

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Maria Mäenpää
Sofia Smeds

Vedensäästöpalvelun ympäristövaikutusten arviointi Innotek Oy:lle

Opinnäytetyö
Helmikuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2017
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
Puh. (013) 260 6900

Tekijä(t)
Maria Mäenpää, Sofia Smeds

Nimeke
Vedensäästöpalvelun ympäristövaikutusten arviointi Innotek Oy:lle

Toimeksiantaja
Innotek Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tehtiin elinkaarimallinnus Innotek Oy:n Energo-vedensäästöpalvelusta. Työssä haluttiin selvittää Energo-palvelun hiilijalanjälki ja siihen vaikuttavat tekijät. Tätä varten seurattiin Joensuussa sijaitsevia kohdekiinteistöjä, joihin asennettiin palvelu elosyyskuussa 2016. Tutkimuksessa seurattiin vedensäästölaitteiden vaikutusta kiinteistöjen vedenkulutukseen. Kulutustietojen pohjalta muodostettiin säästöskenaariot, joita käytettiin elinkaarimallinnuksessa sekä taloudellisessa tarkastelussa.

Elinkaariarvioinnissa käytettiin SimaPro8-ohjelmaa. Tarkasteluun otettiin mukaan materiaalit, liikenne sekä asunnon energian- ja vedensäästö. Toiminnallisena yksikkönä käytettiin yhtä asuntoa. Elinkaarimallinnuksessa vaikutusluokkia olivat vedenotto ja kasvihuonekaasupäästöt. Työssä selvitettiin myös, millaisia taloudellisia vaikutuksia palvelulla saadaan taloyhtiötasolla. Taloudellisten vaikutusten laskelmat perustuivat todellisiin vedenkulutuslukemiin.

Elinkaariarvioinnissa havaittiin, että merkittävin kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja on veden lämmityksessä käytetty energia ja näin ollen palvelun suurin hyöty tulee energian säästöstä. Liikenteen ja materiaalien osuus hiilijalanjäljestä ei ole huomattava. Taloudellisessa tarkastelussa todettiin, että säästö on merkittävä niin kuukausi- kuin vuositasolla.

Kieli
suomi

Sivuja 49
Liitteet 8
Liitesivumäärä 13

Asiasanat

elinkaarianalyysi, kasvihuonekaasut, vedenkulutus



THESIS
February 2017
Degree Programme in Environmental Technology
Karjalankatu 3
FI 80200 JOENSUU
FINLAND
Puh. (013) 260 6900

Authors
Maria Mäenpää, Sofia Smeds

Title
Environmental Impacts of Water Saving Service for Innotek Oy

Commissioned by
Innotek Oy

Abstract

The aim of the thesis was to make a life cycle assessment of Energo water saving service for Innotek Oy. Study finds out carbon footprint of Energo service and which factors has the most influence to it. Properties located in Joensuu were monitored for the study. Energo service was installed into the properties between August and September 2016. How water saving equipment affected to the water consumption was followed in the research. Saving scenarios were formed from the water consumption data. Scenarios were used in both life cycle analysis and economical examination.

Life cycle analysis was made by using SimaPro8-programme. Analysis included materials, traffic, and both energy and water consumptions. As a functional unit was one apartment. In the life cycle assessment, impact categories were water intake and global warming. The study also examines what kind of economic impacts service has on buildings. The examination was based on real water consumption readings.

In the analysis, it was discovered that energy used for the water heating was the biggest cause for the greenhouse gas emissions. Therefore, the biggest benefit of the service came from energy saving. Traffic and materials did not play a significant role in the carbon footprint. In the economical examination, it was found out that the service produces substantial savings in both monthly and yearly basis.

Language
Finnish

Pages 49
Appendices 8
Pages of Appendices 13

Keywords

life cycle assessment, greenhouse gas, water consumption

Sisältö

1	Johdanto	5
1.1	Toimeksiantaja.....	5
1.2	Opinnäytetyön työnjako	6
2	Tutkimuksen tietoperusta.....	8
2.1	Keskeiset käsitteet.....	8
2.2	Veden käyttö ja säästö kotitalouksissa	10
2.3	Vedensäästö Energo-ohjelman avulla	11
2.4	Elinkaariarviointi.....	14
2.4.1	Sisältö ja keskeiset periaatteet	15
2.4.2	Tavoitteet ja soveltamisala.....	16
2.4.3	Inventaarioanalyysi	17
2.4.4	Vaikutusarviointi.....	18
2.4.5	Tulosten tulkinta ja raportointi	20
2.5	Ihmisen aiheuttama ilmastonmuutos	21
3	Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimustehtävät	24
4	Tutkimuksen toteutus.....	25
4.1	Kohdekiinteistöt	25
4.2	Aineiston keruu	25
4.3	Elinkaariarviointi.....	27
4.3.1	Elinkaariarvioinnin tavoitteet ja soveltamisala.....	27
4.3.2	Elinkaari-inventaario	28
4.3.3	Vaikutusarviointi.....	32
5	Tulokset	35
5.1	5 %:n säästöskenaario	35
5.2	15 %:n säästöskenaario	38
5.3	30 %:n säästöskenaario	39
5.4	Tulosten tulkinta.....	40
5.5	Taloudelliset vaikutukset.....	42
6	Pohdinta.....	44
6.1	Johtopäätökset	44
6.2	Toteutuksen ja menetelmän tarkastelu	44
6.3	Eettisyys ja luotettavuus	45
6.4	Jatkotutkimus- ja kehittämissideat	45
6.5	Oppimisprosessi	46
	Lähteet.....	47

Liitteet

Liite 1.	Kohteille asennetut osat.
Liite 2.	Materiaali-inventaariotaulukot.
Liite 3.	Kromi-pinnoitteen arvio.
Liite 4.	Vedenkulutustiedot.
Liite 5.	Säästöskenaarioihin johtaneet laskelmat.
Liite 6.	Keskimääräiset kulutukset.
Liite 7.	Keskiarvot ja mediaanit asuntojen keskimääräisestä kulutuksesta.
Liite 8.	Veden- ja energiansäästölaskelmat.

Kuvat

- Kuva 1. Jokainen talo saa Smart Water-tunnukset.
Kuva 2. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja pääpiirteet.
Kuva 3. Inventaarioanalyysimenettely yksinkertaistettuna.
Kuva 4. Havainnollistava kuva vaikutusluokkaindikaattoreiden käsitteistä.
Kuva 5. Tulosten tulkintavaiheen eri osat ja niiden suhde muihin elinkaariarvioinnin vaiheisiin.
Kuva 6. Kuluneita tiivisteitä.
Kuva 7. EPD 2013 -menetelmällä laskettu huollon 5 prosentin säästöskenaarioiden hiilidioksidipäästöjen määrä yhden kuukauden ajalta.
Kuva 8. EPD (2013) -menetelmällä laskettu veden kokonaiskulutuksen huomioon otettuna huollon 5 prosentin säästöskenaariolla laskettu hiilijalanjälki.
Kuva 9. Kuukauden aikana muodostunut vedensäästö, kun säästöjen oletetaan olevan 5 % ja veden kulutus on huomioon otettuna. Menetelmänä on käytössä BEES+.
Kuva 10. Huollon vaikutus yhden kuukauden hiilidioksidipäästöihin 15% säästöskenaariossa menetelmänä EPD (2013).
Kuva 11. Yhden kuukauden aikana muodostuneet hiilidioksidin vähenemiset, kun säästöjen oletuksena on 30%. Menetelmänä on käytössä EPD (2013).
Kuva 12. 38 asunnon taloyhtiön hiilidioksidipäästöt.

Taulukot

- Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olevat asuntokohteet.
Taulukko 2. Esimerkki termeistä.

Lyhenteet

CO ₂	hiilidioksidi
CO ₂ -eq	hiilidioksidiekvivalentti
GWP ₁₀₀	ilmaston lämmityspotentiaali
HCl	suolahappo
IPCC	hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli
ISO	maailmanlaajuisten kansallisten standardisoimisjärjestöjen liitto
LCA	elinkaariarviointi
LCI	elinkaari-inventaarioanalyysi
MIPS	materiaalipanoksen/palvelusuorite, yksikkö
NO _x	typen oksidit
SO ₂	rikkidioksidi

1 Johdanto

Pariisissa solmitun ilmastosopimuksen mukaan keskilämpötilan nousu maapallolla on rajoitettava alle kahteen asteeseen ja on myös pyrittävä toimiin, joilla lämpötilan nousu saataisiin rajattua alle 1,5 asteen (Ympäristöministeriö 2016). Myös Euroopan unioni on asettanut jäsenvaltioilleen päästötavoitteet. Suomen täytyy osana unionia ja ilmastosopimuksen puitteissa vähentää kasvihuonekaasupäästöjään. Tarvitaan uusia ratkaisuja ja toimintamalleja, jotta tavoitteet saavutetaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa vedensäästöpalvelun käytöstä syntyviä ympäristövaikutuksia elinkaarimallinnuksen avulla. Työssä seurataan kohdekiinteistöjen vedenkulutuksessa Energo-huoltopalvelun avulla tapahtuvaa muutosta. Näiden tietojen pohjalta laaditaan vedensäästöskenaariot, joiden perusteella mallinnetaan hiilidioksidipäästöjä ja vedenkulutusta sekä taloudellista vaikutusta.

Elinkaarimallinnus toteutetaan SimaPro-ohjelman avulla. Elinkaarimallinnuksessa otetaan huomioon huoltopalveluun liittyvät materiaalit ja liikenne sekä asuntojen energian- ja vedenkulutus. Taloudellinen mallinnus toteutetaan laskemalla säästöjen kuukausittainen ja vuosittainen määrä. Säästöjen mallinnus tehdään, koska sen uskotaan edesauttavan Energo-palvelun valintaa.

Opinnäytetyön tuloksia hyödynnetään SECURE –hankeessa (Smarter Energy Communities in Northern & Arctic Regions), jonka tavoitteena on edistää rakennusten innovatiivisia energiaratkaisuja ja jakaa siihen liittyviä käytänteitä hankkeen toimijoiden kesken (SECURE 2017). Opinnäytetyön ohjaajana toimii Lasse Okkonen ja tarkastajana Juha Kilpeläinen.

1.1 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Innotek Oy. Innotek Oy on lieksalainen muun muassa taloyhtiöiden, kiinteistöjen ja toimitilojen vedensäästämiseen eri-

koistunut yritys. Yrityksen toimintaperiaatteena on huoltaa ja asentaa veden säästötuotteita vedenkulutuksen vähentämiseksi. Heillä on käytössään liiketoimintamalli, jossa säästyneillä kustannuksilla rahoitetaan osittain tehdyt investoinnit. Yritys on aloittanut toimintansa vuonna 1995 ja nykyään se huoltaa yli 20 000 huoneiston vesikalusteet vuosittain. Sen asiakkaina ovat mm. VVO ja Joensuun Elli. Yrityksen rekisteröityjä tavaramerkkejä ovat Energo ja Smart Water. (Energo 2017a.)

Toimeksiannon tähän työhön välitti Pohjois-Karjalan biosfäärialue, jonka kestävä kehityksen kumppanuustoimijana Innotek Oy on. Pohjois-Karjalan biosfäärialue on vuonna 1971 perustettuun Unescon Ihminen ja biosfääri -ohjelmaan (Man and the Biosphere Programme) kuuluva kestävä kehityksen yhteistyöjärjestelmä, jonka tavoitteena on edistää alueen taloutta, ympäristön hyvinvointia ja lisätä ympäristötietoisuutta tutkimuksen, koulutuksen ja laajapohjaisen yhteistyön keinoin. (Pohjois-Karjalan biosfäärialue 2017.)

1.2 Opinnäytetyön työnjako

Kansilehti	Molemmat
Tiivistelmä	Molemmat
Abstract	Molemmat
Johdanto	Molemmat
Toimeksiantaja	Sofia
Tutkimuksen tietoperusta	
Vedenkäyttö ja säästö kotitalouksissa	Sofia
Vedensäästö Energo-ohjelman avulla	Sofia
Elinkaariarviointi	Maria
Ihmisen aiheuttama ilmatonmuutos	Sofia
Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimustehtävät	Molemmat
Tutkimuksen toteutus	
Tutkittavat	Sofia
Aineiston keruu	Molemmat
Elinkaariarviointi	Maria
Elinkaariarvioinnin tavoitteet ja soveltamisala	Maria

	Elinkaari-inventaario	Molemmat
	Vaikutusarviointi	Molemmat
Tulokset		Molemmat
Pohdinta		Molemmat

2 Tutkimuksen tietoperusta

2.1 Keskeiset käsitteet

Allokointi tarkoittaa päästö- ja syötetietojen kohdentamista toiminnoille ja tuotteille (Antikainen 2010, 7).

Hiilijalanjälki on elinkaariarviointiin ja ekologiseen jalanjälkeen pohjautuva, mutta näistä erillinen indikaattori (Antikainen 2010, 63). Hiilijalanjälki tarkoittaa kasvihuonekaasupäästöjen nettosummaa. Hiilidioksidipäästöjen lisäksi ilmaston muutokseen vaikuttavat metaani- ja typpioksidipäästöt, jotka lasketaan erikseen tai yhdistetään hiilidioksidiin. Tarkemmissa laskelmissa otetaan huomioon myös typenoksidi-, hiilimonoksidi-, VOC- sekä hiukkaspölypäästöt. (RIL 216-2013, 61.)

Hiilineutraaliudella tarkoitetaan sitä, että tarkasteltava asia aiheuttaa tietynä ajanjaksona vain sen verran hiilidioksidipäästöjä, kuin se pystyy sitomaan eli hiilidioksidipäästöjen nettosumma on nolla. Yleensä tarkastelujaksona käytetään yhtä vuotta, koska päästöraportoinnit tehdään yleensä vuosittain. Laajimmillaan hiilineutraalisuus-käsite kattaa kaikki kasvihuonekaasupäästöt. Hiilineutraaliuteen kuuluu usein myös jäljelle jäävien päästöjen kompensointi päästömaksujen tai hiilinielujen tilaa parantavien investointien avulla. (Alestalo, Ekholm, Kulmala, Seppälä & Soimakallio 2014, 5.)

Inventaarioanalyysi on elinkaariarvioinnin vaihe, jossa kuvataan ja kootaan määrällisinä tuotteen elinkaaren aikaiset syötteen ja tuotokset (ISO 14044 2006, 12).

Iteratiivinen prosessi eli kaksisuuntainen prosessi, tarkoittaa elinkaariarvioinnissa mahdollisuutta palata tarkastelemaan aiempien vaiheiden lähtökohtia (Antikainen 2010, 16).

Järjestelmäraajat tarkoittavat sitä joukkoa kriteerejä, joilla määritellään tuotejärjestelmän osana olevat yksikköprosessit (ISO 14044 2006, 18).

Karakterisointi eli indikaattoritulosten laskenta. Karakterisointi käsittää inventaarioanalyysin tulosten muuttamisen yhteiseen yksikköön karakterisointikertoimien avulla ja muunnettujen tulosten yhdistämisen vaikutusluokan sisällä. Lopputuloksena syntyy numereellinen indikaattoritulos. (ISO 14044 2006, 48.)

Prosessi on panokset tuotoksiksi muuttavien vuorovaikutteisten tai toisiinsa liittyvien toimintojen sarja (ISO 14044 2006, 14).

Syöte tuote-, energia- tai materiaalivirta, joka tulee yksikköprosessiin (ISO 14044 2006, 16).

Tuote tarkoittaa mitä tahansa tuotetta tai palvelua (ISO 14044 2006, 14).

Tuotos on tuote-, energia- tai materiaalivirta, joka poistuu yksikköprosessista (ISO 14044 2006, 18).

Toiminnallinen yksikkö tarkoittaa referenssiyksikkönä käytettävää tuotejärjestelmän määrällistä suorituskykyä (ISO 14044 2006, 16).

Vaikutusarviointi on elinkaariarvioinnin vaihe, jonka tarkoituksena on arvioida ja ymmärtää tuotejärjestelmän potentiaalisten ympäristövaikutusten laajuutta sekä niiden merkittävyyttä koko tuotteen elinkaaren aikana (ISO 14044 2006, 14).

Vaikutusluokka on luokka, joka edustaa tarkasteltavia ympäristökysymyksiä, ja inventaarioanalyysin tulokset voidaan sijoittaa siihen (ISO 14044 2006, 20).

Vaikutusluokkaindikaattori määrällinen mittari, joka edustaa vaikutusluokkaa (ISO 14044 2006, 20).

Yksinkertaistettu elinkaariarviointi on kevyempi versio elinkaariarvioinnista. Kattavan elinkaariarvion tekeminen vaatii suuret määrät tietoa ja paljon työtä, ja tästä syystä on toisinaan perustelua tehdä yksinkertaistettu elinkaariarvio. Suuri osa nykyään tehdyistä elinkaariarvioinneista on kattavan ja yksinkertaistetun väliltä. (Antikainen 2010, 19.)

Ympäristörelevanssi tarkoittaa laadullista arviota vaikutusluokan indikaattoritulosten ja vaikutusluokan loppupisteen välillä olevasta yhteydestä (ISO 14044 2006, 44).

2.2 Veden käyttö ja säästö kotitalouksissa

Makean veden määrän vähyyttä on Suomessa usein vaikea kuvitella, sillä täällä riittää vettä ja vesihuolto toimii hyvin. Maailmalla veden käyttöä joudutaan usein kuitenkin rajoittamaan ja ääritapauksessa tuhansia ihmisiä kuolee päivittäin puhtaan juomaveden puutteeseen, joten vedenkulutus on todellinen ongelma. (Laukkanen 2009, 155.) Tämän työn kannalta olennaista on erityisesti kotitalouksien kulutus, joten tässä käydään läpi niiden vedenkäyttöä.

Suomessa vedenkulutus kääntyi laskuun 1970-luvun lopulla. Tätä ennen veden käytön kasvu oli tasaisesti noussut, eikä sen nähty pysähtyvän. Syynä laskulle oli jätevesivesimaksujen perimisen aloittaminen vuonna 1974 ja vuoden 1972 energiakriisi. Näiden seurauksena kotitaloudet alkoivat rajoittaa veden käyttöään ja vesilaitokset tekemään vuotovesiselvityksiä ja saneeraamaan verkostojaan. (Katko 2013, 80.) Nykyään suomalainen käyttää vettä keskimäärin 155 litraa vuorokaudessa, josta lämpimän käyttöveden osuus kokonaisvedenkulutuksesta asuinkerros- ja rivitaloissa on keskimääräisesti 40 prosenttia (Taloyhtiön energiakirja 2011, 26). Vedenkulutuksen vaihteluväli on suuri eri talouksien välillä; jopa 60 - 270 litraa asukasta kohden vuorokaudessa (Ympäristöministeriö 2009). Vuokrakerrostaloissa kulutus on yleensä suurempaa kuin omistus-asunnossa, koska jälkimmäiset maksavat usein vedestä kulutuksen mukaan, kun taas vuokrakerrostaloissa veden hinta sisältyy vuokraan tai siitä peritään kiinteää maksua (Katko 2013, 83).

Vaikka meillä Suomessa ei ole puhtaasta vedestä pulaa, on sen rajoittaminen ympäristön kannalta suositeltavaa. Erityisesti lämpimän käyttöveden vähentämisellä on positiivisia ympäristövaikutuksia, sillä silloin veden lämmittämiseen käytetyn energian kulutus pienenee. Eniten lämpimän käyttöveden kulutukseen vaikuttaa peseytyminen, jonka osuus on 38 %. (Ympäristöministeriö 2009). Katkon (2013) mukaan vedensäästöillä ei ole pelkästään positiivisia vaikutuksia. Vähentynyt kulutus voi aiheuttaa laatuongelmia esimerkiksi vesijohtoverkostossa, jos vesi ei virtaa riittävän nopeasti. Myös pienentyneellä jätevesimäärällä voi olla negatiivinen vaikutus, kun sakka huuhtoutuu huonommin viemäreissä.

Kotitalouksissa vettä voidaan säästää useilla eri tavoilla. Pesukoneet voidaan vaihtaa vähän vettä kuluttaviin vaihtoehtoihin, vesikalusteiden vuodot voidaan paikantaa ja huoltaa sekä jokainen ihminen voi vähentää veden käyttöä päivittäisissä toimissaan. (Laukkanen 2009, 156). Myös huoneistokohtaisien mittarien käytön kotitalouksissa on todettu vähentävän vedenkulutusta. Niiden on todettu laskevan käyttöveden kulutusta lähteistä riippuen 10 - 35 %, syystä että asukas pystyy itse seuramaan realistista kulutustaan. Huoneistokohtaisten mittarien määrä lisääntyy rakennuksissa jatkuvasti vuonna 2011 voimaan astuneen asetuksen myötä, jonka mukaan uudisrakennuksiin täytyy asentaa vesimittarit. (Katko 2013, 86.)

2.3 Vedensäästö Energo-ohjelman avulla

Innotek Oy:n Energo-ohjelmassa kiinteistön vesikalusteille tehdään kuntokartointus sekä kulutusanalyysi. Seuraavaksi valitaan toimenpiteet ja laaditaan kustannusarvio, jonka jälkeen tehdään vesikalusteiden asennus ja huolto sekä kuntoraportointi. Lopuksi suoritetaan mahdolliset lisäkorjaukset ja tehdään pitkän tähtäimen huoltosuunnitelma. Energo-ohjelman kustannukset rahoitetaan osittain vedenkulutuksesta saaduilla säästöillä. (Energo 2017b.)

Energo-ohjelmassa tarkoituksena on, ettei vesikalusteita uusita, vaan vanhat huolletaan ja rikkiäiset osat vaihdetaan uusiin. Tämä on kustannustehokas

ratkaisu, koska se pidentää vesikalusteiden käyttöikä ja vähentää investointitarvetta uusiin kalusteisiin. Vuotavat ja käyttöiän loppua lähestyvät tiivisteet vaihdetaan. Wc-istuimet muutetaan kaksitoimiseksi asentamalla niihin Vetovahti. Vetovahti huuhtoo kulhon entistä korkeammalla paineella, jolloin vesilukon vesi vaihtuu täydellisesti, huuhteluteho paranee ja jäteveden määrä pienenee. (Energio 2017b.)

Vesihanojen vanhat suuttimet vaihdetaan vakiovirtaussuuttimiin, jolloin hana-kohtainen kulutus pienenee vähintään 15 %, enimmillään jopa 80 %. Suuttimet rajoittavat vedenkulutusta ja pitävät virtauksen automaattisesti halutulla tasolla, vaikka vesijohdon paine nousisi tai laskisi paljonkin. Suihkuihin asennetaan vakiovirtauskahvat, jotka pienentävät kulutuksen 6 - 12 litraan minuutissa. (Energio 2017b.)

Asennustöiden aikana tehdään kuntoraportointi kohteesta, joka sisältää tiedot havaituista vioista ja lisäkorjausten tarpeesta. Yhteenveto tästä toimitetaan töiden jälkeen kiinteistön omistajalle. Jokainen Energo-palvelun kiinteistö saa Smart Water-tunnukset kuten kuvasta 1 nähdään. (Energio 2017b.)



Kuva 1. Jokainen talo saa Smart Water-tunnukset.

2.4 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten analysointiin kehitetty menetelmä. Kyseessä on perusmenetelmä, jossa selvitetään tuotteen tai palvelun ympäristövaikutukset materiaalin hankinnasta loppusijoitukseen saakka. (Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu 2013.)

Infrastruktuurien rakentaminen sekä palveluiden ja tuotteiden tuottaminen ja kuluttaminen vaikuttavat ympäristöömme. Ne vähentävät luonnonvarojen määrää, käyttävät energiaa, päästävät ympäristöön haitallisia aineita ja muuttavat biologisten toimintojen perusteita. Pyrittäessä kestäväan kehitykseen ja taloudellisen toiminnan aiheuttaman ympäristökuormituksen vähentämiseen, tuotteen koko elinkaaren aikaisten ympäristövaikutusten arviointi on tärkeää. (Antikainen 2010, 11.)

Elinkaariarvioinnin ytimenä toimiva inventaario tuottaa määrällisiä arvioita ympäristöä kuormittavista ja muuttavista tekijöistä tuotteisiin tai palveluihin liittyen. Vaikutusarvioinnin tavoitteena on tiivistää tulokset päätöksentekijälle käyttökelpoiseen muotoon. (Seppälä 2004, 7.) Tuotteen ympäristövaikutus tietoja voidaan käyttää muun muassa markkinointiin, tuotesuunnitteluun tai säädösten ja lakien vaatimusten täyttymisen osoittamiseksi (Antikainen 2010, 11).

Elinkaarimenetelmistä tieteellisimpänä elinkaariarviointi mahdollistaa vaikutusten kattavimman huomioon ottamisen, mutta on menetelmistä työläin. Arvioinnin tulokset eivät aina ole yksiselitteisiä, koska monimutkaisten tuoteketjujen vuoksi analyysissä joudutaan tekemään usein erilaisia valintoja aikajänteen valinnassa ja systeemin rajauksessa. Tutkimuksen oletusten, aineiston ja rajausten analysointi tulosten tulkintaan, herkkyyteen ja epävarmuuteen sekä näiden esiintuominen ovatkin yksi perusta luotettavalle ja avoimelle tulkinnalle. Tämä pätee myös muiden elinkaarimenetelmien kohdalla. Tietyissä tapauksissa varsinainen elinkaariarviointi ei välttämättä ole käyttökelpoinen. Tällöin yksinkertaistettu elinkaariarviointi tai muut elinkaarimenetelmät kuten hiilijalanjälki, vesijalanjälki, ekologinen jalanjälki, materiaalivirta-analyysi ja sen sovellutus MIPS-

menetelmä, ainevirta-analyysi sekä termodynaamiset menetelmät voivat tulla kysymykseen. (Antikainen 2012, 7 - 8.)

Elinkaariarvion tekemistä helpottavat elinkaariarvioinnin ohjelmistot. Ne avustavat arviointia virtauskaavioiden piirtämisestä vaikutusarviointitulosten laskentaan. Monet ohjelmistoista sisältävät ulkopuolisia tietokantoja, joista on mahdollista koota inventaario- ja vaikutusarviointitietoja. (Antikainen 2010, 22.) Tietokantoja on kattavia ja ilmaisia, yhteen alaan liittyviä ja ilmaisia sekä kattavia ja maksullisia (Antikainen 2010, 21). Maksullisista tietokannoista käytetyin on sveitsiläinen Ecoinvent (Antikainen 2010, 22). Suomessa tunnetuimpia elinkaariarvioinnin ohjelmistoista ovat GaBi, SimaPro, Umberto ja KCL-Eco (Antikainen 2010, 23).

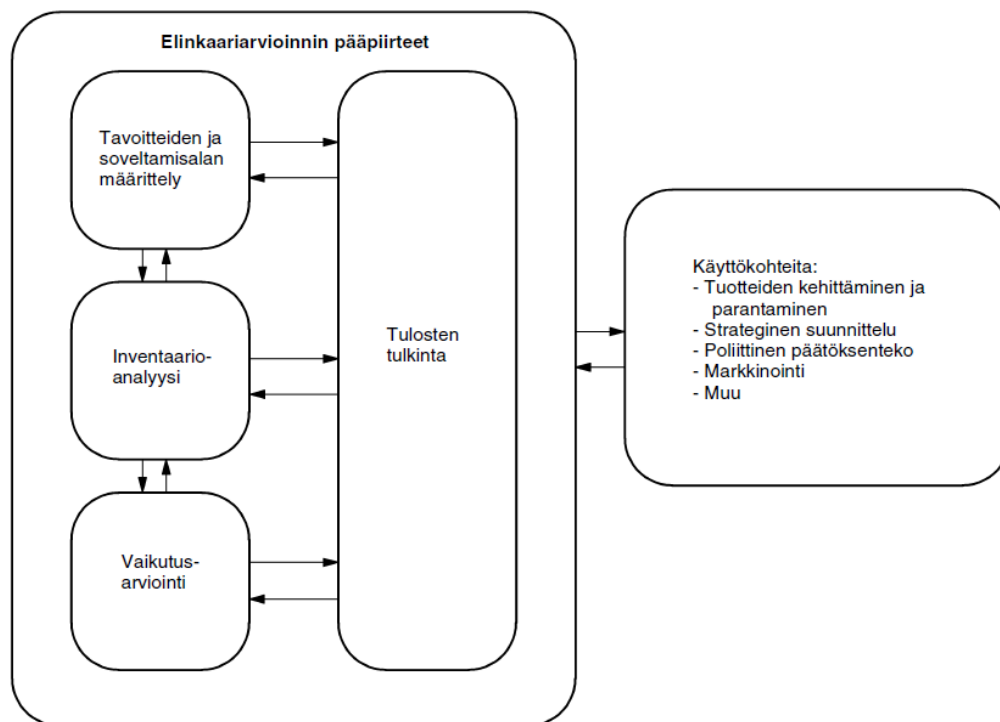
Tutkijayhteisön kehityskohteenä elinkaariarviointi on ollut 1990-luvun alusta. Elinkaariarviointiin liittyen on julkaistu erilaisia oppaita, ohjeita sekä laadittu elinkaariarvioinnin hyviin käytäntöihin ohjastavat kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n 14040-sarjan standardit. (Antikainen 2010, 12.)

2.4.1 Sisältö ja keskeiset periaatteet

Elinkaariarvioinnissa pohjana toimii kaksi standardia ISO 14040, joka käsittelee elinkaariarvioinnin periaatteita ja pääpiirteitä, sekä ISO 14044, joka antaa tarkempia vaatimuksia ja suuntaviivoja. Lisäksi hiilijalanjäljen laskentaan ja siitä viestintään vaatimuksia ja ohjeita antaa ISO/TS 14067, joka pohjautuu hiilijalanjäljen laskennan osalta standardeihin ISO 14040 ja ISO 14044.

Elinkaariarviointiselvitys koostuu neljästä vaiheesta, jotka ovat tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta. Soveltamisalaan kuuluvat järjestelmän rajat ja yksityiskohtaisuuden taso, jotka riippuvat selvityksen aiheesta sekä sen käyttötarkoituksesta. Tarkkuus ja laajuus voivat vaihdella tavoitteista riippuen. Inventaarioanalyysissä kerätään tarvittava tieto järjestelmän tuotos- ja syötetiedoista. Vaikutusarviointi tuottaa lisätietoa, joka auttaa tuotejärjestelmän inventaarioanalyysin tulosten arvioinnissa. Näin tulosten merkitys ympäristön kannalta ymmärretään paremmin. Tulkin-

tavaiheessa tulokset yhdistetään ja niitä käsitellään tavoitteissa ja soveltamisalassa määritellysti. (ISO 14040 2006, 8.) Elinkaariarvioinnin vaihteita havainnollistaa kuva 2.



Kuva 2. Elinkaariarvioinnin vaiheet ja pääpiirteet (ISO 14040 2006, 24).

Elinkaariarvioinnin keskeisiä periaatteita tulisi käyttää ohjeistuksena elinkaariarvioinnin suunnitteluun ja suorittamiseen liittyvissä päätöksissä. Keskeisten periaatteiden mukaan arvioinnissa tuotteen koko elinkaari tulee huomioida, ympäristönäkökohtia painottaa ja se tulee rakentaa toiminnallisen yksikön ympärille. Lisäksi periaatteisiin kuuluu iteratiivinen lähestymistapa, läpinäkyvyys sekä päätösten tekeminen ensisijaisesti luonnontieteiden perusteella. Elinkaariarvioinnin periaatteiden mukaan arvioinnissa huomioidaan kaikki luonnonympäristön, ihmisen terveyden ja resurssien ominaisuudet ja näkökohdat. (ISO 14040 2006, 22.)

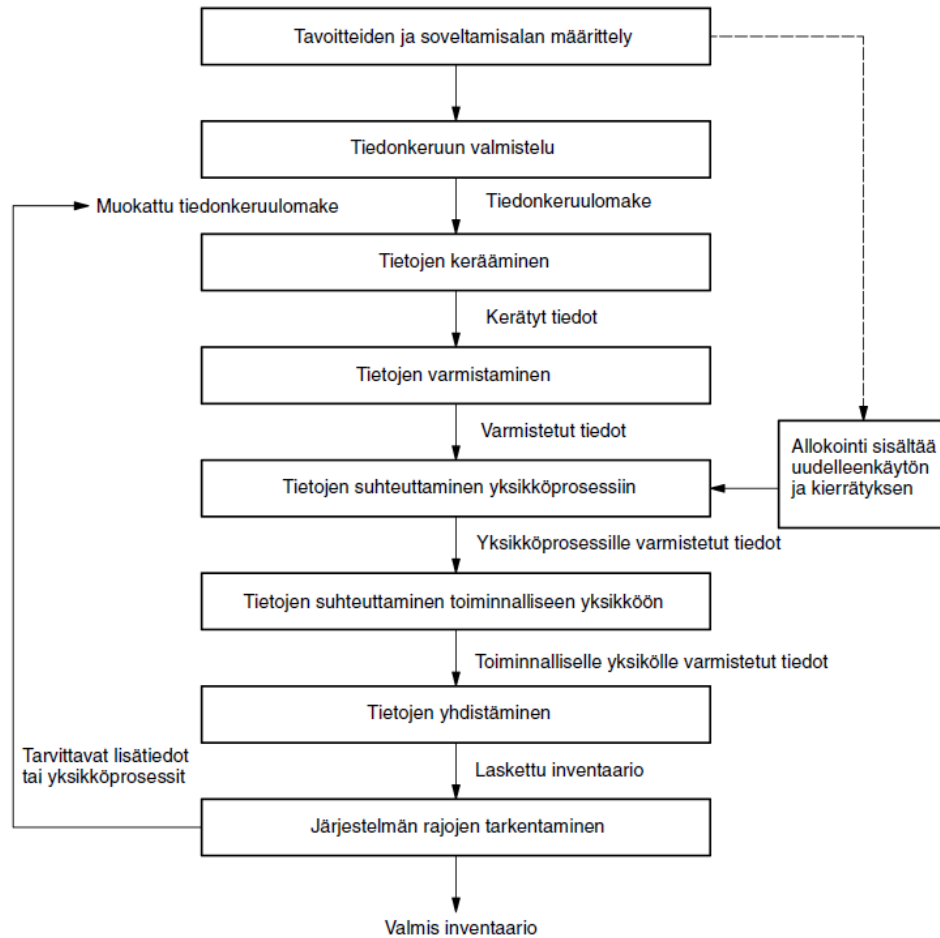
2.4.2 Tavoitteet ja soveltamisala

Tavoitteet ja soveltamisala on määriteltävä selkeästi ja niiden on oltava yhteensopivia soveltamiskohteen kanssa. Tavoitteita määriteltäessä tulee ottaa huomioon ja kuvata elinkaariarvioinnin aiottu käyttötarkoitus, syyt arvioinnin tekemiselle, arvioinnin kohdeyleisö sekä onko tuloksia tarkoitus käyttää julkisesti esiteltävissä vertailuväitteissä. (ISO 14044 2006, 22.) Hiilijalanjälkiselvityksessä tavoite on laskea tuotteen potentiaalinen vaikutus ilmaston lämpenemiseen hiilidioksidiekvivalenteina (ISO/TS 14067, 38).

Elinkaariarvioinnin soveltamisalaa määriteltäessä huomioon on otettava ja kuvattava tutkittava tuotejärjestelmä, tuotejärjestelmän tai tuotejärjestelmien toiminnot, toiminnallinen yksikkö, järjestelmän rajat, allokointimenettelyt, vaikutusarviointimenetelmät ja vaikutustyyppit. Lisäksi on huomioitava ja kuvattava käytettävä tulkintatapa, tiedoille asetetut vaatimukset, olettamukset, arvovalinnat ja vapaaehtoiset osat, rajoitukset, lähtötietojen laatuvaatimukset, kriittisen arvioinnin tyyppi sitä käytettäessä ja selvityksessä vaadittavan raportin tyyppi sekä muoto. (ISO 14044 2006, 22 - 24.) ISO/TS 14067:n (2013, 38) mukaan hiilijalanjälkiselvityksen soveltamisalassa on edellisten lisäksi otettava huomioon tietojen ajallinen raja, määritellyt kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat, menetelmät tietyt tuoteluokkia koskevien asioiden huomioonottamisessa, hiilijalanjäljen selvitysraportti ja hiilijalanjäljen selvityksen rajoitukset.

2.4.3 Inventaarioanalyysi

ISO 14044 (2006, 32) ohjaa inventaarioanalyysin tekemiseen kuvan 3 mukaisesti. Laadullista ja määrällistä tietoa tulee kerätä, jokaisesta järjestelmän rajojen sisään kuuluvasta yksikköprosessista. Tietojen luokittelussa käytetyt tärkeimmät otsikot: energiasyötteet, raaka-ainesyötteet, apusyötteet, muut fyysiset syötteet; tuotteet, rinnakkaistuotteet, jäte; päästöt veteen, ilmaan, maaperään; muut ympäristönäkökohdat. (ISO 14044 2006, 32.)



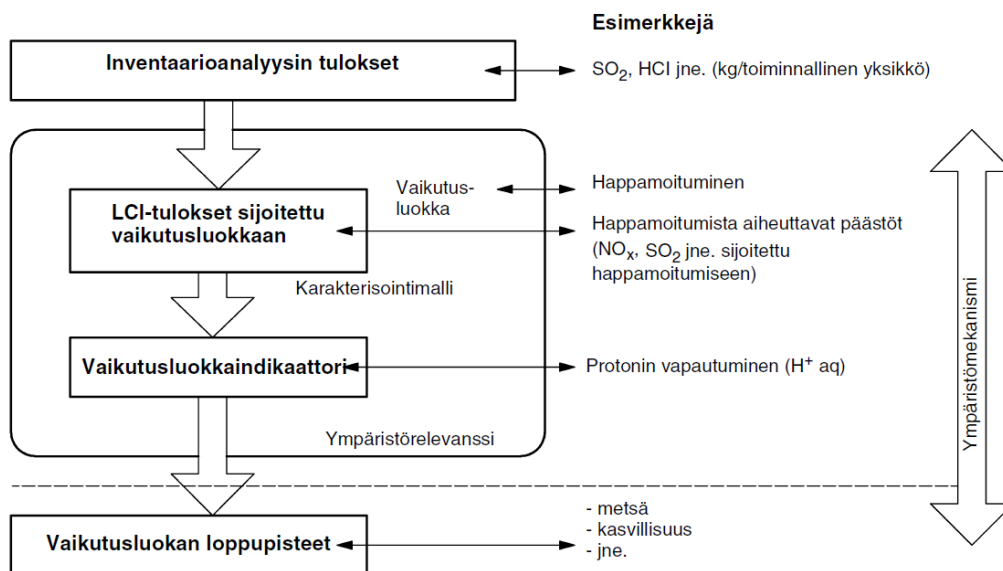
Kuva 3. Inventaarioanalyysimenettelyt yksinkertaistettuna (ISO 14044 2006, 34).

Järjestelmän rajojen tarkastamisen auttaa rajoittamaan tiedonkäsittelyn sellaisiin syötteisiin ja tuotoksiin, jotka ovat merkittäviä elinkaariarvioinnin tavoitteiden kannalta. Tietojen sisällyttämistä koskevien päätösten tulee perustua herkkyysanalyysiin ja tuotejärjestelmä rajat on tarkasteltava uudelleen soveltuvin osien soveltamisalassa asetettujen kriteerien mukaisesti. Syötteet ja tuotokset tulee ilmoitettujen menettelyiden mukaisesti allokoida eri tuotteille. Käytetyt menettelyt on myös dokumentoitava ja selitettävä yhdessä allokointimenettelyjen kanssa. (ISO 14044 2006, 36.)

2.4.4 Vaikutusarviointi

Vaikutusarvioinnin pakolliset osat: vaikutusluokkien, vaikutusindikaattoreiden ja karakterisointimallin valinta; inventaarioanalyysin tulosten luokittelu; vaikutusin-

dikaattoritulosten karakterisointi; ympäristömekanismin ja karakterisointimallin selittäminen; karakterisointimallin soveltuvuuden esittäminen tavoitteiden ja soveltamisalan kannalta. Kuvassa 4 on havainnollistava esimerkki vaikutusluokkaindikaattorista.



Kuva 4. Havainnollistava kuva vaikutusluokkaindikaattoreiden käsitteistä (ISO 14044 2006, 44).

Vaikutusarvioinnin rakenneosissa on kunkin vaikutusluokan osalta tunnistettava luokan loppupiste tai pisteet, loppupisteille on määriteltävä vaikutusluokka indikaattorit. Vaikutusluokkaan liitettävät inventaarioanalyysin tulokset on tunnistettava ja samalla on otettava huomioon vaikutusluokkaindikaattori ja vaikutusluokan loppupiste. Tarpeen on myös määrittellä karakterisointimalli ja kertoimet. (ISO 14044 2006, 42 - 44.)

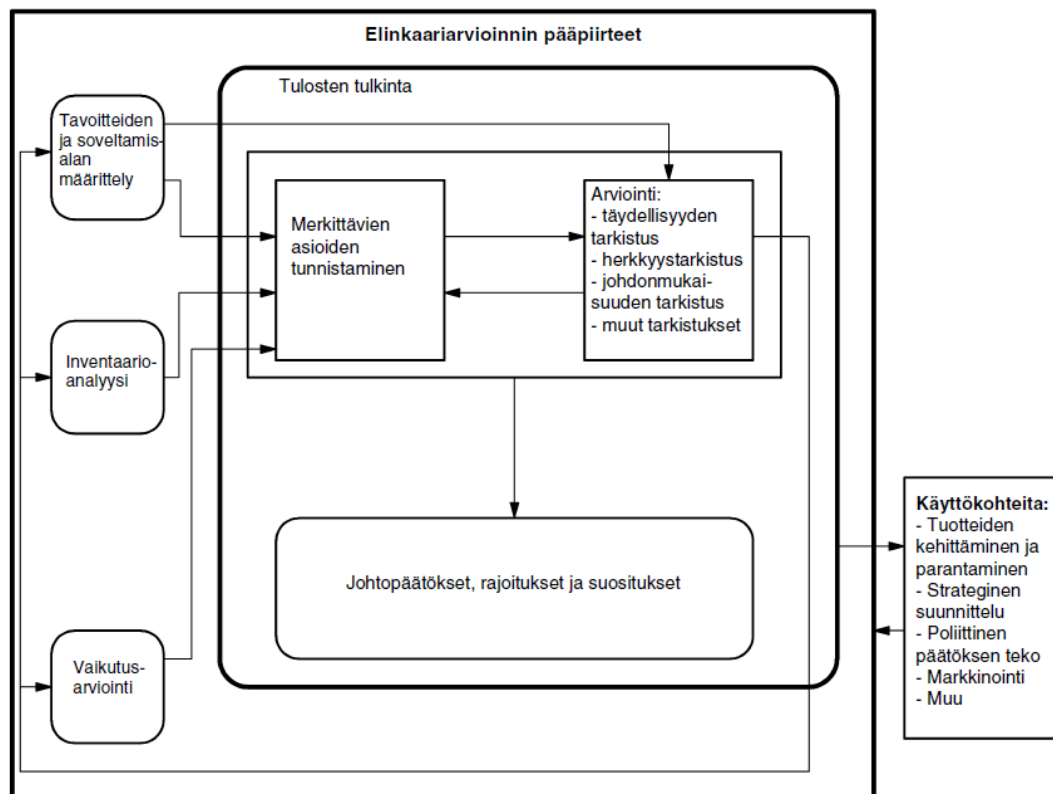
Vaikutusluokkaindikaattorin tai karakterisointimallin ympäristörelevanssi tulisi esittää selkeästi. Vaikutusluokkaindikaattorin kyky kuvata inventaarioanalyysin tulosten seurausvaikutuksia vaikutusluokan loppupisteeseen tulisi esittää ainakin laadullisesti. Karakterisointimalliin ympäristöä koskevia tietoja lisättäessä on suhde vaikutusluokan loppupisteeseen huomioitava. Näiltä osin huomioon tulisi ottaa vaikutusluokan loppupisteen tila, loppupisteessä arvioidun muutoksen suhteellinen voimakkuus, alueelliset näkökohdat, ajalliset tekijät, ympäristöme-

kanismin palautuvuus sekä epävarmuus karakterisointimallin ja vaikutusluokan loppupisteen välillä. (ISO 14044 2006, 46 - 48.)

Hiilijalanjälkiselvityksen vaikutusarvioinnissa lasketaan jokaisen tuotejärjestelmän kasvihuonekaasupäästön ja -poistuman potentiaalinen vaikutus kertomalla kasvihuonekaasun massa ilmaston sadan vuoden lämmityspotentialilla (ISO/TS 14067, 62).

2.4.5 Tulosten tulkinta ja raportointi

ISO 14067 (2013, 64) sekä ISO 14044 (2006, 54) kertovat tulosten tulkintavaiheen koostuvan ensinnäkin merkittävien asioiden tunnistamisesta inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin tuloksissa. Toiseksi se sisältää täydellisyyden, herkyyden ja johdonmukaisuuden tarkistukset kattavan arvioinnin. Kolmantena mukana on johtopäätösten, rajoitusten ja suositusten tekeminen tulosten pohjalta. Tulosten tulkinta vaihetta havainnollistaa kuva 5.



Kuva 5. Tulosten tulkintavaiheen eri osat ja niiden suhde muihin elinkaariarvioinnin vaiheisiin (ISO 14044 2006, 56).

Merkittäviä asioita ovat elinkaariarvioinnissa inventaariotiedot (esim. päästöt, energia, jätteet), vaikutusluokat (esim. luonnonvarojen käyttö, ilmastonmuutos) ja tuloksiin vaikuttavat elinkaaren vaiheet (esim. yksikköprosessit, prosessiryhmät) (ISO 14044 2006, 58).

Tulokset ja johtopäätökset tulee raportoida kohdeyleisölle tarkasti ja puolueetomasti. Tietojen, tulosten, menetelmien, olettamusten ja rajoitusten on oltava läpinäkyvästi esillä ja ne tulee esittää yksityiskohtaisesti, jotta elinkaariarviointiin liittyvät monitahoisuudet ja kompromissit ovat ymmärrettävissä. (ISO 14044 2006, 62.)

2.5 Ihmisen aiheuttama ilmastonmuutos

Ilmasto vaihtelee luonnostaan, mutta ilmeistä on, että ihmiset vaikuttavat ilmastoon lämpenemiseen lisäämällä kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä (Laukkanen 2009, 21). Kasvihuonekaasuja ovat mm. vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, typpioksiduuli, otsoni ja kloorifluorihiihiyhdisteet. Ne aiheuttavat kasvihuoneilmiötä estämällä lämmön säteilyn muodossa olevan energian pääsyn avaruuteen (Laukkanen 2009, 266). Ilmakehän hiilidioksidi-, metaani- ja dityppioksidipitoisuudet ovat tällä hetkellä korkeimmillaan 800 000 vuoteen. Esimerkiksi hiilidioksidia on ilmakehässä 40 % enemmän kuin teollistumisen aikaan. Syynä tähän on fossiilisten polttoaineiden käyttö ja osaksi maankäytön muutokset. (Hallitustenvälinen ilmastonmuutospaneeli 2014, 11.)

Ilmastonmuutoksen kehittymistä tarkastellaan monimutkaisten ilmastomallien avulla. Niiden tulokset ennustavat, että maapallon keskilämpötila kohoaa sadan vuoden aikana 1,5 - 5 °C, jollei päästöjä rajoiteta (Laukkanen 2009, 22). Ilmastonmuutoksen kehittyminen tulee riippumaan pitkälti kasvihuonekaasupäästöjen määrästä. Vaikka päästömäärien kasvu onnistuttaisiin pysäyttämään tai pienentämään, jatkuu pitkäikäisten kasvihuonekaasujen kerääntyminen ja pitoisuuksien kasvu ilmakehässä yhä pitkään. Mallilaskelmien mukaan lämpötilan nousu ei jakaudu maapallolla tasaisesti, vaan lämpötila nousisi voimakkaammin korkeilla leveysasteilla kuin matalilla leveysasteilla. Ilmastonmuutoksella on muu-

tenkin suuria alueellisia eroja. Pohjois-Euroopan ilmastovaikutukset tulevat pitkälti riippumaan siitä, miten Golf-virta reagoi ilmastomuutokseen. (Laukkanen 2009, 20.)

Ilmastomuutoksen vaikutukset näkyvät muun muassa sademäärien muutoksina. On ennustettu, että tietyillä alueilla sademäärät pienentyvät, mikä yhdistettynä lämpötilan kohoamiseen aiheuttaa maaperän kuivumista. Tämä puolestaan aiheuttaa viljelyalueilla sadon heikkenemistä ja näin ollen elintarvikehuollon ongelmia. Sademäärät voivat myös kasvaa, mikä aiheuttaa tulvia. Kuitenkin esimerkiksi Suomessa tai Venäjällä lämpötilan kohoaminen yhdistettynä kasvavaan sademäärään voi lisätä satokauden pituutta ja tuottoa. (Laukkanen 2009, 22.)

Jos kasvihuonekaasupäästöt jatkavat kasvuaan nykyistä tahtia, niin merenpinnan on ennustettu kohoavan muutamia kymmeniä senttejä seuraavien vuosikymmenien aikana. Merenpintaa kohottaa sekä mannerjään sulaminen, että veden lämpölaajeneminen. Eniten tällä on vaikutuksia rannikkoalueilla ja saarissa. Vaikutuksia ovat esimerkiksi maa-alueiden vajoaminen mereen rantatörmien eroosion voimistuessa ja tulvatuhojen lisääntyminen jokisuistoissa. (Laukkanen 2009, 23.)

EU on asettanut Suomen kasvihuonekaasupäästöille 39 % vähennystarpeen vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Suomen vähennystarve on suuri, sillä vain Ruotsin ja Luxemburgin täytyy vähentää unionin alueella enemmän. Päästötavoitteet koskevat liikenteet, rakennusten, maatalouden, jätehuollon, maankäytön ja metsätalouden aloja. (Euroopan komissio 2016.) Kotitalouksien kasvihuonekaasupäästöistä asuminen aiheuttaa noin 30 %. Asumisen päästöihin sisältyy lämmitys, kulutettu vesi, kotitaloussähkö sekä kiinteistöön liittyvät hankinnat. (Ympäristöministeriö 2012, 20.)

Yhden joensuulaisen hiilidioksidipäästöt olivat vuonna 2014 5900 kiloa. Joensuu kuuluu HINKU-hankkeeseen, jossa on tavoitteena luoda hiilineutraalikunta ja näin ollen kunnan päästöjä yritetään aktiivisesti vähentää. Päästöt ovat vuodesta 2007 laskeneet 17 % asukasta kohden Joensuussa. Suurimmat säästöt

ovat syntyneet teollisuuden käyttämän sähkön ja kaukolämpöön käytettyjen fossiilisten polttoaineiden osalta. (Suomen Ympäristökeskus 2016.)

3 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimustehtävät

Idea tutkimukseen tuli Innotek Oy:ltä, jossa oltiin kiinnostuneita selvittämään Energo-palvelun hiilidioksidipäästöjä ja koettiin tutkimus tarpeelliseksi. Alkuperäisenä tavoitteena oli saada tutkimuskohteet Pohjois-Karjalan biosfäärialueelta. Saadut tutkimuskohteet sijaitsevat Joensuun kaupungin alueella, joka ei varsinaisesti kuulu biosfäärialueeseen, mutta soveltuvat maantieteellisesti läheisen sijaintinsa vuoksi. Tutkimuskohteiksi rajautui asumiskäytössä olevia kerrostalokiinteistöjä, koska ne kuuluvat olennaisesti Innotek Oy:n toimialaan. Tutkimuskohteita seurattiin 3 kk:n ajan. Alun perin tavoiteltiin pidempää seuranta-aikaa, mutta tämän työn puitteissa siihen ei ollut mahdollisuutta. Vedenkulutustietoja koottiin 2 vuoden ajalta.

Menetelmäksi valikoitui yksinkertaistettu elinkaarimallinnus, ja siinä tarkastelu rajattiin hiilidioksidipäästöihin ja vedenottoon. Vedenotolla haluttiin selvittää huollon vaikutusta vedenkulutukseen. Elinkaarimallinnus valittiin, koska on luotettava ja monikäyttöinen. Elinkaarimallinnuksessa palvelua tarkastellaan kuukauden, vuoden ja viiden vuoden ajalla. Pitkän aikavälin vertailu on mielekästä tässä tapauksessa koska Energo-palvelun huoltoväli on 5 - 7 vuotta (Energo 2017c). Taloudelliset vaikutukset otettiin mukaan, koska taloudellinen hyöty houkuttelee investoimaan yleensä ympäristövaikutuksia enemmän.

Tutkimustehtävät:

- Paljonko Energo-palvelulla voidaan säästää vettä?
- Kuinka suuri Energo-palvelun hiilijalanjälki on?
- Mitkä ovat suurimmat hiilijalanjälkeen vaikuttavat tekijät?
- Minkälaiset taloudelliset vaikutukset Energo-palvelulla on?

4 Tutkimuksen toteutus

4.1 Kohdekiinteistöt

Tutkimusjoukoksi valikoitui kuusi Joensuun Kotien kerrostaloa Joensuun alueelta. Neljään kohteeseen asennettiin Energo-palvelu ja kaksi jätettiin vertailukohteiksi. Muutoskohteet ovat Kesäyönkatu 1 sekä 2 - 4, Noljakankaari 20 ja Hyttitie 16. Vertailukohteita ovat Noljakankaari 36 ja Hyttitie 2. Tutkimuksessa ei otettu huomioon kohdekiinteistöjen asukasmääriä, koska Joensuun Kodeilla ei ollut saatavilla tarkkoja tietoja tästä. Joensuun Kodeilta arvioitiin kuitenkin, että asukasmäärät ovat pysyneet vuosien 2015 - 2016 välisenä aikana melko samoina, joten sen ei pitäisi näkyä vedenkulutustiedoissa.

Taulukko 1. Tutkimuksessa mukana olevat asuntokohteet (Joensuun Kodit 2017).

	Noljakankaari 20	Noljakankaari 36	Kesäyönkatu 1	Kesäyönkatu 2-4	Hyttitie 2	Hyttitie 16
Talotyyppi	kerrostalo	kerrostalo	kerros/rivitalo	kerros/rivitalo	kerrostalo	kerrostalo
Valmistumisvuosi	1989	1990	1998	1998	1991	1991
Asuntojen määrä	23	22	38	38	62	53

4.2 Aineiston keruu

Kohteet kartoitettiin asunto kerrallaan yhdessä Innotek Oy:n työntekijöiden kanssa toukokuussa 2016. Asunnoissa tarkastettiin jokainen vesipiste eli wc, keittiö ja suihkutilat. Kaikki tiedot kirjattiin ylös. Kohteet kartoitettiin, jotta tiedettäisiin mitä asennusvaiheessa tullaan tekemään.

Kohteilta kartoitettiin:

Wc - istuinmalli - istuimen huuhteluvesi määrä	Suihku - suihkun hanamalli - suihkun mitattu paine
--	--

<ul style="list-style-type: none"> - istuimen mahdollinen vuoto - vuodon syy ja määrä - istuimen huoltohistoria - wc-hanan malli - hanan nykyvirtaama - rajoitettu nykyvirtaama - virtaus vakiovirtaussuuttimella 	<ul style="list-style-type: none"> - suihkun nykyvirtaama - virtaus vakiovirtaussuihkulla
<p>Keittiö</p> <ul style="list-style-type: none"> - keittiöhanan malli - hanan nykyvirtaama - rajoitettu nykyvirtaama - virtaus vakiovirtaussuuttimella 	<p>Muuta</p> <ul style="list-style-type: none"> - muut mahdollisesti havaitut viat - huoltosuositus - arvioitu huoltoaika - bideesuihkun mahdollinen vuoto

Asennukset suoritettiin neljään tutkimuskohteeseen 1. - 5.8.2016, 10.-11.8.2016 sekä 1.- 2.9.2016. Töitä tehtiin putkiasentajan kanssa. Jokainen huoneisto huollettiin yksilöllisesti tarpeen mukaan, ja havaitut viat korjattiin. Wc-istuimesta käytiin läpi huuhtelulaitteisto ja tarkistettiin sen moitteeton toimivuus. Istuimeen asennettiin vetovahti, jos wc-istuinmalli mahdollisti sen. Wc-istuimen kuluneet tiivisteet vaihdettiin uusiin ja osassa kohteista uusittiin myös laskuputki tai uimuriventtiili. Wc-lavuaarin hanan poresuutin vaihdettiin vettä säästävään malliin ja hanan toimivuus tarkistettiin. Jos vessassa oli bideesuihku, myös sen toiminta tarkastettiin, huollettiin ja bideesuihkupää päivitettiin uuteen ekologisempaan. Suihkun toimivuus tarkastettiin, vuotavat suihkuvaihtimet uusittiin ja suihkupää vaihdettiin säästävään malliin. Lopuksi tarkistettiin ja huollettiin keittiöhana. Myös keittiöhanan poresuutin vaihdettiin vettä säästävään malliin. Kaikki vaihdetut osat kirjattiin ylös (liite 1).



Kuva 6. Kuluneet tiivisteet.

4.3 Elinkaariarviointi

4.3.1 Elinkaariarvioinnin tavoitteet ja soveltamisala

Elinkaariarvioinnin tavoite oli laskea palvelun vaikutus kotitalouksien veden säästöön kuutioina ja vedensäästön päästövaikutukset ilmastonmuutokseen hiilidioksidiekvivalenteina. Elinkaariarviointi toteutettiin, koska haluttiin selvittää, millainen vaikutus vedensäästöratkaisuilla on hiilidioksidipäästöihin.

Tutkittavana tuotejärjestelmänä oli Energo-palvelu. Toiminnallisena yksikkönä toimi yksi asunto. Arviointiin rajattiin mukaan prosessina huolto, johon sisällytettiin kartoituksen prosessi (kuvaus kohdassa 4.2). Huollon palvelusta huomioitiin käytetyt osat materiaaleina ja palvelun tuottamista varten liikennöidyt matkat. Työstä pois rajattiin palvelun tekninen suunnittelutyö ja asentajien asuminen. Toimista aiheutuneet veden ja energian säästöt otettiin mukaan säästyneinä

kustannuksina. Kierrätys huomioitiin metallien osalta valitsemalla prosesseissa kierrätysmetalli. Jätteen käsittelyä tai materiaalin loppukäyttöä ei huomioitu muiden materiaalien esim. kumi, muovi ja pakkausmateriaalit osalta. Myöskään muodostuvan jäteveden vaikutuksia ei tarkasteltu.

Elinkaariarvioinnissa apuna käytettiin SimaPro8-ohjelmaa. Ajallisesti kulutustiedot on kerätty vuosilta 2015 - 2016. Kasvihuonekaasupäästöjä tarkasteltiin hiilidioksidiekvivalentteina Fortumilta saadun kaukolämmön päästökertoimen pohjalta (Ahonen 2016). Elinkaarimallinnuksessa vaikutuksia selvitettiin kuukauden, vuoden ja viiden vuoden ajalta.

4.3.2 Elinkaari-inventaario

Materiaalit

Arvioinnissa otettiin huomioon materiaaleina palvelussa yleisimmin vaihdetut osat. Wc-istuimen osalta huomioitiin pohjaventtiilin tiiviste, täyttöventtiilin tiiviste sekä vetovahti. Suihkun osalta sisällytettiin arviointiin vaihdettu suihkuvaihdin ja suihkupää. Suihkuvaihdin ei vaikuta vedensäästöön, mutta se otettiin mukaan tarkasteluun koska kohteilla niitä oli poikkeuksellisen paljon epäkunnossa. Lisäksi arvioinnissa huomioitiin wc- ja keittiöhanoihin vaihdetut poresuuttimet.

Vaihdettujen osien valmistusmateriaaleja selvitettiin osien valmistajilta. Oras Group välitti muut tiedot suihkupäästä, mutta kromipinnoitteen määrä jäi avoimeksi. IDO kertoi pohjaventtiilin- ja täyttöventtiilin tiivisteiden materiaalitiedot. Vetovahdist ja poresuuttimesta materiaalitiedot saatiin Innotek Oy:ltä. Suihkuvaihdin ja suihkupään kromipinnoite arvioitiin tutkijoiden toimesta. Mallinnuksessa käytetyt materiaalitiedot löytyvät liitteestä 2.

Suihkukahvan kromipinnoitteen määrä (liite 3) laskettiin suihkukahvan arvioidun pinta-alan, kromi kerroksen paksuuden ja kromin tiheyden perusteella. Pinta-ala arvioitiin Oras Groupin nettisivuilta löytyvän piirroksen ja suihkukahvan tuotepakkauksen mittojen pohjalta.

Suihkuvaihdin arvioitiin tutkijoiden toimesta. Pohjana arviolle käytettiin tuontitukku.fi-sivustolta löytynyttä painoarviota. Vaihtimen oletettiin koostuvan metallista ja muovista muiden vesikalusteissa käytettyjen varaosien tapaan.

Vesi

Mitatut vedenkulutustiedot (liite 4) saatiin Joensuun Kodeilta tammikuu 2015-lokakuu 2016 väliseltä ajalta. Vedenkulutustietojen pohjalta laskettiin mediaani talokohtaisen kuukausittaisen kulutuksen osalta. Mediaani laskettiin taloyhtiöiden muutostöiden jälkeisestä ajasta eli elo-, syys- ja lokakuusta 2016. Tuloksia verrattiin 2015 vuoden vastaavien kuukausien mediaaniin ja laskettiin muutosprosentti. Kesäyönkatu 2 - 4, jonka osalta samat laskelmat tehtiin vain syys- ja lokakuulle, johtuen Energo-palvelun myöhemmästä asennusajankohdasta. Myös 2016 vuoden tammi-heinäkuun ja elo-lokakuun mediaania verrattiin keskenään ja laskettiin muutosprosentti. Kohteella Kesäyönkatu 2 - 4 tämä tehtiin tammi-elokuun ja syys-lokakuun välillä. Niiden perusteella saatiin 5,15 ja 30 %:n säästöskenaariot. Laskelmat tähän löytyvät liitteestä 5. Vedenkulutustietoja laskettiin myös keskiarvolla. Mediaanin käyttöön päädyttiin, koska keskiarvolla ei saatu yhtä luotettavia tuloksia, johtuen erityisesti Hyttitie 16 vuoden 2015 syys-lokakuun poikkeuksellisen korkeista kulutuslukemista.

Kohteiden asuntokohtainen keskikulutus saatiin jakamalla kuukausittainen vedenkulutus asuntojen lukumäärällä. (liite 6). Jokaisen kiinteistön asuntokohtaisesta keskikulutuksesta laskettiin erikseen myös mediaani vuodelta 2015, tammikuun 2015 - heinäkuun 2016 väliseltä ajalta ja tammi-heinäkuulta 2016. Kohteella Kesäyönkatu 2 - 4 tämä tehtiin tammikuun 2015 - elokuun 2016 ja syys-lokakuun 2016 välillä. Nämä laskelmat näkyvät liitteessä 7. Kohteiden lopullinen asuntokohtainen keskikulutus saatiin ottamalla mediaani tammikuun 2015- heinäkuun 2016 taloyhtiöiden asuntokohtaisen vedenkulutuksen mediaaniarvoista. Kesäyönkatu 2 - 4 mediaani otettiin elokuuhun asti. Mediaani päädyttiin ottamaan aikaväliltä tammikuu 2015- heinäkuu 2016 koska siinä oli eniten havaintoja ja on siksi luotettavin. Tuloksista lopulliseen työhön käytettiin myös tässä kohtaan mediaania koska keskiarvolla ei saatu yhtä luotettavia tuloksia, johtuen

Hyttitie 16 vuoden 2015 syys-lokakuun poikkeuksellisen korkeista arvoista. Sama asuntokohtainen keskikulutus laskettiin 5,15 ja 30 %:n säästöskenaarioilla, jotta nähtiin, paljonko vettä säästyy asuntokohtaisesti vedensäästöpalvelun avulla. (Liite 8.)

Energia

Käyttöveden lämmitykseen tarvittavan energian laskemisessa käytettiin pohjana asuntokohtaisen keskimääräisen vedenkulutuksen arvoja. Asuinrakennuksen käytetystä vedestä tyypillisesti 40 % on lämmintä (Ympäristöministeriö 2009, 8). Energian tarvetta laskettaessa oletuksena oli, että käyttövedestä ja säästetystä vedestä 40 % oli lämmintä vettä. Lämpimän käyttöveden ja säästetyn lämpimän veden lämmitykseen käytetty lämpöenergia laskettiin kaavalla 1.

$$Q_{lkv,netto} = \frac{\rho_v c_{pv} V_{lkv} (T_{lkv} - T_{kv})}{3600} \quad (1.)$$

jossa

$Q_{lkv,netto}$	= käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia (nettoenergian tarve), kWh
ρ_v	= vedentiheys, 1 000 kg/m ³
c_{pv}	= veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kg/k
V_{lkv}	= lämpimän käyttöveden kulutus, m ³
T_{lkv}	= lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
T_{kv}	= kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3 600	= kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h.

Nettoenergian tarve sisältää kulutetun lämpimän käyttöveden lämmittämisen kylmästä lämpimäksi ilman mahdollista lämmityslaitteen, varaajan tai putkiston lämpöhäviöenergiaa. Ellei ole perusteltua syytä, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötila erona arvoa 50°C. (Ympäristöministeriö 2009, 8.)

Kuljetukset

Palvelun tiimoilta ajettujen matkojen pohjana käytettiin asentajien työmatkaa, Joensuussa käyntien määrää, autojen määrää, asuntoihin kulutettua aikaa päivinä sekä kaupungin sisäisiin siirtymiä. Matkat tehtiin pakettiautolla. Matka Helsinki - Joensuu - Helsinki on 874 km (Google maps 2017). Autoja kartoituksessa oli käytössä 2 kpl ja asennuksilla 1 kpl. Joensuussa käyntejä tuli kartoitusten pohjalta 1 kertaa ja asennusten 2 kertaa. Kartoitus vei 5 päivää ja asennus 8 päivää. Sisäistä ajoa oletettiin tapahtuvan keskimäärin 20 km/pvä.

Kartoitus:

Työmatkat = matkan pituus (km) · autojen määrä · ajokerrat = 874 km · 2 · 1 = 1748 km

Kaupungin sisäiset ajot = matkat päivässä (km/pvä) · päivien määrä (pvä) · autojen määrä = 20 km/pvä · 5 pvä · 2 = 200 km

Kartoituksen matkat = työmatkat + kaupungin sisäiset ajot = 1748 km + 200 km = 1948 km

Kartoituksen matkat per asunto = kartoituksen matkat (km) / asuntojen määrä (as) = 1948 km / 236 as = 8,25 km/as

Asennukset:

Työmatkat = matkan pituus (km) · autojen määrä · ajokerrat = 874 km · 1 · 2 = 1748 km

Kaupungin sisäiset ajot = matkat päivässä (km/pvä) · päivien määrä (pvä) · autojen määrä = 20 km/pvä · 8 pvä · 1 = 160 km

Asennuksen matkat = työmatkat + kaupungin sisäiset ajot = 1748 km + 160 km = 1908 km

Asennuksen matkat per asunto = kartoituksen matkat (km) / asuntojen määrä (as) = 1908 km / 152 as = 12,55 km/as

Matkat yhteensä:

Matkat yhteensä asuntoa kohden = kartoituksen matkat per asunto (km/as) + asennuksen matkat per asunto (km/as) = 8,25 km/as + 12,55 km/as = 20,8 km/as

Asuntokohtaisten matkojen lisäksi tuli vielä selvittää SimaPro8 -ohjelmistoa varten matkat kilogrammakilometreinä eli kuinka paljon tavaraa oli kuljetettava asuntoa kohden vietävä perille. Tavarain määrä saatiin laskemalla osien paino yhteen:

Kaikkien osien paino = pohjaventtiilin tiiviste (g) + (poresuutin (g) · 2) + suihkupää (g) + suihkuvaihdin (g) + täyttöventtiilin tiiviste (g) + vetovahti (g) = 5 g + (14,502 g · 2) + 75,6 g + 50 g + 5 g + 35 g = 199,6 ≈ 200 g

Painoon lisättiin vielä arvioitu pakkausmateriaalien paino 50 g. Huomioon otettiin, ettei vielä kartoitukseen kuljetettu materiaaleja, joten materiaalinpaino jaettiin kahdella.

$20,8 \text{ km} \cdot 0,125 \text{ kg} = 2,6 \text{ kgkm}$

Päästöt

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittavan energian hiilidioksidipäästöt laskettiin kaukolämmön päästökertoimen avulla. Paikalliselle kaukolämmölle ei ole saatavilla elinkaaripäästökertoimia, joten Joensuun kaukolämmön osalta on käytössä ominaispäästökertoimet. Fortumilta saatiin Joensuussa tuotetun kaukolämmön tuotannon päästökertoimen vuodelta 2015, joka oli 0 - 60 gCO₂/kWh (Ahonen 2016). Arvioinnissa käytettiin päästökertoimen arvona 60 gCO₂/kWh. Vertailun vuoksi laskettiin tulokset myös keskimääräiselle Suomessa tuotetulle kaukolämmölle. Tähän käytettiin kolmen viimeisen saatavilla olevan vuoden keskiarvoa kaukolämmön yhteistuotantoalueiden hyödynjakomenetelmällä määritellystä CO₂-päästökertoimesta (Tilastokeskus 2015).

4.3.3 Vaikutusarviointi

Vaikutusarviointimenetelmiä olivat EPD (2013) ja BEES+. Vaikutuksina tarkasteltiin ilmaston lämpenemistä ja vedenkulutusta litroina. Taulukossa 2 on esitetty standardin ISO 14044 esimerkki, jossa on määriteltynä vaikutusarvioinnin

termistöä. Taulukko kokonaisuudessaan on sovellettavissa hiilijalanjäljen mallinnukseen, ja siitä on löydettävissä standardin vaatimia osia.

Taulukko 2. Esimerkki termeistä (ISO 14044 2006,46).

Termi	Esimerkki
Vaikutusluokka	Ilmastonmuutos
Inventaarioanalyysin tulokset	Kasvihuonekaasujen määrä toiminnallista yksikköä kohti
Karakterisointimalli	Kansainvälisen ilmastonmuutospaneelin (Intergovernmental Panel on Climate Change) 100 vuotta kattava vertailumalli
Vaikutusluokkaindikaattori	Infrapunasäteilypakote (W/m^2)
Karakterisointikerroin	Ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP_{100}) kunkin kasvihuonekaasun osalta (kg CO_2 -ekvivalenttia/kg kaasua)
Vaikutusluokan indikaattoritulos	Kilogrammaa CO_2 -ekvivalenttia toiminnallista yksikköä kohti
Vaikutusluokan loppupisteet	Koralliriutat, metsät, sato
Ympäristörelevanssi	Infrapunasäteilypakote vaikuttaa välillisesti potentiaalsiin ilmastovaikutuksiin ja riippuu kokonaisvaltaisesta ilmakehän lämpöadsorptiosta, jota aiheuttavat päästöt ja lämpöabsorptioon ajallinen jakautuminen.

EPD (2013) on ympäristötuoteselosteiden luomiseen käytössä oleva the Swedish Environmental Management Council (SEMC) Internet-sivuillaan julkaisema metodi. EPD:n vaikutusluokat ovat happamoituminen, rehevöityminen, ilmaston lämpeneminen, fotokemiallinen hapetus, otsonikato, abioottisten resurssien ehtyminen. (PRé 2016.) Elinkaariarviointissa käytettiin EPD -vaikutusluokkana ilmaston lämpenemistä.

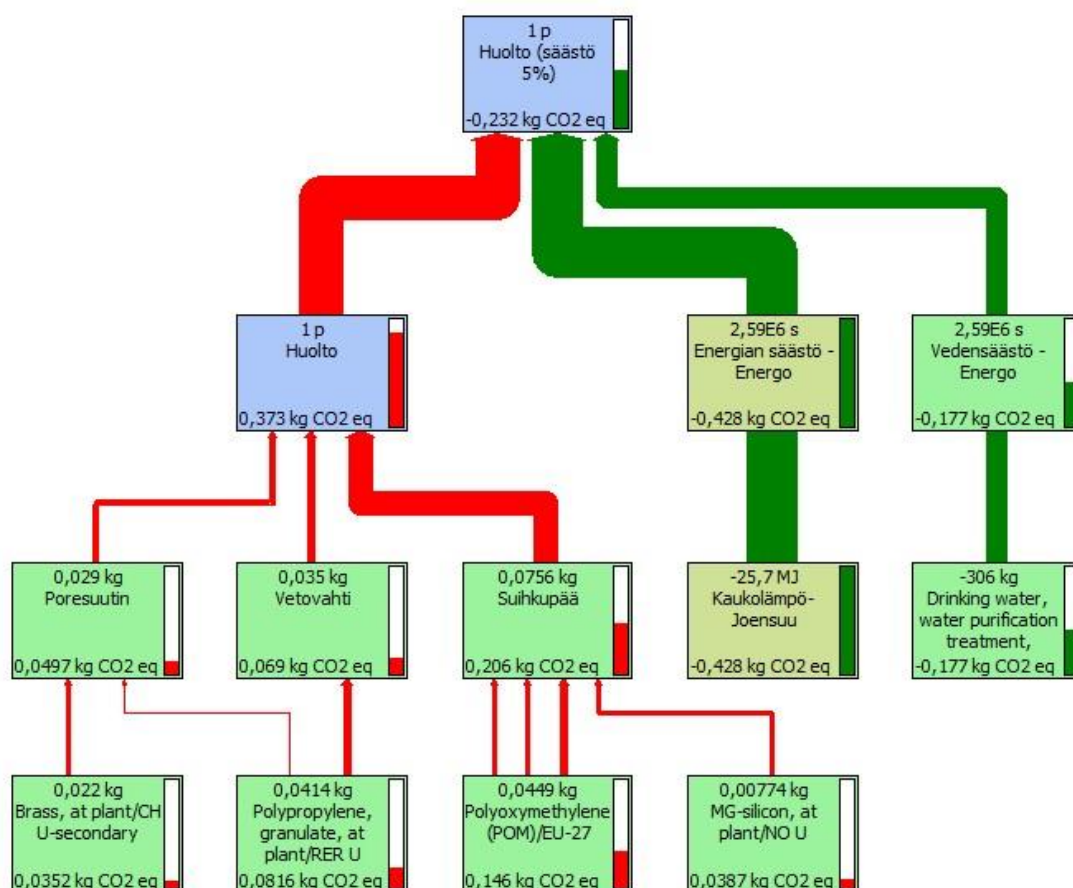
BEES+ (Building for Environmental and Economic Sustainability) -menetelmä on kehitetty kustannustehokkaiden ja ympäristöystävällisten rakennusmateriaalien valintaan. Metodien on kehittänyt NIST (National Institute of Standards and Technology), ja se mittaa rakennustuotteiden ympäristövaikutuksia koko elinkaaren ajalta, raaka-aineiden hankinnasta kierrätykseen ja jätteiden käsittelyyn. (NIST 2016.)

BEES+ -menetelmässä vaikutusluokkia ovat ilmastonmuutos, happamoituminen, rehevöityminen, savusumu, vedenotto, ekotoksisuus, sisäilman laatu, elinympäristön muutos, luonnonvarojen ja otsonin kuluminen. Lisäksi vaikutusluokista löytyy ihmisen terveyteen vaikuttavat syöpä, muut sairaudet ja ilman saasteet. (Simapro 2017.) Vedenotto valittiin vaikutusluokaksi vedenniukkuuden

sijaan, koska pääosa tutkitusta kulutuksesta ja säästöstä kohdentuu alueille, joilla ei ole todennäköisesti heikon saatavuuden aiheuttamia terveyshaittoja.

5 Tulokset

5.1 5 %:n säästöskenaario

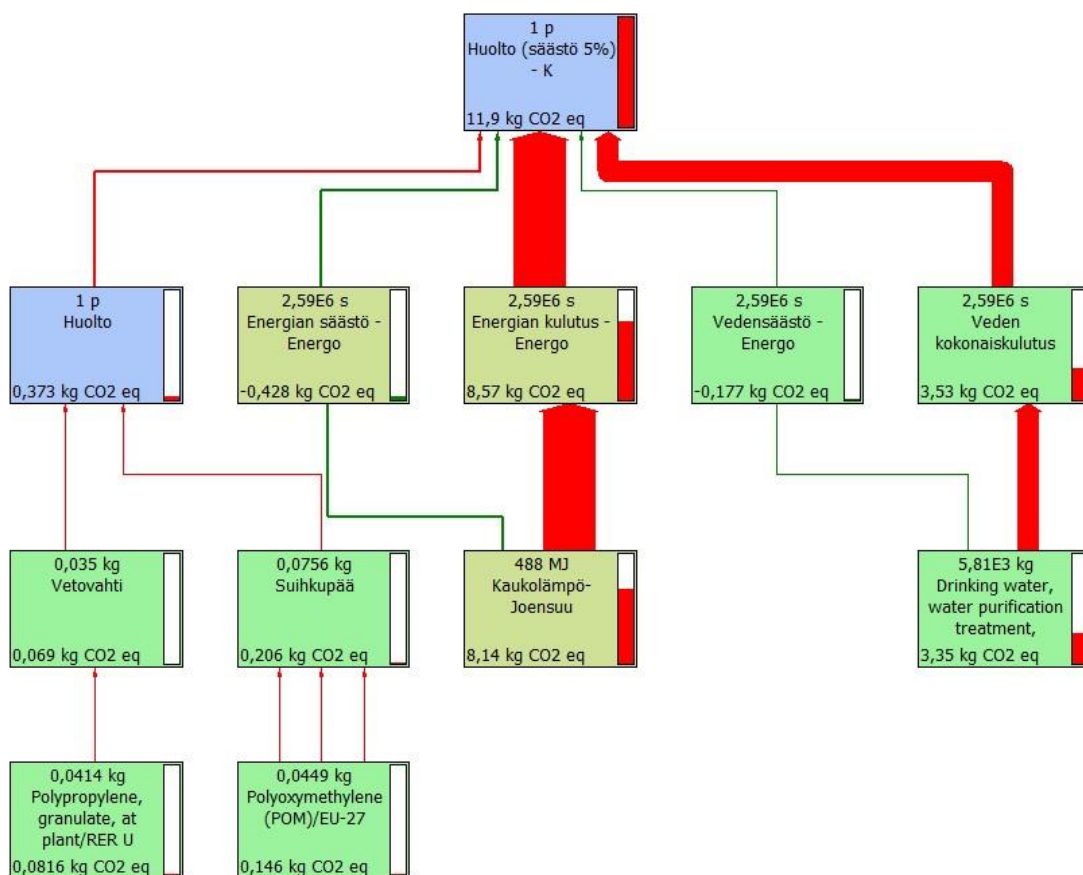


Kuva 7. EPD (2013) -menetelmällä laskettu huollon 5 %:n säästöskenaarioiden hiilidioksidipäästöjen määrä yhden kuukauden ajalta.

Hiilidioksidipäästöjen säästö on tällä skenaariolla 0,232 kg CO₂-eq. Kuvassa 7 negatiiviset vaikutukset näkyvät punaisella ja vihreällä näkyvät ne asiat, jotka vähentävät kokonaisilmastovaikutuksia. Suurin hiilidioksidipäästöjen määrän positiivisesti vaikuttava tekijä on energian osuus, joka pienentää hiilijalanjälkeä 0,428 kg CO₂-eq. Säästetyn veden määrä on 0,177 kg CO₂-eq. Suurin negatiivinen vaikutus hiilijalanjälkeen on huollolla, jonka osuus on 0,373 kg CO₂-eq. Huollossa käytetty osa, jonka päästö määrä on suurin, on suihkupää. Vetovahti ja poresuuttimet ovat seuraavaksi suurimmat päästön aiheuttajat huollossa, mutta selvästi pienemmillä osuuksilla. Pohjaventtiilin ja täyttöventtiilin tiivistei-

den, suihkuvaihtimen sekä liikenteen osuudet huollossa ovat niin pieniä, etteivät ne vaikuta merkittävästi huollon päästöihin.

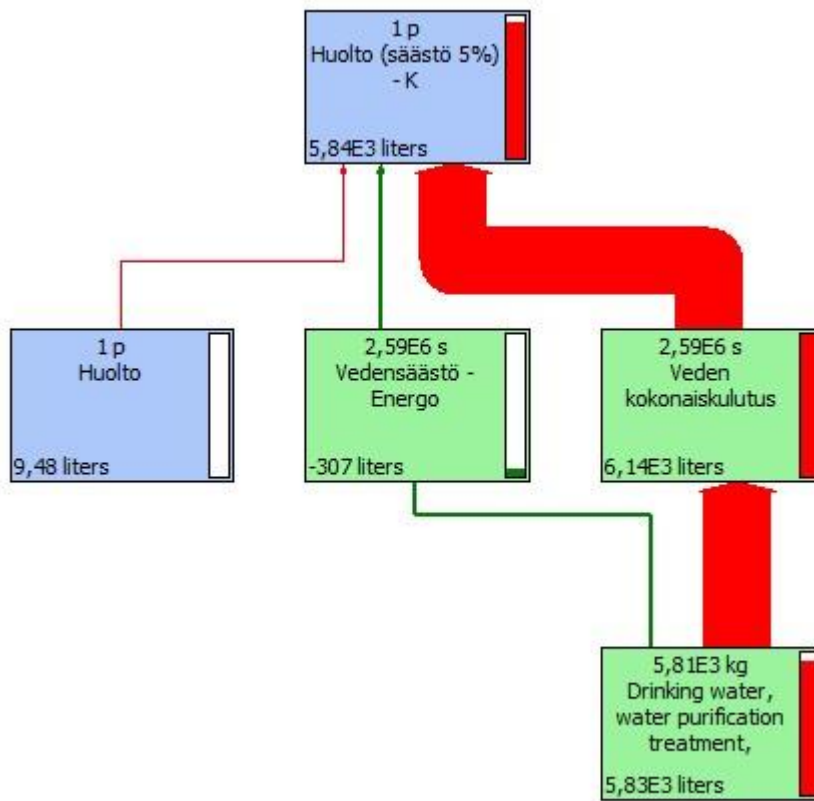
Vastaava huollon 5 %:n säästöskenaario tehtiin myös yhden ja viiden vuoden aikavälille. Huollon osuus pysyy samana jokaisessa skenaariossa, sillä sen päästöt pysyvät muuttumattomina riippumatta ajasta. Yhden vuoden aikana hiilijalanjälki on -6,99 kg CO₂-eq. Säästetyn energian päästöjen osuus tästä on -5,21 kg CO₂-eq. ja säästetyn veden päästöjen osuus on -2,51 kg CO₂-eq. Viiden vuoden aikavälin tarkastelussa hiilijalanjälki on -36,4 kg CO₂-eq. Siinä ajassa hiilidioksidipäästöjen määrä vähenee energian osalta 26,1 kiloa ja veden osalta 10,7 kiloa.



Kuva 8. EPD (2013) - metodilla veden kokonaiskulutuksen huomioivan huollon 5 %:n säästöskenaariolla laskettu hiilijalanjälki.

Kuvassa 8 nähdään, että kun kokonaisvedenkulutus otetaan huomioon asunnossa, jossa on Energo-palvelu, hiilijalanjälki on 11,9 kg CO₂-eq kuukaudessa. Tällöin veden kokonaiskulutuksen osuus on 3,53 kg CO₂-eq. Säästynyt vesi

pienentää hiilijalanjälkeä vain 0,177 kg CO₂-eq. Suurimman osan hiilijalanjäljestä tässä mallinnuksessa muodostaa energiankulutus, joka on 8,75 kg. Säästyneen energian osuus vähentää hiilidioksidipäästöjä 0,428 kg CO₂-eq. Huollon negatiivinen vaikutus päästömäärään on sama kuin aiemmissakin skenaarioissa.

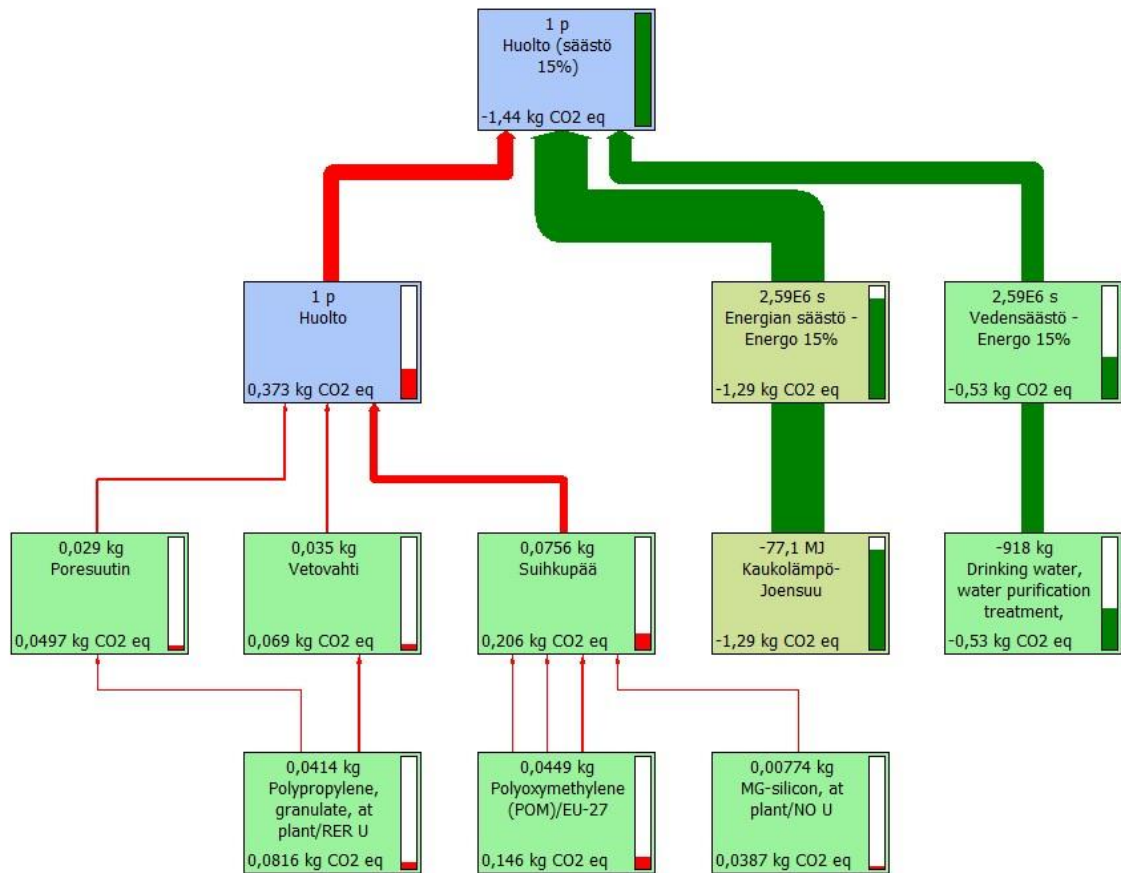


Kuva 9. Kuukauden aikana muodostunut vedensäästö, kun säästöjen oletetaan olevan 5 % ja veden kulutus on huomioituna. Menetelmänä on käytössä BEES+.

Kuva 9 esittää vedenkulutusta asunnossa, johon on tehty Energo-palvelu. Veden säästö on 0,307 m³. Kokonaiskulutus asunnossa on tällöin 5,84m³. Vedenkulutus asunnossa on 6,14 m³ ja huoltoon liittyvä vedenkulutus 0,00948 m³. Nämä pysyvät kaikissa skenaarioissa samana.

Vertailun vuoksi kuukausipäästöjä tarkasteltiin myös keskimääräistä Suomessa tuotettua kaukolämpöä käyttävässä asunnossa. Vedensäästön ollessa 5 % päästään kuukaudessa 1,11 kg CO₂-eq päästövähennykseen, josta energian osuus 1,31 kg.

5.2 15 %:n säästöskenaario



Kuva 10. Huollon vaikutus yhden kuukauden hiilidioksidipäästöihin 15% säästöskenaariossa menetelmänä EPD (2013).

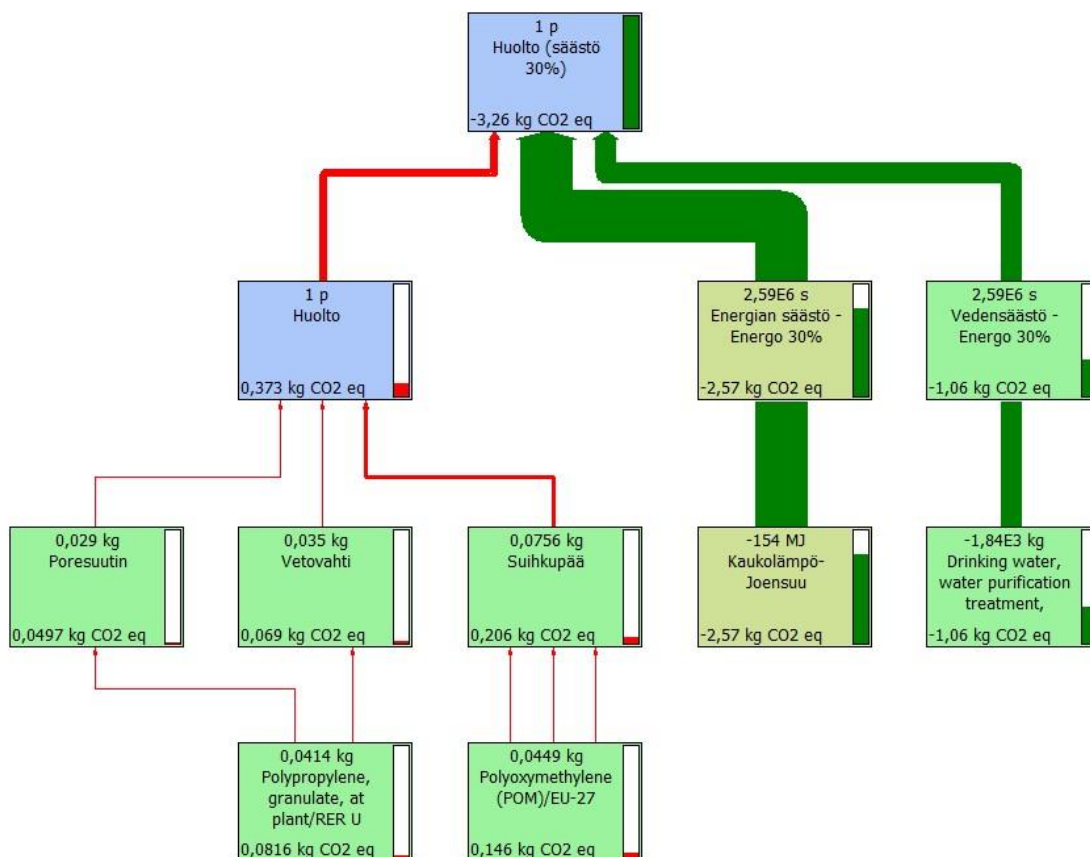
Kuvassa 10 näkyy 15 %:n vedensäästön vaikutus hiilidioksidipäästöihin yhden kuukauden aikana. Yhden kuukauden aikana hiilidioksidipäästöjä tulee -1,44 kg CO₂-eq. Suurin vaikutus on kaukolämpö energian säästöllä, joka on 1,29 kg CO₂-eq ja toiseksi suurin vaikutus vedensäästöllä, joka on 0,53 kg CO₂-eq.

Tarkasteltaessa 1 vuoden aikana hiilidioksidin määrä on -21,7 kg, josta energian osuus on -15,5 kg ja veden -6,44 kg. Energian osuus on 5 vuoden ajalla tarkasteltuna -78,2 kg CO₂-eq. Vedenkulutuksen tulos on -32,2 kg CO₂-eq ja kokonaishiilipäästöjen tulos on -110 kg CO₂-eq.

Huomioitaessa veden kokonaiskulutus hiilijalanjälki putoaa 10,7 kg CO₂-eq kuukaudessa. Säästetty energia vähentää päästöjä 1,29 kg ja vedensäästöllä

saadaan pienennettyä päästöjä 0,53 kg. Kuukaudessa veden kokonaiskulutus on 5,23 m³ ja veden säästö 0,921 m³.

5.3 30 %:n säästöskenaario



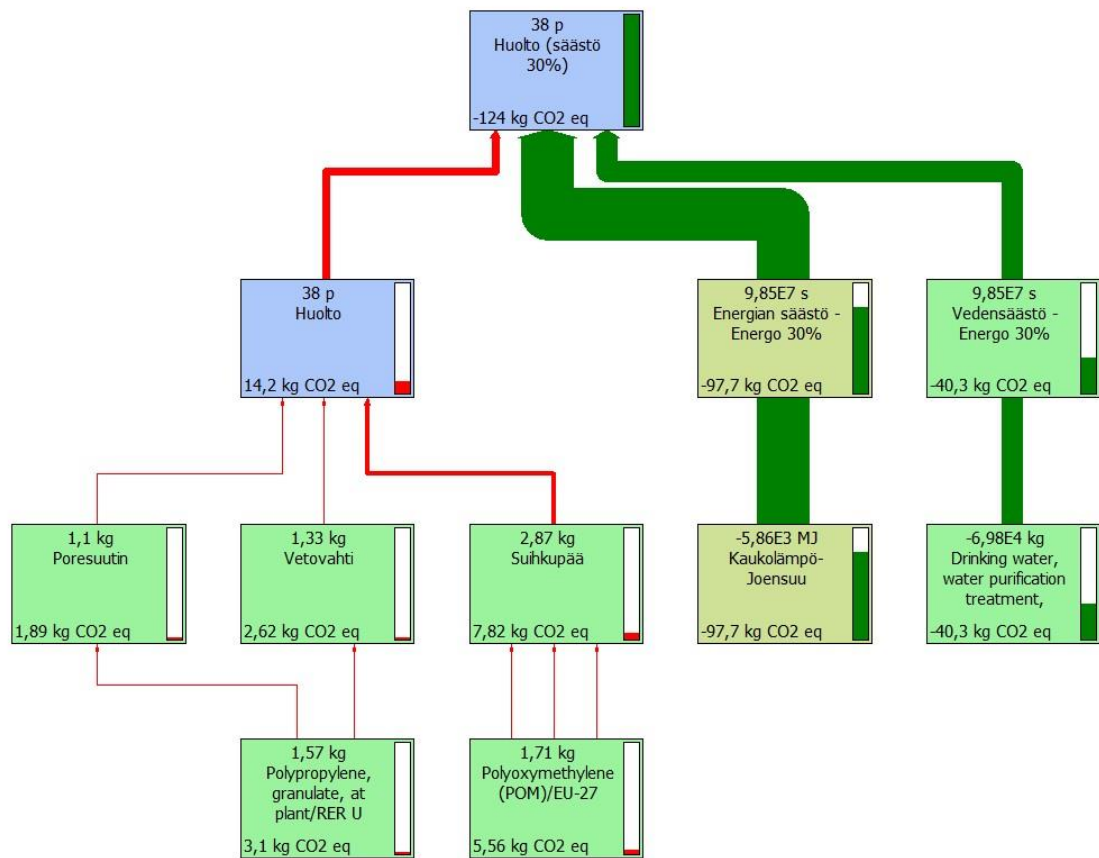
Kuva 11. Yhden kuukauden aikana muodostuneet hiilidioksidin väheneminen, kun säästöjen oletuksena on 30 %. Menetelmänä on käytössä EPD (2013).

Hiilidioksidipäästöjen muodostumista 30 %:n säästöskenaariossa havainnollistaa tarkemmin kuva 11. Kuukauden aikana muodostunut energian säästön hiilidioksidipäästöjen vähennys on 2,57 kg CO₂-eq. Veden säästöstä syntyi päästö vähennystä 1,06 kg. Kokonaishiilipäästöt skenaariossa ovat -3,26 kg.

Vuoden aikana syntynyt päästöjen vähennys on 43,8 kg CO₂-eq. Energian säästön osuus hiilidioksidipäästöjen osalta 31,3 kg CO₂-eq. Hiilidioksidipäästöjä säästyivät veden säästön osalta 12,9 kg CO₂-eq. Potentiaalinen vaikutus viiden vuoden aikana hiilidioksidipäästöihin on -220 kg CO₂-eq. Vedensäästön vaiku-

tus hiilidioksidipäästöihin on -64,4 kg CO₂-eq ja energian säästön vaikutus päästöihin -156 kg CO₂-eq.

Veden kokonaiskulutuksen vaikutuksia tarkasteltaessa hiilidioksidipäästöt pu-
toavat 8,84 kg. Energiansäästö vähentää päästöjä 2,58 kg ja vedensäästöllä
pienennetään päästöjä 1,06 kg. Vedenkulutuksen määrä kuukaudessa asun-
nossa on 4,31 m³ ja säästö 1,84 m³.



Kuva 12. 38 asunnon taloyhtiön hiilidioksidipäästöt.

Kuvassa 12. skaalattiin kokonaisen taloyhtiön hiilijalanjälki käyttöveden kulutuksen osalta. Esimerkkinä käytettiin Kesäyönkatu 1, jossa on 38 asuntoa. Hiilidioksidipäästöjen määrä väheni 124 kiloa kuukaudessa.

5.4 Tulosten tulkinta

Hiilidioksidipäästöjen kannalta energian säästön osuus nousee esiin merkittävimpänä näkökohtana kaikissa skenaarioissa (kuvat 7, 10 ja 11). Voidaan siis sanoa, että lämpimän vedenkäytön vähentäminen on kasvihuonekaasupäästöjen osalta hyödyllisintä. Näin saadaan eri skenaarioiden mukaan hiilidioksidipäästöjä vähennettyä 0,428 -156 kiloa. Veden säästö on toiseksi merkittävin, ja se on huoltopalvelua (0,373 kg) pienempi vain 1 kuukauden tarkastelujaksolla säästöskenaarion ollessa 5 % (kuva 7).

Jo kuukauden tarkasteluaikana saadaan hiilidioksidipäästöjä vähennettyä yhteensä 0,232 kg (5 %:n skenaario), 1,44 kg (15 %:n skenaario) ja 3,26 kg (30 %:n skenaario). Kaikissa tapauksissa palvelun päästöt (0,373 kg) siis kompensoituvat säästöillä ensimmäisen kuukauden aikana.

Kaavioista on myös huomattavissa, että huolto ei aiheuta suuria hiilidioksidipäästöjä. Huoltopalvelun osalta merkittävimpiä päästölähteitä ovat suihkupää, vetovahti ja poresuuttimet, kun taas kuljetusmatkat eivät edes nouse merkittävimpien päästölähteiden joukkoon (kuva 7). Suurimmat päästöt tulevat muoveista (POM 0,0449 kg, polypropeeni 0,0414 kg) ja poresuutimissa olevasta kierrätys messingistä (0,022 kg).

Vaikka veden säästöistä syntyvä hyöty ei ole yhtä merkittävä kuin energian säästö on se silti tuntuva. 5 %:n skenaariossa säästö kuukaudessa on 0,307 m³, 15 %:n skenaariossa 0,921 m³ ja 30 %:n skenaariossa 1,84 m³ (kuva 9). Näin ollen huoltoon liittyvä vedenkulutus (0,00948 m³) kompensoituu jo kuukauden aikana kaikissa skenaarioissa, jos näkökohtana on kulutetun veden tarkastelu. Koska suomalainen käyttää keskimäärin 60 litraa vettä peseytymiseen, voisi 1 800 litralla peseytyä 30 kertaa (Motiva 2016).

Kun verrataan Joensuussa sijaitsevaa asuntoa ja Suomessa tuotettua keskivertoa kaukolämpöenergiaa käyttävää asuntoa, voidaan havaita, että jälkimmäisessä hiilidioksidipäästöjen vähennys on 378 % suurempi. Joensuussa kaukolämmön päästökerroin on keskivertoarvoon verrattuna matala.

5.5 Taloudelliset vaikutukset

Taloudellisia vaikutuksia arvioitiin taloyhtiötasolla. Veden säästöstä aiheutuvat taloudelliset hyödyt laskettiin kulutetun veden, veden hinnan ja lämmityksen vaatiman energian hinnan perusteella. Taloudellisia vaikutuksia kartoitetaan kuukauden ja vuoden osalta.

Lämpimän veden hinta = Kylmän veden hinta (€/m³) + 0,058 (MWh/m³) · Energianhinta (€/MWh) (Taloyhtiön energiakirja 2011, s.17).

Kerroin 0,058 kertoo kuinka paljon lämmitysenergiaa yhden vesikuution lämmitämiseen 5 °C:sta 55 °C:seen tarvitaan. Veden hinnassa ei huomioitu perusmaksua. Kylmän veden kokonaishintana käytetään 4,30 €/m³, johon kuuluu veden ja jäteveden hinta sekä arvonlisäveron osuus (Joensuun Vesi, 2017). Kaukolämmön keskihintana käytetään 74,59 €/MWh, joka edustaa sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksessa tuotetun kaukolämmön 80 asunnon kerrostalolle muodostuvan kokonaishinnan aritmeettista keskiarvoa vuodelta 2016 (Energiateollisuus ry 2017).

Lämpimän veden hinta = 4,30 (€/m³) + 0,058 (MWh/m³) · 74,59 (€/MWh)
= 8,63 €/m³

Vedenkulutuksessa otettiin esimerkki kiinteistöksi Noljakankaari 20, jossa kulutuksen mediaani oli 8 - 10/2015 147,78 m³ sekä 8 - 10/2016 113,87 m³. Kulutuksen erotus vuosien välillä oli noin 23 %. Säästöjen määrä saatiin vertaamalla vuosien kuukausikulutuksia keskenään.

2015

Lämminvesi (m³) = Kulutus (m³) · 0,4 = 147,78 m³ · 0,4 = 59,11 m³

Kulutetun lämpimän veden hinta = lämminvesi (m³) · lämpimän veden hinta (€/m³) = 59,11 (m³) · 8,63 €/m³ = 510,12 €

Kylmävesi (m³) = Kulutus (m³) · 0,6 = 147,78 · 0,6 = 88,67 m³

Kulutetun kylmän veden hinta = kylmävesi (m³) · kylmän veden hinta (€/m³) = 88,67 m³ · 4,30 €/m³ = 381,28 €

Kokonaishinta kuukaudessa = Kulutetun lämpimän veden hinta + Kulutetun kylmän veden hinta = 510,12 € + 381,2 € = 891,32 €

2016

Lämminvesi (m³) = Kulutus (m³) · 0,4 = 113,87 m³ · 0,4 = 45,55 m³

Kulutetun lämpimän veden hinta = lämminvesi (m³) · lämpimän veden hinta (€/m³) = 45,55 (m³) · 8,63 €/m³ = 393,09 €

Kylmävesi (m³) = Kulutus (m³) · 0,6 = 113,87 · 0,6 = 68,32 m³

Kulutetun kylmän veden hinta = kylmävesi (m³) · kylmän veden hinta (€/m³) = 68,32 m³ · 4,30 €/m³ = 293,77 €

Kokonaishinta kuukaudessa = Kulutetun lämpimän veden hinta + Kulutetun kylmän veden hinta = 393,09 € + 293,77 € = 686,86 €

Säästö kuukaudessa = 891,32 € - 686,86 € = 204,46 €

Säästö vuodessa = 204,46 € · 12 = 2 453,52 €

Tuloksista on nähtävissä, että säästö on merkittävä. Yhdelle asunnolle säästöä syntyisi noin 106,67 euroa vuodessa. Noljaakankaari 20 investoinnin hinta oli 1 817,22 €. Yhtä asuntoa kohden hintaa siis kertyi 79,01 €. Näin ollen investointi maksaa itsensä takaisin vajaassa 9 kuukaudessa.

6 Pohdinta

6.1 Johtopäätökset

Energo-palvelun valinta hyödyttää taloyhtiötä niin ympäristö kuin taloudellisesta näkökulmasta. Taloudellinen puoli houkuttelee investoimaan vedensäästökoneisiin, ja hiilidioksidipäästöjen vähennys tuo sille lisäarvoa. Taloudellisesti investoinnista hyötyisivät eniten ne, jotka maksavat vedestä kulutuksen mukaan. Tutkimuksessa havaittiin, että käyttövedenlämmittämiseen käytetty energia on suurin hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja ja Energo-palvelun suurimmat hyödyt tulivat energian säästöstä.

Suomessa kaukolämmön hiilidioksidipäästöjen määrä vaihtelee, sillä se on riippuvainen alueen kaukolämmön tuotantotavasta. Näin ollen kohdekiinteistön sijainnilla on suuri merkitys päästöjen ja mahdollisten säästöjen määrään. On tärkeää huomata, että vaikka mallinuksissa puhutaan miinusmerkkisistä päästöistä, ei lämpimän veden käyttöä ja siitä aiheutuvia hiilidioksidipäästöjä voi kompensoida, joten se ei ole hiilineutraalia.

Tekniikka on yksi keino vastata ilmastonmuutoksen torjunnan haasteisiin. Pienetkin päästövähennykset vaikuttavat ilmastonmuutoksen torjunnassa. Suomelle asetetun päästötavoitteeseen pääsy vaatii päästövähennyksiä joka sektorilta, myös asumisen suhteen.

6.2 Toteutuksen ja menetelmän tarkastelu

Elinkaarianalyysin käyttö menetelmänä oli hyvä ratkaisu, ja sen avulla saatiin luotettavat tulokset. Etenkin EDP- (2013) -menetelmä palveli tarkoitusta, sillä sen avulla päästiin käsiksi hiilidioksidipäästöihin ja pystyttiin paikantamaan suurimmat päästöjen aiheuttajat. Toteutuksen kannalta verokkikohteet olivat tarpeettomia, sillä niitä ei juurikaan työssä päädytty tutkimaan.

6.3 Eettisyys ja luotettavuus

Materiaali- ja vedenkulutustietoja voidaan pitää luotettavina. Kuitenkin Hyttitie 16:n suuret heitot vedenkulutustiedoissa voivat olla epäluotettavia, varsinkin kun Joensuun Kotien mukaan kohteessa ei ollut kyseisinä kuukausina tapahtunut mitään normaalista poikkeavaa. Tällöin heräsi kysymys, että onko kulutus-tiedot aitoja vai onko kohteella tapahtunut jotain poikkeavaa, jota ei kuitenkaan tiedetty tai oltu pystytty paikantamaan. Tämä ratkaistiin jättämällä vuosien väli-set vertailut huomioimatta säästöskenaarioita muodostaessa. Säästöskenaarioi-ta valittaessa jouduttiin tekemään joitain oletuksia, sillä seuranta-aika oli lyhyt ja osa tiedoista ei ollut vertailukelpoisia.

Liikenteen matkoja laskettaessa käytettiin tutkijoiden arvioita, koska todellisia kilometrejä ei ollut käytettävissä. Materiaalivalinnoissa jouduttiin tekemään ole-tuksia, koska kaikkia tietoja ei saatu valmistajalta. Arviot perustettiin faktojen pohjalle ja niissä pyrittiin mahdollisimman tarkkaan lopputulokseen.

6.4 Jatkotutkimus- ja kehittämisideat

Työn aikana tuli monenlaisia jatkotutkimus- ja kehittämisideoita, sillä aihetta voi lähestyä monelta eri kannalta. Tutkimusta voitaisiin tehdä asukaskohtaisen ve-denkulutuksen näkökulmasta. Asukaskohtainen vedenkulutus voisi mittarina olla asuntokohtaista vedenkulutusta tarkempi. Jatkossa voitaisiin myös selvit-tää, paljonko huollon kustannuksissa voidaan säästää Energo-palvelun avulla, kun kaikki asunnot huolletaan kerralla.

Realistinen vedensäästöprosentti saataisiin pidemmän aikavälin tarkastelussa, mihin tämän opinnäytetyön puitteissa ei ollut aikaa. Siksi hyvä jatkotutkimus olisikin sellainen, missä tarkasteltaisiin vedenkulutuksen muuttumista esimer-kiksi vuoden ajalta ja näin nähtäisiin todellisimpia vaikutuksia. Olisi mielenkiin-toista tutkia, että mille vedensäästöasteelle päästäisiin esimerkiksi vuoden tar-kastelulla.

Lisäksi olisi mielenkiintoisia tutkia Energo-palvelun vaikutuksia julkisissa tiloissa, jota oli tarkoituksena tehdä tämän työn puitteissa, mutta josta jouduttiin luopumaan sopivien tilojen puuttuessa. Asukkaiden käyttötottumuksia ja asenteita vedensäästöä kohtaa olisi myös tarpeellista tutkia. Vaikuttaako palvelu asukkaiden omiin käyttötottumuksiin?

6.5 Oppimisprosessi

Suurimpana oppimisena voidaan nähdä kehittyminen elinkaarimallinnuksessa ja sen käytettävyydessä eri tilanteissa. Työssä apuna käytetty SimaPro-ohjelma on tuttu aikaisempien opintojen ajalta ja työ tarjosi tilaisuuden päästä syventämään osaamista ohjelmaan liittyen. Lisäksi Excel-ohjelman käytössä tapahtui kehittymistä, sillä laskelmat tuli tehtyä pitkälti sen avulla.

Myös tiedonhakutaidot kehittyivät opinnäytetyöprosessin aikana paljon. Tiedonhankintaa tehtiin usealla eri tavalla, muun muassa sähköpostilla, puhelimitse ja paikan päällä kartoituksilla. Kommunikaatiotaidot kehittyivät, koska opinnäytetyössä oli useita yhteistyökumppaneita. Parityöskentely opetti kehittävää vuoropuhelua. Projekti toi tietämystä myös oman alan ulkopuolelta. Vedensäästö aiheena tuli hyvin tutuiksi, ja siitä on todennäköisesti hyötyä jatkossakin. Myös LVI-tekniikasta opittiin paljon uutta ja hyödyllistä.

Työ opetti itsenäistä työskentelyä ja ajanhallintaa, koska suurimmaksi osaksi työtä on tehty itsenäisesti. Projektin tiimoilta kartutettiin työelämässä tarpeellisia kykyjä, kuten tieteellistä ajattelua ja raportointitaitoja.

Lähteet

- Ahonen, T. 2016. VS:Abloyn hiilijalanjälki - kaukolämmön CO₂-kerroin. Laura.M.Saarelainen@edu.karelia.fi. 18.10.2016.
- Alestalo M., Ekholm T., Kulmala M., Seppälä J. & Soimakallio S. 2014. Hiilineutraalisuuden tavoittelu-Mitä se on missäkin yhteydessä. Ilmastopaneeli. <http://www.ilmastopaneeli.fi/uploads/Hiilineutraalisuuden%20tavoittelu%20-%20mit%20se%20on%20miss%20kin%20yhteydess%20-%20.pdf>. 13.1.2017.
- Antikainen, R. & Seppälä J. 2012. Elinkaarimenetelmät yrityksen päätöksenteon tukena. FINLCA-hankkeen loppuraportti. Suomen Ympäristökeskus.
- Antikainen, R. 2010. Elinkaarimetodiikkojen nykytila, hyvät käytännöt ja kehitystarpeet. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/39822/SYKEra_7_2_010.pdf?sequen. 22.2.2016.
- Energiateollisuus ry. 2017. Kaukolämmöhinnat 1.7.2016. <http://188.117.57.25/tilastot/kaukolammon-hinnat-tyyppitaloissa-eri-paikkakunnilla>. 23.1.2017.
- Energio. 2017a. In the middle of nowhere-Keskellä ei mitään?. Innotek Oy. <http://www.energo.fi/yritys/>. 14.1.2017.
- Energio. 2017b. Nuorennusleikkaus, joka keventää vesilaskuasi. Innotek Oy. <http://www.energo.fi/smart-water-ohjelma/>. 4.1.2017.
- Energio. 2017. Smart Water-huolto. <http://www.energo.fi/smart-water-huolto/>. 20.1.2017
- Euroopan Komissio. 2016. Energiaunioni ja ilmastotoimet: Tavoitteena siirtää Eurooppa nopeammin vähähiiliseen talouteen. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-2545_fi.htm. 20.1.2017.
- Google Maps. 2017. Helsinki - Joensuu - Helsinki. <https://www.google.fi/maps/dir/Helsinki/Joensuu/Helsinki/@61.3843047,25.1038189,7z/data=!3m1!4m2!4m19!1m5!1m1!1s0x46920bc796210691:0xcd4ebd843be2f763!2m2!1d24.938379!2d60.1698557!1m5!1m1!1s0x469b8665df05a50d:0x601790016cff7e27!2m2!1d29.7635719!2d62.6010155!1m5!1m1!1s0x46920bc796210691:0xcd4ebd843be2f763!2m2!1d24.938379!2d60.1698557!3e0>. 16.1.2017
- Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli (IPCC). 2014. Ilmastomuutos v.2013: Luonnontieteellinen perusta-Ensimmäisen työryhmän osuus IPCC:n 5. arviointiraportissa. <http://ilmatieteenlaitos.fi/documents/30106/42362/ipcc5-yhteenvedo-suomennos.pdf/4332dff-bda72-41c9-a23d-24215c5cbbac>. 13.1.2017.
- Heikkinen, M. 2016. VS:innotek opinnäytetyö. Maria.Maenpaa@edu.karelia.fi. 12.11.2016.
- Hoekstra, A., Chapagain, A., Aldaya, M. & Mekonnen, M. 2011. Water footprint assessment manual. Setting the Global Standard. London: Earthscan Ltd.

- http://waterfootprint.org/media/downloads/TheWaterFootprintAssessmentManual_2.pdf. 5.12.2016.
- ISO 14040. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki. 2006.
- ISO 14044. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja. Helsinki. 2006.
- ISO/TS 14067. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista ja viestimistä koskevat vaatimukset ja ohjeet. Helsinki. 2013.
- Joensuun Kodit. 2017. Asuntokohteet. <http://haku.joensuunkodit.fi/fi/asuntokohteet/>. 17.1.2017.
- Joensuun Vesi. 2017. Joensuun Vesi -liikelaitoksen maksut. <http://www.joensuunvesi.fi/maksut>. 23.1.2017.
- Katko, T. 2013. Hanaa! Suomen vesihuolto-kehitys ja yhteiskunnallinen merkitys. Helsinki: Suomen vesilaitosyhdistys ry.
- K-rauta. 2017. Käsisuihku oras Apollo 252020 kromi. <https://www.k-rauta.fi/rautakauppa/k%C3%A4sisuihku-oras-apollo-252020-kromi>. 14.1.2017.
- Laukkanen, T. 2005. Ympäristötietous. Mikkeli: Mikkelin Ammattikorkeakoulu.
- Lindholm, S. 2016. VS: Opinnäytetyö/Idolla käytettävät materiaalit. So-fia.Smeds@edu.karelia.fi. 29.11.2016
- Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry. 2007. MAOL-taulukot. HELSINKI: Otava.
- Motiva. 2016. Vedenkulutus. http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/vedenkulutus. 24.1.2017.
- National Institute of Standards and Technology. 2016. BEES. <https://www.nist.gov/services-resources/software/bees>. 16.1.2017.
- Oras Group. 2017. Oras Apollo (252020). <http://www.oras.com/fi/professional/products/Pages/ProductVariant.aspx?productcode=252020>. 14.1.2017.
- Pohjois-Karjalan biosfäärialue. 2017. Mitä biosfäärialueet ovat? <http://www.kareliabiosphere.fi/in-finnish/etusivu/mit%C3%A4-biosfaarialueet-ovat/>. 13.1.2017.
- PRé. 2016. SimaPro Database Manual. Amersfoort: PRé. <https://www.pre-sustainability.com/download/DatabaseManualMethods.pdf>. 16.1.2017.
- Rapeli, P. 2016. FW: Opinnäytetyö/Oraksella käytettävät materiaalit. So-fia.Smeds@edu.karelia.fi. 16.11.2016.
- SECURE. 2017. SECURE – Smarter energy communities. http://secure.interreg-npa.eu/subsites/secure/brochure_-_FI_language_version.pdf. 7.2.2017.
- Seppälä, J. 2004. Ympäristövaikutusten arviointi elinkaariarvioinnissa – alailma-kehän otsonin muodostuminen, happamoituminen, pienhiukkaset ja ekotoksisuus. Helsinki: Suomen Ympäristökeskus. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/40658/SY_673.pdf?sequence=1. 22.1.2017.
- Simapro 8.1.1.16. 2015. BEES+. Normalization and Weighting. 16.1.2017.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2013. RIL 216-2013 - Rakenteiden ja rakennusten elinkaaren hallinta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

- Suomen Ympäristökeskus. 2016. Hinku-kuntien päästöt 2007 - 2013. <http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Paastokehitys>. 20.1.2017.
- Tilastokeskus. 2015. Sähkön ja lämmön tuotannon CO₂-päästöt. http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2015/html/suom0011.htm. 14.1.2017.
- Tonteri, H. & Kuuva, M. 1995. Elinkaarianalyysi Esimerkkinä hananvalmistus Oras Oy:lla. HELSINKI: Metalliteollisuuden kustannus Oy.
- Tuontitukku.fi. 2017. Oras hanavaraosa 209695 vaihdin. <https://www.tuontitukku.fi/tuote/oras-hanavaraosa-209695-vaihdin/6414150010408/>. 16.1.2017.
- Virta, J.& Pylsy, P. 2011. Taloyhtiön energiakirja. Kiinteistöalan Kustannus Oy. Teos kuuluu Sitran julkaisusarjaan, sitra 295.
- Ympäristöhallinnon yhteinen verkkopalvelu. 2013. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotusmalli. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotusmalli/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panoist\(25449\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotusmalli/Elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panoist(25449)). 22.2.2016
- Ympäristöministeriö. 2012. Vähemmästä viisaammin-Kestävän kulutuksen ja tuotannon ohjelman uudistus 2012. http://www.ym.fi/fi-fi/ymparisto/Kestava_kulutus_ja_tuotanto. 24.1.2017.
- Ympäristöministeriö. 2009. Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen. Työryhmämuistio. http://www.motiva.fi/files/5725/Tyoryhmamuistio_Huoneistokohtaisten_vesimittareiden_kaytto_ja_vaikutukset_rakennusten_energiankulutukseen.pdf. 13.1.2017
- Ympäristöministeriö. 2016. Pariisin ilmastopöytäkirja. http://www.ym.fi/fi-FI/ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastomuutoksen_hillitseminen/Kansainvaliset_ilmastoneuvottelut/Pariisin_ilmastopöytäkirja. 24.1.2017.

Liite1. Kohteille asennetut osat.

Osoite	Noljakankaari 20
Päivämäärä	1.-2.8.2016
Asuntoja	22 kpl
Muut tilat	2 kpl
Huolto	
Keittiö	
Poresuutin 8 l	23 kpl
Keittiöhuulitiviste	3 kpl
WC	
WC-istuin	
Aniara	
Kokohuolto	11 kpl
Laskuputki	10 kpl
Uimuri	2 kpl
Tuloventtiili	1 kpl
Vetovahti	13 kpl
GUST. NAUTIC*	3 kpl
GUST. NORDIC	
Kokohuolto	1 kpl
IDO 59	
Puolihuolto	1 kpl
IDO PN6	
Kokohuolto	3 kpl
IDO TREVI E	
Kokohuolto	1 kpl
Muut WC-istuimen vara-osat	
Kannen saranasarja	1 kpl
Sulkuventtiili	1 kpl
Wc Nautic	1 kpl
WC-hana	
Poresuutin 3,7 l	21 kpl
Suihku	
Suihkupää 10 l	23 kpl
Muut varaosat	
Bidesuihku	8 kpl
Suihkuvaihdin	14 kpl
Oras ripustin	1 kpl
Vesilukko	1 kpl
*ei pystytty huoltamaan	

Osoite	Hyttitie 16
Päivämäärä	2-5.8.2016
Asuntoja	49 kpl
Muut tilat	2 kpl
Tekemättömät huoneistot	4 kpl
Huolto	
Keittiö	
Poresuutin 8 l	49 kpl
Keittiöhuulitiviste	13 kpl
WC	
WC-istuin	
51007	
Kokohuolto	1 kpl
Laskuputki	1 kpl
Vetovahti	1 kpl
Aniara	
Kokohuolto	48 kpl
Laskuputki	30 kpl
Uimuri	7 kpl
Vetovahti	46 kpl
GUST. NAUTIC*	2 kpl
IDO PN6	
Kokohuolto	3 kpl
Laskuputki	1 kpl
Muut WC-istuimen vara-osat	
Kannen saranasarja	1 kpl
WC-hana	
Poresuutin 3,7 l	54 kpl
Suihku	
Suihkupää 10 l	54 kpl
Muut varaosat	
Bidesuihku	2 kpl
Suihkuvaihdin	34 kpl
Poresuutin M28x1UK	1 kpl
Vieser lattiakaivon kansi	1 kpl
Keittiöhana	1 kpl
Puserusliitin	2 kpl
Vesilukko	1 kpl
Viemärinavaushiutale	2 kpl
*ei pystytty huoltamaan	

Osoite	Kesäyönkatu 1
Päivämäärä	11.8.2016
Asuntoja	36 kpl
Muut tilat	1 kpl
Tekemättömät huoneistot	2 kpl
Huolto	
Keittiö	
Poresuutin 8 l	36 kpl
Keittiöhuuльтиiviste	3 kpl
WC	
WC-istuin	
GUST. NAUTIC*	1 kpl
GUST. NORDIC	
Kokohuolto	1 kpl
IDO TREVI E	
Kokohuolto	46 kpl
Muut WC-istuimen vara-osat	
Kansi Trevi	1 kpl
WC-hana	
Poresuutin 3,7 l	48 kpl
Suihku	
Suihkupää 10 l	42 kpl
Muut varaosat	
Bidesuihku	14 kpl
Suihkuvaihdin	8 kpl
Poresuutin M28x1UK	1 kpl
Käyttövipu Oras	2 kpl
Vakiovirt. shk letku 12 l/min	2 kpl
Keittiöhana pkv	1 kpl
Puserruskartio	2 kpl
*ei pystytty huoltamaan	

Osoite	Kesäyönkatu 2-4
Päivämäärä	1-2.9.2016
Asuntoja	38 kpl
Huolto	
Keittiö	
Poresuutin 8 l	38 kpl
Keittiöhuuльтиiviste	1 kpl
WC	
WC-istuin	
IDO TREVI E	
Kokohuolto	46 kpl
Tyhj. venttiili	1 kpl
Painolaite	1 kpl
WC-hana	
Poresuutin 5 l	48 kpl
Suihku	
Suihkupää 10 l	43 kpl
Muut varaosat	
Bidesuihku	1 kpl
Suihkuvaihdin	5 kpl
Vipu täyd. Oras	2 kpl
Suihkuhana Oras	1 kpl
Viemärin avausaine Termolux	4 kpl

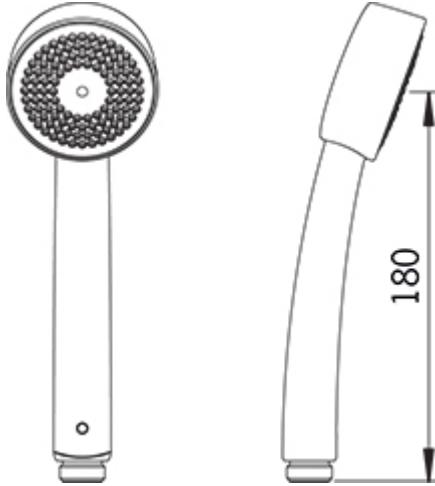
Liite 2. Materiaali-inventaariotaulukot.

Osa	Määrä	Yksikkö	Huomautukset	Materiaali	Vastine SimaProssa	Lähde
Pohjaveenttiin tiiviste	5 g			Kumi NBR 50-60 IHR	Natural rubber based sealing, at plant/DE U	(Lindholm 2016)
Poresuutin	14,5 g		Mallinnuksessa 2 suutinta per/as			(Heikkinen 2016)
Runko	11 g		Yksikköprosessi muokattu Brass, at plant - CH U, korvaamalla kupari ja sinkki kierrätys skenaarioilla: Copper, secondary, at refinery/RER U ja Zinc, from combined metal production, at refinery/SE U.	Messinki (kierrätetty)	Brass, at plant/CH U-secondary	
Tiiviste	0,5 g			SBR-kumi	Synthetic rubber, at plant/RER U	
Siviliä	3 g			Polypropeeni	Polypropylene, granulate, at plant/RER U	
Pinnoite	0,002 g			Kromi	Ferchromium, high-carbon, 68% Cr, at plant/GLO U	
Suihkuvaihdin	50 g					(Tuontitukku.fi 2017)
	45 g		Arvio.	kierrätysmetalli	Iron scrap, at plant/RER U	
	5 g		Arvio.	muovi	Acrylonitrile-butadiene-styrene granulate (ABS), production mix, at plant RER	
Täyttöveenttiin tiiviste	5 g			Kumi NR 40 IHR	Synthetic rubber, at plant/RER U	(Lindholm 2016)

Osa	Määrä	Yksikkö	Huomautukset	Materiaali	Vastine SimaProssa	Lähde
Vetovahti	35 g			Polypropeeni	Polypropylene, granulate, at plant/RER U	(Heikkinen 2016)
Suihkupää	75,6 g					(Rapeli 2016)
Nippa	12,2 g			POM	Polyoxymethylene (POM)/EU-27	
Tukilevy	18 g			POM	Polyoxymethylene (POM)/EU-27	
Suutinlewy	7,1 g			Silikonikumi	MG-silicon, at plant/NO U	
Siiviliä	11 g			POM	Polyoxymethylene (POM)/EU-27	
Pakkaus	21 g			Kartonki	Solid unbleached board, SUB, at plant/RER U	
Kromipinnoite	0,0448 g		Arvioitu.	Kromi	Ferchromium, high-carbon, 68% Cr, at regional storage/RER U	(Liite 2)
Energia						
Käyttöveden lämmitykseen tarvittava energia	142,8 kWh		Kuukaudessa.			
Kaukolämmön päästöt Joensuussa	0-60 gCO ₂ /kWh			Hiilidioksidi	Carbon dioxide	(Ahonen 2016)
Kaukolämmön päästöt Suomessa	183 gCO ₂ /kWh			Hiilidioksidi	Carbon dioxide	(Tilastokeskus 2015)
Vesi						
	6120 kg		Keskimääräinen kulutus 6,1m ³ /kk	Talousvesi	Drinking water, water purification treatment, production mix, at plant, from groundwater	
Liikenne						
Automatkat	2,6 kgkm		Arvioitu.	Pakettiauto	Transport, van <3.5t/RER U	

Liite 3. Kromi-pinnoitteen arvio.

Arvioituja mittoja pakkaustietojen ja piirrosten pohjalta:



Oras Apollo 252020 -suihkukahvan mitta varresta suuttimen keskelle (Oras Group 2017).

Apollo suihkukahvan tuotepakkauksen mitat (syvyys, leveys, korkeus): 25,5 · 7,0 · 3,5 cm (K-rauta 2017).

Arvioidut mitat ja oletukset:

Suihkukahvan pään halkaisija = 7 cm

Pinnoitettu osa varresta = 14 cm

Kahvan halkaisija = 2,5 cm

Muut lähtötiedot:

Kromin tiheys: $7,19 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ (Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MA-OL ry 2007, 72).

Kromikerroksen paksuus: 0,3 μm (Tonteri & Kuuva 1995, 14).

Suihkupään pinnoitettujen osien pinta-alat:

Kahva osa = kahvan kehä · kahvan pituus = 7,9 cm · 14 cm = 110,6 cm²

Suutinpään pinta-ala = 38,5 cm²

Suutinpään reunat = (suutinpään kehä - kahvan kiinnitys) · suutinpään leveys = (22 cm - 2,5 cm) · 3 cm = 58,5 cm²

$$\text{Pinnoitettu osa} = \text{Kahva} + \text{suutinpää} + \text{suutinpään reunat} = 110,6 \text{ cm}^2 + 38,5 \text{ cm}^2 + 58,5 \text{ cm}^2 = 207,6 \text{ cm}^2$$

Kromin määrä:

$$\text{Pinnoitteen määrä} = \text{Pinnoitettu osa} \cdot \text{pinnoitteen paksuus} = 207,6 \text{ cm}^2 \cdot 0,00003 \text{ cm} = 0,0062 \text{ cm}^3$$

$$\text{Kromin paino} = \text{Pinnoitteen määrä} \cdot \text{kromin tiheys} = 0,000000063 \text{ m}^3 \cdot 7\,190 \text{ kg/m}^3 = 0,0000448 \text{ kg} \Leftrightarrow 0,0448 \text{ g}$$

Liite 4. Vedenkulutustiedot.

Kesäyönkatu 1		
	Vedenkulutus (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	179,781	227,656
2	190,667	205,616
3	196,333	215,136
4	188,182	215,548
5	196,224	224,637
6	194,787	250,286
7	221,213	240,722
8	167,594	189,677
9	182	205,198
10	209,767	171,412
11	203,577	
12	220,313	
Yhteensä	2350,438	2145,888

Hyttitie 2		
	Vedenkulutus (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	368,00	360,12
2	352,08	303,05
3	348,36	322,77
4	355,46	351,79
5	358,99	385,89
6	330,55	385,47
7	389,18	404,43
8	334,98	357,64
9	359,21	365,19
10	377,63	397,07
11	384,00	
12	379,41	
Yhteensä	4337,85	3633,41

Kesäyönkatu 2-4		
	Vedenkulutus (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	140,938	251,875
2	253,788	243,821
3	229,212	246,493
4	347,483	222,161
5	231,08	234,993
6	215,889	239,746
7	229,986	248,036
8	199,563	211,226
9	224,032	251,341
10	231,5	195,706
11	214,593	
12	243,75	
Yhteensä	2761,814	2345,398

Hyttitie 16		
	Vedenkulutus (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	348,531	326,275
2	342,129	304,124
3	346,714	350,189
4	344,545	322,008
5	354,041	313,157
6	323,647	286,129
7	310,767	308,964
8	353,355	234,607
9	785,583	222,773
10	9453,707	216,273
11	696,256	
12	299,118	
Yhteensä	13958,39	2884,50

Noljakankaari 20		
	Vedenkulutus (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	153,52	139,94
2	140,43	128,54
3	154,50	138,55
4	149,09	133,95
5	157,62	141,24
6	158,32	136,88
7	155,91	137,96
8	153,06	114,57
9	146,47	113,87
10	147,78	110,77
11	131,38	
12	141,46	
Yhteensä	1789,55	1296,26

Noljakankaari 36		
	Vedenkulutus (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	141,867	167,467
2	137,833	149,754
3	162,3	159,555
4	150	143,16
5	155	154,429
6	148,794	148,303
7	148,618	135,197
8	132,588	140,403
9	132,353	140,968
10	141,475	163,161
11	152,069	
12	152,74	
Yhteensä	1755,637	1502,397

Liite 5. Säästöskenaarioihin johtaneet laskelmat

Kesäyöncatu 1			Hyttitie 2		
	mediaani	keskiarvo		mediaani	keskiarvo
1-7/2016	224,64	225,66	1-7/2016	360,12	359,07
8-10/2016	189,68	188,76	8-10/2016	365,19	373,3
muutos%	-15,56	-16,35	muutos%	1,41	3,96
8-10/2015	182	186,45	8-10/2015	359,21	357,27
8-10/2016	189,68	188,76	8-10/2016	365,19	373,3
muutos %	4,22	1,24	muutos %	1,66	4,49
Hyttitie 16			Noljakankaari 20		
	mediaani	keskiarvo		mediaani	keskiarvo
1-7/2016	313,16	315,84	1-7/2016	137,96	136,72
8-10/2016	222,77	224,55	8-10/2016	113,87	113,07
muutos%	-28,86	-28,90	muutos%	-17,46	-17,30
8-10/2015	785,58	3530,88	8-10/2015	147,78	149,1
8-10/2016	222,77	224,55	8-10/2016	113,87	113,07
muutos %	-71,64	-93,64	muutos %	-22,95	-24,17
Noljakankaari 36			Kesäyöncatu 2-4		
	mediaani	keskiarvo		mediaani	keskiarvo
1-7/2016	149,75	151,12	1-8/2016	241,78	237,29
8-10/2016	140,97	148,18	9-10/2016	223,52	223,52
muutos%	-5,87	-1,95	muutos%	-7,55	-5,80
8-10/2015	132,59	135,47	9-10/2015	227,77	227,77
8-10/2016	140,97	148,18	9-10/2016	223,52	223,52
muutos %	6,32	9,38	muutos%	-1,86	-1,86

Liite 6. Asuntojen keskimääräiset kulutukset

Kesäyönkatu 1		
	Keskimääräinen kulutus/asunto (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	4,7	6,0
2	5,0	5,4
3	5,2	5,7
4	5,0	5,7
5	5,2	5,9
6	5,1	6,6
7	5,8	6,3
8	4,4	5,0
9	4,8	5,4
10	5,5	4,5
11	5,4	
12	5,8	

Hyttitie 2		
	Keskimääräinen kulutus/asunto (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	5,9	5,8
2	5,7	4,9
3	5,6	5,2
4	5,7	5,7
5	5,8	6,2
6	5,3	6,2
7	6,3	6,5
8	5,4	5,8
9	5,8	5,9
10	6,1	6,4
11	6,2	
12	6,1	

Kesäyönkatu 2-4		
	Keskimääräinen kulutus/asunto (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	3,7	6,6
2	6,7	6,4
3	6,0	6,5
4	9,1	5,8
5	6,1	6,2
6	5,7	6,3
7	6,1	6,5
8	5,3	5,6
9	5,9	6,6
10	6,1	5,2
11	5,6	
12	6,4	

Hyttitie 16		
	Keskimääräinen kulutus/asunto (m³)	
Kuukausi	2015	2016
1	6,6	6,2
2	6,5	5,7
3	6,5	6,6
4	6,5	6,1
5	6,7	5,9
6	6,1	5,4
7	5,9	5,8
8	6,7	4,4
9	14,8	4,2
10	178,4	4,1
11	13,1	
12	5,6	

Noljakankaari 20		
Keskimääräinen kulutus/asunto (m³)		
Kuukausi	2015	2016
1	6,7	6,1
2	6,1	5,6
3	6,7	6,0
4	6,5	5,8
5	6,9	6,1
6	6,9	6,0
7	6,8	6,0
8	6,7	5,0
9	6,4	5,0
10	6,4	4,8
11	5,7	
12	6,2	

Noljakankaari 36		
Keskimääräinen kulutus/asunto (m³)		
Kuukausi	2015	2016
1	6,4	7,6
2	6,3	6,8
3	7,4	7,3
4	6,8	6,5
5	7,0	7,0
6	6,8	6,7
7	6,8	6,1
8	6,0	6,4
9	6,0	6,4
10	6,4	7,4
11	6,9	
12	6,9	

Liite 7. Keskiarvot ja mediaanit asuntojen keskimääräisestä kulutuksesta.

	mediaani	keskiarvo
Kesäyönkatu 1		
2015	5,1	5,2
2015+1-7/2016	5,4	5,4
1-7/2016	5,9	5,9
Hyttitie 16		
2015	6,6	21,9
2015+1-7/2016	6,5	16,1
1-7/2016	5,9	6
Kesäyönkatu 2-4		
2015	5,8	5,8
2015+1-7/2016	5,8	5,8
1-7/2016	5,8	5,8
Noljakankaari 20		
2015	6,6	6,5
2015+1-7/2016	6,2	6,3
1-7/2016	6	5,9
Noljakankaari 36		
2015	6,4	6,6
2015+1-7/2016	6,4	6,6
1-7/2016	6,8	6,9
Kesäyönkatu 2-4		
2015	6	6,1
2015+1-8/2016	6,1	6,1
1-8/2016	6,4	6,2

Liite 8. Veden- ja energiansäästö laskelmat.

Energian- ja vedensäästö	Määrä			Yksikkö
Vesi				
Asuntokohtainen keskikulutus	6,12			m ³
Lämpimän veden osuus	2,448			m ³
Säästöskenaariot				
Prosentuaalinen osuus	5 %	15 %	30 %	
Säästetty vesi	0,306	0,918	1,836	m ³
Kulutettu vesi	5,814	5,202	4,284	m ³
Säästetty lämminvesi	0,1224	0,3672	0,7344	m ³
Energia				
Normaalisti tarvittu energia	142,8			kWh
Säästetty energia	7,14	21,42	42,84	kWh