissä. Tätä ongelmaa lähdettiin ratkaisemaan laitteistolla, joka puhaltaa paineilmaa ja samalla työntää kaapelia ilmatiiviiseen kanavaan. Paineilma vähentää kaapeliin kohdistuvaa kitkaa huomattavasti ja mahdollistaa pitkienkin asennusmatkojen saavuttamisen vetotekniikkaan verrattuna. Ilmanpaine kanavassa on verrattain pieni lähtöpäässä ja korkea kohdepäässä joten puhalluslaitteistoon lisättiin mekaaninen työntöelementti avustamaan puhallusreitien alkumatkaa. Jos ilmanpaine kasvaa kanavassa epälineaarisesti, kanavaan syntyy vastapainetta joka pyrkii työntämään kaapelia takaisin päin. Tästä syystä kaapelireitin ensimmäiset 100 metriä puhalletaan yleensä pelkän työntömoottorin avulla ennen ilmanpaineen mukaan tuomista. Tämän lisäksi

puhallusmatkaa kasvattamaan voidaan käyttää erilaisia kaapelin liukastusaineita. (The advantage of blown optical fiber 2012.)

Puhallustekniikan etuja asennukseen vetämällä ovat: Pidempi asennusmatka jota voidaan kasvattaa lisäämällä reitin varrelle ylimääräisiä puhallusyksiköitä, huomattavasti pienemmät kaapeliin asennuksen aikana kohdistuvat voimat, jotka mahdollistavat mikrokaapeleiden asentamisen ja että kanavan kohdepäähän ei tarvita mitään laitteistoa. Vetoasennuksessa voimat kohdistuvat erityisesti asennettavan kaapelin päähän, mutta puhaltamalla voima jakautuu koko kaapelin matkalle. Lisäksi puhallettavan matkan pituuteen vaikuttaa kaapelin jäykkyys, sillä taipuisa notkea kaapeli taipuu kanavassa matomaiseksi ja tämä lisää seinämiin hankautumisesta aiheutuvaa kitkaa. Tällaisissa kaapeleissa puhallusta avustamaan voidaan käyttää luotimaista vetopäätä joka parantaa puhallusominaisuuksia. Kaapelin jäykkyys asennuksessa vetämällä ei ole kovinkaan olennainen tekijä toisin kuin puhaltamisessa. Lisäksi yleisenä ohjeena puhaltamista helpottaa korkeammasta päästä alamäkeen päin puhaltaminen.

Puhallustekniikka ei rajoitu pelkästään kaapeleiden puhaltamiseen, vaan myös mikroputkielementtejä voidaan puhaltaa isompien ilmatiiviiden rakenteiden sisälle. Tätä hyödynnetään esimerkiksi tässä opinnäytetyössä esiteltävässä asennustekniikassa, jossa maahan asennettujen kuparikaapelien kupariydin vedetään ulos ja tilalle syntyvään kanavaan puhalletaan mikroputki ja mikrovalokaapeli.

6 MUITA UUSIA ASENNUSTEKNIIKOITA

Televerkkojen rakentajat ympäri maailman tutkivat kuumeisesti uusia keinoja helpottaa kuituyhteyksien FTTx – toteutuksia. Urbaaneilla alueilla pyritään usein hyödyntämään olemassa olevaa infrastruktuuria esimerkiksi vesijohto-, viemäri- ja metroverkkoihin asennettavilla valokuitukaapeleilla ja näitä sovellutuksia varten on kehitetty uusia kuitukaapeleita ja standardeja. Samat ratkaisut eivät kuitenkaan toimi kaikkialla.

Tässä opinnäytetyössä syvennyttään tutkimaan aiemmin esitellyn mikrooijitustekniikan lisäksi horisontaalista suuntaporaustekniikkaa ja patentoitua menetelmää maahan asennettujen kuparikaapeleiden ytimen purkamiseen, jotta tilalle voidaan puhaltaa mikrokuitukanavia. Valitsin tarkasteluun nämä asennustekniikat siitä syystä, että ne vaikuttivat nykyisistä käytännöistä selvästi eroavilta ja potentiaalisilta vaihtoehdoilta.

6.1 Olevan kuparikaapelin ytimen purkaminen

Optisten liityntäverkkojen rakentamisessa voidaan käyttää hyödyksi myös jo olemassa olevia verkon rakenteita ja tällä tavoin välttää uusien kaapelikanavien rakentamisen tarvetta. Itävaltalainen keksijä Alois Pichler on patentoinut jo yli 120 maassa Kabel-X – nimisen menetelmän, jonka avulla voidaan purkaa olemassa olevan kuparikaapelin kupariydin ja tämän jälkeen maahan jääneen kuparikaapelin ulkoisen suojarakenteen sisään voidaan puhaltaa mikroputkielementti ja mikrokuitukaapeli. (Kabel-X 2012.)

Yksinkertaisimmillaan Kabel-X – tekniikan toimintaperiaate jakautuu seuraaviin vaiheisiin:

- Kuparikaapeli kaivetaan esille kahdesta pisteestä. Tekniikka mahdollistaa enimmillään 400 metrin vetomatkan kerrallaan joten pitemmät reitit vaativat useita välipisteitä.
- Kuparikaapeli katkaistaan ja ydin kuoritaan esille.
- Kaapelin ytimen ja suojarakenteen väliin pumpataan patentoitu neste joka mahdollistaa kaapelin vetämisen.
- Kun neste on täyttänyt kaapelin päästä päähän, voidaan kupariydin vetää ulos kaapelista vinssillä. Kaapelin vaippa jää paikoilleen maahan ja sen eheys ja ilmatiiviys testataan paineilmalla.

- Kuparikaapelin vaipan sisälle asennetaan mikrokanavat. Kun koko reitti on paikattu ja mikrokanavat ilmatiiviitä, voidaan asennus viimeistellä mikrokuitujen puhalluksella.

Jo olemassa olevien rakenteiden hyödyntäminen on mielenkiintoinen ja ekologinen lähtökohta liityntäverkkojen rakentamiseen varsinkin kaupunkialueilla. Vaikka teleoperaattoreilla on kaupunkialueilla valmiita putkituksia, nekin täyttyvät joskus ja silloin joudutaan joko poistamaan vanhoja kaapeleita tai rakentamaan lisää putkituksia. Kaapeliin ruiskutettava neste on biohajoavaa ja luonnolle harmitonta. Työssä käytettävä laitteisto mahdollistaa toisen vetopisteen olevan myös esimerkiksi kerrostalon talojakamossa. Tekniikan myötä asfalttipinnoitteita tarvitsee rikkoa vain väliottojen kohdalta, eli maksimissaan noin 400 metrin välein, jotta päästään käsiksi ulosvedettävän kaapelin päihin. Keskimääräiseksi purkamisetäisyydeksi valmistaja ilmoittaa 150 metriä. (Kabel-X 2012.)

Keskimääräiseksi työtulokseksi päivässä valmistaja ilmoittaa neljän miehen työpanoksella noin 400 - 700 metriä päivässä kaupunkialueella. Menetelmällä pystytään purkamaan maavaraisten kaapeleiden lisäksi myös putkipatteristoissa olevia kaapeleita, ja tämä onkin ehkä ainoa vaihtoehto yksittäisen kaapelin purkamiseen kaapelilipusta putkistossa. (Kabel-X 2012.)

6.2 Horisontaalinen suuntaporaus

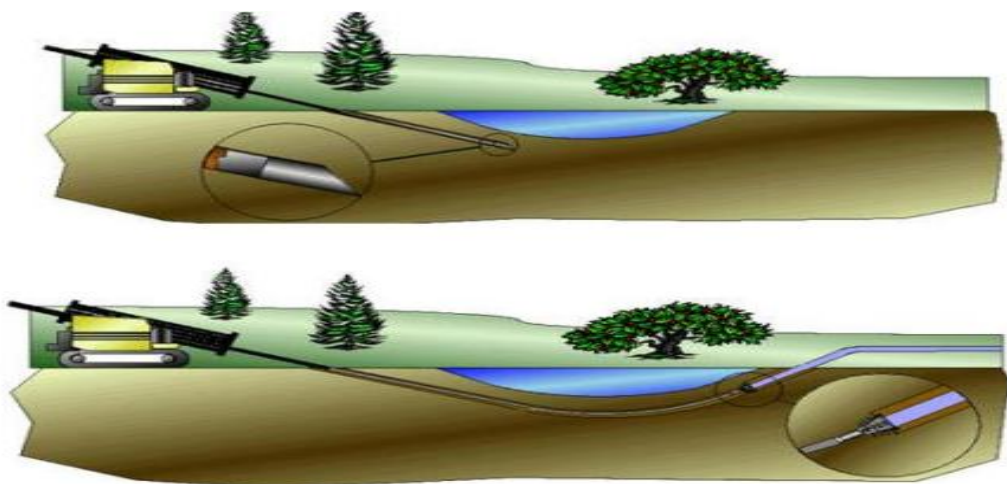
Horisontaalinen suuntaporaus on avokaivantoja synnyttämätön asennustekniikka, jolla voidaan asentaa useita erityyppisiä putkia ja kaapeleita minimaalisella vaikutuksella asennusreittein varrelle. Asennustekniikan toteutuksessa hyödynnetään porauslaitetta, jolla pystytään poraamaan jopa 2000 metrin pituisia reittejä esimerkiksi teiden tai vesialueiden kuten jokien alitse silloin kun perinteinen avokaivanto ei ole käytännöllinen tai mahdollinen. Suuntaporausella voidaan saavuttaa kustannussäästöjä varsinkin asfaltoiduilla alueilla sillä asfalttipäällysteitä ei tarvitse rikkoa ollenkaan ja näin vältetään kalliilta avokaivannoilta. Tällöin on kuitenkin äärimmäisen tärkeää tietää porattavan reitin varrelle sijoittuvat muut rakenteet, jotta reitti voidaan suunnitella turvallisesti ja tienpitäjän asettamia työohjeita noudattaen. (The directional boring advantage 2012)

Erilaisia suuntaporaustekniikoita on käytetty jo pitkään niin öljynporauksessa kuin myös vesi- ja viemärintiverkkojen rakentamisessa, mutta lähiaikoina se on alkanut saada jalansijaa myös televerkkojen asentamisessa. Eräs suurimpia houkuttimia

suuntaporausessa on se, että esimerkiksi tieliikennealueella lähdön ja kohteen välinen alue voidaan pitää liikennöitynä asennuksen aikana.

Suuntaporausksen toteuttaminen aloitetaan valmistelemalla reitin aloituspään ja kohteeseen aukot, joihin porauksesta aiheutuva vesi ja irtonainen maa-aines kerääntyvät. Reitin sahaaminen on kolmivaiheinen prosessi, joka alkaa pienen pilottireiän poraamisella. Toisessa vaiheessa reiästä porataan asennettavan elementin kokoinen ja elementti asennetaan porauksen kolmantena vaiheena. Elementti kiinnitetään porausterään, joka vie sen syntyneen tunnelin läpi. Porauksessa tulee käyttää apuna yleensä vedestä ja bentoniitistä sekä polymeereistä koostuvaa porausnestettä, jolla vakautetaan syntyvän tunnelin seinämiä, viilennetään poraa ja valmistellaan tunneli asennettavaa elementtiä varten. (The directional boring advantage 2012)

Poraelementin paikantaminen ja ohjaaminen asennuksen aikana on tärkeä osa horisontaalista suuntaporaustekniikkaa, sillä poraa on mahdoton nähdä maan päältä asennuksen aikana. Poraelementin paikannukseen voidaan käyttää kolmea eri menetelmää: Terään kiinnitetään lähetin, joka viestittää sijaintiaan pinnan päällä käytävään vastaanottimeen joko langattomasti tai mukana tuomaan kaapelia pitkin, tai gyroskooppisesti ohjatulla poranterällä. Gyroskooppiseen ohjaukseen perustuvat järjestelmät ovat tarkimpia käyttää ja niiden avulla voidaan porata pitkiäkin reittejä ilman suuria heittoa suunnitellusta reitistä. Kuviossa yhdeksän esitetään suuntaporausksen toimintaperiaate vesistön alituksessa. (The directional boring advantage 2012)



KUVIO 6. Vesistön alittaminen horisontaalisella suuntaporausella. Kuva Underground solutions 2011.

7 ASENNUSTEKNIKOIDEN VERTAILU

Tässä luvussa vertaillaan aiemmin esiteltyjä asennustekniikoita nykyään yleisesti käytettyyn avokaivantoon sekä toisiinsa. Tavoitteena on esitellä uusien tekniikoiden mahdollisuuksia ja riskejä liityntäverkon valokaapelien asentamisessa ja käytössä sekä arvioida niiden käyttöpotentiaalia.

Kaikkia tässä työssä esiteltyjä uusia tekniikoita yhdistää pyrkimys vähentää ja välttää perinteistä kaivamistyötä asfaltoiduilla alueilla kustannussäästöjen saavuttamiseksi, sillä kuten jo luvussa 4.3 todettiin, noin 60 % kaapelointihankkeen kokonaiskustannuksista koostuu kaivamistyöstä ja korjauspäällystämisestä. Muita yhteisiä suuntalinjoja ovat olemassa olevien rakenteiden hyödyntäminen, kuten esimerkiksi kuparikaapelien ytimien kuoriminen pois ja mikrokanavien asentaminen kuparikaapelista maahan jäävien kuorirakenteiden sisään, minkä jälkeen mikrokuidut voidaan asentaa puhallustekniikalla. Myös olemassa olevien viemäriverkostojen hyödyntämistä valokaapelien asennuspaikkana on tutkittu. (TeliaSonera Finland Oyj 2011.)

7.1 Mikro-ojituksen soveltuvuus käyttöön

Kuten luvussa viisi todettiin, mikro-ojistustekniikka eroaa merkittävästi perinteisestä avokaivannosta. Olennaisimmat erot ovat asennussyvyyden tuominen keskimäärin 70 cm syvyydestä noin 30 cm syvyyteen ja ojituksesta syntyvän kaivannon leveyden kaventuminen huomattavasti, pienimmillään vain muutamiin senttimetreihin.

Asennussyvyyden madaltaminen aiheuttaa erinäisiä ongelmia mutta myös mahdollisuuksia. Kaupunkien katualueilla olevat tunnistinkaapelit, kuten liikennevalojen anturit, ovat vaarassa, kun ojituksia tehdään sahaamalla. Muut rakenteet, kuten vesihuoltoverkon laitteet, ovat perinteisesti syvemmällä, joten niiden tuhoutumisvaara mikro-ojituksen yhteydessä on pienempi. Erilaiset maanalaiset kaapelirakenteet ovat eri tasoissa jo nyt, mutta noin 30 senttimetrin syvyyteen mahdollisesti sijoitettavat mikrokaapelirakenteet monimutkaistavat teiden ja katujen rakenteita. Kartoitustietojen paikkansapitävyys korostuu, varsinkin jos yleensä metallittomiin mikrokaapelirakenteisiin ei lisätä paikantamista helpottavia metallielementtejä. Lisäksi verkon suunnittelussa tulisi ottaa huomioon tiestön muiden rakenteiden ylläpito- ja saneeraustarpeet. Jos kaapelireitti rakennetaan esimerkiksi olemassa olevan vesihuoltoverkoston ylle, kaapeliverkoston työnaikainen siirto ja tuenta vaikeutuvat. Mikrokaapelit ovat melko heikkoja vetojännitykselle ja kaapelit saattavat hajota, jos niitä joudutaan siirtämään muiden asennustöiden tieltä. Siksi mikrokaapeliverkoston sijoittamista olemassa ole-

vien rakenteiden päälle tai ylitse tulisi mahdollisuuksien mukaan välttää. Matalaan asennettava kaapeliverkosto vaikeuttaa luonnollisesti myös muiden elementtien sijoittamista tulevaisuudessa. Voidaan kuitenkin todeta, että mikrokanavien tilantarve kadun rakenteessa on normaalikokoisia putkielementtejä huomattavasti pienempi.

Vaikka mikro-ojitus voidaan hyvin toteuttaa samalla tekniikalla ja laitteistolla niin asfalttialueelle kuin nurmikolle, herää kysymys kaapelin suojauksen riittävydestä nurmikolla noin 30 senttimetrin syvyyteen toteutetussa mikro-ojituksessa. Nurmikkoalueilla kaapeleita pystytään asentamaan myös auraustekniikalla, joka on nykyisin laajalti käytetty ja kustannustehokas vaihtoehto kaapeloinnin suorittamiseen. Voi olla, että mikro-ojitustekniikka ei pysty kilpailemaan hinnassa tai asennussyvyydestä johtuvasta kaapelin suojauksesta auraustekniikan kanssa nurmialueella.

Kaivannon leveyden kaventuminen mahdollistaa kustannussäästöjen saavuttamisen niin kaivamisesta kuin jälkipinnoituksesta ja paikkauksesta. Nykyisiä avokaivantoja toteutetaan yleensä ainakin 25 cm tai leveämmillä kaivinkoneen kauhoilla, mutta mikro-ojitus sahaamalla tarvitaan asennettavan putkielementin mukaan jopa vain 3-5 cm leveä ojitus. Tarkoituksena on, että kaivannon sulkemisesta syntyvä yksi sauma voidaan pinnoittaa esimerkiksi kuumalla bitumilla ja tällöin varsinaisia asfaltointitöitä ei tarvita ollenkaan. Perinteisen avokaivannon paikkaamiseen vaaditaan esimerkiksi metrin leveää asfaltointia tai kevyen liikenteen väylällä koko väylän uudelleen asfaltointia. Korjausasfaltointia päästään toteuttamaan heti kaivannon valmistuttua vain harvoin joten kaivanto joudutaan peittämään väliaikaisella päällysteellä, joka revitään pois varsinaisen paikkauksen tieltä. Mikro-ojitustekniikka perustuu siihen, että väliaikaisia päällysteitä ei tarvita, sillä kapeiden saumojen paikkaaminen bitumilla tai muilla materiaaleilla ei vaadi monimutkaisia laitteita ja se pystytään toteuttamaan jopa samana päivänä kuin kaapeleiden asentaminen.

Korjauspinnoittamisessa käytettävä materiaali ja sen ominaisuudet ovat myös tärkeä osa mikro-ojituksen käytön mahdollistamisessa. Jos sauman leveyttä joudutaan kasvattamaan esimerkiksi leveämmän mikroputkistoelementin vuoksi, paikkaukselle asetetut vaatimukset kasvavat. Paikkauksen riskinä on painuminen alaspäin keskeltä saamaa, jos pinnan alle on jäänyt huonosta täytöstä johtuvia ilmataskuja tai epätasainen pinnoitus esimerkiksi alamäkeen valuneen kuumen bitumimassan takia. Tästä syystä kaivannon hienotäyttöön niin hiekalla kuin myös pinnoitukseen valitulla kylmänä tai kuumana asennettavalla massalla tulee kiinnittää erityistä huomiota. Paikkauksessa ei voida sallia pientäkään painauma, jos kaivanto sijaitsee tieliikenteessä käytettävällä tiellä.

Mikro-ojitustekniikka vaikuttaisi soveltuvan parhaiten juuri asfaltoituille alueille. Matalamman asennussyvyyden riskit voidaan helpoiten välttää sellaisissa paikoissa, joissa ei ole muuta kunnallistekniikkaa tai niillä ei ole välitöntä saneeraustarvetta. Myös hiltain asfaltoituilla alueilla voitaisiin mahdollisuuksien mukaan käyttää vain kapean sauman jättävää mikro-ojitusta, jos halutaan välttää asfaltoidun alueen laajamittainen hajottaminen. Lisäksi erilaisten teollisuuskiinteistöjen, joissa on laajoja asfaltoituja piha-alueita mutta vähän muita maan alaisia kaapelirakenteita, liittäminen televerkkoon voisi olla hyvä sovelluskohde mikro-ojitukselle. Kiinteistönomistajat voisivat myös arvostaa työstä jäljelle jäävää pienempää visuaalista haittaa.

Mikro-ojitustekniikan mahdollisuudet kustannussäästöihin korostuvat erityisesti pidemmillä reiteillä avokaivantoon verrattuna. Varsinkin silloin kun kyseessä on hyvin lyhyt asennusmatka kaupunkialueella, voi kaivaminen kuitenkin osoittautua halvemmaksi kuin verrattain uuden tekniikan käyttäminen. Jos mikro-ojitusta päästään toteuttamaan tarkoituksenmukaisesti, eli siten että asennusten paikkausvaatimukset mahdollistavat sauman pinnoittamisen ilman ylimääräisiä asfaltointitöitä vain syntyneen uran alueelta, voidaan ilman tarkempiakin kustannustietoja todeta mikro-ojituksen tuottavan kustannussäästöjä väliaikaisista ja lopullisista päällystekuluista leveään avokaivantoon verrattuna.

7.2 Kuparikaapelien ytimen purkamisen soveltuvuus käyttöön

Kabel-X – menetelmää käytetään silloin, kun halutaan hyödyntää olemassa olevia, mutta vanhaksi jääneitä kuparikaapelointeja ja välttää uusien putkituksen tai kaapeli-reittien kaivamista. Asennuksen aikana kuparikaapelia kaivetaan esille aina kahdesta pisteestä maksimissaan 400 metrin välimatkoilta kunnes kaapeli on purettu koko halutulta reitiltä. Yksityiskohtaisempi asennusmenetelmän kuvaus löytyy kappaleesta 6.1.

Konkreettisimmat edut tässä asennustekniikassa ovat vanhojen rakenteiden hyötykäyttö ja asfalttipinnoitteiden laajamittaisten auki kaivamisten välttäminen.

Dokumentointitietojen paikkansapitävyys korostuu kaikissa uusissa asennustekniikoissa, mutta tietenkin myös kaikessa maanalaisten elementtien rakentamisessa ylipäänsä. Vanhojen rakenteiden hyödyntämisessä on se etu, että niiden sijainti on jo valmiiksi dokumentoitu ja ilmoitettu tienpitäjille ja Kabel-X – menetelmän yhteydessä dokumentointitarpeet ovat vain uuden rakenteen eli kuitukaapelin päivittäminen van-

han kuparikaapelin sijaintiin. Jos työkohteena olevan kaapelin dokumentointi ei ole tarpeeksi tarkkaa eikä sijaintia tarkisteta esimerkiksi kaapelitutkalla ennen auki kaivamista, voidaan vahingossa tehdä ylimääräistä kaivutyötä.

Tienpitäjien lupatekniset asiat tämän tyyppiselle verkon rakentamiselle vaativat lisäselvityksiä, mutta voi hyvinkin olla että kaivulupia haettaessa tällainen pienempää ympäristövaikutusta aiheuttava asennustapa nähtäisiin vähemmän haitallisena kuin perinteinen avokaivantotyö. Purkupisteiden sijainnin salliessa esimerkiksi ajotiet voidaan pitää täysin liikennöitynä, sillä tien pintaa ei tarvitse rikkoa muualla kuin purkupisteiden auki kaivamisessa.

Maasta purettavat kuparikaapelit voidaan myös purkamisen jälkeen myydä eteenpäin.

Kabel-X – tekniikka vaikuttaa hyvältä ratkaisulta sovellusalueellensa eli sellaisiin verkon osiin, jossa kohteessa on jo kuparikaapelointi ja se halutaan purkaa pois valokuidun tieltä. Toisaalta laajalti patentoitu tekniikka saattaa vaikeuttaa asennuksissa käytettävän laitteiston ja ammattitaidon leviämistä laajemmin televerkkoja rakentavien yritysten käyttöön. Jos tekniikkaa voi toteuttaa vain yksi yritys koko maassa patentoidulla lisenssillä, on syytä miettiä sen vaikutusta työn teettämiseen ja kilpailuttamiseen sekä verkon rakentamiseen jatkossa.

7.3 Horisontaalisen suuntaporauksen soveltuvuus käyttöön

Suuntaporaustekniikkaa on hyödynnetty jo pitkään erilaisissa sovellutuksissa esimerkiksi öljyalalla ja yhdyskuntarakenteiden putkitusratkaisuissa. Se ei kuitenkaan ole vallannut erityisen suurta jalansijaa suomalaisten televerkkojen rakentamisessa. Tämä voi johtua useammasta syystä.

Horisontaalinen suuntaporaustekniikka vaikuttaisi sopivan parhaiten teiden, vesialueiden ja muiden maanalaisten rakenteiden alittamiseen silloin kun perinteistä kaivamista ei voida kustannusteknisistä tai ympäristöllisistä syistä käyttää. Maaperän koostumus vaikuttaa olennaisesti suuntaporaustekniikan käyttöön ja työnaikaiseen kanavan suojaamiseen, sillä reittejä voidaan porata kymmenien metrien syvyyksiin. Raskaasti liikennöityjen tiealueiden alittaminen suuntaporauksella voisi olla hyvä keino välttää tien pintarakenteiden heikentämistä ylimääräisillä kaivutöillä ja jälkipinnoitustöillä sekä paikkauksilla.

Suurimpia hyötyjä suuntaporaustekniikassa ovat asfalttipinnan rikkomisen vähyys ja erilaisten maanalaisten tai maanpäällisten rakenteiden ohittaminen alapuolelta. Koska porauksessa käytettäviä teriä voidaan ohjata todella tarkasti, pystytään tekniikalla alittamaan turvallisesti ruuhkaksiakin kohtia pinnan alaisissa rakenteissa kaupunkialueilla. Toisaalta sijainti- ja syvyystietojen merkitystä ei voi kuitenkaan unohtaa muiden verkon rakenteiden osalta, sillä pora on tunnoton virheellisesti dokumentoiduille muille rakenteille aiheuttamilleen tuhoille.

Suurin ongelma varsinkin pitemmissä reiteissä on tietenkin se, että kaapeli jää usein jonkin hajoamistapauksessa korjaustöitä vaikeuttavan rakenteen alle. Tällaisissa rikkoutumistilanteissa ainoa vaihtoehto korjata viallinen kaapeli saattaa olla poraamalla uusi reitti rikkoutuneen viereen ja asentaa uusi kaapeli.

On vaikea arvioida työstä aiheutuvia kustannuksia horisontaalisella suuntaporauksella tehtävällä kaapelin asennuksella kaupungissa pisteestä A pisteeseen B, eli perinteisen kaapelireitin kokonaistoteutuksessa. Menetelmästä voi kuitenkin olla huomattavaa hyötyä erikoistilanteisiin reittien varrelle ja myös mahdollistamaan kaapelireittien osien kulun sellaisten paikkojen kautta joita pitkin normaaleja kaivantoja ei voitaisi toteuttaa. Erityisesti rautateiden alitukset, varsinkin sellaisissa kohdissa joissa kiskoja on useita vierekkäin, voisivat olla oivallisia sovelluskohteita suuntaporaukselle aiemmin esitettyjen tilanteiden lisäksi.

8 TULOKSET

Kun haetaan kustannussäästöjä optisen liityntäverkon kaapeloinnin rakentamiseen, on yksi potentiaalisimmista ja helpoimmin lähestyttävistä keinoista pyrkimys välttää asfaltoinnin rikkomista ja tästä aiheutuvaa korjauspinnoittamista mahdollisimman paljon. Tämä lähestymistapa esiintyy kaikkien tässä opinnäytetyössä esiteltyjen tekniikoiden osana. Kaapelireitin suunnitteluun ja dokumentointiin tulee kiinnittää erityistä huomiota, jotta voidaan välttää rikkoutumisia ja siirtotarpeita esimerkiksi muiden lähellä olevien rakenteiden korjaustarpeiden vuoksi. Lisäksi kaapelireitit ja kaapeliverkko tulisi suunnitella niin että uudet asiakkaat voidaan liittää verkkoon ilman ylimääräisten jatkosten tekemistä.

Jotkin tässä opinnäytetyössä esitellyt menetelmät eivät sovellu nykyisiin säädöksiin kaapeleiden sijoittamisesta tierakenteisiin. Esimerkiksi mikro-ojitukseen olennaisesti liittyvä noin 30 cm asennussyvyys vaatii uusien ohjeiden ja säädösten luomista niin tienpitäjien kuin televerkkojen rakennuttajien puolelta.

Yksikään tässä opinnäytetyössä esitelty menetelmä ei voi täysin korvata nykyisiä menetelmiä televerkkojen rakentamisessa. Niiden avulla voidaan kuitenkin nopeuttaa tai helpottaa kaapelointien suorittamista ja näin saavuttaa kustannussäästöjä oikein suunniteltuina kuten kappaleessa seitsemän todetaan. Mikro-ojitustekniikkaa voitaisiin hyödyntää hyvin esimerkiksi jalkakäytävälle asennettuna ja asiakaskiinteistöjen kuitukaapelointiin poissa julkisilta tiealueilta, sillä näissä paikoissa on yleensä vähemmän muita maanalaisia rakenteita ja työstä jää asfaltille huomattavasti pienempi visuaalinen haitta kapean sauman muodossa. Horisontaalinen suuntaporaus soveltuu hyvin erityisesti erilaisten rakenteiden kuten rautateiden tai jokien alitukseen. Myös sellaiset kohteet joissa pinnan rakenteita ei haluta tai voida rikkoa ovat oivallisia kohteita suuntaporauselle. Suuntaporausksen kannattavuus perinteisessä suorassa asennuksessa vaatii lisätutkimuksia. Kuparikaapelien ytimen purkaminen ja mikrokaapelirakenteiden tilalle puhaltaminen on myös varteenotettava vaihtoehto esimerkiksi kuparikaapeloitujen kerrostalojen ja kiinteistöjen kuitukaapelointiin. Patentoitu tekniikka saattaa olla työmenetelmän suosiota kasvattava tai vähentävä tekijä.

Yleisiä suuntalinjoja optisten liityntäverkkojen rakentamisessa kustannustehokkaasti ovat kokonaan uusien asennustapojen lisäksi yhteistyö sähkö- ja vesiyhtiöiden kanssa, uusien asiakkaiden verkkoon liittymisestä johtuvien jatkostöiden optimointi ja jatkoslaitteiden mahdollisimman pieni koko. Jos putkielementtejä joudutaan aukaisemaan uusien kuitukanavien lisäämiseksi, tulee työssä käytettävien jatkoselementtien

olla mahdollisimman pieniä ja tietenkin ilmatiiviitä. Lisäksi maan päälle kaappeihin sijoitettavat kuitujatkokset helpottavat kuitujen käsittelyä erityisesti alueella johon odotetaan uusia asiakkaita lähivuosina, mutta kaapelointeja ei pystytä vielä toteuttamaan.

Opinnäytetyön suorituksen aikana pääsin myös seuraamaan TeliaSonera Finland Oyj:n suorittamaa mikro-ojitustekniikan pilottia. Tein tästä pilotista kirjallisen raportin TeliaSoneran sisäistä käyttöä varten. Asennuspilotin seuraaminen tarjosi hienon mahdollisuuden syventää omaa osaamistani ja hankkia konkreettisia kokemuksia tässä opinnäytetyössä esitellystä asennustavasta.

9 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön suorittaminen on vaatinut laajamittaista perehtymistä optisten valokuituverkkojen toimintaan ja rakenteisiin. Opinnäytetyön kirjoitusprosessin aikana pääsin työtehtävieni puitteissa TeliaSonera Finland Oyj:ssä tutustumaan niin kuituverkon konkreettiseen rakentamiseen esimerkiksi valokuitujen hitsaamisen muodossa, kuin myös osallistumaan mikro-ojitustekniikan pilottiprojektin toteutukseen. Opinnäytetyön toteutukseen kuului myös TeliaSoneran käyttöön laadittu raportti mikro-ojitustekniikan pilottiprojektin toteutuksesta ja sen johtopäätöksistä. Olen kiitollinen työtehtävieni ja tämän opinnäytetyön tekemisen aikana minulle auenneista mahdollisuuksista tutustua niin nykyaikaisten televerkkojen kuin tulevaisuuden tekniikoiden toimintaperiaatteisiin.

Opinnäytetyön aihealue on niin laaja ja erilaisia selvityksiä kuten kustannuslaskelmia vaativa, että syvällisemmälle tutkimukselle uusista asennustekniikoista on varmasti tarvetta. Uskon kuitenkin, että tämä opinnäytetyö voisi hyvin toimia pohjustuksena lisäselvitysten tekemiselle ja tarjota hyvän perustietopaketin työssä esitellyistä tekniikoista. Opinnäytetyön tekemisen aikana huomasin, että uudet asennustekniikat herättivät paljon kysymyksiä ja epäilyksiä ihmisissä joiden kanssa aiheesta keskustelin. Skeptisyys uutta ja tuntematonta kohtaan on täysin oikeutettua ja luonnollista. Jotkin riskitekijät ja mahdollisuudet selviävät vain kokeilemalla. Jos jokin esimerkiksi tässä työssä esitellyistä asennustekniikoista olisi täysin riskitön ja haasteeton, olisi se jo käytössä kaikkialla ympäri maailman. Loppujen lopuksi kyse on kuitenkin aina halutun riskitason ja mahdollisuuksien sovittamisesta yhteen parhaalla mahdollisella tavalla.

Tämän opinnäytetyön tekeminen on auttanut minua lisäämään kokonaisvaltaista ymmärrystä optisista televerkoista, mutta lisäksi kartutin myös raportointiin ja tekstin tuottamiseen liittyviä taitojani. Uskon että hankituista tiedoista on hyötyä työelämässä.

10 YHTEENVETO

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin ja vertailtiin uusia keinoja asentaa uudenlaisia valokaapeleita, kuten mikrokaapeleita, asfaltoiduilla alueilla liityntäverkon kuituyhteyksien toteuttamiseksi. Uusien tekniikoiden vertailun mahdollistamiseksi työssä tutustuttiin myös nykyisiin käytäntöihin ja menetelmiin asentaa valokaapeleita, sekä niiden rakenteisiin.

Opinnäytetyön aihealue on hyvin laaja ja myös ajankohtainen, sillä suomalaiset teleoperaattorit ovat uutisoineet vuoden 2011 aikana useista mikro-ojitustekniikkaan liittyvistä pilottiprojekteista. Tässä opinnäytetyössä esitellyt uudet asennustekniikat ovat vain osa ympäri maailmaa kehitettävistä tavoista helpottaa nykyisiä kalliiksi ja vaivalloisiksi todettuja asfaltin kaivamistekniikoita.

Työmenetelmien todelliset riskit ja mahdollisuudet esimerkiksi kustannussäästöihin tarkentuvat vasta pilottikohteiden rakentamisen myötä, mutta jo nyt voidaan todeta, että tässä työssä esiteltävät menetelmät – mikro-ojitus, horisontaalinen suuntaporaus ja kuparikaapelin ytimen purkaminen – ovat potentiaalisia vaihtoehtoja kaivinkoneella toteutettaville avokaivannoille. Kaikkien esiteltyjen tekniikoiden yleinen suuntalinja on pyrkimys vähentää asfaltin auki kaivamisen ja eritoten työn jälkeisen asfaltin korjauspaikkaamisen määrää. Uudet asennustekniikat voivat nopeuttaa optisten liityntäverkkojen rakentamisprosessia ja tarjota hyviä vaihtoehtoja verkon eri osien toteuttamiseen, mutta ne tuskin syrjäyttävät nykyisiä kaivamiskäytäntöjä täysin ainakaan lähivuosina.

LÄHTEET

Granlund, K. 2007. *Tietoliikenne*. Porvoo: Docendo.

ITU-T L.48 2003. Mini-trench installation technique. 1. painos Geneva: International telecommunication union.

Onninen Oy 2009. *Eurooppalainen yleiskaapelointi - opas standardisarjan EN 50173 soveltamiseen*. Helsinki: Onninen Oy.

A guide to network topology. [verkkosivu] Learn Networking 2008. [viitattu 26.3.2012]. Saatavissa: <http://learn-networking.com/network-design/a-guide-to-network-topology>

FTTH Handbook 2012. [verkkajulkaisu] FTTH Council Europe 2012. [viitattu 10.4.2012]. Saatavissa: <http://www.ftthcouncil.eu/EN/home/form-handbook>

Pursiainen, H. 2008. *Laajakaista kaikkien ulottuville. Kansallinen toimintasuunnitelma tietoyhteiskunnan infrastruktuurin parantamiseksi*. [verkkajulkaisu] Liikenne- ja viestintäministeriö [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa: <http://www.lvm.fi/web/fi/viestinta/strategiat/strategia/view/1127095>

The State of the Internet. [verkkajulkaisu]. Akamai Technologies, Inc. 2012. [viitattu 3.5.2012]. Saatavissa: <http://www.akamai.com/stateoftheinternet/>

Valokaapelit tele- ja tietoverkoissa. 4. painoksen uusintapainos [verkkajulkaisu]. Helkama Bica Oy 2004. [viitattu 21.3.2011]. Saatavissa: <http://helkamabica.fi/pdf/FlashCord-fi.pdf>.

Kaivutyöt ja tilapäiset liikennejärjestelyt pääkaupunkiseudulla. [verkkajulkaisu]. Helsingin kaupunki 2008 [viitattu 2.2.2012]. Saatavissa: www.hel2.fi/Helsinginseutu/Liitteet/PKS_tekninen_ohje.pdf

Kabel-x www-sivu [viitattu 1.5.2012]. Saatavissa: <http://www.kabel-x.com/>

Kansallinen tietoyhteiskuntastrategia. [verkkajulkaisu] Liikenne- ja viestintäministeriö 2006. [viitattu 1.5.2012]. Saatavissa: http://www.arjentietoyhteiskunta.fi/files/34/Kansallinen_tietoyhteiskuntastrategia.pdf

Sonera asentaa valokuitua uudella ympäristöä säästävällä mikro-ojitusteknologialla. [verkkajulkaisu] TeliaSonera Finland Oyj 2011. [viitattu 16.11.2011]. Saatavissa: <http://uutishuone.sonera.fi/2011/11/15/sonera-asentaa-valokuitua-uudella-ymparistoa-saastavalla-mikro-ojitusteknologialla/>

The directional boring advantage. [verkkajulkaisu] Directional Boring Central 2012 [viitattu 4.5.2012]. Saatavissa: <http://www.directionalboringcentral.com/library/dba/dbapamphlet.htm>

The advantage of blown optical fiber. [verkkojulkaisu] KITCO fiber optics 2012 [viitattu 10.4.2012]. Saatavissa: <http://www.armedforces-int.com/article/advantage-blown-optical-fiber.html>

Verkon toteutus. [verkkojulkaisu] Onninen Oy 2011. [viitattu 8.4.2012]. Saatavissa: http://www.onninen.com/finland/Tuotteet/tietoliikenne/Valokaapelitekniikkajaliityntaverkot/Kuitu_kotiin/Pages/Verkontoteutus.aspx