

Opinnäytetyö (YAMK)

Hajautettu energiantuotanto

2023

Arttu Perälä, Artturi Koskinen

VALOKUITUVERKON RAKENTAMISEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Arttu Perälä, Artturi Koskinen

VALOKUITUVERKON RAKENTAMISEN PÄÄSTÖJEN VÄHENTÄMINEN

Tämä opinnäytetyö keskittyy valokuituverkon rakentamisen ympäristövaikutusten vähentämiseen ja kestäväen kehityksen edistämiseen tällä alalla. Tutkimus perustuu tarpeeseen löytää tehokkaita tapoja alentaa valokuituverkon rakentamisen päästöjä ja minimoida ympäristövaikutuksia. Työssä tarkastellaan erilaisia strategioita ja teknologioita, jotka voivat edistää kestäväen kehitystä valokuituverkkojen rakentamisessa.

Tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuuskatsausta ja tapaustutkimusta, joka kohdistuu valokuitutyömaihin. Tutkimus arvioi fossiilisten polttoaineiden ja perinteisten menetelmien ympäristövaikutuksia ja vertailee niitä kestävämpiin vaihtoehtoihin. Lisäksi käsitellään uusia innovaatioita, kuten kestäväen kehityksen mukaisia uusiutuvia polttoaineita ja energiatehokkaita teknologioita, jotka voivat alentaa valokuituverkon rakentamisen hiilijalanjälkeä. Tutkimuksessa tarkastellaan myös sidosryhmien kuten omistajien, verkkoyhtiöiden, kaupunkien ja kuntien roolia kestäväen kehityksen edistämässä valokuituverkkojen rakentamisessa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että tämä opinnäytetyö pyrkii tarjoamaan konkreettisia ehdotuksia ja suosituksia valokuituverkon rakentamisen ympäristövaikutusten vähentämiseksi ja kestäväen kehityksen edistämiseksi. Tutkimuksen tuloksilla voi olla merkittävä vaikutus siihen, miten valokuituverkkoja rakennutetaan tulevaisuudessa kestäväen kehityksen periaatteiden mukaisesti.

Opinnäytetyön tulokset osoittavat, että valokuitutyömaat aiheuttavat merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä, mutta näitä päästöjä voidaan myös vähentää monin keinoin, kuten uusiutuvien polttoaineiden käytöllä. Opinnäytetyö tarjoaa suosituksia hiilineutraalin valokuitutyömaan saavuttamiseksi.

ASIASANAT:

valokuitu, optiset kuidut, valokuitukaapelit, maanrakennus, hiilineutraalisuus, päästöt, uusiutuvat polttoaineet

MASTER'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Distributed generation of energy

2023 | number of pages 45

Arttu Perälä, Artturi Koskinen

THE REDUCTION OF EMISSIONS AT FIBER OPTIC CONSTRUCTION SITE

This thesis focuses on reducing the environmental impact of fiber optic network construction and promoting sustainable development in this field. The research is based on the need to find effective ways to lower the emissions associated with fiber optic network construction and minimize environmental impacts. The work examines various strategies and technologies that can contribute to sustainable development in the construction of fiber optic networks.

The research methods employed include a literature review and a case study focusing on fiber optic construction sites. The study assesses the environmental impacts of fossil fuels and traditional methods, comparing them to more sustainable alternatives. Additionally, the thesis discusses new innovations, such as renewable fuels and energy-efficient technologies in line with sustainable development, which can reduce the carbon footprint of fiber optic network construction. The research also explores the role of owners, network companies, cities, and municipalities, in promoting sustainable development in the construction of fiber optic networks.

In summary, this thesis aims to provide concrete proposals and recommendations for reducing the environmental impact of fiber optic network construction and promoting sustainable development. The results of the study could have a significant impact on how fiber optic networks are built in the future in accordance with the principles of sustainable development.

The findings of the thesis indicate that fiber optic construction sites generate significant greenhouse gas emissions, but these emissions can be mitigated through various means, such as the use of renewable fuels. The thesis provides recommendations for achieving a carbon-neutral fiber optic construction site.

KEYWORDS:

fiber optic, optical fibers, fiber optic cables, land construction, carbon neutrality, emissions, renewable fuel

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO	6
1 JOHDANTO	7
1.1 Taustaa	7
1.2 Tutkimuskysymys ja tutkimusmenetelmät	8
2 HIILINEUTRAALIN RAKENTAMISEN MAHDOLLISUUDET	9
2.1 Päästöttömät työmaat - Green Deal sopimus	9
2.2 Kiertotalous	10
2.3 Valokuituverkon elinkaaripäästöt	11
2.3.1 GreenCarbon päästöraportti 2023 tulokset	14
2.3.2 Valokuitu ekologisempi kuin mobiiliverkko?	14
2.4 Käyttövoiman mahdollisuudet päästöjen vähentämisessä	15
2.4.1 Uusiutuvat polttoaineet	16
2.4.2 Biokaasu	16
2.4.3 Sähkö	17
3 VALOKUITUVERKON RAKENTAMINEN JA PÄÄSTÖLASKELMAT	20
3.1 Valokuituverkon rakentamisen prosessi	20
3.2 Valokuituverkon suunnittelu	22
3.2.1 Kustannukset	25
3.3 Valokuituverkon rakentaminen	25
3.3.1 Rakennettavan alueen asukkaiden huolenaiheet	30
3.4 Valokuituverkon kartoitus ja verkon dokumentointi	30
3.5 Alue 1 ja Alue 2 esimerkkialueiden päästölaskelmat	31
3.5.1 Alue 1	32
3.5.2 Alue 2	36
3.6 Lopputulokset yhteenveto – vertailu – Onko mahdollista pienentää päästöjä ja millä toimilla ja kustannuksilla?	36
3.7 Urakoitsijan teoreettinen kulurakenne	37
3.8 Päällysteiden vaikutus päästöihin	39
3.9 Vihreä asfaltti	41
4 PÄÄTELMÄT JA JOHTOPÄÄTÖKSET	42
4.1 Päästöjen vähentämisen ohjauskeinot	42
LÄHTEET	44

KUVAT

Kuva 1. Eltel hiilijalanjälki (Eltel Networks, 2022)	8
Kuva 2. Kiertalous (EU, 2022)	11
Kuva 3. Valokuituverkon 50 vuoden elinkaaripäästöt yhtä kotitaloutta kohden (GreenCarbon, 2023)	12
Kuva 4. Rekisteröidyt ladattavat ajoneuvot Suomessa 2016-2023	19
Kuva 5. Valokuituverkon arvoketju (kuva A. Koskinen & A. Perälä)	21
Kuva 6. Rakentamisen prosessikaavio (kuva A. Koskinen & A. Perälä)	22
Kuva 7. Aluerajaus esimerkki	23
Kuva 8. Suunnitelma esimerkki	24
Kuva 9. Mikrokanavan asennus kaapeliojaan (kuva A. Perälä)	26
Kuva 10. Jakokaappi (kuva A. Perälä)	27
Kuva 11. Kaapelikaivo (kuva A. Perälä)	28
Kuva 12. Aktiivilaitteet (kuva A. Perälä)	29

TAULUKOT

Taulukko 1. Alue 1 perustiedot	32
Taulukko 2. Työmaan muiden ajoneuvojen toteutuneet polttoaineiden kulutukset	33
Taulukko 3. Polttoaineiden hinnat (Energy Brokers Finland, 2023)	34
Taulukko 4. Alue 1 polttoaineen kulutuksen vertailu uusiutuvat ja fossiiliset	34
Taulukko 5. Alue 1 polttoaineiden hintavertailu uusiutuvat ja fossiiliset	35
Taulukko 6. Alue 1 polttoaineiden kustannukset ja päästöt	37
Taulukko 7. Alue 2 polttoaineiden kustannukset ja päästöt	37
Taulukko 8. Urakoitsijan kulurakenne fossiiliset polttoaineet	38
Taulukko 9. Urakoitsijan kulurakenne uusiutuvat polttoaineet	38
Taulukko 10. Alue 1 asfaltoinnit	39
Taulukko 11. Alue 2 asfaltoinnit	39
Taulukko 12. Alue 1 päästöt asfalttien kanssa. Fossiiliset polttoaineet -sarake kattaa maanrakennuksen ja asfalttoinnin fossiilisilla polttoaineilla.	40
Taulukko 13. Alue 2 päästöt asfalttien kanssa. Fossiiliset polttoaineet -sarake kattaa maanrakennuksen ja asfalttoinnin fossiilisilla polttoaineilla.	40

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CO ₂	Kemiallinen kaava hiilidioksidille, joka on yksi keskeisimmistä kasvihuonekaasuista ilmastomuutoksessa. (Ilmatieteen laitos, Suomen ympäristökeskus & Luonnonvarakeskus. (n.d.))
CNG	Lyhenne sanoista Compressed Natural Gas eli puristettu maakaasu, käytetään polttoaineena liikenteessä. (Gasum. (n.d.))
Elinkaaripäästöt	Kaikki kasvihuonekaasupäästöt, jotka syntyvät tuotteen, palvelun tai toiminnan koko elinkaaren aikana. (Ecochain. (n.d.))
GHGP	Lyhenne Green House Gas Protocolista, yleisesti hyväksytty menetelmä päästöjen mittaamiseen ja raportointiin. (World Business Council for Sustainable Development [WBCSD] & World Resources Institute [WRI], 2004)
Green Deal	Euroopan komission aloite edistää kestävää ja vihreää taloutta, sisältäen toimia ilmastomuutoksen torjumiseksi. (Motiva. (n.d))
HVO	Lyhenne sanoista Hydrotreated Vegetable Oil eli vetykäsitelty kasviöljy, käytetään polttoaineena ja on uusiutuva vaihtoehto perinteisille polttoaineille. (Shell. (n.d.))
Kiertotalous	Talousmalli, jossa pyritään minimoimaan jätteen syntyä ja hyödyntämään resursseja mahdollisimman tehokkaasti. (Sitra, 2022)
LNG	Lyhenne sanoista Liquefied Natural Gas eli nesteytetty maakaasu, käytetään polttoaineena ja energianlähteenä. (Gasum. (n.d.))
Loppuasiakas	Henkilö tai organisaatio, joka käyttää tai kuluttaa tuotetta tai palvelua suoraan omiin tarpeisiinsa. (Adam Hayes, 2023)
Päästöt	Yleisnimitys kaikille aineille, jotka vapautuvat ympäristöön ja voivat aiheuttaa haittaa. (Suomen ympäristökeskus [SYKE], 2022)
Pääurakoitsija	Rakennusprojektin päätoteuttaja, vastaa projektin hallinnasta, koordinoinnista ja toteutuksesta. (Saila Marttila, 2016)
Urakoitsija	Yritys tai henkilö, joka ottaa vastuulleen tietyn osan rakennusprojektista. (Minilex. (n.d.))

1 JOHDANTO

1.1 Taustaa

Maapallon lämpenemisen ja kasvavien hiilidioksidi päästöjen sekä nykyisten kovaa taktia kiristyvien ilmastotavoitteiden myötä päästöt ja päästöjen lähteet ovat nousseet kiihkeäksi puheenaiheeksi. Niin yksittäiset ihmiset, yritykset, kunnat kuin valtiot ovat aloittaneet seuraamaan omia päästöjään ja mahdollisuuksia niiden vähentämiseen. Kuten yleensä monissa muissakin asioissa, päästöjen vähentämisessä on viime kädessä kyse terveellisestä elinympäristöstä sekä taloudesta.

Tämän työn toimeksiantaja Eltel Networks Oy on globaali sähkö-, ja tietoliikenneverkkojen urakoitsija. Eltel on sitoutunut asiakkaidensa kautta selvittämään omat päästölähteensä. Tässä työssä tutkimme millä tämän hetkisillä keinoilla pystymme vaikuttamaan ja vähentämään Eltelin valokuituverkon työmaista aiheutuneita CO₂ päästöjä.

Ympäristövastuullisuus on tärkeä osa Eltelin strategiaa. Eltel tutkii omia päästöjään ”Green House Gas Protocol” -menetelmällä, jossa päästöt jaetaan kolmeen osaan, Scope 1, Scope 2 ja Scope 3. (Kuva 1.) Scope 1 sisältää kaikki Eltelin hallinnassa olevat autot ja koneet, esim. tuotantoautot, polttomoottorikäyttöiset työkoneet, jne. Scope 2 taas käsittää Eltelin toimitilojen päästöt, kuten sähkönkulutus, vedenkulutus, lämmitys ja viilennys. Laajin näistä on Scope 3, joka jakautuu kolmeen osa-alueeseen: 1. Eltelin hankkimat materiaalit, tukkurit ja valmistajat 2. Maanrakennus urakoitsijat ja 3. Muu ali-hankinta. (Eltel, 2022)

Mistä Etelin hiilijalanjälki koostuu?



Kuva 1. Etelin hiilijalanjälki (Etel Networks, 2022)

Etelin laskelmien mukaan jopa 83,5 % päästöistä tulee Scope 3 -osiosta, joten tässä työssä jätämme Scopet 1 ja 2 käsittelemättä. Tutkimuksemme perustuu toteutuneisiin valokuituhankkeisiin. Käymme työssä läpi työmaiden päästöjä työkonoiden, maanrakennusmateriaalin sekä päällysteiden osalta. Taustatiedot koneiden toteutuneista työtunneista sekä materiaaleista saimme Etelin urakoitsijoilta ja koneiden päästölaskelmat perustuvat polttoaineiden oletettuihin keskipäästöihin (l/h). (Etel, 2022)

1.2 Tutkimuskysymys ja tutkimusmenetelmät

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutkia hiilineutraalin valokuitutyömaan toteutusmahdollisuuksia ja vaikutuksia. Tutkimuskysymykset ovat seuraavat: Mitkä ovat hiilineutraalin rakentamisen perusteet? Mitkä ovat mahdollisuudet toteuttaa hiilineutraali valokuitutyömaa? Mitkä ovat hiilineutraalin rakentamisen vaikutukset valokuituverkon rakentamisessa?

Tämä opinnäytetyö perustuu kirjallisuuskatsaukseen ja case-tutkimukseen. Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on ymmärtää, mitä tietoa ja teorioita on jo olemassa aiheesta, sekä tunnistaa aukot ja ristiriidat. Case-tutkimus on toinen tärkeä osa tutkimusta. Tässä valitaan yksi tai useampi kohde, mitä tutkitaan syvällisemmin.

2 HIILINEUTRAALIN RAKENTAMISEN MAHDOLLISUUDET

Hiilineutraalius rakentamisessa tarkoittaa, että rakennuksen tai rakennusprojektin aikana ja sen elinkaaren aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt (esimerkiksi hiilidioksidi) pyritään minimoimaan tai kompensoimaan siten, että niiden vaikutus ilmastomuutokseen on neutraali. Tämä saavutetaan vähentämällä päästöjä rakentamisprosessissa, käytön aikana ja lopulta purkamisen tai kierrätyksen aikana. Hiilineutraali rakentaminen on osa laajempaa pyrkimystä vähentää rakentamisen vaikutuksia ympäristöön ja ilmastoon. (Euroopan parlamentti, 2022)

2.1 Päästöttömät työmaat - Green Deal sopimus

Euroopan komission käynnistämän Green Deal sopimuksen tavoitteena on merkittävästi vähentää päästöjä ja edistää kestäviä hankintoja julkisen sektorin työmailla. Tämä on osa Suomen laajempaa tavoitetta olla hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Sopimus edellyttää osallistuvilta hankintayksiköiltä sitoumusta ja käytännön toimenpiteitä fossiilisten polttoaineiden vähentämiseksi työmailla. (Motiva, n.d)

Green Deal -sopimukseen Suomessa sitoutuneet toimijat ovat ympäristöministeriö, Senaatti-kiinteistöt sekä useat kaupungit, kuten Espoo, Helsinki, Turku ja Vantaa. Näiden tahojen lisäksi myös muut julkisen sektorin hankintaorganisaatiot, kuten kunnat ja virastot, voivat liittyä sopimukseen ja sitoutua sen tavoitteisiin. Sopimus pyrkii saavuttamaan päästöttömän työmaan tavoitteen vuoteen 2030 mennessä, vähentäen työmaiden päästöjä ja edistäen kestävien hankintojen toteutumista. Tärkeässä roolissa sopimuksen toteutuksessa ja seurannassa toimii myös Kestävien ja innovatiivisten julkisten hankintojen verkostomainen osaamiskeskus (KEINO), joka tukee sopimuksen toimeenpanoa ja kehittämistä. (Motiva, n.d)

Green Dealin toimintasuunnitelmassa on mukana useita eri toimenpiteitä, joilla edistetään hiilineutraaliutta. Allekirjoittaneet tahot ovat sitoutuneet muun muassa seuraaviin tavoitteisiin:

- Vuoden 2025 loppuun mennessä työmaat ovat fossiilivapaita. Tämä tarkoittaa, että työmailla ei käytetä fossiilisia polttoaineita. Vähintään 20 % työkoneista ja työmaan sisäisestä logistiikasta toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä.
- Vuoden 2030 loppuun mennessä työmaat ovat fossiilivapaita. Vähintään 50 % työkoneista ja työmaan sisäisestä logistiikasta toimii sähköllä, biokaasulla tai vedyllä.

(Motiva, n.d)

Sopimus edistää uusiutuvien energialähteiden ja vähäpäästöisten teknologioiden käyttöä työmailla, kuten sähköllä, biokaasulla ja vedyllä toimivien työkoneiden ja ajoneuvokaluston käyttöä. Tämä edistää uusien innovaatioiden kehittämistä ja leviämistä rakennus- ja muilla vastaavilla aloilla. (Motiva, n.d)

Sopimuksen kautta voi myös syntyä uusia markkinoita ja liiketoimintamahdollisuuksia kestävien ratkaisujen tarjoajille. Vaikka aluksi siirtyminen vähäpäästöisempiin ratkaisuihin voi vaatia investointeja, pitkällä aikavälillä se voi johtaa kustannussäästöihin. (Motiva, n.d)

Sopimuksen avulla hankintaorganisaatiot osoittavat sitoutumista kestäväan kehitykseen ja ympäristön suojeluun julkisen sektorin toimesta. Tämä edistää kansalaisten tietoisuutta ympäristöasioista ja lisää ymmärrystä kestäväan toiminnan tärkeydestä yhteiskunnassa. (Motiva, n.d)

2.2 Kiertotalous

Kiertotalous on yksi merkittävä ratkaisu globaaliin ongelmaan, missä jätettä ja päästöjä syntyy materiaalien tehotoman käytön vuoksi. Kiertotalous pyrkii ratkaisemaan haasteen ympäristön kannalta kestäväan ja liiketoiminnallisesti kannattavan toiminnan välillä. Kiertotalous on talousmalli, jossa tuotteet tai palvelut hyödynnetään uudelleen suljetussa kierrossa, jätettä ja hukkaa syntyy tuotteen kierrossa mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan (Kuva 2). Kiertotalous lisää taloudellista tehokkuutta ja vähentää ympäristön kuormitusta ja turhia päästöjä. Kiertotalous liittyy vahvasti ilmastonmuutoksen hallitsemiseen ja edistää kestäväan luonnonvarojen käyttöä. (Sitra, 2022)

Euroopan Unioni on myös reagoinut kiertotalouteen, ja julkaissut osana laajempaa EU:n ilmasto- ja ympäristöstrategiaa, kiertotalouden toimintasuunnitelman vuonna 2020.

Toimintasuunnitelma on tärkeä askel EU:n tavoitteiden saavuttamisessa kohti hiilineutraalia ja resurssitehokasta taloutta. Sen tärkeimpiä tavoitteita ovat:

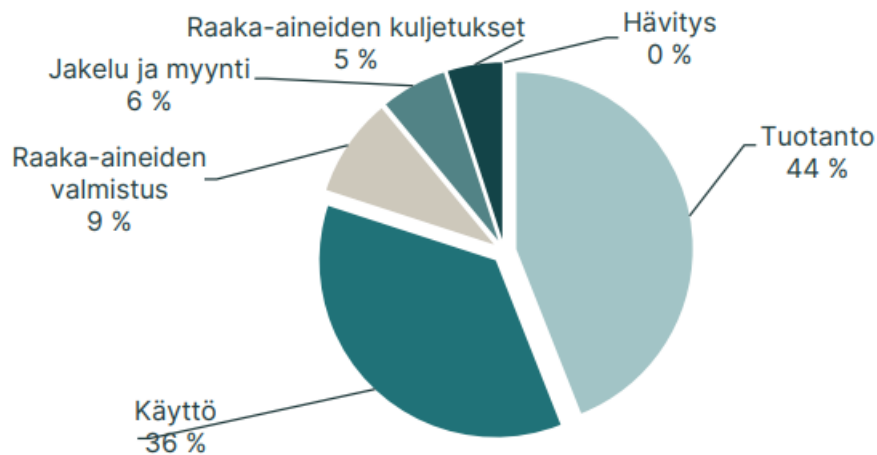
- Materiaalien kierrätyksen ja uudelleenkäytön lisääminen
 - Jätteiden vähentäminen
 - Uusiutuvan energian käyttäminen, fossiilisten polttoaineiden sijaan
 - Kulutustottumusten vaikutukset ja tiedon lisääminen yrityksille ja yksityisille henkilöille
 - Investointien kasvattaminen kiertotalouden innovaatioihin.
- (Euroopan komissio, 2020)



Kuva 2. Kiertalous (EU, 2022)

2.3 Valokuituverkon elinkaaripäästöt

Valokuituverkon rakentaminen aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä eri vaiheissa, kuten materiaalien valmistuksessa, kuljetuksessa, rakentamisessa, asennuksessa ja käyttövaiheessa. Valokuitukaapeliin valmistusprosessi vaatii energiaa sekä materiaaleja ja kuljetukset lisäävät hiilidioksidipäästöjä. (GreenCarbon, 2023)



Kuva 3. Valokuituverkon 50 vuoden elinkaaripäästöt yhtä kotitaloutta kohden (GreenCarbon, 2023)

GreenCarbon on toteuttanut tutkimuksen vuonna 2022 valokuituverkon elinkaaripäästöistä (Kuva 3.). Valokuituverkon elinkaaripäästöt voidaan jakaa useisiin lähteisiin, ja niitä arvioidaan yleensä useiden ympäristövaikutusten näkökulmasta. Valokuituverkon suurimmat päästöt yhtä kotitaloutta kohden aiheutuvat:

- Tuotantovaihe 44 %
- Käyttövaihe 36 %
- Raaka-aineiden valmistus 9 %

Tuotantovaiheen päästöihin kuuluvat laittilojen rakentaminen (5 %), kaapeliverkon fyysinen rakentaminen (17 %) sekä tuotantovaihe sisältää tässä GreenCarbonin laskennassa myös laittilojen energiankulutuksen. (22 %). (GreenCarbon, 2023)

Käyttövaiheeseen on GreenCarbonin raportissa huomioitu vain loppukäyttäjän kotona olevan kuitupäätelaitteen energiankulutuksen. Oletuksella, että laite on kokoajan päällä (36 %). Mikäli siirtäisimme tuotantovaiheesta laittilojen energiankulutuksen 22 % käyttövaiheeseen, saisimme käyttövaiheen energian kulutukseksi 48 % eli lähes puolet kokonaispäästöistä. Käyttövaihe on joka tapauksessa pisin vaihe koko valokuituverkon elinkaareessa. Käyttövaiheen pituudeksi on yleensä määritelty 50 vuotta vaikka todellinen pituus saattaa olla vielä enemmän. Käytön aikana tarvitaan sähköä verkon ylläpitoon ja tietoliikenteeseen. Käytön aikaiset päästöt riippuvat laitteiden energiatehokkuudesta ja energiantuotantomuodoista. Käyttövaiheeseen liittyy myös valokuituverkon päivitykset ja

ylläpito. Nämä vaatii ajoittain erilaisia koneita, laitteita, liikkumista kohteeseen sekä materiaalien kuljettamista. (GreenCarbon, 2023)

Valokuituverkon raaka-aineiden ja materiaalien valmistus (9 %). Valokuitujen valmistamisessa tarvitaan erilaisia raaka-aineita, kuten lasikuitua, muovia ja metalleja. Raaka-aineiden tuotannosta ja hankinnasta syntyy energiankulutusta, kasvihuonekaasupäästöjä ja luonnonvarojen kulutusta. GreenCarbonin raporttiin tiedot olivat kerätty kaapelivalmistaja Nestor Cables Oy:ltä sekä kuitupäätelaitteiden valmistajalta Genexis Finalnd Oy:ltä. Laskennoissa käytettiin Ecoinvent 3.9 tietokannasta saatuja päästökertoimia materiaalien tuotannosta. (GreenCarbon, 2023)

Valokuituverkon tuotantovaiheessa rakentaminen, eli kaivaminen ja kaapeleiden asentaminen maahan, on yksi suurimmista päästöjä aiheuttavista tekijöistä. Maanrakennuksen suhteellinen osuus päästöistä pienenee, kun verkon oletettu elinikä on 50 vuotta. Maanrakennusprosessiin liittyy esimerkiksi kaivinkoneiden käyttö, mikä kuluttaa suuria määriä polttoaineita ja aiheuttaa kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi kaivinkoneiden siirrot ja materiaalien kuljetukset aiheuttavat päästöjä. Tähän prosessiin liittyy kaivuutöiden lisäksi myös kaivettujen alueiden pintatyöt, kuten asfaltointi ja nurmikointi, mitä ei ole huomioitu GreenCarbonin laskennassa. Asfaltointi tuottaa erittäin suuria määriä CO₂-päästöjä, asfaltoinnin päästöjä käydään läpi tarkemmin laskelmat -osiossa.

Kaivutyömailla käytettävien laitteiden, kuten kaivinkoneiden ja kuorma-autojen, ympäristöystävällisyyteen kiinnitetään yhä enemmän huomiota. Kaivinkoneiden sähköistyminen voi vähentää päästöjä merkittävästi ja onkin kehitetty jo sähkökäyttöisiä kaivinkoneita, jotka voivat vähentää merkittävästi kasvihuonekaasupäästöjä. Myös polttoainetaloudellisten laitteiden, kuten hybridikoneiden käyttö vähentää päästöjä merkittävästi. Kokonaan toinen asia on se, että miten sähkökäyttöiset kaivinkoneet tulevat soveltumaan liikkuville verkonrakennustyömaille. (Komatsu, n.d)

Elinkaaripäästöjen arvioiminen valokuituverkon elinkaareen aikana on haasteellista. Arvioissa on syytä ottaa huomioon monia tekijöitä, kuten raaka-aineiden alkuperän, valmistusprosessin tehokkuuden, energianlähteet käyttövaiheessa ja verkon pitkän aikavälin ylläpidon. Kokonaiskuva voi vaihdella suuresti eri hankkeiden välillä ja riippuen myös alueellisista olosuhteista ja resurssien saatavuudesta.

Valokuituverkon elinkaaripäästöjen vähentämisessä ensimmäiset askeleet voisivatkin olla tuotantovaiheessa siirtyminen uusiutuviin polttoaineisiin. Verkon rakentamisessa käytetyn polttoaineen ja työtapojen valinnalla on suuri merkitys. Siirtyminen uusiutuvien

polttoaineisiin sekä sähköllä toimiviin työkoneisiin ja ajoneuvoihin, on yksi mahdollisuus vaikuttaa työmaan suoriin päästöihin. Rakentamisessa käytettävillä materiaaleilla on myös suuri merkitys. Valitsemalla kestäviä ja kierrätettäviä materiaaleja voidaan vähentää valmistuksen, kuljetuksen ja hävittämisen aiheuttamaa ympäristövaikutusta. Suunnittelun optimoinnilla pystytään vaikuttamaan niin työtapoihin kuin käytettäviin materiaaleihin.

2.3.1 GreenCarbon päästöraportti 2023 tulokset

GreenCarbonin raportti Suomen valokuitutoimialalta vuodelta 2021 on valmistunut vuonna 2023. Laskenta kattaa kaikki tärkeät vaiheet raaka-aineiden valmistuksesta aina hävittämiseen asti. Yksi laskennan yksikkö vastaa yhden kotitalouden osuutta valokuituverkosta ja yhden Tt (teratavu) osuutta datan siirretystä määrästä. Laskennassa käytettiin seitsemän merkittävimmän toimijan keskiarvoja vuoden 2021 tiedoista, mikä mahdollistaa laajan kattavuuden ja tarkemman yleiskuvan alan päästöistä. Tulevaisuudessa olisi kuitenkin tärkeää päivittää laskentaa ottamalla huomioon datan kulutuksen odotettu kasvu sekä varmistaa, että käytetyt tiedot kattavat koko toimialan ja ovat mahdollisimman tarkkoja ja luotettavia. Tämä auttaa lisäämään ymmärrystä valokuituverkon ympäristövaikutuksista ja mahdollistaa entistä kestävämmän infrastruktuurin kehittämisen tulevaisuudessa. (GreenCarbon, 2023)

Raportin mukaan valokuituverkon elinkaaripäästöt 50 vuoden ajalta ovat 273,89 kg CO₂e per kotitalous. *Tämä vastaa noin 1740 kilometrin ajoa polttomoottikäyttöisellä henkilöautolla. Suomalaisten vuosittaiset päästöt ovat 10 300 kg CO₂e ja valokuituverkon vuosittaiset päästöt ovat 5,48 kg CO₂e per kotitalous.* (GreenCarbon, 2023)

2.3.2 Valokuitu ekologisempi kuin mobiiliverkko?

Traficom toteutti keväällä 2022 tiedonkeruun, kaikilta merkittäviltä kotimaiselta operaatoreilta. Tietojen mukaan mobiiliverkkojen radioverkot kattavat noin 60 % kokonaisenergiankulutuksesta, kiinteät liityntäverkot noin 20 %, ja muut osat yhteensä 20 %. Loppukäyttäjää lähimpänä olevat verkon osat, kuten kiinteiden verkkojen liityntäverkko ja matkaviestinverkon radioverkko, kuluttavat eniten energiaa. Tämä viittaa siihen, että vaikka mobiiliverkkojen kattavuus on laajempi, kiinteän verkon osat ovat energiatehokkaampia. (Traficom, 2022)

Traficom kerää myös teleyrityksiltä tiedonsiirtomäärät gigatavuina, kattaen kaikki matkaviestinverkon sukupolvet ja kiinteän verkon teknologiat. Perustuen näihin tietoihin, energiankulutus on kiinteässä verkossa 0,05 kWh ja matkaviestinverkossa 0,12 kWh siirrettyä gigatavua kohden, kun muut verkonosat jaetaan tasan. Yhdellä kilowattitunnilla siirretään matkaviestinverkossa noin 8,5 Gt ja kiinteässä verkossa noin 20 Gt dataa. Näiden lukujen valossa kiinteä verkko näyttäisi olevan selvästi tehokkaampi ja ympäristöystävällisempi vaihtoehto tiedonsiirrolle. Tämä on hyvä tieto tulevaisuuden verkkoinvestointeja ja tietoliikenneinfrastruktuurin kehittämistä ajatellen. (Traficom, 2022)

2.4 Käyttövoiman mahdollisuudet päästöjen vähentämisessä

Uusiutuvien polttoaineiden käyttö sekä sähkökäyttöisten ajoneuvojen ja työkoneiden kehitys tarjoavat merkittäviä mahdollisuuksia päästöjen vähentämisessä. Yksi keskeinen tekijä on siirtyminen perinteisistä fossiilipolttoaineista uusiutuviin polttoaineisiin. Uusiutuvien polttoaineiden käyttö vähentää riippuvuutta öljyntuonnista ja alentaa kasvihuonekaasupäästöjä, kun niitä poltetaan. Suomi on sitoutunut puolittamaan liikenteestä aiheutuvat päästöt vuoteen 2030 mennessä. Tästä tavoitteesta puolet on suunniteltu toteutettavan uusiutuvilla polttoaineilla. Uusiutuvat polttoaineet ovat myös ainoa keino vähentää liikenteen päästöjä nykyisellä ajoneuvo-, ja työkone kannalla. (AFRY, 2022)

Sähkökäyttöiset ajoneuvot ja työkoneet ovat toinen tehokas keino vähentää liikenteen ja työkoneiden aiheuttamia päästöjä. Sähkökäyttöiset työkoneet, kuten kaivinkoneet ja kuorma-autot, voivat korvata perinteiset polttomoottorikäyttöiset koneet ympäristöystävällisemmillä vaihtoehdoilla. Sähköajoneuvojen lisääntyvä käyttö vähentää hiilidioksidipäästöjä ja parantaa ilmanlaatua erityisesti kaupunkiympäristöissä. (Suomen ilmastopaneeli, 2019)

Uusiutuvien polttoaineiden ja sähkökäyttöisten ajoneuvojen yhdistäminen luo synergiaetuja, jotka voivat merkittävästi edistää kestävästä liikennettä ja työkoneiden käyttöä. Kattavat investoinnit uusiutuviin energiamuotoihin ja kestävästä liikenteen ratkaisuihin ovat avainasemassa, kun pyrimme saavuttamaan pitkäaikaisia ilmastotavoitteita ja vähentämään riippuvuutta perinteisistä fossiilipolttoaineista.

2.4.1 Uusiutuvat polttoaineet

Uusiutuvat polttoaineet voidaan jakaa kolmeen pääryhmään: nestemäiset biopolttoaineet, biokaasu sekä synteettiset sähköpolttoaineet. Uusiutuvilla polttoaineilla on useita etuja verrattuna perinteisiin polttoaineisiin. Ne ovat ympäristöystävällisempiä, koska ne eivät lisää hiilidioksidipäästöjä maailmanlaajuisesti samalla tavalla kuin fossiiliset polttoaineet. Uusiutuvat polttoaineet ovat myös riippumattomia maakaasun ja öljyn tuotannosta ja hinnoittelusta. Suomessa uusiutuvat polttoaineet tukevat paikallista kiertotaloutta, mahdollistaen tuotannon sivuvirtojen sekä jätteiden tehokkaan kierrätyksen. (AFRY, 2022)

Uusiutuva polttoaine valmistetaan pääasiallisesti kasviperäisistä tai uusiutuvista raaka-aineista, kuten kasviöljyistä sekä elintarviketeollisuuden jätteistä. Uusiutuvista polttoaineista käytetään lyhennettä HVO (Hydrotreated Vegetable Oil). Sitä voidaan sekoittaa perinteiseen dieseliin tai käyttää sellaisenaan. Uusiutuvalla dieselillä on parempi polttoaineen laatu kuin perinteisellä dieselillä, sillä se sisältää vähemmän raskasmetalleja ja pinta-aktiivisia aineita. Uusiutuva diesel myös vähentää hiilidioksidipäästöjä verrattuna perinteiseen dieseliin jopa 90 %. (Neste, n.d)

2.4.2 Biokaasu

Biokaasu syntyy orgaanisten jätteiden mädätyksestä, jossa mikrobit hajottavat orgaanisen massan metaaniksi (CH₄) ja hiilidioksidiksi (CO₂). Tuotannossa syntyvä mädätysjäännös voidaan hyödyntää lannoitteena tai multana maanviljelyksessä. Lopullinen tuote, puhdistettu biokaasu, sisältää pääasiassa metaania (95 % - 98 %) ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi liikenteen polttoaineena tai kaasuverkossa. Biokaasun CO₂ päästöt ovatkin täten 0. (Gasum, n.d)

Biokaasun raaka-aineeksi kelpaavat kaikki biohajoavat jätteet. Gasumin yleisimmät tuotantoon saapuvat materiaalit ovat:

- Elintarviketeollisuuden jätteet, puutarhajäte, ruoantähteet ja kaupan pilaantuneet elintarvikkeet
- Maatalouden jätteet, kuten lanta ja peltobiomassa
- Teollisuuden prosesseista syntyvät biohajoavat jätteet, kuten laktoosittomien maitotuotteiden valmistuksessa ylijäävä laktoosi tai muut orgaaniset jätteet

- Jätevedenpuhdistamoiden käsittelemät lietteet
(Gasum, n.d)

Biokaasun valmistusprosessi myös vähentää jätteiden määrää käytettäessä jätettä raaka-aineena. Biokaasu on erinomainen esimerkki kiertotalouden merkityksestä ja mahdollisuuksista kohti vähäpäästöistä yhteiskuntaa.

Biokaasun kysyntä on ollut ja useamman vuoden ajan kasvussa, mutta potentiaalia riittää edelleen. Biokaasua tuotetaan suomessa tällä hetkellä noin 0,8 terawattituntia vuodessa. Kokonaiskapasiteettia olisi kuitenkin jopa 10 terawattitunnin vuosittaiseen tuotantoon. (Gasum, n.d)

Biokaasu on myös monipuolinen polttoaine, joka voidaan käyttää useilla eri aloilla, mukaan lukien maanrakennuksessa. Kaasukäyttöisiä kuorma-autoja sekä esimerkiksi trukkinostureita on hyvin paljon saatavilla, kaasukäyttöisistä henkilö-, ja pakettiautoista puhumattakaan. Biokaasua voidaan toimittaa joko CNG:nä (Compressed Natural Gas) tai LNG:nä (Liquefied Natural Gas). CNG on korkeapainesäiliöön pakattua kaasua ja LNG on alhaiseen lämpötilaan pakattua nestemäistä kaasua. (Gasum, n.d)

Tällä hetkellä suurin este biokaasun laajamittaisella käytölle Suomessa on jakeluverkon niukkuus. Kaasulla toimivat kuorma-autot ovat myös hieman kalliimpia kertainvestointeina, mutta käyttövoiman kustannukset ovat edullisemmat.

2.4.3 Sähkö

Sähkökäyttöiset ajoneuvot ovat suuressa kasvussa Suomessa. 2.10.2023 mennessä Suomessa on rekisterissä 201 891 kpl ladattavaa sähkökäyttöistä henkilöautoa. Tästä täyssähköautoja on 74 525 kpl ja ladattavaa hybridautoa on 127 366 kpl. Verrattuna viime vuoden lopun tilanteeseen (31.12.2022) täyssähköautoja oli vain 44 889 kpl ja ladattavia hybridautoja oli 104 039 kpl. Pelkästään kuluvan vuoden aikana täyssähköautoja on rekisteröity 29 636 kpl lisää, tämä on noin 60 % nousu verrattuna edellisen vuoden loppuun. Kokonaisuus sähkökäyttöisillä ladattavilla autoilla oli vuoden 2022 lopussa 5,4 %. Suunta on kuitenkin selkeä, sähköautot ovat menossa vahvasti ylöspäin. (Autoalan tiedotuskeskus, 2023)

Pelkästään pakettiautoja tarkasteltaessa luvut ovat huomattavan paljon heikommat kuin henkilöautopuolella. Vuoden 2022 lopussa Suomessa on rekisteröity 343 715 kpl

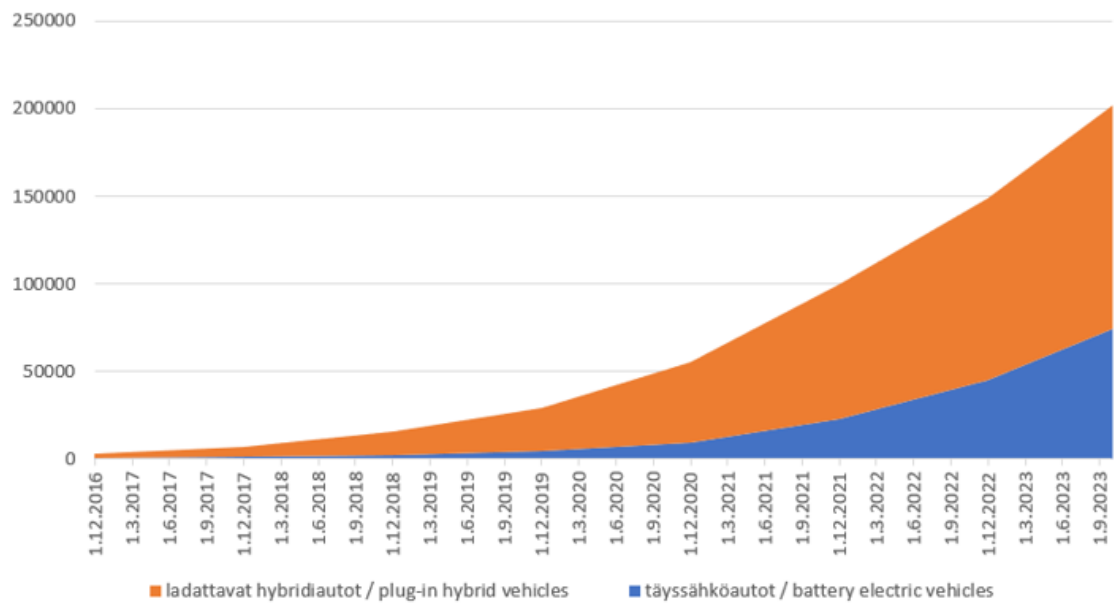
pakettiautoa. Tästä osuudesta ladattavia ajoneuvoja oli yhteensä 1814 kpl, ja siitä osuudesta täyssähköisiä pakettiautoja oli 1556 kpl. Ladattavien autojen osuus koko pakettiautokannasta oli siis vain 0,5 %. Päälimmäisenä syynä tähän on automallien puute sekä akkujen kapasiteetti. (Autoalan tiedotuskeskus, 2023)

Kuvasta 4. on nähtävissä, että sähköajoneuvoihin siirtyminen työmailla on täten jo suuresti käynnissä, ja tulee suoraan vaikuttamaan työmailta aiheutuviin CO₂-päästöihin jo lähitulevaisuudessa. Sähköautoihin ja sähköpakettiautoihin siirtyminen tulee joka tapauksessa tapahtumaan. Pakettiautopuolella odotellaan vielä mallivaihtoehtojen monipuolistumista sekä toimintamatkan parantumista. Taloudelliset näkökulmat ovat jo nyt varsin selkeät. Sähköajoneuvojen kertainvestointi on jonkin verran korkeampi kuin vastaavan polttomoottoriajoneuvon, mutta se kompensoituu ajamisen ja huoltokulujen pienentymisenä.

Sähkökäyttöisiä kaivinkoneita sekä kuorma-autoja on myös saatavilla. Sähkökäyttöisiä kuorma-autoja oli Suomessa rekisteröity vuoden 2022 loppuun mennessä 25 kpl. Kuorma-autojen kokonaismäärästä se oli vain 0,03 %. Sähkökäyttöisistä kaivinkoneista ei ole mitään tilastotietoa. (Autoalan tiedotuskeskus, 2023)

Eltel Networks ja Helen ovat pilotoineet jo vuonna 2021 sähkökäyttöisen kaivinkoneen soveltumista verkonrakennustyömaille. Sähköllä toimivat kaivinkoneet ovat sanomattakin ympäristöystävällisempiä kuin perinteiset kaivinkoneet, sillä ne eivät tuota päästöjä. Ne myös ovat hiljaisempia kuin perinteiset koneet ja ne eivät tuota juurikaan melua tai tärinää. Ne ovat myös tehokkaampia, sillä ne eivät hukkaa energiaa lämmön muodossa. Kuitenkin suhteellisen rajallinen toimintasäde (mallista riippuen työaika noin 4 - 5h) sekä työmaalla lataaminen ovat vielä isoja haasteita. Erityisen haasteelliseksi latauksen kannalta verkonrakennustyömailla nousee, että työmaat on jatkuvassa liikkeessä. (Eltel, 2021)

Sähkökäyttöisillä ajoneuvoilla sekä työkoneilla on kuitenkin jo lähitulevaisuudessa saavutettavissa isoja päästövähennyksiä työmailla. Se on kuitenkin jo selvää, että päästöjen vähentäminen työmailla ei ole kiinni yhdestä teknologiasta tai käyttövoimasta. Todennäköisesti tulevaisuudessa tulemme näkemään kaikkien uusiutuvien käyttövoimien yhteisvaikutukset työmaiden päästöjen vähennys talkoissa.



Kuva 4. Rekisteröidyt ladattavat ajoneuvot Suomessa 2016-2023

3 VALOKUITUVERKON RAKENTAMINEN JA PÄÄSTÖLASKELMAT

3.1 Valokuituverkon rakentamisen prosessi

Valokuituverkon rakentaminen on monivaiheinen prosessi, joka vaatii tarkkaa suunnittelua, koordinoitua ja ammattitaitoista työvoimaa, kuten kuvasta 5. ja 6. on todettavissa. Tässä kappaleessa käsitellään lyhyesti valokuituverkon rakentamisen eri vaiheita, keskittyen tilaajan rooliin, verkon suunnitteluun, pääurakoitsijan projektinjohtoon, maanrakennukseen, kaapeleiden asennukseen ja valokuitujen hitsaukseen, loppuasiakkaan käyttöönottoon, dokumentointiin sekä projektin luovutukseen tilaajalle.

Valokuituverkon rakentamisen ensimmäinen vaihe on tilaajan rooli, joka sisältää yhteydenpidon eri sidosryhmien kanssa, kuten esimerkiksi kaupunkien viranomaisten, maanomistajien ja muiden infrastruktuuriorganisaatioiden kanssa. Tilaaja on keskeinen osapuoli koko prosessissa ja vastaa projektin edistymisen seuraamisesta, rahoituksesta ja josain tapauksissa tarvittavista lupamenettelyistä. Tilaaja voi sisällyttää tai ulkoistaa osan tehtävistään myös pääurakoitsijalle.

Verkon suunnittelu on olennainen vaihe, jossa määritellään tarkasti, mihin valokuitukaapelit sijoitetaan ja miten ne liitetään jo olemassa olevaan verkkoon. Verkon suunnittelun voi tehdä joko pääurakoitsijan suunnittelija tai vastaavasti tilaajan suunnittelija. Eri vastuut ja roolit määritellään sopimuksessa. Suunnitteluvaiheessa huomioidaan maaston erityispiirteet, esimerkiksi vesistöt ja metsät sekä olemassa oleva infra. Yleensä tässä vaiheessa pääurakoitsijan tai tilaajan projektinjohto koordinoi suunnittelutyötä ja varmistaa sen yhtenäisyyden ja toteutettavuuden.

Maanrakennusvaiheessa valokuituverkon infrastruktuuri rakennetaan konkreettisesti maan alle. Maanrakennus sisältää kaivamista, kaapelin suojaputkien- ja valokuitukaapeleiden asennusta ja muita maanrakennustöitä. Pääurakoitsijan projektinjohto vastaa työmaan hallinnasta, resurssien jakamisesta ja aikataulujen noudattamisesta yhdessä tilaajan vastaavan kanssa.

Kaapelien asennus ja valokuitujen hitsaus ovat kriittisiä vaiheita, joissa varmistetaan, että signaalit kulkevat häiriöttömästi koko verkossa. Ammattitaitoiset valokuituasentajat

vastaavat kaapelien liittämistä ja valokuitujen hitsaamisesta toisiinsa, mikä vaatii tarkkuutta ja erityisosaamista.

Loppuasiakkaan käyttöönotossa varmistetaan, että valokuituverkko toimii odotetusti ja loppukäyttäjät voivat hyödyntää sen tarjoamia nopeita ja luotettavia yhteyksiä. Tässä vaiheessa tehdään tarvittavat testaukset ja varmistetaan, että kaikki palvelut toimivat moitteettomasti ja ovat asiakkaiden tilattavissa.

Dokumentointi on tärkeä osa prosessia, ja siinä kirjataan ylös kaikki vaiheet, suunnitelmat, muutokset ja toteutuneet toimenpiteet. Dokumentointi varmistaa, että tieto on saatavilla tulevaisuudessa mahdollisten huolto- ja laajennustarpeiden varalta.

Viimeinen vaihe on projektin luovutus tilaajalle, missä varmistetaan, että kaikki dokumentaatio, takuut ja muut asiat siirretään tilaajalle. Tämä varmistaa, että tilaaja voi hallinnoida ja ylläpitää valokuituverkkoaan tehokkaasti sen koko elinkaaren ajan.



Kuva 5. Valokuituverkon arvoketju (kuva A. Koskinen & A. Perälä)



Kuva 6. Rakentamisen prosessikaavio (kuva A. Koskinen & A. Perälä)

3.2 Valokuituverkon suunnittelu

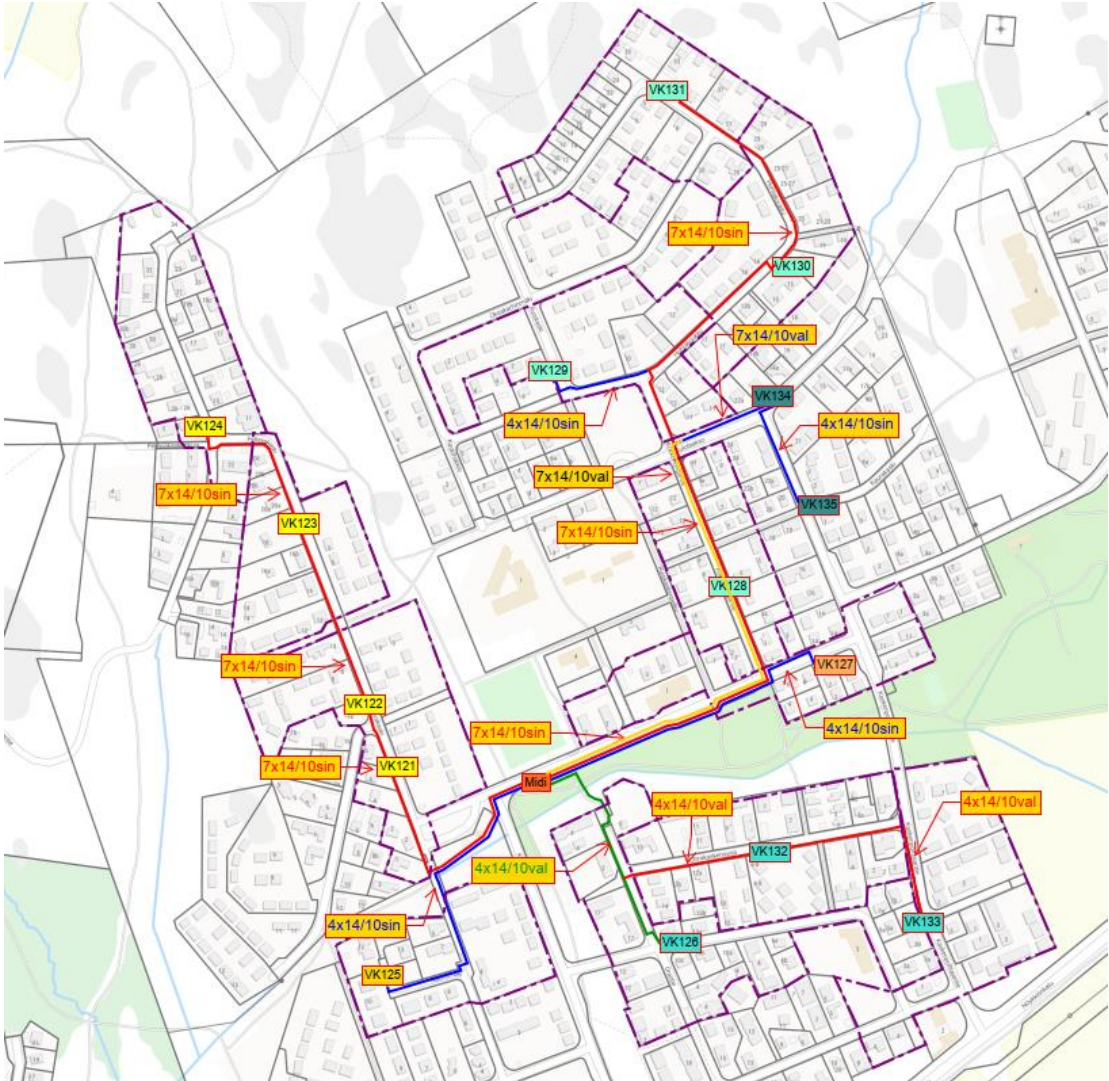
Valokuituverkon rakentaminen alkaa suunnittelusta, joka sisältää kaapelireittien määrittelyn, kaapelien vetosuunnitelman ja tarvittavien laitteiden sijoittelun. Valokuituverkon suunnitteluun liittyy useita vaiheita, jotka sisältävät muun muassa kaapelireittien määrittelyn, kaapelien vetosuunnitelman, laitteiden sijoittelun ja verkon topologian määrittelyn. Suunnitteluprosessissa on tärkeää ottaa huomioon verkkojen tulevaisuuden laajentumismahdollisuudet ja varmistaa, että verkko on skaalautuva ja kestävä tulevina vuosina.



Kuva 7. Aluerajaus esimerkki

Valokuituverkon suunnittelun ensimmäinen vaihe on kartoittaa, mitä tarpeita verkolta odotetaan. Tässä vaiheessa määritellään muun muassa verkon laajuus, käyttäjämäärä ja käyttötarkoitus (Kuva 7.). Valokuituverkon suunnittelussa tulee ottaa huomioon myös tarvittavat laitteet, kuten optiset kytkimet, reitittimet ja muut laitteet. Näiden laitteiden tulee olla yhteensopivia ja toimia saumattomasti yhdessä.

Kaapelireittien määrittelyssä on huomioitava muun muassa maastonmuodot, olemassa oleva infra, maanomistus, rakennukset ja kaikki muut esteet, jotka voivat vaikuttaa kaapelireitin valintaan ja kaapelien sijoittamiseen (Kuva 8.). Suunnittelussa on myös huomioitava laitteiden mm. jakokaappien tai kaapelikaivojen tarvitsema tila ja virtalähteet sekä kaapelireittien kapasiteetti.



Kuva 8. Suunnitelma esimerkki

Luvitusprosessi on tärkeä osa valokuituverkon rakentamista, ja se voi vaihdella paikkakunnittain. Luvitusprosessi sisältää usein sijoitusluvan hakemisen, mahdollisten kaavojen tarkistamisen, suunnitelmien hyväksynnän sekä maanomistajien ja kuntien kanssa käytävät neuvottelut kaapelien sijoittamisesta. Lisäksi viranomaisilta tarvitaan usein lupa myös kaivamiseen, jotta kaapelit voidaan asentaa maan alle. Tämä sisältää tarvittavien työluvien hankkimisen kaivutyön aloittamiseksi.

Suunnittelu-, ja luvitusprosessi voivat vaikuttaa valokuituverkon rakentamisen aikatauluun ja kustannuksiin, joten on tärkeää huolehtia siitä, että kaikki tarvittavat luvat ja suunnitelmat ovat kunnossa ennen kuin rakentaminen alkaa. Suunnitteluprosessi sisältäen luvituksen voi kestää useista kuukaudesta jopa vuosiin.

3.2.1 Kustannukset

Suunnittelussa on erityisen tärkeää ottaa huomioon kustannukset, mitkä vaikuttavat oleellisesti suunniteltavan alueen laajuuteen sekä reittivalintoihin ja näiden vaikutukseen. Kustannukset sisältävät kaikki luvituksen, suunnittelun, kaivutöiden, kaapeleiden, putkien, laitteiden ja muiden tarvittavien resurssien kustannukset.

Valokuituverkon rakentamisen kustannukset voivat vaihdella merkittävästi rakennettavan alueen ja sen topografian, maaperän ja muiden paikallisten olosuhteiden mukaan. Esimerkiksi vaikeakulkuinen maasto ja tiheään rakennettu taajama, voivat nostaa rakentamisen kustannuksia huomattavasti. Kaupunkialueilla, joissa on jo olemassa oleva infrastruktuuri, kuten maanalaiset putkistot ja sähkölinjat, kaapelointi voi olla monimutkaisempaa ja kalliimpaa.

Valokuituverkon rakentamisen kustannuksiin vaikuttavat myös kaapelien tyypit ja laatu. Esimerkiksi suuremmat kaapelit, jotka mahdollistavat suuremman tiedonsiirtonopeuden, ovat kalliimpia kuin pienemmät kaapelit. Samoin kaapeleiden suojaaminen maaperän takia voi nostaa kustannuksia.

Tämän vuoksi kustannustehokkuus on yksi tärkeimmistä tekijöistä valokuituverkon rakentamisessa. Kustannussäästöjä voidaan saavuttaa esimerkiksi valitsemalla sopiva kaapelin tyyppi, optimoimalla kaapelireitit ja hyödyntämällä olemassa olevaa infrastruktuuria.

3.3 Valokuituverkon rakentaminen

Kun suunnitteluprosessi on saatu päätökseen, voi konkreettinen rakentaminen alkaa. Rakentaminen aloitetaan tarvittavien työlupien ja katselmuksien hakemisella. Viimeistään tässä kohtaa tilataan ajantasalla olevat johtokartat olemassa olevista maanalaisista rakenteista ja kaapeleista, sekä kaapelinäytöt. Kaapelinäytöillä tarkoitetaan verkon omistajien velvollisuutta tulla näyttämään, missä heidän omistuksessaan olevat kaapelit kulkevat ja merkitsemään ne maastoon.

Kaivaminen on yksi tärkeimmistä ja kalleimmista vaiheista valokuituverkon rakentamisessa. Kaivaminen tapahtuu kaivinkoneilla tai vaihtoehtoisesti maasahalla. Kaapeleille tai putkille kaivetaan kaapelioja, mikä on yleisesti ottaen 70 cm syvä. Kaapeliojan leveys

vaihtelee noin 30 cm leveydeltä jopa metriin asti, riippuen kuinka paljon kaapeleita tai putkia kaivantoon ollaan asentamassa.

Ensimmäinen askel valokuituverkon maanrakennustyössä on kaivaa kaapelioja, joihin asennetaan joko kaapelit, kanavat tai suoja-putket (Kuva 9.). Suoja-putket tai suojakourut ovat tärkeitä valokuituverkon rakentamisessa, sillä ne suojaavat kaapeleita tai kanavia mahdollisilta vaurioilta. Putket asennetaan kaivettuihin ojiin, ja niitä käytetään myös silloin, kun kaapelit kulkevat rakennusten tai muiden rakenteiden läpi. Mikrokanava tekniikassa putket ovat jo mikrokanavan sisällä ja kanava itsessään toimii suoja-kuorena kaapeleille. Mikrokanavaa voidaan myös asentaa suoja-putken tai kourun sisälle.



Kuva 9. Mikrokanavan asennus kaapeliojaan (kuva A. Perälä)

Kaapelit voidaan joko asentaa suoraan maahan, vetää tai puhaltaa putkien sisään. Kaapelinveto tehdään yleensä kaapelivetolaitteilla, mikä vetää kaapelin putken läpi. Kaapelien vetäminen vaikeutuu, mitä enemmän mutkia ja pituutta reitissä on. Mikrokanavatekniikassa mikrokaapelit puhalletaan maahan asennettuihin kanaviin. Kun valokuitukaapelit on asennettu, kaapelit hitsataan joko jakokaapeissa (Kuva 10.) tai vaihtoehtoisesti kaapelikaivoissa (Kuva 11.).

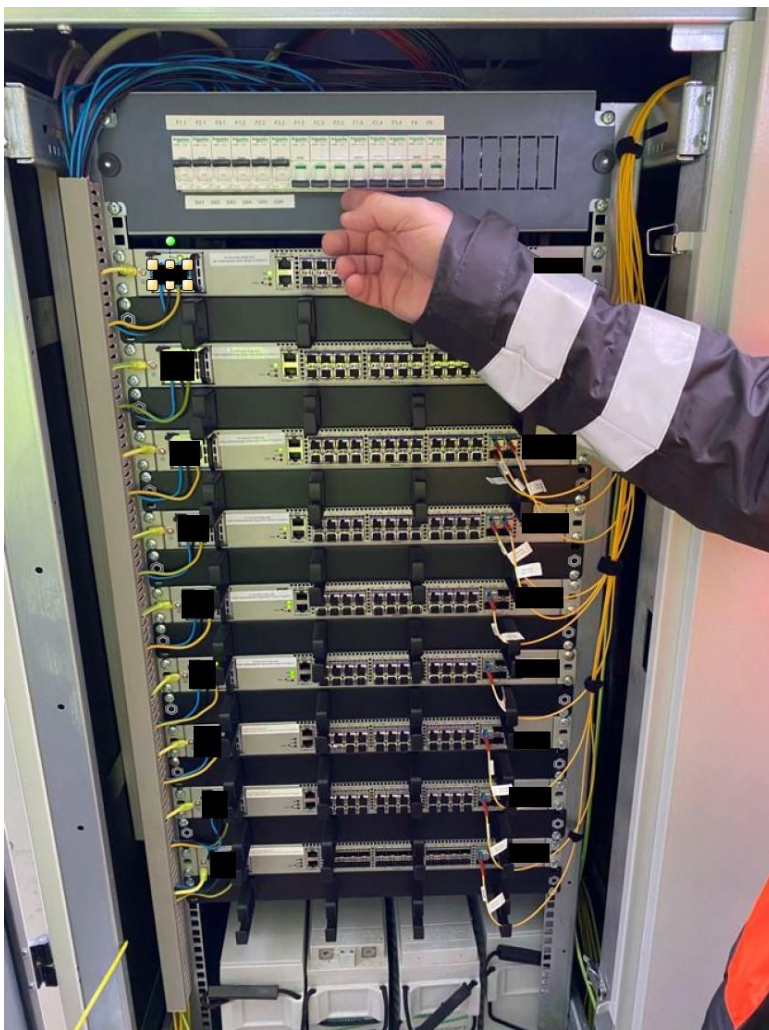


Kuva 10. Jakokaappi (kuva A. Perälä)



Kuva 11. Kaapelikaivo (kuva A. Perälä)

Lopuksi asennetaan uudet aktiivilaitteet laitetilään (Kuva 12.). Laitteet muuntavat valosignaaleit sähkösignaaleiksi, jotta ne voidaan siirtää edelleen tietoliikenneverkon kautta. Tämä tarkoittaa, että valosignaaleit muunnetaan sähkösignaaleiksi laitteistossa.



Kuva 12. Aktiivilaitteet (kuva A. Perälä)

Lopuksi verkon asennus päättyy testaukseen, jolla varmistetaan, että koko verkkoinfrastrukturi toimii optimaalisesti ja että signaalit siirtyvät kuitujen läpi häiriöttä. Testauksen jälkeen verkko on valmis käyttöönotettavaksi.

On tärkeää huomata, että valokuituverkon rakentamiseen liittyy useita teknisiä ja logistisia haasteita, mukaan lukien kaivamis- ja kaapelointityöt, laitteiden asennus ja testaus, joten rakennusprosessi voi kestää useita kuukausia tai jopa vuosia, riippuen verkon laajuudesta ja monimutkaisuudesta.

3.3.1 Rakennettavan alueen asukkaiden huolenaiheet

Valokuituverkon rakentaminen aiheuttaa usein huolta tai vastustusta alueen asukkailta erityisesti silloin, kun se vaatii kaivamista tai muita toimenpiteitä heidän kotiensa läheisyydessä. Asukkaiden huoli voi liittyä esimerkiksi kaivamisen aiheuttamiin häiriöihin, meluun, pölyyn, liikenteen häiriöihin tai muihin ympäristövaikutuksiin. Lisäksi asukkaat voivat pelätä, että valokuituverkon rakentaminen laskee heidän kiinteistöjensä arvoa tai että he joutuvat maksamaan liittymismaksuja ilman takuuta paremmasta palvelusta.

Tämän vuoksi valokuituverkon rakentamisessa on tärkeää ottaa huomioon paikalliset olosuhteet ja asukkaiden huolenaiheet sekä viestiä avoimesti ja selkeästi hankkeen tavoitteista ja vaikutuksista. Ennakoilmoitukset ja tiedotustilaisuudet voivat auttaa vähentämään vastustusta ja edistää hankkeen sujuvuutta.

On myös tärkeää korostaa, että valokuituverkon rakentaminen on pitkäjänteistä investointia, joka tuo merkittäviä hyötyjä alueen asukkaille ja yrityksille. Valokuituverkko mahdollistaa nopean ja luotettavan internetyhteyden, joka on välttämätön esimerkiksi etätöissä, koulutuksessa, terveydenhuollossa ja viihteessä. Lisäksi valokuituverkko voi parantaa alueen kiinteistöjen arvoa ja houkuttelevuutta.

Kokemuksen mukaan asukkaiden vastustus voi vähentyä, kun he saavat lisätietoa valokuituverkon eduista ja hankkeen toteutuksesta. Asukkaiden osallistaminen ja kuuleminen voi myös auttaa ratkaisemaan mahdollisia konflikteja ja löytämään ratkaisuja, jotka ovat hyväksyttäviä kaikille osapuolille.

3.4 Valokuituverkon kartoitus ja verkon dokumentointi

Valokuituverkon dokumentointi on ensiarvoisen tärkeää, sillä se auttaa verkkojen omistajia ja ylläpitäjiä hallinnoimaan ja ylläpitämään infrastruktuuriaan tehokkaasti. Tarkka dokumentointi auttaa myös vianetsinnässä ja laajennusten suunnittelussa. Seuraavat asiat tulee löytyä verkon loppudokumentoinnista.

Kaapelireittien kartat: Kaapelireittien kartoitus on olennainen osa valokuituverkon rakentamista ja ylläpitoa. Kartoitus auttaa varmistamaan, että kaapelit ovat oikein asennettuja ja yhteydet toimivat odotetusti. Tämä sisältää kaapelien sijainnin, pituuden ja kuidun

tyypin. Käytännössä tämä tarkoittaa kaapelikarttojen ylläpitoa ja päivittämistä säännöllisesti.

Liitännät ja laitteet: Dokumentoinnissa tulee olla tiedot kaapeleiden liittimistä ja kytkimistä. Kaikkien laitteiden mallit ja sarjanumerot on syytä kirjata ylös. Dokumentoinnista selviää myös verkon kapasiteetti ja nykyinen käyttöaste. Tämä auttaa suunnittelemaan verkon laajennuksia ja mahdollisia päivityksiä.

Kaapelien pituuden mittaaminen ja signaalin vaimennuksen tarkistus: Kaapelien pituudet tulee mitata tarkasti. Tämä voidaan tehdä erilaisilla kaapelitutkilla, kuten OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) -laitteilla. Mittauksilla voidaan selvittää, kuinka paljon signaali heikkenee kaapelin pituuden myötä. Tämä auttaa määrittämään, onko signaali riittävän vahva päästäkseen määränpäähänsä. Kaapelitutkilla voidaan myös paikallistaa mahdollisia vikakohtia. Tämän lisäksi tarkat kaapelireitin kartoitukset auttavat paikantamaan vikoja kaapeleissa, kuten kolhuja tai liitosongelmia.

Yhteenvedon avulla voidaan todeta, että valokuituverkon dokumentointi ja kaapelireittien kartoitus ovat välttämättömiä toimenpiteitä, joiden avulla varmistetaan laadukas ja luotettava tiedonsiirtoverkko.

3.5 Alue 1 ja Alue 2 esimerkkialueiden päästölaskelmat

Tätä päästölaskentaa varten keräsimme tiedot kahdesta jo toteutuneesta valokuitu projektista. Tonttiliittymien kaivuumerit ja määrät jätettiin laskennasta pois. Keskityimme tässä ainoastaan runkoverkkojen rakentamiseen.

Kerättäviä tietoja olivat:

- Koneet
- Tuntimäärät
- Polttoaineen kulutus
- Kaivuumerit

Kerättyjen tietojen perusteella pystyimme laskemaan työmaan kokonaiskulutuksen, jonka avulla saimme laskettua toteutuneet CO₂-päästöt rakentamisen osalta, ilman materiaaleja.

Lisäksi tutkimme myös asfaltin päästöjen vaikutusta kyseisten työmaiden kokonaispäästöihin. Laskennoissa otimme huomioon pelkästään asfalttimassan päästöt.

Molemmat rakennetut alueet sijaitsevat pääkaupunkiseudulla. Alueet valikoituivat tämän työn esimerkkilaskelmiksi niiden erilaisuuden vuoksi. Rakennettavat alueet olivat hyvin eri kokoiset. Alue 1 oli kohtuullisen suuri projekti ja alue 2 puolestaan kohtuullisen pieni. Alueella 1 rakennettiin myös suuri osuus päällystetyille katualueille, kun taas Alue 2 painottui enemmän päällystämättömälle reitille.

3.5.1 Alue 1

Alue 1 sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Alue oli kohtuulliseen tiheään rakennettua pientaloaluetta, missä korostuivat taloyhtiökohteet. Päällystettyä runkoreittiä 900 m, päällystämätöntä runkoreittiä 3200 m.

Taulukko 1. Alue 1 perustiedot

Projekti	Alue 1		
Valokuituverkon runkolinjan rakentaminen		Diesel CO ₂ /litra	2,33
		Työpäivä h	8

Kaivuutyöt

		KONEKALUSTO		Yht.	Metrit
Työtunnit		8tn kk	5-6tn pk		4100
		800	300	1100	
Polttoaine		Polttoaineen kulutus		Yht.	
	l/tunti	6	5	11	
	l/päivä	48	40	88	
	Yht.	4800	1500	6300	
CO₂		Konekalusto CO ₂		CO ₂ yht.	
	CO ₂ /kg h	13,98	11,65	25,63	CO ₂ /kg/metri
	CO ₂ /kg yht.	11184	3495	14679	3,58

Taulukko 1. keräsimme perustietoja työmailla olleista kaivinkoneista ja niiden polttoaineiden kulutuksesta. Biopolttoaineen jakeluvaihteen osuus otettiin huomioon. 100 % fossiilisen dieselin CO₂/l on 2,68 ja jakeluvaihteella saadaan laskemaan se 2,33 CO₂/l. (Turun Sanomat, 2022)

Toteutuneiden työtuntien mukaan saimme laskettua koneiden käyttötunnit, joista lasimme polttoaineiden CO₂/kg päästöt. Kokonaispäästöt jaettiin toteutuneiden metrien perusteella, josta saatiin arvo kaivamisen CO₂/kg/metri sarakkeelle.

Työmaalla on kuitenkin käytössä myös muitakin polttoainetta kuluttavia ajoneuvoja, kuin vain kaivinkoneita. Näitä ovat mm. pakettiautot, kuorma-autot sekä pyöräkuormaajat. Arvioimme näiden ajoneuvojen tyhjäkäyntiprosentit. Prosenttimäärät arvioitiin omien kokemusten perusteella, pakettiautojen tyhjäkäynniksi arvioitiin 15 % ja kuorma-autojen 25 %.

Taulukko 2. Työmaan muiden ajoneuvojen toteutuneet polttoaineiden kulutukset

Ajoneuvokalusto

		AJONEUVOT		Yht.	Metrit
Ajokilometrit		PA	KA		4100
	Työpäivät	100	35	135	
	km/päivä	30	80	110	
	km yht.	3000	2800	5800	
Polttoaine		Polttoaineen kulutus		Yht.	
	l/100km	10	30	40	
	l/päivä	3	24	27	
	l/km	0,1	0,3	0,4	
	Yht. (sis. Tyhjäkäynnin)	345	1050	1395	
CO₂		Ajoneuvot CO₂		CO₂ yht.	
	CO ₂ /kg päivä	6,99	55,92	62,91	CO ₂ /kg/metri
	CO ₂ /kg yht.	803,85	2446,50	3250,35	0,79

Pakettiautojen ja kuorma-autojen polttoaineiden kulutukset arvioitiin oman kokemuksen ja tietämyksen mukaan, sekä CO₂-päästöt laskettiin samalla tavalla kuin Taulukko 2

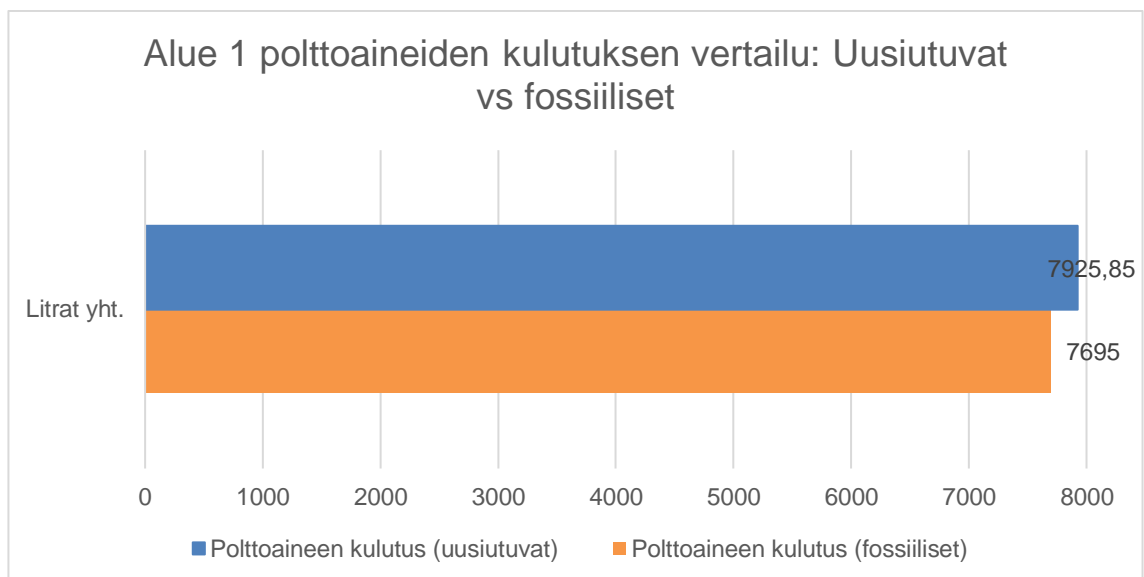
laskettiin kaivinkoneiden ja työkoneiden päästöt. Näistä laskelmista selviää, että ajoneuvokaluston päästöt tällä työmaalla olivat 0,79 CO₂/kg per metri.

Taulukoista huomataan, että muun kaluston (paketti- ja kuorma-autot) osuus päästöistä on n. 22 % ja loput 78 % tulevat työkoneista.

Taulukko 3. Polttoaineiden hinnat (Energy Brokers Finland, 2023)

Polttoaineiden hintataulukko ALV 0 %		
Polttoöljy	1,32	€/l
Diesel	1,66	€/l
Uusiutuva Polttoöljy	1,48	€/l
Uusiutuva Diesel	1,85	€/l

Taulukko 4. Alue 1 polttoaineen kulutuksen vertailu uusiutuvat ja fossiiliset



Polttoaineiden kulutusta vertaillen käytimme uusiutuvien polttoaineiden kohdalla kulutuskerrointa 1,03, eli uusiutuvilla polttoaineilla kulutus hieman kasvaa. Kulutuskerroin 1,03 saatiin Eltelin omista tutkimuksista ja arvioista.

Fossiilisilla polttoaineilla polttoaineiden kokonaiskulutusmäärät olivat:

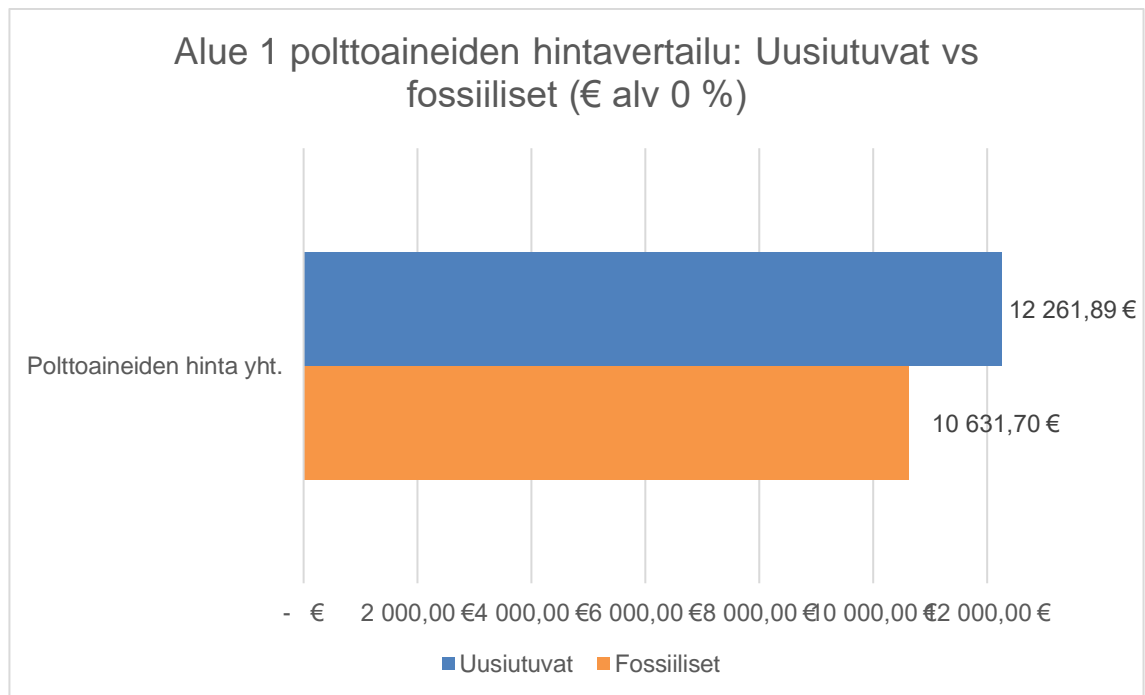
- Työkoneet 6300 l + kuljetuskalusto 1395 l = 7695 l

Uusiutuvilla polttoaineilla, kulutuskerroin huomioiden, kulutusmäärät olisivat:

- Työkoneet 6489 l + kuljetuskalusto 1437 l = 7926 l

Alue 1 työmaalla uusiutuvat polttoaineet olisivat lisänneet polttoaineiden kokonaiskulutusta 230l.

Taulukko 5. Alue 1 polttoaineiden hintavertailu uusiutuvat ja fossiiliset



Polttoaineiden hinnat löytyvät Taulukosta 4. Laskennan aikaan eroa fossiilisen ja uusiutuvan dieselin välillä oli alv. 0 % hinnoilla 0,19 €/l. Fossiilisten polttoaineiden kokonaissummaksi tuli 10 631,70 €, eli 2,59 €/m. Uusiutuvilla polttoaineilla polttoaineiden kokonaissumma olisi ollut 12 261,89 € eli 2,99 €/m. Uusiutuvat polttoaineet olisivat siis maksaneet kokonaisuudessa 1630 euroa enemmän tai 0,40 €/m enemmän. Fossiilisten polttoaineiden kustannukseksi saatiin 2,59 €/m ja päästöiksi 4,37 CO₂/kg per metri.

Uusiutuvien polttoaineiden päästökertoimena käytettiin 0,1 (Neste, n.d.). Uusiutuvilla polttoaineilla kustannukset olisivat olleet 2,99 €/m ja päästöt 0,44 CO₂/kg /m. Uusiutuvilla polttoaineilla saataisiin päästöjä vähennettyä jopa 90 % polttoainekustannusten noustessa.

3.5.2 Alue 2

Alue 2 sijaitsee pääkaupunkiseudulla. Alue koostuu pääasiassa pientaloista. Päälystettyä runkoreittiä 200m. Päälystämätöntä runkoreittiä 1300 m. Alue 2 päästöt laskettiin samoilla laskentataulukolla, millä laskettiin myös Alue 1 päästöt. Tällä taulukolla voidaan laskea kaikkien työmaiden maanrakennustöiden päästöt.

Fossiilisilla polttoaineilla polttoaineiden kokonaiskulutusmäärät olivat:

- Työkoneet 1724 l + kuljetuskalusto 1141,5 l = 2865,5 l

Uusiutuvilla polttoaineilla, kulutuskerroin huomioiden, kulutusmäärät olisivat:

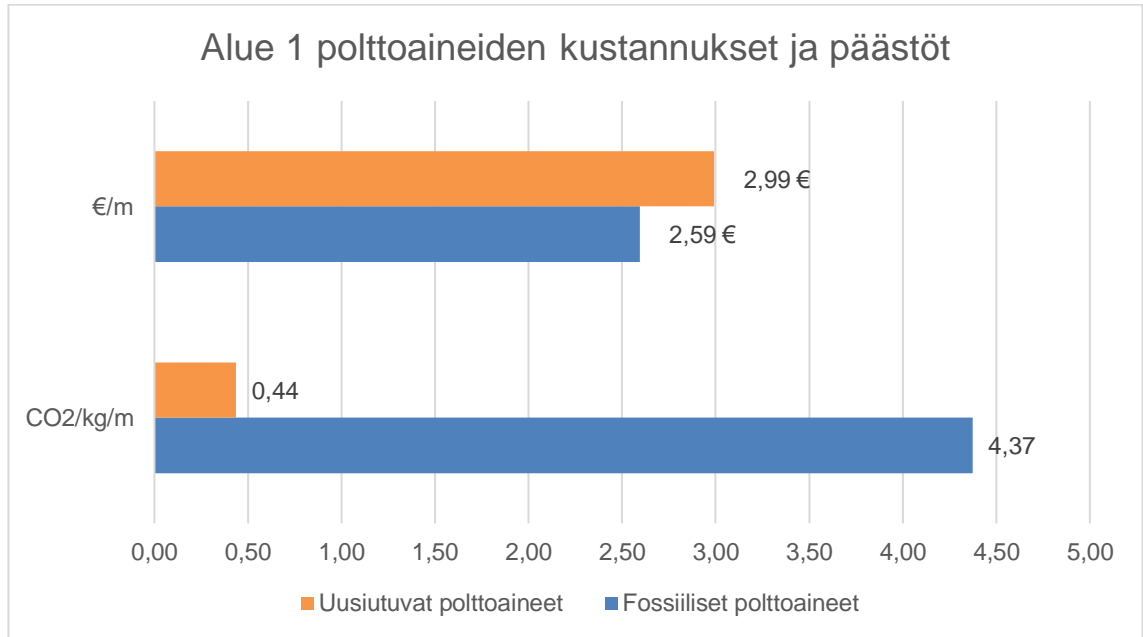
- Työkoneet 1775,7 l + kuljetuskalusto 1175,7 l = 2951,5 l

Alue 2 työmaalla uusiutuvat polttoaineet olisivat lisänneet polttoaineiden kokonaiskulutusta 86 litraa. Fossiilisten polttoaineiden kokonaissummaksi tuli 4170,6 €, eli 2,98 €/m. Uusiutuvilla polttoaineilla polttoaineiden kokonaissumma olisi ollut 4803,2 €, eli 3,43 €/m. Uusiutuvat polttoaineet olisivat siis maksaneet kokonaisuudessa 632,6 € enemmän tai 0,45 €/m enemmän. Fossiilisten polttoaineiden kustannukseksi saatiin 2,98 €/m ja päästöiksi 4,77 CO₂/kg /m. Uusiutuvilla polttoaineilla kustannukset olisivat olleet 3,43 €/m ja päästöt 0,48 CO₂/kg /m.

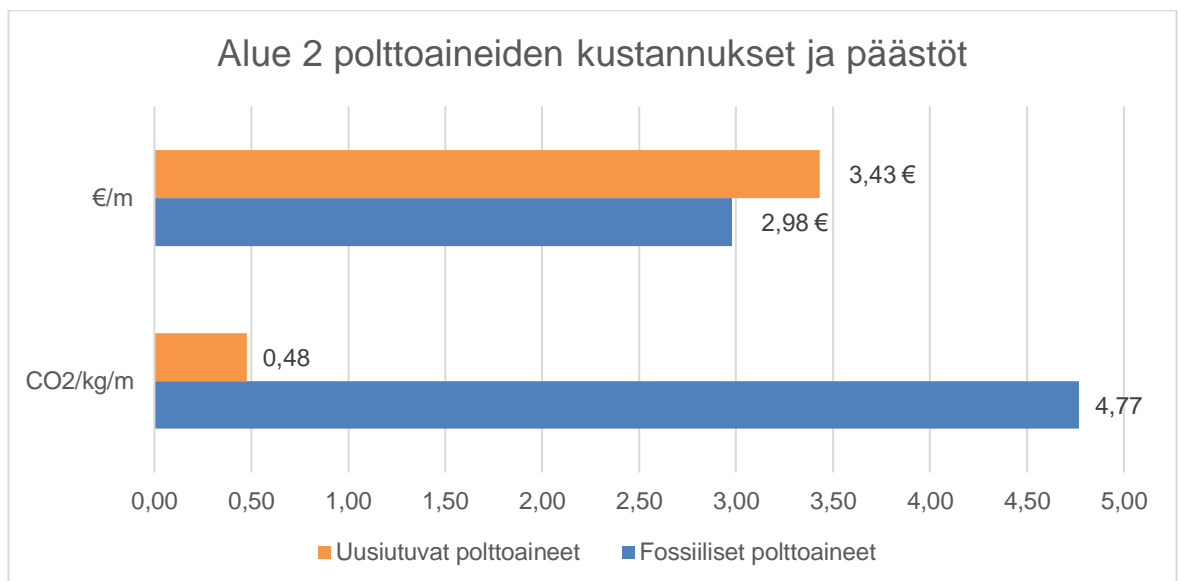
3.6 Lopputulokset yhteenveto – vertailu – Onko mahdollista pienentää päästöjä ja millä toimilla ja kustannuksilla?

Taulukoista 6 ja 7 pystytään vertaamaan molempien työmaiden toteutuneet päästöt kaivettua metriä kohden, sekä polttoaineiden kustannukset. Vaikka otanta oli suhteellisen pieni, saatiin näiden kahden alueen tutkimisen perusteella selville kuitenkin, että uusiutuvat polttoaineet tuovat lisäkustannuksia tämän hetken hinnoilla 0,42 €/m maanrakentajille. Uusiutuvien polttoaineiden avulla voidaan kuitenkin vähentää rakentamistöiden CO₂/kg päästöjä jopa 90 %. Polttoaineiden kokonaiskustannukset nousevat uusiutuvien polttoaineiden myötä tämän hetken hinnoilla noin 15 %.

Taulukko 6. Alue 1 polttoaineiden kustannukset ja päästöt



Taulukko 7. Alue 2 polttoaineiden kustannukset ja päästöt

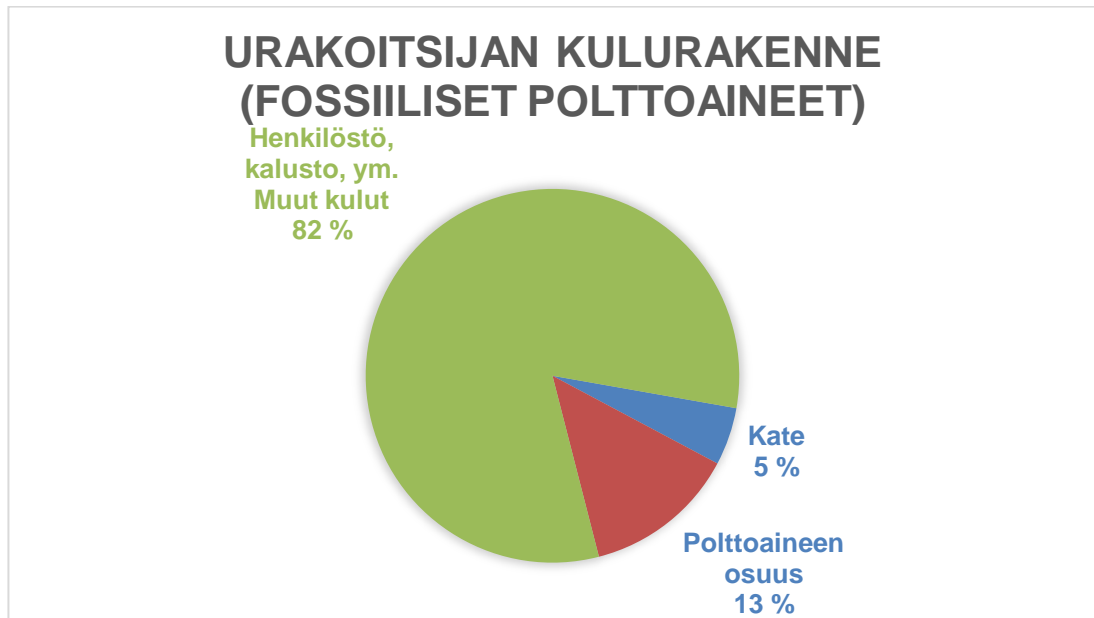


3.7 Urakoitsijan teoreettinen kulurakenne

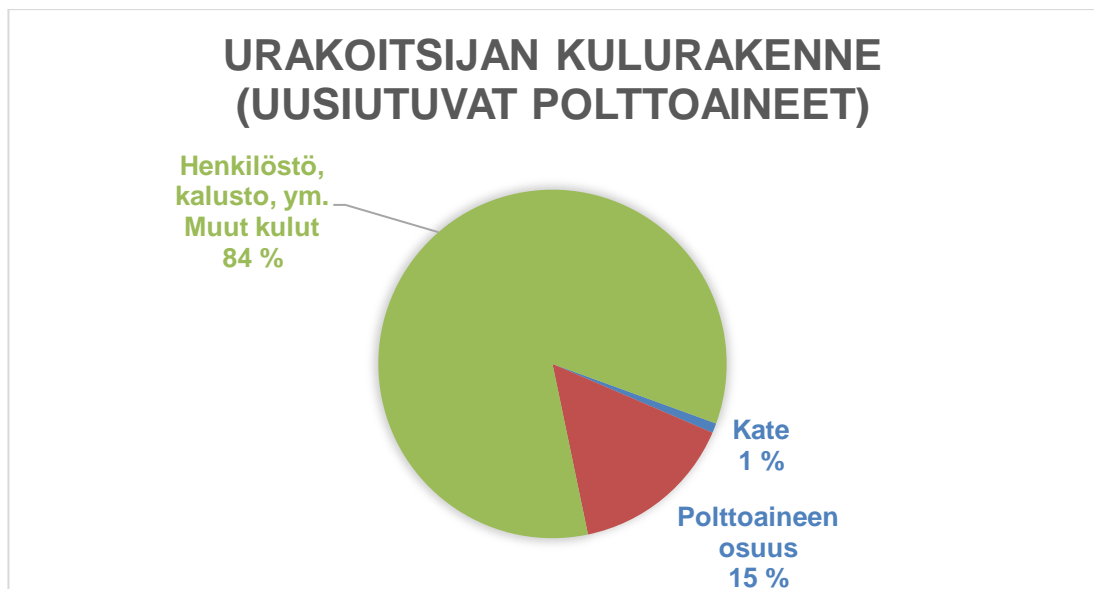
Taulukoissa 8. ja 9. on esitetty teoreettinen esimerkki maanrakennusurakoitsijan laskutuksesta. Yritys X laskuttaa kaivinkoneesta 59,90 € (alv. 0 %) per tunti. Näissä taulukoissa havainnollisestetaan uusiutuvien polttoaineiden vaikutus urakoitsijan

kulurakenteeseen, vaihtamalla kalusto kulkemaan uusiutuvilla polttoaineilla. Oletuksena tässä laskutus säilyy samana molemmissa taulukoissa.

Taulukko 8. Urakoitsijan kulurakenne fossiiliset polttoaineet



Taulukko 9. Urakoitsijan kulurakenne uusiutuvat polttoaineet



Uusiutuvat polttoaineet nostavat urakoitsijan polttoainekuluja n. 2 % ja mikäli laskutus säilyy samana kuin fossiilisilla polttoaineilla, urakoitsijan kateprosentti pienenee polttoainekulujen nousun verran.

Mikäli ostavien organisaatioiden hankintastrategiat eivät ota huomioon uusiutuvien polttoaineiden käyttöä ja siitä aiheutuvaa kustannusten nousua, tulevat halvimmat tarjoukset edelleenkin aina voittamaan, koska vastuullisemmat uusiutuvia polttoaineita käyttävät urakoitsijat vaikuttavat kalliilta. Uusiutuvien polttoaineiden lisäkustannusten siirtäminen yksinomaan urakoitsijoiden maksettavaksi ei ole kestävällä pohjalla.

3.8 Päälysteiden vaikutus päästöihin

Lopuksi tutkimme myös asfaltoinnin vaikutusta työmaiden kokonaispäästöihin. Asfalttimassan päästökertoimet otettiin infrarakentamisen päästötietokannasta (Suomen ympäristökeskus & Väylävirasto, 2023). Alue 1 työmaalla asfaltoitiin kohtalaisen paljon, kun taas Alue 2 työmaalla asfaltointi jäi vähäiseksi.

Taulukko 10. Alue 1 asfaltoinnit

Alue 1

Pinnat

Asfaltti (ilman työ-koneita)	m ²	kg	Hukkakeroin huomioitu (kg)	kg CO ₂ /kg	kg CO ₂ /kg total
-AB	3000	300000	315000	0,047	14805

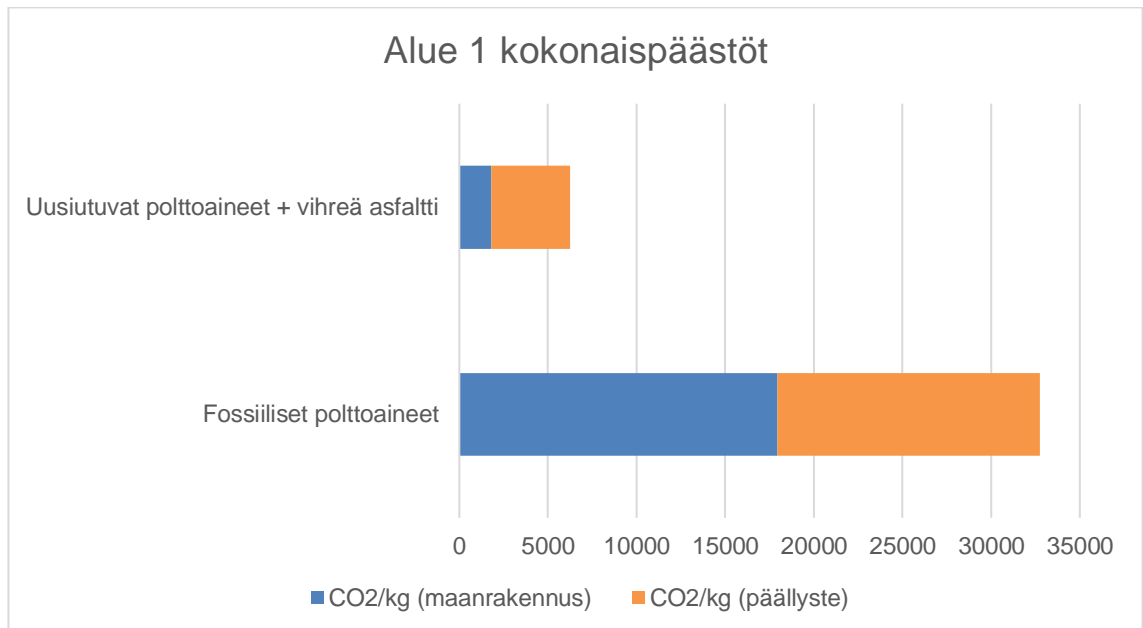
Taulukko 11. Alue 2 asfaltoinnit

Alue 2

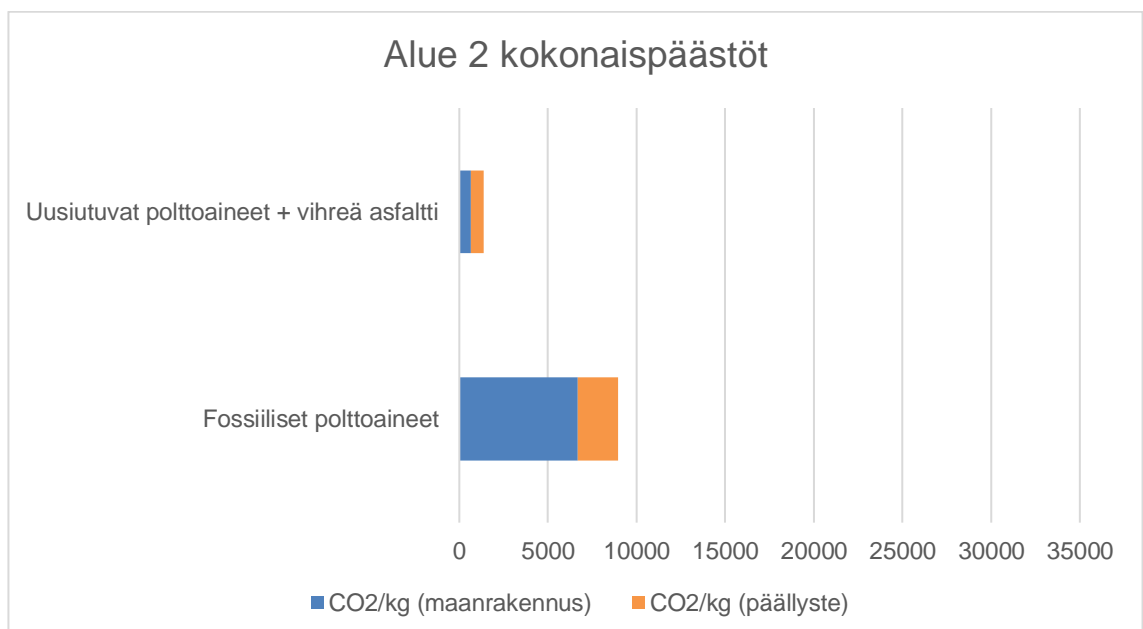
Pinnat

Asfaltti (ilman työ-koneita)	m ²	kg	Hukkakeroin huomioitu (kg)	kg CO ₂ /kg	kg CO ₂ /kg total
-AB	465	46500	48825	0,047	2294,775

Taulukko 12. Alue 1 päästöt asfalttien kanssa. Fossiiliset polttoaineet -sarake kattaa maanrakennuksen ja asfaltoinnin fossiilisilla polttoaineilla.



Taulukko 13. Alue 2 päästöt asfalttien kanssa. Fossiiliset polttoaineet -sarake kattaa maanrakennuksen ja asfaltoinnin fossiilisilla polttoaineilla.



Alue 1 asfalttimassan päästöjen huomioon ottaminen lisäsi päästöjä 3,61 CO₂/kg/m ja Alue 2 1,64 CO₂/kg/m.

Kuten ylläolevista taulukoista 12. ja 13. on luettavissa, jo pelkän asfalttimassan päästöt nostavat työmaan päästöjä huomattavasti ja tämä vain korostuu neliömäärän noustessa. Mitä vähemmän asfaltoidaan, sitä pienemmät kokonaispäästöt rakentamisesta syntyvät. Taulukoissa 13. ja 15. laskettiin teoreettinen päästövähennys mikäli päällystetyksessä käytettäisiin myös vihreää asfalttia, uusiutuvien polttoaineiden lisäksi. Uudelleen päällystettäviin alueisiin ja sitä kautta asfaltin kokonaismäärään, pystytään vaikuttamaan: hyvällä suunnittelulla, kaivamattomilla menetelmillä sekä koneryhmien ohjeistuksella. Useat kunnat ovat kuitenkin tehneet omat päällystysohjeensa, mitkä vaikuttavat suoraan kuinka paljon uutta päällystettä joudutaan rakennetuilla alueilla tekemään.

3.9 Vihreä asfaltti

Vihreä asfaltti voi vähentää asfalttimassan päästöjä jopa 70 %. Niin sanotun Vihreän asfaltin valmistuksessa käytetään vihreää sähköä, matalalämpötekniikkaa sekä kierrätettyä vanhaa asfalttia ja biopolttoaineita. Vihreää asfalttia on tehty jo 2000-luvun alkupuolella muissa pohjoismaissa. (NCC, 2020.)

Asfalttimassan valmistus eroaa perinteisen asfaltin valmistuksesta huomattavasti. Tässä valmistustekniikassa bitumi vaahdotetaan, mikä mahdollistaa sen, että massaa pystytään valmistamaan tavallista matalammassa lämpötilassa. Vihreä asfaltti on myös hyvin kulutuksen kestävä, koska bitumin vaahdotuksessa se peittää kivrakeet paremmin. Tästä johtuen se kestää sään vaihteluita jopa paremmin kuin normaali asfaltti. (NCC, 2020.)

Yhteenveto voidaan todeta vihreästä asfaltista, että vihreä asfaltti on kestävä päällyste, mikä auttaa vähentämään hiilidioksidipäästöjä asfaltin valmistusprosessissa. Vihreää asfalttia on käytetty Ruotsissa ja Norjassa jo 2000-luvun alusta lähtien. Suomessa se otettiin käyttöön vuonna 2013. Vihreän asfaltin valmistuksessa käytetään matalalämpötekniikkaa, mikä auttaa vähentämään suoraan käytettyä energiaa ja hiilidioksidipäästöjä. Suomessa käytettävien fossiilisten polttoaineiden tilalle tavoitellaan biopolttoaineiden käyttöä, mikä yhdistettynä vihreän asfaltin valmistustekniikkaan vähentää päästöjä jopa 70 %. Vihreällä asfaltilla on mahdollista vaikuttaa yritysten ja julkisen sektorin päästöta-voitteisiin, esimerkiksi suurten tiehankkeiden yhteydessä. (NCC, 2020.)

4 PÄÄTELMÄT JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä opinnäytetyössä tarkastelimme valokuituverkon rakentamisen hiilijalanjälkeä ja sen vaikutuksia sekä mahdollisuuksia hiilijalanjäljen pienentämiseen uusiutuvilla polttoaineilla. Valokuituverkon rakentamisen päästöt ovat sen elinkaaripäästöistä 22 % (GreenCarbon, 2023). Tähän osuuteen on helpoin mahdollisuus vaikuttaa siirtymällä käyttämään uusiutuvia polttoaineita ja suosimaan esimerkiksi sähköllä toimivia työkooneita ja -autoja. Tutkimuksemme osoitti, että valokuituverkon rakentaminen aiheuttaa merkittäviä hiilidioksidipäästöjä, mutta samalla voimme havaita lupaavia vaihtoehtoja päästöjen vähentämiseksi ja kestävämmän verkon luomiseksi tulevaisuuteen.

Valokuituverkot ovat olennainen osa modernia yhteiskuntaa, mahdollistaen nopean ja luotettavan tiedonsiirron sekä digitaalisten palveluiden leviämisen laajalle. Valokuitu on ainoa oikea valinta nykypäivän ja tulevaisuuden kiinteäksi verkkoyhteydeksi. Valokuidun tiedonsiirtokyky eli kapasiteetti on lähes rajaton. Tulevaisuudessa verkossa kulkevan datan määrä jatkaa kasvamistaan, uusien palvelujen ja liiketoimintojen kautta. Tämän hetkisen valokuidun rakennusbuumin aikana olisi kuitenkin tärkeä huomioida, että tämä kehitys ei saisi tapahtua ympäristön kustannuksella. Hiilijalanjäljen pienentäminen ei ole pelkästään eettinen velvollisuus, vaan myös välttämätön askel kohti kestävämpää tulevaisuutta.

4.1 Päästöjen vähentämisen ohjauskeinot

Päästöjen vähentämisessä on useita mahdollisuuksia, joita voidaan toteuttaa eri toimijoiden tasolla. Valtion roolia ei ole syytä väheksyä päästöjen vähentämisessä. Tehokas lainsäädäntö asettaa raamit ja velvoitteet yrityksille ja alan toimijoille vähentääkseen niiden ympäristövaikutuksia.

Verkkoyhtiöt ja omistajat voivat vaatia ympäristöystävällisempiä käytäntöjä ja teknologioita. Verkkoyhtiöiden tai julkisen sektorin hankintaorganisaatioiden, sitoutuminen vihreämpiin vaihtoehtoihin määrittelee urakoitsijoiden siirtymisen kohti kestävämpiä valintoja ja työtapoja.

Pääurakoitsijat voivat ottaa aktiivisen roolin päästöjen vähentämisessä. Heidän innoksensa ja pyrkimyksensä voivat johtaa kestävämpiin käytäntöihin, vaikka tilaaja ei

olisikaan aktiivisesti osallistunut tähän prosessiin. Tämä vaihtoehto ei välttämättä ole taloudellisesti kestäväällä pohjalla.

Urakoitsijat ja alihankkijat voivat tehdä itsenäisiä päätöksiä vähentääkseen päästöjään. Kuitenkin, ilman vahvaa ohjausta tai taloudellista kannustinta ylhäältä päin, tämä voi olla haasteellista, koska päästöjen vähentäminen saattaa vaatia aluksi taloudellisia panostuksia sekä hintatason nostamista.

Päätelmänä voidaan todeta, että päästöjen vähentäminen edellyttää monitahoista lähestymistapaa, jossa valtiollinen ohjaus, yritysten sitoutuminen ja päätöksentekijöiden halu ympäristöystävällisiin käytäntöihin ovat kaikki keskeisiä tekijöitä. Taloudelliset kannustimet ja selkeät normit voivat olla avainasemassa muutoksen aikaansaamisessa.

Tämä opinnäytetyö loi perustan hiilijalanjäljen ymmärtämiselle valokuituverkkojen rakentamisessa. Jatkotutkimuksessa voitaisiin syventyä tarkemmin eri uusiutuvien polttoaineiden käyttöön sekä arvioida kestävästä infrastruktuurin laajempia vaikutuksia yhteiskuntaan ja talouteen.

Tutkimuksen tulokset kertovat, että uusiutuvat polttoaineet ovat tehokas keino pienentää valokuituverkon rakentamisen hiilijalanjälkeä. Uusiutuvien polttoaineiden käyttö voi vähentää päästöjä jopa 90 % verrattuna perinteisiin fossiilisiin polttoaineisiin. Vaikka uusiutuvien polttoaineiden käyttöön siirtyminen aiheuttaa polttoainekustannusten nousua, noin 23 %, on tämä investointi ympäristön ja kestävästä kehityksen puolesta merkityksellinen.

Kutsummekin kaikkia toimijoita, kuten verkkoyhtiöitä, sidosryhmiä ja päättäjiä, ottamaan nämä tulokset huomioon päätöksenteossaan ja edistämään kestävästä infrastruktuurista. Valokuituverkkojen rakentamisen hiilijalanjäljen pienentäminen on askel kohti kestävämpää tulevaisuutta. Yhdistämällä teknologinen edistys ja ympäristötietoisuus voimme luoda digitaalisen infrastruktuurin, joka palvelee tarpeitamme samalla kunnioittaen planeettamme rajallisia resursseja.

LÄHTEET

Ilmatieteen laitos, Suomen ympäristökeskus & Luonnonvarakeskus. (n.d.) Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku>

Gasum. (n.d.) Liikennekaasu CNG ja CBG. <https://www.gasum.com/kaasusta/liikennekaasu-cng/>

Ecochain. (n.d.) Life cycle assessment (LCA) – Complete Beginner’s Guide. <https://eco-chain.com/blog/life-cycle-assessment-lca-guide/>

World Business Council for Sustainable Development & World Resources Institute. (2004). The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard (Revised edition). <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Shell. (n.d.) HVO – Uusiutuva Diesel. <https://www.shell.fi/motorists/shell-fuels/hvo-renewable-diesel.html>

Gasum. (n.d.) Nesteytetty maakaasu eli LNG – puhdasta energiaa Pohjoismaihin. <https://www.gasum.com/kaasusta/maakaasu/lng/>

Adam Hayes. (2023). End User: Definiton, Examples, Vs. Customer. Investopedia. <https://www.investopedia.com/terms/e/end-user.asp>

Saila Marttila. (2016). Päätoteuttaja – kuka se on? Vastuu Group. <https://www.vastuugroup.fi/fi-fi/blogi/p%C3%A4%C3%A4toteuttaja-kuka-se-on>

Minilex. (n.d.) Rakennusurakan muodot. <https://www.minilex.fi/a/rakennusurakan-muodot>

AFRY. (2022). Uusiutuvat polttoaineet Suomen tärkeimpiä ilmatoratkaisuja vuoteen 2030. https://www.bioenergia.fi/wp-content/uploads/2022/09/AFRY_Uusiutuvien-polttoaineiden-rooli.pdf

Autoalan tiedotuskeskus. (2023). Sähköautojen määrän kehitys. https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys

Eltel. (2022). Annual Report 2022. <https://www.eltelgroup.com/contentassets/405454d503a34a18b7fcc7ff88d0909/eltel-annual-report-2022.pdf>

Eltel. (2021). Kohti ympäristöystävällisempiä katutyömaita. <https://www.eltelnetworks.fi/ajankoh-taista/2021/kohti-ymparistoystavallisempia-katutyomaita/>

Euroopan komissio. (2020). Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle: Uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma Puh-taamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta. https://eur-lex.europa.eu/re-source.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&for-mat=PDF

Euroopan parlamentti. (2022). Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä. (<https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>)

Gasum. (n.d.). Miten biokaasua tuotetaan. <https://www.gasum.com/kaasusta/biokaasu/biokaasu/miten-biokaasua-tuotetaan/>

Green Carbon. (2023). Valokuituverkon elinkaari päästöt raportti. <https://valokuitunen.fi/wp-content/uploads/2023/03/Valokuituverkon-elinkaari-paastot-Raportti.pdf>

Suomen ympäristökeskus & Väylävirasto. (2023). Infrakentamisen päästötietokanta. <https://www.co2data.fi/infra>

Rakennustieto. (2014) InfraRYL. Kaapeliverkon rakentaminen. InfraRYL rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2, Rakennusten ja rakennelmien suunnittelu.

IPP. (2023) Nopea, patkimätön ja ekologinen – tässä ovat valokuidun hyödyt. <https://www.ipp.fi/blogi/nopea-patkimaton-ja-ekologinen-tassa-ovat-valokuidun-hyodyt>

Komatsu. (n.d). Carbon footprint calculator. <https://www.komatsu.eu/en/hybrid/carbon-footprint-calculator>

Kuva 2: Euroopan parlamentti. (2022). <https://www.europarl.europa.eu/resources/library/images/20150703PHT73961/20150703PuT73961-cl.jpg>

Kuva 3: GreenCarbon. (2023). Valokuituverkon elinkaaripäästöt raportti. <https://valokuitu-nen.fi/wp-content/uploads/2023/03/Valokuituverkon-elinkaaripaastot-Raportti.pdf>

Motiva. (n.d). Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal-sopimus. ([https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/\)](https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/)

NCC. (2020). NCC Green Asphalt mahdollistaa lähes 70 prosentin CO2-päästövähennykset <https://blog.ncc.fi/kestava-kehitys/ncc-green-asphalt-mahdollistaa-lahes-70-prosentin-co2-paastovahennykset/>

Neste. (n.d.) Mitä ovat uusiutuvat polttoaineet? <https://www.neste.fi/konserni/medialle/kestavaliikkuminen/mita-ovat-uusiutuvat-polttoaineet>

Energy Brokers Finland Oy. (2023). Tankille – tankkaa halvimmalla. Viitattu 16.9.2023. <https://www.tankille.fi/>

Sitra. (2022). Kiertotalous tulevaisuuden työelämässä. https://media.sitra.fi/app/uploads/2022/11/sitra_kiertotalous_tulevaisuuden_tyuelamassa.pdf

STT Info. (2023) Selvitys: Valokuituverkon hiilijalanjälki on pieni. <https://www.sttinfo.fi/tiedote/selvitys-valokuituverkon-hiilijalanjalki-on-pieni-suomalaiset-eivat-tunne-netinkayton-ymparistovaikutuksia?publisherId=69819597&releasId=69970117>

Suomen ilmastopaneeli. (2019). Sähköautoilla suuri vähennys päästöihin https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/12/Ilmastopaneeli_raportti_sahkoautoA4_v03.pdf

Suomen ympäristökeskus [Syke]. (2022). Ilman epäpuhtauksien päästöt Suomessa. <https://www.ymparisto.fi/fi/saasteettomuus-ja-ymparistoriskit/puhdas-ilma/ilman-epapuhtauksien-paastot-suomessa>

Finnet-liitto. (2023) Suomi tarvitsee kuitua. <https://www.suomitarvitseekuitua.fi/9-faktaa-valokuidusta/>

Traficom. (2022). Viestintäverkkojen energiankulutuksesta ensimmäinen tutkimus. <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/viestintaverkkojen-energiankulutuksesta-ensimmainen-tutkimus>

Turun Sanomat. (2022). Hiilidioksidipäästöt 2022. https://www.ts.fi/static/content/file_5_75709_175711.pdf