

Veikka Niemikotka

SYRJÄISTEN TAAJAMA-ALUEIDEN KIINTEISTÖJEN VERKKORATKAISUT

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta (BEN)
Tarkastaja: Piia Sormunen
Joulukuu 2023

TIIVISTELMÄ

Veikka Niemikotka: Syrjäisten taajama-alueiden kiinteistöjen verkkoratkaisut (Network solutions for properties in remote urban areas)

Kandidaatintyö

Tampereen yliopisto

Rakennustekniikan tutkinto-ohjelma

Joulukuu 2023

Nopeiden ja luotettavien verkkoyhteyksien tarve suomalaisissa kotitalouksissa on kasvanut merkittävästi suoratoistopalveluiden, verkkopelaamisen ja etätöiden suosion kasvun myötä. Tästä huolimatta suuri osa suomalaisten kotitalouksien verkkoyhteyksistä nojaa täysin langattomiin mobiiliverkkoihin, jotka eivät monelta osin vastaa kiinteiden yhteyksien ominaisuuksia. Työssä tutustutaan verkkoteknologioiden historiaan Suomessa ja tutkitaan, mitkä tekijät rajoittavat kiinteiden valokuituyhteyksien laajempaa yleistymistä. Lisäksi tutkimuksessa tarkastellaan, kuinka valokuituverkon rakentamisprosessi voidaan aloittaa syrjäisellä taajama-alueella.

Tässä tutkielmassa esitellään suomalaisille kuluttajille tarjolla olevia nykyaikaisia verkkoteknologioita, joiden avulla voidaan saavuttaa nopeita yli 100 mbps latausnopeuksia. Työssä käydään läpi, miten verkkoyhteys voidaan jakaa rakennuksen sisällä, ja mitä vaihtoehtoja perinteiselle seinän sisäiselle kaapeloinnille on olemassa. Työssä myös esitellään, mitkä asiat vaikuttavat mobiiliverkkojen signaalin kuuluvuuteen sekä erilaisia keinoja, miten tätä voidaan vahvistaa. Työssä käydään myös läpi kuuluutta vahvistavien verkkoantennien valitsemista sekä niiden suuntaamista parhaan yhteyden tuottavaan tukiasemaan. Tutkielman keskiössä ovat erityisesti syrjäisten taajama-alueiden kiinteistöt, joihin ei vielä tule kiinteää valokuituyhteyttä. Työn tuloksia voi kuitenkin hyödyntää myös syrjäisen kesämökin tai muun kiinteistön verkkoyhteyksien parantamiseen.

Työssä tutkitaan myös, miten päärakennuksen nopea verkkoyhteys saadaan jaettava piharakennukseen, kuten autotalliin tai piha-aitaan. Työn tutkimusmenetelmänä toimivat kirjallisuus- ja teknologiaselvitys, joiden avulla luotiin CBA- menetelmästä johdetut verkkoteknologioiden vertailutaulukot. Ominaisuuksien kokoaminen vertailutaulukoihin mahdollistaa selkeän vertailun ottaen samalla huomioon eri toteutustavoista aiheutuvat kustannukset. Työn lopputulosten avulla voidaan osoittaa sopivin verkkoteknologia moneen erilaiseen kohteeseen.

Avainsanat: Verkkoratkaisut, verkkoteknologiat, 5G, valokuitu, syrjäseutu

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO.....	1
2. KIRJALLISUUSSELVITYS.....	2
3. TEKNOLOGISET RATKAISUT.....	4
3.1 Historia.....	4
3.2 Valokuitu.....	5
3.3 Mobiiliverkko.....	6
3.4 Verkkoantennit.....	9
3.5 Tulevaisuudessa.....	13
4. TOTEUTUS KIIINTEISTÖSSÄ.....	15
4.1 Verkon toteutus uudisrakennuksessa.....	15
4.2 Verkon toteutus jälkiasennettuna.....	17
4.3 Verkon toteutuksen vertailu piharakennuksessa.....	17
4.4 Kiinteistön verkon toteutusten vertailu.....	20
5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	22
LÄHTEET.....	24

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

3G	Third generation. Kolmannen sukupolven matkapuhelinverkkoteknologia. Poistuu Suomessa kokonaan käytöstä vuoteen 2024 mennessä, jotta taajuuksia voidaan vapauttaa uusille 5G-yhteyksille.
4G	Fourth generation. Neljännen sukupolven matkapuhelinverkkoteknologia. Nimike kattaa useita eri teknologioita, jotka tarjoavat erilaisia latausnopeuksia, mutta pääsääntöisesti liittymien nopeudet yltyvät maksimissaan 200 mbps tasolle asti.
5G	Fifth generation. Uusin laajasti käyttöön otettu matkapuhelinverkkoteknologia, joka nimikkeenä kattaa useita eri teknologioita. Pääsääntöisesti liittymien latausnopeudet yltyvät maksimissaan 1000 mbps tasolle asti.
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line. Verkkoteknologia, joka hyödyntää perinteisiä puhelinkaapeleita eli kuparikaapeleita tiedonsiirtoon. Tekniikkaan kehittyneimmällä versiolla ADSL2+ voidaan saavuttaa parhaimmillaankin vain noin 24 mbps latausnopeuksia ja 3 mbps lähetyksenopeuksia.
Cat-luokka	Verkkokaapelit jaetaan Cat-luokkiin niiden maksimisiirtonopeuden (Mbps) ja kaistanleveyden (MHz) sekä häiriösuojauksen perusteella. Vuonna 2023 Cat-8 on uusin verkkokaapeli standardi.
dB	Desibelit kuvaavat tässä dokumentissa antennin vahvistusta, jossa suurempi desibelimäärä tarkoittaa tehokkaampaa antennia. Verkkoteknologiaan valitsemisessa 3 dBi:n lisäys merkitsee karkeasti 0,5 x pidempää kantamaa.
FTTH	Fiber To The Home. Valokuitu kotiin on tapa rakentaa valokuituverkko, siten että valokuitukaapeli tuodaan kuluttajalla kotiin sisälle asti.
FTTC	Fiber To The Curb. Valokuitu tienvarteen on tapa rakentaa valokuituverkko, siten että valokuitukaapeli kulkee tien varrella olevaan jakamoon asti, ja siitä eteenpäin käytetään kuparikaapelia.
Gbps	Gigabit per second. Erityisesti suurille nopeuksille käytetty lähetyksenopeus ja latausnopeuden yksikkö. Yksi gbps vastaa 1000 mbps.
Kaistanleveys	Viittaa datamäärään, joka voidaan siirtää tietyn ajanjakson aikana paikasta toiseen tietyssä verkossa. Jos verkko ruuhkautuu eli sillä

on sen kaistanleveyteen nähden liikaa käyttäjiä, täytyy yhden käyttäjän verkkoyhteyden nopeutta rajoittaa yhteyden takaamiseksi kaikille käyttäjille. Kaistanleveyden riittämättömyys on ongelma yleensä lähinnä mobiiliverkkoyhteyksillä.

Kuitumuunnin	Kuitumuunnin muuntaa valokuidun signaalit Ethernet-kaapelin signaaleiksi ja päinvastoin. Laite tarvitsee prosessiin verkkovirtaa.
MB/s	Megabyte per second. Toinen vähemmän käytetty lähetys ja latausnopeuden yksikkö. 1 megatavu (MB) on 8 megabittiä (Mb). Yksikkö on siis helppo sekoittaa pienellä kirjoitettuun Mb/s, joka ei kuitenkaan ole arvoltaan sama yksikkö.
Mbps	Megabit per second. Lähetys ja latausnopeuden yksikkö, joka mittaa siirtynyttä dataa aikayksikköä kohden. Mitä suurempi Mbps-arvo on, sitä nopeampi on tiedonsiirtonopeus. Käytetään usein tiedonsiirtonopeuksien vertailuun. Mbit/s ja Mb/s ovat vähemmän käytettyjä lyhenteitä täysin samalle yksikölle.
MIMO	Multiple-Input and Multiple-Output. Käytännössä tarkoittaa, että tuote hyödyntää useampaa antennia, joiden signaali yhdistyy taaten suuremman nopeuden, kantaman ja luotettavuuden. Kun hankkii MIMO antennin täytyy myös reitittimen tukea MIMO-antenneja, eli käytännössä reitittimessä tulee olla ainakin kaksi antennijohdon kiinnityspaikkaa.
Mesh-reititin	Verkkolaite, joka jakaa yhtä suurta verkkoa muiden samanlaisten tukiasemien tai reitittimien kanssa. Usein vain mesh-reititin saa yhteyden verkkokaapelista, kun muut tukiasemat jakavat sen signaalia langattomasti.
Mobiilidata	Matkapuhelinverkon yli lähetetty tieto, kuten viestit, kuvat tai videot. Jotkut operaattorit voivat rajoittaa liittymällä lähetetyn mobiilidatan määrää keinotekoisilla rajoituksilla.
RJ-45	Ethernet-verkkojen kaapeleissa käytettävä liitintyyppi. Yleisin reitittimissä ja tiekoneissa käytetty verkkojohdon liitin.
Rajoittamaton data	Viittaa siihen, että mobiililiittymällä ei ole datankäyttörajoituksia, eli liittymää voi edelleen käyttää, vaikka sillä olisi jo lähetetty huomattavan paljon dataa.
VDSL	Very High Bit Rate Digital Subscriber Line. ADSL teknologian seuraaja, joka mahdollistaa jopa 100 mbps latausnopeudet ja 40 mbps lähetysnopeudet. Nopeimmat VDSL yhteydet hyödyntävät valokuitukaapeleita jakamoille, joista yhteydet jaetaan edelleen koteihin perinteisiä kuparikaapeleita pitkin. Nopeat VDSL yhteydet edellyttävät kuitenkin, että kodista on alle 250 m jakamoon.

Viive

Tarkoittaa aikaa, joka kuluu tiedon lähettämisestä vastaanottavaan pisteeseen ja takaisin. Ping on erityisesti pelaamisessa käytetty tapa, jolla viivettä voidaan mitata. Mitä kauempana pelipalvelin on, sitä suurempia ovat ping ja viive. Asiat ruudulla tapahtuvat siis myöhemmin kuin pienemmän viiveen omaavilla pelaajilla.

1. JOHDANTO

Nopeiden verkkoyhteyksien tarve suomalaisissa kotitalouksissa on kasvanut voimakkaasti suoratoistopalveluiden, verkkopelaamisen ja erityisesti vuoden 2020 koronakriisin tuoman etätyön suosion seurauksena (Vironen 2021). Silti vuonna 2022 vain noin 73 %:lla suomalaisista kotitalouksista oli saatavilla kohtalaisen nopea 100 mbps kiinteä verkkoyhteys. Kiinteiden yhteyksien määrässä Suomi jääkin selvästi muista Pohjoismaista, joissa kaikissa on saavutettu jo yli 90 % kattavuus. Tilastoja osaltaan selittää se, että Suomessa lähes kaikissa puhelinliittymissä on rajaton datan käyttö, jonka vuoksi moni käyttää puhelinliittymää verkon jakamiseen myös kotioloissa. Tämä ilmiö heijastuu myös siinä, että suomalaiset käyttävät Pohjoismaista ylivoimaisesti eniten mobiilidataa eli keskimäärin 63,3 gigatavua dataa kuukaudessa verrattuna esimerkiksi Ruotsin 24,4 gigatavuun. (Nordic-Baltic Telecom Statistics 2022)

Verkkoyhteyden nopeudesta puhuttaessa viitataan lähes aina oikeasti verkkoyhteyden latausnopeuteen, joka on peruskäyttäjälle lähetyksenopeutta huomattavasti tärkeämpi tieto. Latausnopeus vaikuttaa suoraan siihen, kuinka nopeasti verkkosivut ja -videot sekä tiedostot latautuvat. Nopea verkkoyhteys on suhteellinen käsite, joka vaihtuu vuosi vuodelta verkkoteknologian kehittyessä ja yleistyessä. Kun tarkastellaan taajama-alueiden kiinteistöille vuonna 2023 tarjolla olevia yhteysvaihtoehtoja, voidaan 100 mbps yhteys määritellä tämänhetkiseksi, kohtalaisen nopeaksi perustasoksi ja yhteydet siitä ylöspäin nopeiksi yhteyksiksi. Nopean yhteyden toteuttamisen vaihtoehtoja on useita, mutta ne voidaan pääpiirteittäin luokitella kahteen kategoriaan: langattomiin ja langallisiin yhteyksiin.

Tässä tutkielmassa vertaillaan suomalaisille kuluttajille tarjolla olevia verkkoteknologioita rakennustekniikan näkökulmasta ja tutkitaan niiden soveltuvuutta erilaisiin kohteisiin. Lisäksi työssä tutkitaan, miten erilaiset rakennusmateriaalit vaikuttavat sopivan verkkoteknologian valitsemiseen rakennuksen sisällä. Tutkielman keskiössä ovat erityisesti syrjäisten taajama-alueiden kiinteistöt, joihin ei vielä tule kiinteää valokuituyhteyttä. Työn tuloksia voi kuitenkin hyödyntää myös syrjäisen kesämökin tai muun kiinteistön verkkoyhteyksien parantamiseen. Työn tutkimusmenetelminä toimivat kirjallisuus- ja teknologiaselvitys, joiden avulla kootaan teknologioiden vahvuudet ja heikkoudet sekä niihin liittyviä uhkakuvia.

2. KIRJALLISUUSSELVITYS

Piha J kertoo 2020 opinnäytetyössään, että valokuituverkoista on muodostunut välttämättömyys nykyaikaisessa liike-elämässä, tavallisessa arjessa sekä viihteessä. Syrjäseudulla etäisyydet, joille uutta verkkoa pitäisi rakentaa ovat usein pitkiä ja asukkaita on verrattain vähän. Tietoliikenneinfrastruktuuria rakennetaan Suomessa markkinaehtoisesti, jonka vuoksi erityisesti syrjäseuduilla teleoperaattorit harvoin ovat valmiita rakentamaan kalliita yhteyksiä niistä haaveileville asukkaille. Rahoitus on siis syrjäseutujen valokuiturakentamisen kriittisin tekijä ja suurin este. Tilanteessa, jossa investointi syrjäseudulle ei ole verkkoyhtiölle kannattava, paikallisten yhteisöjen aktiivisuus asiassa korostuu. Koska myös syrjäseutujen yrityksiä ja kuluttajia kiinnostaa hankkia tulevaisuuden tarpeisiin vastaava tietoliikennepalvelu, on Suomeen perustettu lukuisia osuuskuntia ja yksityisiä yrityksiä, joiden tavoitteena on kerätä rahoitus kasaan palvelun toteuttamiseksi. Kun syrjäseudulle lähdetään verkkoa rakentamaan, tarvitaan siihen usein kuitenkin myös julkista tukea, joka tulee yleensä kolmelta taholta: Liikenne- ja viestintävirastolta, ELY-keskuksilta ja kunnilta.

Kunnilla on alusta asti ollut tärkeä rooli valokuituverkkojen rakentamisessa Suomessa. Tilanteessa, jossa verkkoyhtiö ei ryhdy markkinaehtoisesti verkkoa kuntaan rakentamaan, mutta sellaiselle olisi kysyntää, on kunnalla vaihtoehtoja lähteä edistämään asiaa muilla tavoin. Tyypillisesti perustetaan verkkoyhtiö, joka tulee kunnan tai kuntien omistamaksi osakeyhtiöksi. Tämä kuntien ylläpitämä verkkoyhtiö harvoin kuitenkaan tarjoaa palvelujaan suoraan kuluttajille vaan sen toiminta rajoittuu rakentamiseen ja ylläpitämiseen. Tällaista toimintatapaa, jossa loppukäyttäjille tulevat palvelut tulevat teleoperaattoreilta voidaan myös pitää kuluttajille edullisena, sillä tällöin kuluttaja voi yleensä valita palveluntarjoajansa itse. Useissa kunnissa on myös havahduttu siihen, että samalla kun rakennetaan muuta kunnallistekniikkaa, voi samalla olla kannattavaa asentaa myös valokuitukaapelia, vaikka se ei tulisikaan heti käyttöön. (Piha 2020 s. 25–26)

Mobiiliverkkoja ei ole olemassa ilman laadukasta valokuituinfrastruktuuria, kirjoittaa Piha J. Tämä johtuu siitä, että jokaisen 5G-maston on liityttävä runkoverkkoon valokuitukaapeilla teknologian valtavan suuren tiedonsiirtokapasiteetin vuoksi. Koska viidennen sukupolven verkkoteknologialla on suhteellisen lyhyt kantama, on myös 5G-mastot rakennettava mahdollisimman lähelle loppukäyttäjää. 5G-verkon nopean laajentamisen mahdollistamiseksi teleoperaattorit ovat alkaneet vuokrata syrjäseutujen yhteisöjen aktiivisuuden seurauksena syntyneitä valokuituverkkoja. Tämä voi olla seutuverkoille suuri taloudellinen etu, joka toisaalta kannustaa verkkoja myös laajenemaan edelleen. 5G- ja

valokuitu siis tarvitsevat toisiaan, ja niiden laajempi käyttöönotto kulkee käsi kädessä erityisesti syrjäseuduilla.

3. TEKNOLOGISET RATKAISUT

3.1 Historia

Suomen ensimmäinen puhelinlinja pystytettiin vuonna 1877, mutta vasta 1900-luvun puolivälissä alkoi jokaisesta kotitaloudesta löytyä oma lankapuhelin. Puhelintolpissa ilmalankoja pitkin kulkevat kuparikaapelit muodostivat laajan verkon, joka oli usean vuosikymmenen rakentamisen ja investointien tulos. Valmis infrastruktuuri mahdollisti myös internetin nopean popularisoitumisen 1990-luvulla, kun internet nykymuodossaan alkoi muotoutua ja sähköpostin käyttö yleistyi. Puhelinlankoja hyödyntävä DSL-modeemien kehittyneempi tekniikka ADSL2+ tarjosi parhaimmillaan noin 24 mbps latausnopeuksia ja 3 mbps lähetysnopeuksia. (Tilastokeskus 2007) Koska puhelinlankoja ja -pistokkeita ei alun perin ollut tähän tarkoitukseen tarkoitettu, teknologia vanheni varsin nopeasti. ADSL-tekniikkaa seurasi VDSL, joka yhdistää valokuitukaapeleita ja vanhoja kuparijohdotta taaten tekniikan kehittyneimmillä versioilla jopa 100 mbps latausnopeuksia (Kannisto & Kangasniemi 2023). Nykypäivänä kaikki DSL-pohjaiset teknologiat ovat vanhentuneita, mutta niitä käytetään edelleen vanhemmissa taloyhtiöissä, joista löytyy edelleen puhelinpistokkeet. Langattomien yhteyksien parantuessa ilmalankoina kulkeneita kuparikaapeleita alettiin poistaa vuoden 2010 jälkeen, mikä tuli monelle niitä luotettavina pitäneelle suurena järkytyksenä (Pajala 2019).

2000-luvun alussa langattomat 3G-yhteydet tarjosivat ensimmäistä kertaa haastajan perinteiselle kupariyhteydelle saavuttaen noin 20 mbps latausnopeudet. 3G yleistyi samaan aikaan kuin matkapuhelimet, kun verkkoyhteyttä alettiin tarvita muuallakin kuin työpaikoilla. Verkkotukiasemien ja infrastruktuurin rakentaminen alkoi kaupungeista ja oli alussa hidasta, minkä vuoksi langattomat teknologiat saivat heikon maineen varsinkin maaseudulla. (Pekki 2009, s. 13–15) Ensimmäiset neljännen sukupolven yhteydet avattiin Suomessa vuonna 2010, jolloin niille luvattiin noin 50 mbps latausnopeuksia. Tekniikan yleistyessä ja kehittyessä maksiminopeudet nousivat, mutta käytännössä 4G-liittymien nopeus vaihtelee edelleen merkittävästi saavuttaen keskimäärin 10–100 mbps. Tätä korkeampiin lukemiin päästään vain kaupungeissa, joissa tukiasemia on voitu sijoittaa tarpeeksi tiuhaan. (Speedtest 2023)

5G-yhteyksien piti mullistaa tiedonsiirto ja tuoda mukanaan langattomien yhteyksien uusi kulta-aika. Teknologian ja sitä tukevien laitteiden kehitys oli kuitenkin monien odotuksia hitaampaa. Maailman ensimmäinen 5G-verkko avattiin Tampereella vuonna 2018, johon mennessä myös 4G-teknologia oli ehtinyt kehittyä merkittävästi (Levo 2020, s. 9).

Vuonna 2021 5G-liittymien kattavuus Suomen asutetuilla alueilla nousi 12 %:sta 72 %:iin, minkä seurauksena 5G-liittymistä tuli ensimmäistä kertaa realistinen vaihtoehto monelle suomalaiselle (Clausnitzer 2023). Suomessa vuonna 2023 kuluttajille tarjottavien 5G-liittymien maksiminopeudet liikkuvat 300 ja 1000 mbps välillä. Vuonna 2021 suomalaiset operaattorit poistivat nopeita 300 mbps omaavia 4G-liittymiä kokonaan tarjonnasta, jotta 4G- ja 5G-liittymien erot saatiin näyttämään entistäkin suuremmille. (Telia 2021a) 5G-verkkojen kattavuusalue on viime vuosina laajentunut Suomessa nopeasti, osin sen vuoksi, että vanhoja 3G-verkkoja on poistettu käytöstä, jolloin uusia taajuuksia on vapautunut 5G-verkoille (Elisa 2023).

3.2 Valokuitu

Valokuitu on kvartsilasista valmistettu ohut johdin, jossa tietoa voidaan siirtää hyvin nopeasti laservaloa hyväksikäyttäen. Verkkoteknologiana valokuitu muodostaa koko maailman verkkoliikenteen pohjan, sillä runkoverkot ja mobiiliverkon käyttämät verkkomastot yhdistyvät kaikki valokuitukaapeleita pitkin. (Piha 2020) Valokuidun arvioitu käyttöikä on noin 30–100 vuotta, ja sen nopeuksia rajoittavat nykyisin lähinnä päätelaitteet ja keino-tekoiset kaistarajoitukset. Suurimmat todelliset nopeudet, joita valokuidulla voitaisiin saavuttaa, liikkuvat 20–50 gbps eli jopa 50 000 mbps suuruusluokassa. (Valoo 2023) Vuonna 2023 nopeimmat kuluttajille tarjolla olevat internetyhteydet Suomessa yltyvät jo 10 000 mbps eli 10 Gbps latausnopeuksiin (Lounea 2021). Kiinteä valokuituyhteys onkin paperilla monella tapaa ylivertainen kaikkiin muihin tekniikoihin verrattuna, pienen viiveen, korkeiden nopeuksien ja suuren kaistanleveyden vuoksi.

Luotettava ja nopea valokuituyhteys nostaa asunnon arvoa jopa useilla tuhansilla euroilla, kertoo Kiinteistömaailman kiinteistönvälittäjä Markku Johansson (Vuorinen 2022). Uusinta verkkoteknologiaa hyödyntävien kiinteiden valokuituyhteyksien määrä on noussut Suomessa tasaisesti, ja vuonna 2022 noin puolella Suomen kotitalouksista oli mahdollisuus liittyä kuituoptiseen yhteyteen (Nordic-Baltic Telecom Statistics 2023). Valokuituun liittyminen on kuitenkin usein varsin kallista, ja usein liittymismaksu vaihtelee sadoista euroista muutamaan tuhanteen euroon. Valokuituyhteydestä saa usein maksaa myös useita kymmeniä euroja korkeampaa kuukausimaksua, vaikka paperilla verkon nopeudet olisivatkin samat kuin mobiililiittymällä. Hintoja tällä tavalla vertaillaessa täytyy kuitenkin muistaa, että kiinteällä yhteydellä luvattuihin maksiminopeuksiin usein oikeasti päästään ja että mobiililiittymillä samasta kaistanleveydestä kilpailevat kaikki naapurit.

Lisäksi valokuidun tarjoama minimaalinen viive tekee siitä ominaisuuksien suorassa vertailussa varsin ylivertaisen.

Valokuitukaapelin asentamiseen on useita tapoja, joista yleisimpiä ovat auraaminen tai kaivaminen, jossa kaapeli asennetaan muun kunnallistekniikan sekaan 70 cm syvyyteen (Piha 2020, s. 36). Pientaloalueilla on hiljalleen yleistynyt myös mikrosahaustekniikka, jossa kaapeli asennetaan vain 2,5 cm leveään ja 40 cm syvään railoon. Mikrosahauksen etuja ovat muun muassa sen nopeus ja minimaaliset haitat asukkaille. Se ei kuitenkaan kaikkiin olosuhteisiin sovellu, ja Suomessa moni kunta on epäillyt, kuinka matalalle asennettu kaapeli kestää roudan vaikutuksia. (Vuolteenaho & Salmi 2018) Valokuitukaapelin katkeaminen esimerkiksi maamuokkauksen seurauksena katkaisee välittömästi internetiyhteyden, jonka korjaaminen usein kestää päivistä viikkoihin. Kaapelin korjaushitsaaminen on kallis operaatio, josta lasku tulee yleensä aina syylliselle, mikäli sellainen on mahdollista osoittaa. Kaapelin asennustavasta riippumatta tulisi se myös aina merkitä hyvin keltaisella varoitusnauhalla, joka sijoitetaan 20 cm kaapelin yläpuolelle.

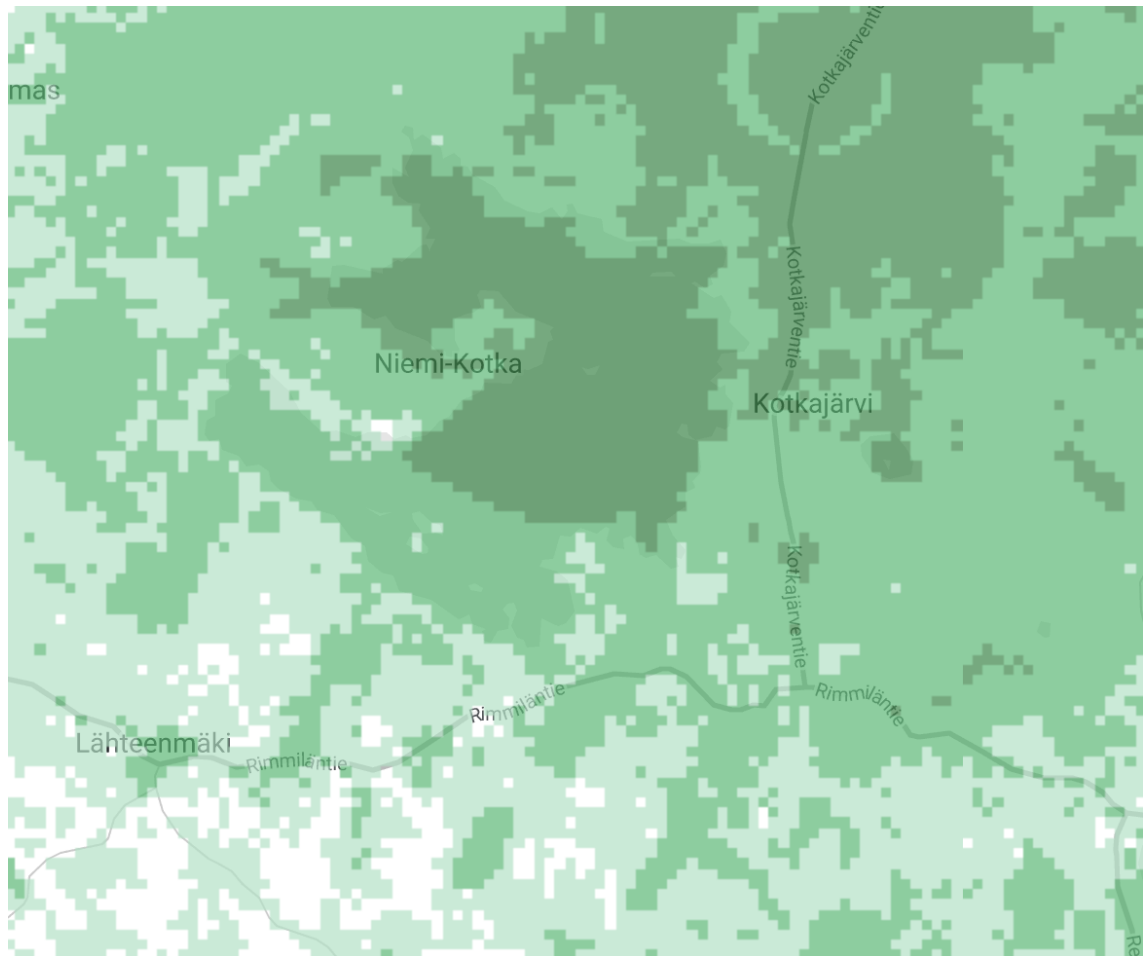
Usein taajamissa valokuitu vedetään keskeisellä paikalla sijaitsevaan jakamoon, josta sitä lähdetään jakamaan kotitalouksiin erilaisia teknologioita käyttäen. Tässä kannattaakin olla tarkkana, sillä monessa tapauksessa verkkoyhtiöt mainostavat yhteyttä valokuitu nimellä, siitä huolimatta, että teknologia muuttuu kuparikaapeliksi jakamon ja talon välillä. Toki nykypäivän kuparikaapelit ovat kehittyneet huomattavasti, mutta tekniikan vaihtumisesta aiheutuu usein viivettä ja se rajoittaa verkon mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Moni verkkoyhtiö suosii tällaista edullisempaa toteutustapaa FTTC:tä eli kuitua kaapille, varsinkin jos vanhoja olemassa olevia kuparikaapelointeja päästään hyödyntämään. Alusta loppuun kuitukaapelina toteutettu ratkaisu FTTH eli kuitu kotiin asti on ainoa valokuidun toteutustapa, jolla kaikkiin valokuidun tuomiin hyötyihin päästään käsiksi. (Lindholm 2013, s.17–19)

3.3 Mobiiliverkko

Suomessa on vuonna 2023 kolme eri teleoperaattoria, joilla on oma mobiiliverkko: Telia, Elisa ja Dna. Teknisesti mukaan voidaan laskea neljäs: virtuaalioperaattori Moi, joka hyödyntää Dna:n verkkoa (Moi 2023). Operaattorien verkkoyhteys jaetaan käyttäjille linkkimastoista, joissa perinteisesti on usean eri operaattorin tukiasemia, radio- ja tv asemia sekä viranomaisverkon asemia. Kaupungeissa tukiasemat ovat usein myös korkeiden

rakennusten katoilla tai esimerkiksi vesitorneissa. Se, että mikä operaattori tarjoaa kiinteistöön nopeimman ja stabiileimman yhteyden riippuu pitkälti siitä, mikä masto ja tukiasema sattuu olemaan lähimpänä sekä suunnattuna kohteeseen. Näiden mastojen sijainnit tai suuntaukset eivät turvallisuussyistä ole julkista tietoa eivätkä teleoperaattorit niitä yleensä edes kysymällä paljasta. Vaikka kaikki operaattorit tarjoavat suuntaa antavia kuuluvuuskarttoja verkkosivuillaan on eri operaattorien SIM-korttien kokeileminen silti edelleen helpoin tapa selvittää käytännön kuuluvuus alueella.

Signaalien kuuluvuuteen vaikuttavia tekijöitä on monia, joista suurin heikentävä vaikutus on korkeilla maastonmuodoilla kuten vuorilla ja kukkuloilla. Järvet ja muut suuret vesimassat taas kantavat signaaleja erittäin hyvin (Telia 2023b). Kuten 4G-yhteydet niin myös 5G-verkot hyödyntävät eri ominaisuuksia omaavia erilaisia taajuuksia. Erityisesti taajama-alueille rakennettava korkeimpiin jopa 1000 mbps nopeuksiin yltävä 5G hyödyntää Suomessa 3,5 GHz taajuusaluetta. Korkean taajuuden vuoksi, kattava ja nopea 5G vaatii paljon tukiasemia ja käytännössä lähes aina suoran näköyhteyden tukiasemaan. Myöhemmässä kappaleessa käsiteltävillä verkkoantenneilla voidaan myös kasvattaa verkon kantamaa ja signaalin voimakkuutta merkittävästi. Suomessa erityisesti maaseudulla tullaan hyödyntämään 3G-yhteyksiltä vapautuneita 700 MHz taajuuksia, jolla on suurempi, jopa 10 kilometrin kantama, mutta jolle luvataan toistaiseksi vain 100 mbps maksiminopeuksia. Voidaan siis tiivistää, että suuri taajuus mahdollistaa korkeammat nopeudet pienellä alueella, kun taas pienestä taajuudesta seuraa suuri kattavuusalue verkon nopeuden kustannuksella. (STT 2022)



Kuva 1. Telian 5G-kuuluvuuskartta havainnollistaa kuinka signaalit kulkeutuvat erinomaisesti järven päällä. Tummempi väri tarkoittaa vahvempaa signaalia (Telia 2023b).

Monissa erityisesti maaseudulla sijaitsevissa kodeissa ei ole mahdollisuutta liittyä kiinteään valokuituverkkoon, eikä valokuidun kaivaminen tulevaisuudessakaan näytä välttämättä järin todennäköiselle. Suomessa on myös noin puoli miljoonaa kesämökkiä, joista moni sijaitsee paikassa, jossa kiinteää yhteyttä ei ole, tai mobiiliverkon kuuluvuus on alueella huono (Tilastokeskus 2020). Kuituyhteyden keskeinen haaste on asiakaskohdainen investointikustannus, jolta voidaan välttyä toteuttamalla verkon viimeinen kilometri 5G – avulla. Jopa suuret verkko-operaattorit ovat erimielisiä siitä, että tarvitsevatko kuluttajat nopeita valokuituyhteyksiä vai onko 5G kustannustehokkaampi ja riittävä verkko-tekniologia kotitalouksille (Ziemann 2019). Kiinteistöissä missä kiinteää yhteyttä ei ole, on SIM-korttia hyödyntävä 5G-reititin mahdollisilla lisäantenneilla yleensä parhaan yhteyden tuottava vaihtoehto.

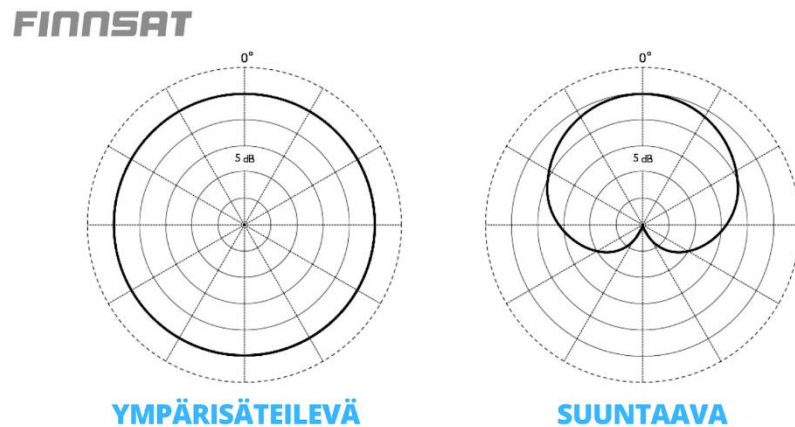
4G-yhteyksien ongelmaksi on muodostunut ruuhkaantuminen eli se, että alueella käytetään dataa enemmän kuin alueen verkkolaitteilla on kapasiteettia tarjota. Ongelma esiintyy aikoina, joina verkon käyttö on ollut suurimmillaan eli esimerkiksi perjantai-iltaisina,

kun perheet kokoontuvat katsomaan 4K-elokuvia suoratoistopalveluista. Tällaisessa tilanteessa kaikkien käyttäjien verkon nopeutta on jouduttu operaattorien toimesta rajoittamaan, jotta kaikille on voitu tarjota palveluja tasaisesti. Radikaalimpi esimerkki samasta ongelmasta tapahtuu vuosittain festivaali- ja messualueilla, jossa suuri käyttäjämäärä onnistuu lamauttamaan kaiken tietoliikenteen, lähettämällä suuria tiedostoja ja jakamalla videoita. Tällaisissa tilanteissa on 5G tarjoaa ratkaisun suurella kaistanleveydellä. Joillekin pelkästään nämä harvat 4G- toimimattomuuden hetket ovat olleet riittävä syy päivittää verkkoliittymää. 5G-liittymien tarjoamille valtaville maksiminopeuksille eli jopa 1000 mbps on harvassa kotitaloudessa vielä löytynyt varsinaista käyttöä, varsinkin mikäli nopea 4G voi saavuttaa samalla paikalla saavuttaa jopa 300 mbps. Verkon nopeus itsessään on harvoin kovin hyvä syy päivittää 4G-liittymä 5G-liittymään. Suurin käytännön ero teknologiasukupolvien välillä on pelaamiselle tärkeä viive sekä toiminnan luotettavuus eli suuri kaistanleveys, joka harvoin menee tukkoon. Käyttäjä- ja datamäärien noustessa merkittävästi on kuitenkin todennäköistä, että 5G-alkaa jossain kohtaa ruuhkautua aikaisempien sukupolvien tavoin.

On myös taajama-alueita, joilla 4G-verkko ei koskaan ole ruuhkaantunut ja sen toiminta on ollut luotettavaa. Mikäli nopea 4G alueella kuuluu, voi kynnyksellä kalliimman hieman nopeamman 5G-liittymän ottamiseen nousta huomattavasti. Vuonna 2023 keskimääräinen rajaton 4G-liittymä, jossa ei ole datankäyttö rajoituksia maksaa noin 20- 30e kuukaudessa. Rajoittamattomien, suuremman nopeudet saavuttavien 5G-liittymien hinnat taas ovat keskimäärin 30– 50e. (Telia 2023b) Eri sukupolven matkapuhelinverkkotekniikat ovat myös taaksepäin yhteensopivia, tarkoittaen, että jos 5G-verkko ei alueella kuulu, niin päätelaite voi todennäköisesti hyödyntää 4G-verkkoa, jolla on Suomessa toistaiseksi suurempi kattavuusalue. Suurin este 5G-yhteyksien yleistymiselle Suomessa onkin nopea ja kattava 4G-verkko. (Nordic-Baltic Telecom Statistics. 2023)

3.4 Verkkoantennit

Verkkoantenni on mobiilireitittimeen kiinnitettävä lisäantenni, joka parantaa mobiiliverkon signaalin vahvuutta. Signaalin kuuluvuuden ollessa heikko, verkkosivut lataavat hitaasti eikä liittymällä päästä lähellekään sille luvattuja nopeuksia. Verkkoantennit voidaan jakaa pääpiirteisesti kahteen tyyppiin: ympärisäteileviin ja suuntaaviin antenneihin. Ympärisäteilevä tarkoittaa, että antenni luo ympärilleen ympyrän muotoisen säteilyalueen ja suuntaava vastaavasti, että säteily tapahtuu vain siihen suuntaan, johon antenni osoittaa. Ympärisäteilevä antenni on yleensä putkilon muotoinen, pystyyn asennettava antenni, joka on suunnilleen Pringles- purkin kokoinen. (Finnsat 2021)

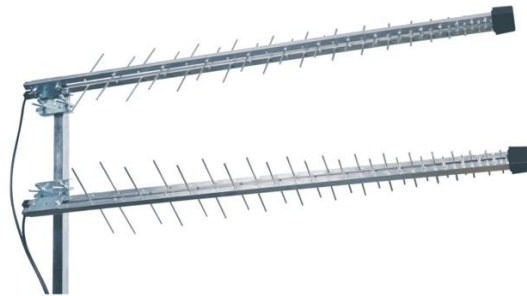


Kuva 2. Erilaisten antennityyppien muodostama suuntakuvio (Finnsat 2021).

Suunta-antenni on lähes aina muodoltaan haravamainen, vaikkakin joskus metalliharavamaisen rakenteen saattaa peittää ohut muovikerros. Suunta-antennin suurin etu on sen toimintaetäisyys, joka on yleensä huomattavasti ympärisäteilevää antennia suurempi. Taajamissa, joissa verkkomastoja on useita eikä mikään yksittäinen tukiasema ole selkeästi ylivoimainen tai lähettimen sijainti ei ole muuten tiedossa voi ympärisäteilevä antenni olla kuitenkin paras vaihtoehto. Suomessa mobiiliverkot käyttävät tällä hetkellä taajuusaluetta 700–3800 MHz. Yleisesti voidaan todeta, että mitä pienempi taajuus, sitä suurempi kuuluvuusalue ja mitä suurempi taajuus, sitä suurempi maksiminopeus. Kun on hankkimassa 5G-antennia kannattaa ehdottomasti pyrkiä ostamaan koko Suomen taajuusaluetta tukeva verkkoantenni. (Satshop 2023)



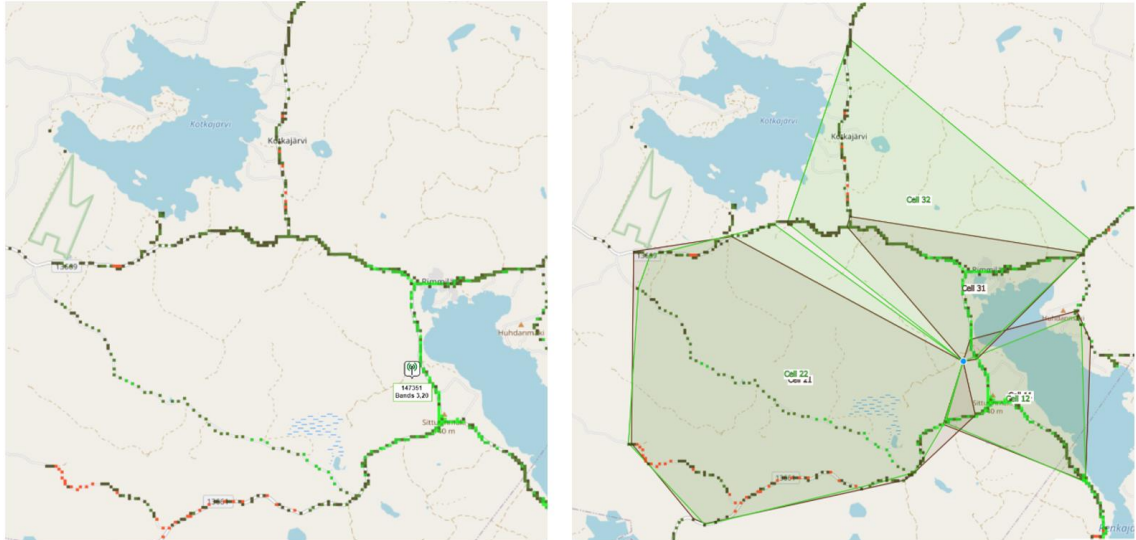
Kuva 3. Dawn Communication 5G/4G MIMO ympärisäteilevä antenni 698-4000 MHz taajuuksille 2,5-5 dBi vahvistuksella (Satshop 2023a).



Kuva 4. Iskra P-60 MIMO 5G/4G-suunta-antennipaketti 600-3900 MHz taajuuksille 2 x 10,5 dBi vahvistuksella (Satshop 2023b).

Cellmapper on palvelu, joka on Android sovelluksensa ladanneiden käyttäjien datan avulla paikantanut operaattorien verkkomastojen sijainnit, mitä pääsee tarkastelemaan cellmapper.net verkkosivulla (Cellmapper 2023). Cellmapper- palvelulla on mahdollista lähes aina mahdollista selvittää hyvin tarkasti maston sijainti, taajuus sekä tukiaseman suuntaus. Suunta-antenni on näiden tietojen avulla mahdollista suunnata äärimmäisen tarkasti taaten yleensä ympärisäteilevää antennia huomattavasti paremman yhteyden (Finnsat 2021). Suunta-antennit ovat haravamaisen rakenteensa ja suuren kokonsa vuoksi kuitenkin varsin epäesteettisiä verrattuna kompakteihin ympärisäteileviin antenneihin.

Tukiasemaa valitessa kannattaa ottaa huomioon, että vesialueet kuten järvet kantavat signaaleja erinomaisesti, jonka vuoksi esimerkiksi kauempana oleva järven toisella puolella oleva tukiasema saattaa kuulua kohteeseen paremmin kuin lähempänä oleva metsän tai maastoesteen takana oleva masto. Antennin asennuksessa tulisi tavoitteena aina olla suora näköyhteys eli antenni tulisi asentaa aina niin korkealle, että siitä voi esteettä suoraan nähdä linkkitornin. Antennit tulisi myös aina pyrkiä asentamaan katon yläpuolelle, koska katon metalli saattaa heikentää signaalia huomattavasti.



Kuva 5. Telian verkon masto ja sen tukiasemien suuntaukset kuvattuna Cellmapper-palvelussa.

Kuvasta 5 näkee kuinka matalataajuuksinen 800 Mhz Cell 32 kattaa suuren alueen, johon sen matalasta lähetystaajuudesta, kun taas korkeataajuuksiset ruskeat alueet kattavat pienemmän alueen. Nyt kun Cellmapperin avulla on paikannettu lähin masto ja tukiasema, jotka tukevat korkeampia taajuuksia voidaan satelliittikuvien avulla saada varsin tarkka kulma mihin suuntaan antenni tulee asentaa. Cellmapper kertoo koordinaatit mastolle ja usein satelliittikuvista voi myös havaita itse maston tai vähintään sen varjon, jonka avulla voidaan vielä tarkemmin määrittää mittauksen aloituspiste. Käyttämällä esimerkiksi Google-karttojen "mittaa etäisyys" työkalua voidaan piirtää suora viiva mastolta antennin asennus pisteeseen. Näin saadaan selville paitsi etäisyys mastolle, myös antennin asennuskulma.



Kuva 4. Antennimastoon asennettu ja suunnattu verkkoantenni (Iskra P-58) oikealla. Vasemmalla tv-antenni.

3.5 Tulevaisuudessa

5G-tekniikka kehitty jatkuvasti ja on todennäköistä, että sillä saavutettavat nopeudet ja kuuluvuus paranevat merkittävästi tulevaisuudessa. Tämä tulee kuitenkin vaatimaan jälleen uusia verkkolaitteita ja investointeja. Valokuidun ja 5G yleistymisen kulkevat käsi kädessä, sillä valokuitua pitkin tieto 5G-lähettillekin kulkee. Valokuidun rajoja ei ole vielä koeteltu, ja se tulee olemaan myös mobiiliverkkojen seuraavien sukupolvien 6G:n ja 7G:n mahdollistaja. (Valoo 2023) Valokuidun asentamiseen kehitetään todennäköisesti uusia tapoja tulevaisuudessa, joiden myötä sen asentaminen yksinkertaistuu entisestään.

Perinteiselle verkkomastoista jaetulle mobiiliverkolle on viime vuosina ilmaantunut uudenlainen kilpailija, kun uudet satelliitti-internet järjestelmät ovat aloittaneet toimintansa. Esimerkiksi rakettiyritys SpaceX:n Starlink-satelliittiverkosto on jo niin laaja, että sen kuuluvuusalueelle kuuluvat kaikki pohjoismaat. Satelliitit kiertävät maan matalaa kiertorataa

ja vaativat toimiakseen niitä seuraavan vastaanotinantennin myös rakennuksen katolle. Satelliittipohjaisen järjestelmän suurin etu on valtava, jopa koko maapallon kattava kuu-
luvuusalue. Satelliittijärjestelmien kaista on kuitenkin kapea ja niiden valmistaminen sekä
kiertoradalle laukaisu on äärimmäisen kallista. Kirjoitushetkellä halvin Starlink tilaus vaa-
tii 450 € maksavan antennin ostamisen sekä 65 € kuukausimaksun. Vuonna 2023 Star-
link järjestelmän tuottaman internet yhteyden latausnopeus vaihtelee merkittävästi ja sen
viive on noin 25 ms. Satelliittijärjestelmistä ei siis vielä ole perinteisten järjestelmien kor-
vaajiksi, mutta satelliittien määrän kymmenkertaistuessa ja tekniikan kehittyessä saattaa
niillä olla potentiaalia haastajaksi. (Starlink 2023)

4. TOTEUTUS KIINTEISTÖSSÄ

4.1 Verkon toteutus uudisrakennuksessa

Lähes aina, kun vedetään verkkokaapeli omakotitaloon, se johdetaan talon tekniseen tilaan, josta sitä sitten lähdetään jakamaan rakennuksen sisällä. Rakennuksen sisällä kaapeloinnit on toistaiseksi ollut kätevintä tehdä Ethernet-kaapeleilla, koska kaapelointimatkat ovat lyhyitä eikä ole käytännöllistä asentaa kuitumuuntajia joka huoneeseen. Uusimmissa kerrostaloissa on kuitenkin alettu tekemään siten, että jakamosta viedään asuntoihin myös valokuitukaapelit, jotka voidaan sitten tulevaisuudessa ottaa käyttöön ilman mittavia muutostöitä. Myös omakotitaloissa voi olla perusteltua, että valokuidulle jätetään varaus, jopa kerrosten ja ehkä jopa huoneiden välillä. Uudisrakennuksissa verkko-yhteyden viennit talon sisällä on helppo toteuttaa avoimiin seiniin, mutta jälkiasennettuna toteutus vaatii käytännössä seinän purkamisen.

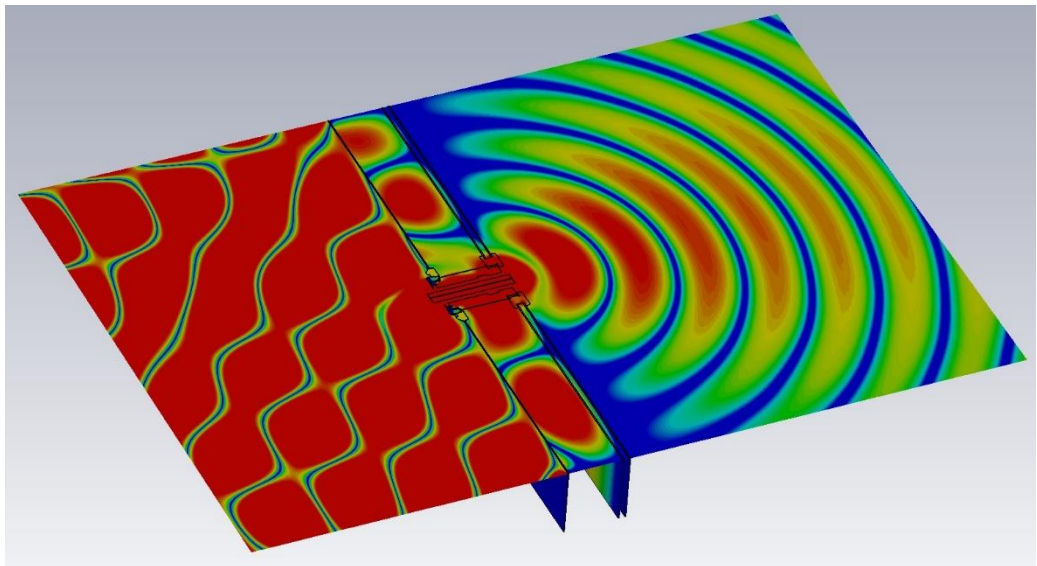


Kuva 5. Teknisen tilan jakamo, missä valokuitu menee kuitumuuntimelle, jolta se jaetaan Ethernet-kaapeleilla rakennuksen eri huoneisiin (Kotikarhuvuorelle 2013)

Uusissa rakennuksissa käytetään yhä enemmän villan sijasta alumiinipinnoitettuja, uretaanipohjaisia eristeitä, kuten PIR-levyjä. Näillä eristeillä on useita hyviä ominaisuuksia,

kuten homehtumattomuus ja perinteisiä villoja parempi eristysarvo. Metallipinnoitetuista eristeillä on kuitenkin myös haittapuoli, jota harva muistaa rakentaessa miettiä: ne estävät signaalien kulkeutumista. Matkapuhelimien huonosta kuuluvuudesta sisätiloissa onkin muodostunut merkittävä rakentamisen ongelma, erityisesti uudiskohteissa. Sama ongelma esiintyy myös betonirunkoisten talojen alemmissa kerroksissa ja kellareissa, joissa paksut seinät estävät signaalien kulkeutumisen.

Ratkaisuna kuuluvuusongelmiin on kehitetty passiivisia signaalinvahvistimia, joiden avulla voidaan saavuttaa jopa 30–100 kertaa voimakkaampi matkapuhelinsignaalin läpäisy seinärakenteiden läpi. Signaalinvahvistimet vahvistavat paitsi mobiiliverkon kuuluvuutta sisällä, niin myös kodin wifi-verkon signaalia sisällä sekä talon ja sen terassien tai parvekkeiden välillä. Vahvistimien toiminta perustuu siihen, että eristelevyjen väliin on asennettu antennikalvo, jonka lävitse signaalit voivat läpäistä paksunkin seinän. Signaalinvahvistin toimii siis samalla myös eristeenä, eikä se vaadi huoltoa tai sähkövirtaa. Vahvistimet asennetaan rakenteiden sisälle uretaanivaahdolla, samaan tapaan kuin normaallitkin eristelevyt. Signaalinvahvistimet voidaan asentaa esimerkiksi ikkunan karmien väliin tai betoniseinään ohutrappauksen alle. Tulevaisuudessa signaalinvahvistimia voidaan alkaa asentaa myös suoraan ikkunoihin ja oviin. (Finnfoam 2023)



Kuva 6. Signaalin kulkeutuminen seinän lävitse Finnfoam FF-signaalinvahvistin tuotteen avulla (Archello 2023)

4.2 Verkon toteutus jälkiasennettuna

Uusissa taloissa valokuidun verkkopääte asennetaan useimmiten tekniseen tilaan, josta datakaapeloinnit on johdettu talon eri huoneisiin. Koska iäkkäämmissä kohteissa tällaista kaapelointia harvoin löytyy tai sellaista ei ole kannattavaa lähteä toteuttamaan, on järkevää rakentaa kuidun sisääntulo sellaiseen paikkaan, jossa netille on kaikista suurin tarve, eli esimerkiksi pelikonsolin tai työhuoneen lähetyville (Valokuitunen 2023). Sama pätee myös mobiiliverkkoa hyödyntäviin toteutustapoihin, sillä ei verkkoa kannata luoda paikkaan, jossa sille ei ole tarvetta. Monissa pienemmissä kodeissa saattaa yksittäinen tehokas reititin verkon sisääntulon läheisyydessä olla riittävä tuottamaan verkko kaikille talon oleellisimmille alueille. Jos rakennuksessa on kuitenkin useita kerroksia tai paksuja seiniä, saattaa useammasta mesh-tukiasemista koostuva verkko olla järkevä ratkaisu.

Toinen vaihtoehto verkon laajentamiseen on Powerline- teknologia, jonka avulla kodin sähköjohtoja voidaan samanaikaisesti hyödyntää verkkoyhteyden siirtämiseen paikasta toiseen. Pareissa myytävien Powerline-pistorasia-adapterien avulla voidaan verkkoyhteys jakaa pitkienkin etäisyyksien ylitse ja usein lähes häviöttömästi. Powerline-adapterien toimivuuden ehtona on kuitenkin, että molemmat pistorasiat on kytketty samaan sähköverkkoon, eli ne eivät toimi, jos ne on kytketty eri verkon eri vaiheisiin. Powerline-adapteri on vanhemmassa rakennuksessa erinomainen ratkaisu, jos esimerkiksi pelikoneelle- tai konsolille tulevan verkkoyhteyden vakaus halutaan maksimoida. Powerline-adapterien heikkouksina ovat oikeastaan ainoastaan, se että ne vievät aina molemmista päistä pysyvästi paikan pistorasialta (Power.fi).

Jos suuren vanhemman kodin verkkolaitteisiin haetaan kokonaisvaltaista uudistusta, saattavat Mesh- reitittimet, jotka tukevat myös Powerline-ominaisuutta olla paras ja kokonaisvaltais ratkaisu. Ratkaisun suurin etu on se, että tällöin koko kodissa toimii sama Wifi- verkko, eikä päätelaitteen yhteys hidastu, sen pohtiessa kodin eri verkkojen välillä mikä sattuu milloinkin olemaan nopeampi. Tukemalla molempia teknologioita, on uusia reitittämiä myös vaivaton lisätä, ja kuuluvuus on kodin joka kolkassa lähestulkoon varmaa (Tp-link 2023). Tällainen ratkaisu voi toimia myös uudiskohteessa, jossa verkkokaapeloinnit talon sisällä on jäänyt tekemättä. Powerline ei kuitenkaan koskaan täysin vastaa CAT-luokiteltuja Ethernet kaapelointeja, saatikka valokuitua rakennuksen sisällä.

4.3 Verkon toteutuksen vertailu piharakennuksessa

Yhä useammassa kotitaloudessa korostuu tarve saada verkkoyhteys toimimaan piharakennuksessa. Perinteisimpiä esimerkkejä ovat esimerkiksi omakotitalon läheisyydessä sijaitsevat rantamökkit, toimistoksi muutetut piha-aitat ja autotallit sekä kellarit. Internet yhteyttä tarvitsevat myös yhä useammat kodin turvalaitteet kuten turvakamerat ja sensorit. Verkon piharakennukseen viemiselle on useita vaihtoehtoja. Piharakennuksen verkkoyhteyden toteutuksessa on tässä työssä painotettu sen kustannuksia, sillä usein se on yhteytenä vähemmän käytetty ja toissijainen. Toteutukseltaan helpoin ratkaisu olisi hankkia rakennukseen oma 5G-mobiilireititin. Tästä saa kuitenkin maksaa reilua kuukausimaksua, minkä vuoksi se ei välttämättä ole monelle järin houkutteleva vaihtoehto.

Muita langattomia vaihtoehtoja ovat tukiasemien muodostama silta rakennusten välillä tai yksi ympärisäteilevä ulkotukiasema päärakennuksen yhteydessä. Tukiasemat asennetaan perinteisesti rakennusten antennimastoihin tai seiniin. Molemmilla ratkaisuilla on puolensa, mutta oleellisin ero on näiden välillä, piilee toimintaetäisyyksissä. Tukiasemien silta vaatii aina suoran näköyhteyden ja tarkan suuntauksen, mutta sillä voidaan saavuttaa useiden kilometrien kantama, hyvinkin pienillä häviöillä. Ympärisäteilevä ulkotukiasema voi taas kattaa koko pihapiirin, mutta vain hyvin kohtalaisen lyhyellä noin 100 m kantamalla. Ympärisäteilevä yksittäinen antenni taas harvoin on oikea ratkaisu, jos halutaan verkkoyhteys toimimaan kunnolla myös piharakennuksen sisäpuolella, sillä sen signaali ei paksuja seinämiä kovin hyvin läpäise (Tp-link 2023).

Langalliset vaihtoehdot piharakennukseen ovat vastaavasti CAT-luokiteltu Ethernet kaapeli sekä valokuitu. Maahan kaivetut pitkät Ethernet kaapelit ovat varsin alttiita ukkoselle, joka osuessaan käräyttää molempien päiden verkkolaitteet välittömästi. Lisäksi Ethernet verkkolaitteet ovat verrattain edullisia, sillä Ethernet-verkkokaapeleita on ollut käytössä jo useita vuosikymmeniä. Valokuitu on Cat-kaapelia joustavampi etäisyyden suhteen, kun Ethernet kaapeleille on ominaista, että ne toimivat ilman vahvistimia vain alle 100 m matkalla. Toisaalta Ethernet-kaapelit eivät vaadi sähköä tarvitsevia kuitumuuntimia, joten niiden yhdistäminen ja toiminta on yksinkertaisempaa. Ethernet kaapelin etuna on sen helppo työstettävyys, sillä kaapelin päihin tulevien RJ45-liittimien asennus onnistuu, jopa ilman apuvälineitä kotiloissa. Kun verkkokaapelia kaivetaan rakennusten välillä kannattaa se aina asentaa suojaputkeen, mikä mahdollistaa myös sen, että kaapelin voi päivittää uuteen tai esimerkiksi Cat-kaapelin voi vaihtaa valokuituun tulevaisuudessa.

	* Cat-8 LSOH 100 m Ethernetkaapeli	*OS2 Outdoor 100M duplex kuitukaapeli	*2x TP-LINK CPE510+ kohteen reititin + asennuskaapelit	*TP-LINK Omada EAP225 + asennuskaapeli	*TP-Link DecoX50 AX3000 5G		
Piharakennukseen pääarakennuksesta, jossa valokuitu.							Ethernetkaapelin asennuksen hinta
	Ethernet-kaapeli CAT-8	Valokuitu	Tukiasemien muodostama siita	Ulkoreititin / tukiasema	Oma 5G reititin		
Latausnopeus [mbps]	10 Gbps	10 Gbps	300 mbps	300 mbps*	1000 mbps		Kaivuutyöt 1000 €
Lähetysnopeus [mbps]	10 Gbps	10 Gbps	100 mbps	100 mbps	100 mbps		100m kaapeli 200 €
Lataamaton Viive [ms]	<1 ms	<1 ms	<10 ms	<20 ms	<5 ms		Suojapatuki 300 €
Hinta asennettuna [€]	1 700 €	2 000 €	200 €	150 €	500 €	Painotus 2x	Reititin 200 €
Kuukausimaksut [€]	0	0	0	0	50	Painotus 2x	yht. 1700 €
Toimintaetäisyys [m]	100m	loputon	15km	100m	kunhan kuuluvuusalueella		Valokuitukaapelin asennuksen hinta
Toimintavarmuus	Erinomainen	Erinomainen	Hyvä	Voi häiriintyä	Erinomainen		Kaivuutyöt 1000 €
Verkon kattavuus pihalla	Ei lainkaan	Ei lainkaan	Ei lainkaan	Kattaa koko pihapiirin	Kattaa rakennuksen lähialueen		100m kaapeli 200 €
Tulevaisuuden kestävyys	Pitkäkestoinen	Pitkäkestoinen	Ok	Ok	Pitkäkestoinen		Suojapatuki 300 €
Asennus	Vaatii kaivuutöitä	Vaatii kaivuutöitä	Mastoon tai seinään	Mastoon tai seinään	Nopea ja helppo	Painotus 2x	Kuitumuuntimet ja reititin 500 €
yht.	8,75	9,25	9,75	9,5	9		yht. 2000 €
	0,25	Täydet pisteet 13					
	0,5						
	1						

Taulukko 1. CBA-menetelmästä johdettu piharakennusten verkkoteknologioiden vertailutaulukko. Suurempi loppulukema tarkoittaa tilanteeseen sopivampaa ratkaisua.

4.4 Kiinteistön verkon toteutusten vertailu

Suomessa vuonna 2023 kuluttajalle tarjottavat nopeimmat ja yleisimmät verkkoteknologiat ovat 4G, 5G, puhdas valokuitu eli FTTH sekä valokuidun ja kuparikaapelin yhdistelmä eli FTTC. Näiden ominaisuuksista koottiin taulukko, jossa erityinen painoarvo asetettiin latausnopeudelle, koska se on ominaisuuksista peruskäyttäjälle oleellisin. Taulukko on mukautettu CBA- päätöksentekomenetelmästä, joka mahdollistaa vaihtoehtojen kustannusten sekä hyötyjen selkeän vertailun. Verkkoratkaisujen ominaisuuksien luekuarvot ovat kaikki kuluttajille vuonna 2023 tarjolla olevia maksimiarvoja. Taulukon mobiili liittymien hinnat perustuvat Telian 2023 hinnastoon. Hinnoissa on suurta vaihtelua ja lähes kaikki palveluntarjoajat mainostavat hetkellisiä kampanjatarjouksia, joiden aikana hinta saattaa olla huomattavasti alhaisempi. Käytetyt arvot ovat suuntaa antavia ja ylöspäin pyöristettyjä, selkeyden ja helpomman vertailun saavuttamiseksi.

Verkkoteknologia rakennukseen					
	4G	5G	Valokuitu + Kuparikaapeli (FTTC)	Valokuitu (FTTH)	
Latausnopeus [mbps]	200 mbps	1000 mbps	100 mbps	10 000 mbps	Painotus 2x
Lähetysnopeus [mbps]	50 mbps	100 mbps	40 mbps	10 000 mbps	
Lataamaton Viive [ms]	<20 ms	<5 ms	<10 ms	<1 ms	
Hinta asennettuna [€]	200 €	500 €	30 €	1 690 €	
Kuukausimaksut [€]	30 € / kk	50 € / kk	20 € / kk	100 € / kk	
Toimintaetäisyys [m]	Näköyhteys tukiasemaan	Näköyhteys tukiasemaan	500 m	Loputon	
Toimintavarmuus	Kuormittuu helposti	Voi kuormittua	Erinomainen	Erinomainen	
Verkkoantennien tarpeellisuus	Harvoin	Usein	Ei	Ei	
Tulevaisuuden kestävyys	Vanheneva	Pitkäkestoinen	Vanheneva	Paras	
yht.	5	6,75	5,75	8,5	
0,25	Täydet pisteet 10				
0,5					
1					

Taulukko 2. CBA-menetelmästä johdettu verkkoteknologioiden vertailutaulukko. Suurempi loppulukema tarkoittaa tilanteeseen sopivampaa ratkaisua.

Nopea 5G vaatii usein antennin tai ulkoisen mookkulan, joka lisää asentamisen monimutkaisuutta. Nopea 4G-verkko kattaa vuonna 2023 95 % Suomesta, joten sen kuuluvuus on huomattavasti laajempi, ja sen varmaan toimintaan tarvitaan harvemmin antenneja. Kuitenkin syrjäisimmissä kohteissa myös 4G saattaa vaatia harvामaisen suunnatun verkkoantennin, nopean verkkoyhteyden saavuttamiseksi. Peruskäyttäjä ei todennäköisesti huomaa verkkosivujen latautumisessa mitään eroa, jos verkkoyhteyden nopeus on yli 50 mbps. Jos kuitenkin liikuttelee suuria tiedostoja verkkoon tai lataa suuria tiedostoja, kuten pelejä tai videoita voi 5G:n ja valokuidun takaamat nopeudet tuoda suuriakin hyötyjä.

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Mikäli vain on mahdollista niin tontille kannattaa aina vetää valokuitu, vaikka sitä ei heti otettaisikaan käyttöön. Valokuitu on teknologiana monella tapaa ylivertainen: se tarjoaa äärimmäisen pienen viiveen, vakaan yhteyden sekä korkeat lataus ja lähetysnopeudet. Se myös nostaa rakennuksen myyntiarvoa ja toimii tukirankana tuleville mobiiliverkkojen sukupolville. Puhtaan valokuidun ja valokuitua ja kuparikaapelia yhdistelevän FTTC yhteyden välillä voi olla merkittäviäkin eroja sillä suuri osa valokuidun eduista saavutetaan vain silloin kun kaapelointi toteutetaan kokonaan valokaapelilla.

5G on erinomainen verkkoteknologia, joka tarjoaa äärimmäisen nopeita verkkoyhteyksiä. Mobiiliverkkoa hyödyntävä reititin ja mahdolliset vahvistavat verkkoantennit ovat paras vaihtoehto ensisijaisesti silloin, kun valokuitua ei ole alueelle vielä alettu kaivamaan. Vuonna 2023 ei ole vielä sellaisia kuluttajille suunnattua palvelua, missä 5G ja valokuidun väliset erot olisivat millään tasolla merkittäviä. Monelle jopa nopea 4G saattaa tarjota riittävän verkkoyhteyden, mikäli se ei alueella ole ruuhkaantunut. Langattomat yhteydet ovat silti aina alttiita häiriöille ja esimerkiksi sääilmiöt, kuten vesi tai räntäsade saattavat vaikuttaa signaalin vahvuuteen huomattavasti. Mikäli valokuitua ei ole mahdollista rakennukselle vetää tai sen tuominen tontille on kohtuuttoman kallista, 5G on erinomainen vaihtoehto.

Kuten rakennuksiin tulevissa yhteyksissä niin, myös piharakennukseen tulevalla matkalla kiinteät verkkoratkaisut takaavat vakaimman yhteyden. Cat-8 Ethernet-kaapeliin ja valokuituun pohjaavat kiinteät yhteydet piharakennukseen ovat rakentamiskustannuksiltaan suhteellisen kalliita, mutta erittäin lähellä toisiaan. Uutta yhteyttä rakennettaessa hintaero kaapeleiden välillä on kuitenkin niin pieni, että valokuitu voi olla usein ratkaisuna järkevämpi.

Verkkotukiasemilla toteutettu silta piharakennukseen tarjoaa vakaimman yhteyden suhteessa rakennuskustannuksiin. Tukiasemilla on jopa kilometrien kantama ja niiden asentaminen on verrattain helppoa. Kahden tukiaseman välinen yhteys ei ole kuitenkaan aina mahdollista toteuttaa, sillä se vaatii aina suoran näköyhteyden tukiasemien välillä. Ratkaisu on mainio silloin kun on tiedossa yksi tietty paikka, eli esimerkiksi autotalli mihin halutaan jakaa talon verkkoyhteys. Sääilmiöt kuten lumi ja räntäsade saattavat kuitenkin vaikuttaa signaalin voimakkuuteen merkittävästi.

Rakennuksen sisälle sijoitetun reitittimen signaali harvoin läpäisee rakennuksen paksuja seiniä. Yksittäinen laajan alan kattava ulkotukiasema on hyvä valinta silloin, kun halutaan, että kodin wifi-verkko kattaa suuren pihapiirin tai vaikkapa patioalueen. Tämän kaltaisen tukiasema saattaa tarjota suuriakin nopeuksia avoimella pihalla, mutta pitemmille matkoille ratkaisu ei sovellu. Langaton yhteys ei ole myöskään tulevaisuuden kannalta täysin yhtä varma valinta, sillä siitä saatavat nopeudet ja viiveet yltävät harvoin langallisen yhteyden tasolle. Toki ratkaisuna toteutus on niin edullinen, että tukiasemat voi helposti päivittää uusiin, parempien ja tehokkaampien mallien tullessa markkinoille.

LÄHTEET

Archello (2023). FF Signal wall structure element. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023):

<https://archello.com/product/ff-signal-wall-structure-element>

Cellmapper (2023). Map. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023): [https://www.cell-](https://www.cellmapper.net/map)

[mapper.net/map](https://www.cellmapper.net/map)

Clausnitzer, J. (2023). Share of populated areas covered by 5G networks in Finland

from 2020 to 2021. Statista. Saatavissa (Viitattu 9.11.2023): [https://www.sta-](https://www.statista.com/statistics/1385988/finland-5g-coverage/)

[tista.com/statistics/1385988/finland-5g-coverage/](https://www.statista.com/statistics/1385988/finland-5g-coverage/)

Elisa (2023). 5G-verkko kattaa jo lähes kaikki Uudenmaan asukkaat – 3G poistuu käytöstä marraskuun aikana. Saatavissa (Viitattu 21.11.2023): [https://elisa.fi/yhtiotieto/u-](https://elisa.fi/yhtiotieto/uutishuone/tiedotteet/5g-verkko-kattaa-jo-l%C3%A4hes-kaikki-uudenmaan-asukkaat-%E2%80%93-3g-poistuu-k%C3%A4yt%C3%B6st%C3%A4-marraskuun-aikana/72686907171881/)

[tishuone/tiedotteet/5g-verkko-kattaa-jo-l%C3%A4hes-kaikki-uudenmaan-asukkaat-](https://elisa.fi/yhtiotieto/uutishuone/tiedotteet/5g-verkko-kattaa-jo-l%C3%A4hes-kaikki-uudenmaan-asukkaat-%E2%80%93-3g-poistuu-k%C3%A4yt%C3%B6st%C3%A4-marraskuun-aikana/72686907171881/)

[%E2%80%93-3g-poistuu-k%C3%A4yt%C3%B6st%C3%A4-marraskuun-aikana/72686907171881/](https://elisa.fi/yhtiotieto/uutishuone/tiedotteet/5g-verkko-kattaa-jo-l%C3%A4hes-kaikki-uudenmaan-asukkaat-%E2%80%93-3g-poistuu-k%C3%A4yt%C3%B6st%C3%A4-marraskuun-aikana/72686907171881/)

Finfoam (2022). FF-SIGNAL VIE VERKON VAHVANA LÄPI RAKENTEIDEN. Saatavissa (Viitattu 22.11.2023): <https://finfoam.fi/tuotteet/ff-signal/>

<https://finfoam.fi/tuotteet/ff-signal/>

Finnsat (2021). Mitä tarkoittaa ympärisäteilevä 5G tai 4G -antenni? Saatavissa (Viitattu 21.11.2023): [https://www.finnsat.fi/news/104/mita-tarkoittaa-ymparisateileva-5g-tai-4g-](https://www.finnsat.fi/news/104/mita-tarkoittaa-ymparisateileva-5g-tai-4g-antenni)

[antenni](https://www.finnsat.fi/news/104/mita-tarkoittaa-ymparisateileva-5g-tai-4g-antenni)

Kannisto, O. & Kangasniemi, H. (2023). MESH, RJ-45 JA SSID – TIEDÄTKÖ MITÄ

NÄMÄ YLEISET TERMIT TARKOITTAVAT? Elisa. Saatavissa (Viitattu 22.11.2023):

<https://elisa.fi/ideat/laajakaistanasto/>

Koti Karhuvuorelle blogi. (2013). Muutto. Saatavissa (Viitattu 29.11.2023):

<https://kotikarhuvuorelle.blogspot.com/2013/01/>

Levo, T. (2020). 5G ja uudet ominaisuudet Opinnäytetyö. Tampereen ammattikorkeakoulu. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/344102/Levo_Timo.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Lindholm, T. (2013). KUITU KOTIIN -VERKOT Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa (Viitattu 29.11.2023): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/63737/Lindholm_Tero.pdf?sequence=1

Lounea (2021). Lounea toi 10 000Mb:n internetyhteydet kuluttajille. Saatavissa (Viitattu 29.11.2023): <https://lounea.fi/yksityisille/ajankohtaista/tiedotteet/lounea-toi-10-000mbn-internetyhteydet-kuluttajille>

Moi (2023). Uusi simmien simmi. Saatavissa (Viitattu 21.11.2023): <https://www.moi.fi/kuuluvuusalue/>

Nordic-Baltic Telecom Statistics (2023). Telecommunications Markets in the Nordic and Baltic Countries 2022. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023): <https://traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Telecommunications-Markets-in-the-Nordic-and-Baltic-Countries-2022.pdf>

Pajala, M. (2019). Puhelinpylväät katoavat maisemasta: kymmenessä vuodessa on purettu jo 1,5 miljoonaa pylvästä Helsingin Sanomat. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023): <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000006160903.html>

Vuolteenaho, S. & Salmi, S. (2018). Nettiyhteys pikavauhtia ja katuja repimättä – Vaihtoehtoinen asennustapa nopeuttaisi töitä, mutta kestääkö lähelle maanpintaa jäävä valokuitu talvea? Yle Uutiset. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023): <https://yle.fi/a/3-10402500>

Pekki, H. (2009). Maaseudun tietoteknologiset kehittymisedellytykset. Opinnäytetyö. Laurea-ammattikorkeakoulu. Saatavissa (Viitattu 22.11.2023): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/3862/Pekki_Heidi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Piha, J. (2020). VALOKUITUVERKKOJEN RAKENTAMINEN SUOMEN HAJA-ASUTUSALUEILLA. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Saatavissa (Viitattu

7.11.2023): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/347292/Piha_Jou-sia.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Power. Powerline-adapterit. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023): <https://www.power.fi/artikkelit/tieto-ja-tekniikka/powerline-adapterit/>

Satshop (2023a). Dawn Communication 5G/4G/LTE/GSM MIMO ympärisäteilevä antenni, 698-4000 MHz, 2,5-5 dBi, 2 ulostuloa. Saatavissa (Viitattu 29.11.2023): <https://www.satshop.fi/dawn-communication-3g-4g-5g-lte-gsm-mimo-omnidirectional-antenna-698-4000mhz-2-x-5dbi-2-outputs.html>

Satshop (2023b). Iskra P-60 Unicom MIMO 5G/4G/LTE/GSM-suunta-antennipaketti (2 antennia), 600-3900 MHz, 2 x 10,5 dBi. Saatavissa (Viitattu 29.11.2023): <https://www.satshop.fi/iskra-p-60-unicom-mimo-3g-4g-5g-lte-gsm-antenna-set-2-antennas-600-3900hz-2-x-10-5dbi.html>

Speedtest (2023). Finland Median Country Speeds October 2023. Saatavissa (Viitattu 22.11.2023): <https://www.speedtest.net/global-index/finland#mobile>

Starlink (2023). WORLD'S MOST ADVANCED BROADBAND SATELLITE INTERNET. Saatavissa (Viitattu 29.11.2023): <https://www.starlink.com/technology>

STT (2022). Yhteisverkossa uusi 5G-taajuusalue käyttöön kesän aikana – paremmat yhteydet festareille, mökkireissuille ja matkoille. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023): <https://www.sttinfo.fi/tiedote/69945827/yhteisverkossa-uusi-5g-taajuusalue-kayttoon-kesan-aikana-paremmat-yhteydet-festareille-mokkireissuille-ja-matkoille?publishid=1881>

Telia (2021a) MYYNNISTÄ POISTUNEET LIITTYMÄT. Saatavissa (Viitattu 9.11.2023): https://www.telia.fi/dam/jcr:a0c92dbe-ce8d-4433-afe0-2ef731ad7b0d/TELIA_MYYNNISTA_POISTUNEET_LIITTYMAT_HINNASTO_01_2021_FI.pdf

Telia (2023). 5G kuuluvuuskartta. Saatavissa (Viitattu 22.11.2023): <https://www.telia.fi/asiakastuki/kuuluvuuskartta>

Tilastokeskus (2007a). Sentraalisantroista kännykkäkansaan - televiestinnän historia Suomessa tilastojen valossa. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023):

<https://www.stat.fi/tup/suomi90/syyskuu.html>

Tilastokeskus (2020b). Kesämökkit 2020. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023):

https://www.stat.fi/til/rakke/2020/rakke_2020_2021-05-27_kat_001.fi.html

Tp-link (2023). AC1200 + AV1000 Whole Home Hybrid Mesh Wi-Fi System. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023): <https://www.tp-link.com/fi/home-networking/deco/deco-p9/>

Valokuitunen (2023). Näin valokuitu rakennetaan kotiisi. Saatavissa (Viitattu 14.11.2023): <https://valokuitunen.fi/nain-valokuitu-rakennetaan/>

Valoo (2023). Voiko valokuitua verrata muihin tiedonsiirtotekniikoihin? Saatavissa (Viitattu 4.11.2023): <https://www.valoo.fi/voiko-valokuitua-verrata-muihin-tiedonsiirtotekniikoihin/>

Vironen, P. (2021). Etätyö lisää edelleen liikennettä mobiiliverkossa – omaa nettiyhteyttä voi usein kohentaa kotikonstein Yle Uutiset. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023):

<https://yle.fi/a/3-11858118>

Vuorinen, M. (2022). Kiinteistönvälittäjät arvioivat: valokuitu on myyntivaltti Valokuitunen. Saatavissa (Viitattu 4.11.2023): <https://valokuitunen.fi/myyko-valokuitu-asunnon/>

Ziemann, J. (2019). Valokuitu vai 5G? Kysyimme DNA:lta, Elisalta ja Telialta, miksi kulluttajille myydään nyt kallista kuitua nettiyhteydeksi, jos kohta kaikilla on 5G. Yle Uutiset. Saatavissa (Viitattu 7.11.2023): <https://yle.fi/a/3-10967677>

