

Elinkaariarviointilaskelmat matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmissä

1 Elinkaariajattelu

Tuotteen tai järjestelmän elinkaari (eli sen matka "kehdestä hautaan") alkaa primäärivarojen louhinnasta, jatkuu raakamateriaalien tuotantoon ja ulottuu valmistukseen, käyttöön, kuljetukseen ja lopulta jätehuoltoon (mukaan lukien kierrätys ja/tai uudelleenkäyttö).

Elinkaariajattelu -lähestymistavassa käsitellään erityisesti kestävyysaasteita, joita korostetaan kestävä kehityksen tavoitteissa ja Pariisin sopimuksessa. Näissä puitteissa kuvatuissa strategisissa näkemyksissä korostetaan kestävä kulutuksen ja tuotannon järjestelmää kokonaisvaltaisesta näkökulmasta, mikä onkin elinkaariajattelun ydin.

Kestävä kulutuksen ja tuotannon mallit keskittyvät entistä tehokkaampiin (ja siten kestäviin) tuotanto-, jalostus- ja kulutusjärjestelmiin, joilla varmistetaan luonnonvarojen tehokas käyttö ja ympäristövaikutusten vähentäminen tuotteen koko elinkaaren ajan.

Kestävä kulutuksen ja tuotannon malli luo mahdollisuuden saavuttaa kestävät tavoitteet (tuottaa enemmän hyvinvointia vähemmällä materiaalikulutuksella), joiden avulla voidaan vastata ihmisten nykyisiin ja tuleviin tarpeisiin varmistamalla ekologisten järjestelmien kapasiteetin säilyminen. Tällainen lähestymistapa voi vauhdittaa yritysten kilpailukykyä.

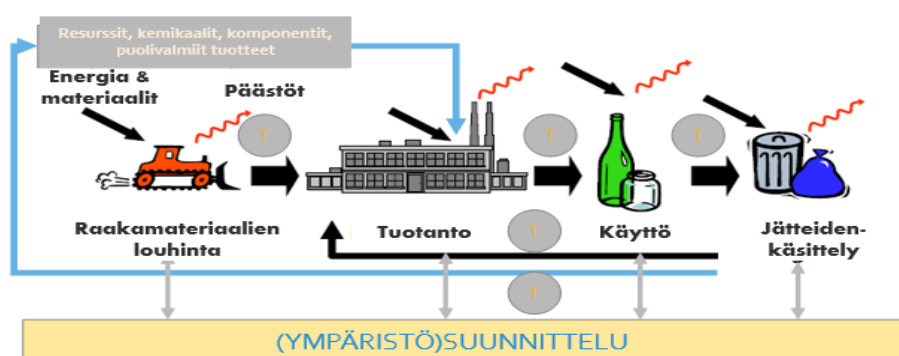
Tätä taustaa vasten elinkaariajattelu tarjoaa viitekehityksen määrälliselle ja kokonaisvaltaiselle lähestymistavalle, jonka avulla voidaan arvioida tuotteen/järjestelmän yleistä kestävyyttä tiedostaen yhteiskuntiemme, talouksiemme ja luonnonympäristömme monimutkaiset yhteydet. Tähän sisältyy myös sosiaalinen ulottuvuus ja sen myötä järjestelmäkäyttäjien ymmärtäminen ja palaute analysoidusta järjestelmästä. Elinkaariajattelun (LCT) etuja ovat mm.:

- Se auttaa poliittisia päättäjiä ja yrittäjiä tekemään parempia päätöksiä kestävyiden ja resurssien tehokkaan käytön kannalta;
- Se auttaa ymmärtämään monimutkaisia järjestelmiä, mikä puolestaan mahdollistaa kestävämmän järjestelmän puolesta toimimisen;
- Taakanjako useille toimijoille (eli kokonaisvaltainen ja monialainen lähestymistapa);
- Puhtaampien tuotantoprosessien tunnistaminen ja vahvistaminen;
- Elinkaariajattelun hyödyntäminen ympäristösuunnittelun näkökulmien soveltamisessa;
- Kuluttajien ohjaaminen kestävämpään elintapaan ja tietoisuuden lisääminen kestävästä kehityksestä.

2 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi (LCA) on menetelmä, jolla tunnistetaan, mitataan ja luonnehditaan tuotteen elinkaarivaiheiden mahdollisia ympäristövaikutuksia. Tuote voi olla tavara tai palvelu.

Elinkaariarvioinnissa otetaan huomioon seuraavat tuotteen elinkaaren vaiheet: raakamateriaalien louhinta ja jalostus, valmistus, kuljetus ja jakelu, käyttö, uudelleenkäyttö ja huolto, kierrätys ja loppusijoitus (eli koko sen kehdestä hautaan -kierto) – kts. kuva 1.



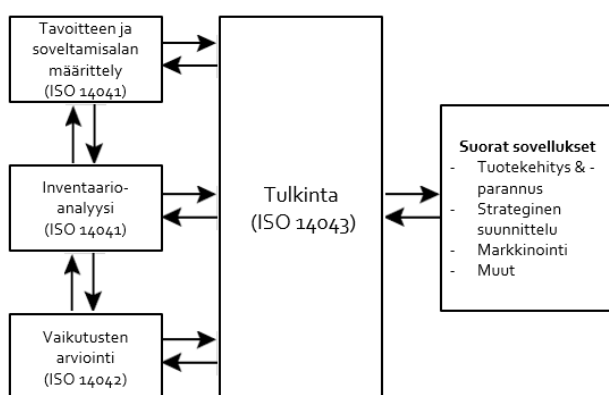
Kuva 1. Elinkaariarvioinnin "Kehdosta hautaan" -lähestymistapa [1].

Elinkaariarviointi auttaa myös edistämään tilannekohtaisia päätöksiä, se on hyvä vertailuväline kestävyuden ja ympäristötehokkuuden arviointiin ja kokonaisvaltainen lähestymistapa, jolla vältetään taakan siirtymistä.

3 Elinkaariarviointimenetelmät

Vaikka elinkaariarvioinnin tekemiseen on useita lähestymistapoja, ISO-standardi on yleisesti hyväksytty ja eniten käytetty standardi akateemisissa piireissä ja teollisuudessa.

Elinkaariarviointimenetelmän neljä päävaihetta (ks. kuva 2) ovat:



Kuva 2. ISO-standardi 14040-44 [2].

- tavoite ja soveltamisala,
- elinkaari-inventaario,
- elinkaaren vaikutusten arviointi, ja
- elinkaaritulkinta.

Nämä neljä päävaihetta on kuvattu ISO 14040 -standardissa, johon on kirjattu myös elinkaariarvioinnin tekemisen periaatteet ja sen viitekehys tuotejärjestelmän määritelmän kanssa. Elinkaariarviointimenetelmä on kuvattu

ISO 14044 -standardissa yksityiskohtaisesti vaatimusten ja ohjeiden kanssa.

3.1 Tavoite & soveltamisala

Tavoite ja soveltamisala -osiossa on määriteltävä suunniteltu soveltamisala, tuotejärjestelmä, toimintayksikkö (FU), järjestelmän rajat, elinkaaren vaikutusarviointimenetelmät, oletukset ja rajoitukset sekä joitakin muita tietovaatimuksia.

3.2 Elinkaari-inventaario

Elinkaari-inventaarion tavoitteena on tunnistaa ja kvantifioida energian, veden ja materiaalien käyttöä ja ympäristöpäästöjä (esim. ilmapäästöt, kiinteiden jätteiden hävittäminen, jätevesipäästöt).

3.3 Elinkaaren vaikutusarviointi

Elinkaaren vaikutusarviointi pitää sisällään eri vaikutusluokkien indikaattoritulosten keräämisen. Ne yhdessä edustavat tuotejärjestelmän elinkaaren vaikutusarviointi -profiilia. Kyseiset tulokset luokitellaan eri vaikutusluokkiin. Tässä vaiheessa voidaan tehdä herkkyystarkastelu sen määrittämiseksi, miten tietojen ja metodologisten valintojen muutokset voivat vaikuttaa tuloksiin.

3.4 Elinkaaren tulkinta

Tässä elinkaariarvioinnin vaiheessa joko inventaarioanalyysin tai vaikutusarvioinnin tai molempien tuloksia arvioidaan suhteessa määriteltyyn tavoitteeseen ja soveltamisalaan, jotta voidaan tehdä johtopäätöksiä ja antaa suosituksia.

4 Elinkaariarviointi matalan lämpötilan kauko- lämpöjärjestelmissä

Elinkaariarviointia on hyödynnetty matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmien (LTDH) ympäristövaikutusten arviointiin ISO-standardi 14040-44 -menetelmän avulla, koska siitä on hyötyä eri sidosryhmille kuten energiasuunnittelijoille, kaukolämpöoperaattoreille, insinööreille, virkamiehille ja poliittisille päättäjille. Joitakin elinkaariarvioinnin useimmin mainittuja etuja ovat: se mahdollistaa vertailuanalyysin, infrastruktuurin yleiseen ympäristötehokkuuteen vaikuttavien prosessien tunnistamisen sekä ekologisen suunnittelun näkökulmien arvioinnin kunnallisia energiastrategioita varten.

4.1 Kuinka kaukolämpöjärjestelmän elinkaariarviointi tuotetaan

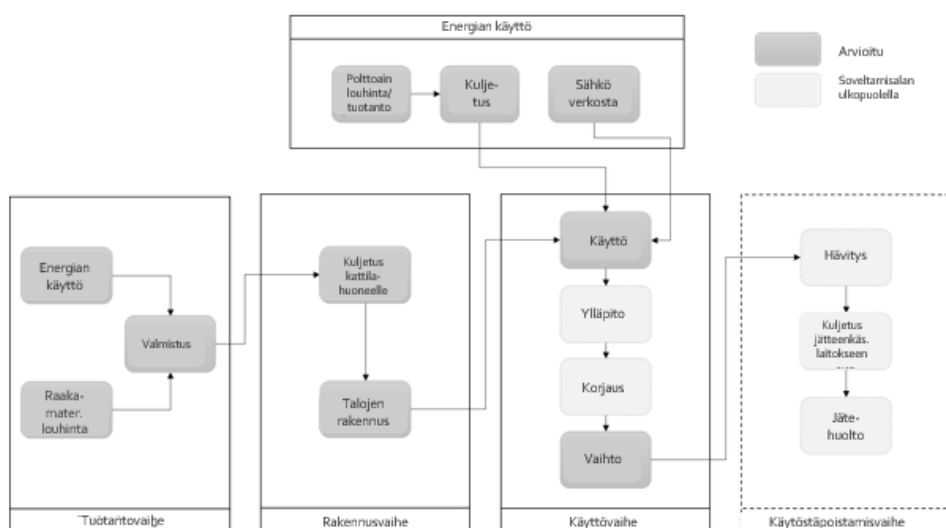
Kaukolämpöjärjestelmälle räätälöity elinkaariarviointi-tuote voidaan jakaa kolmeen osaan: tuotantopuolen energiantuotanto- ja jakelujärjestelmiin sekä kysyntäpuoleen. Tuotantopuolelta mukaan luetaan raakamateriaalien louhinta, energiankäyttö, rakentaminen, kattilahuoneen käyttö ja jakeluverkon infrastruktuuri, joten kaikki näihin toimintoihin liittyvät syötteet voidaan ryhmitellä tutkimuksen soveltamisalan mukaan. Kysyntäpuolelta mukaan luetaan talojärjestelmän

lämmönkulutus ja lämpöhäviöt sekä kaikki toiminnot, jotka vaaditaan siihen, että kaukolämmön käyttäjillä on valmius palvelun vastaanottamiseen. Tämentyypiset tutkimukset standardisoidaan yleensä joko 1 toimintavuoteen tai hankkeen ennalta määritettyyn käyttöikään.

Tutkimuksen tavoite ja soveltamisala määrittelevät tutkimuksen rajat, ja muita erityisiä näkökulmia tulisi selvittää. Esimerkiksi: onko rakennusten peruskorjaukseen liittyvät asiat selvitetty? Otetaanko rajojen sisällä huomioon hävittäminen tai muu käyttöiän loppuvaiheen toiminta?

Tavoitteen ja soveltamisalan sisällä määritellään myös arvioinnin maantieteelliset rajat ja aikarajat, jotka ovat erittäin tärkeitä energialähteiden käytön, lämmöntarvelaskelmien ja standardisointitarkoitusten kannalta.

Inventaarioanalyysiä varten piirretään vuokaavio, jossa rajat on määritelty selkeästi, ja tunnistettujen prosessien osalta liitetään mukaan tietoluettelo niiden materiaali- ja energiavirroista sekä päästöistä. Kuva 1. Elinkaariarvioinnin "Kehdosta hautaan" -lähestymistapa.



Kuva 3. Esimerkki "tavoite ja soveltamisala" -kohdassa määritetyistä rajoista. Katso koko LowTEMP -hankkeelle

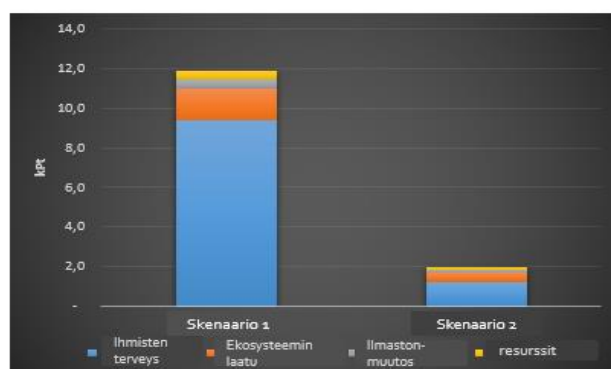
Materiaalit/ laitteistot	Määrä	Yksikkö
Aurinkoenergalaitos	18,2	p
Vanha kaukolämpöputkisto	10,6	p
Uusi kaukolämpöputkisto	1,39	p
Vanha kattilahuone – Ei uunia	1	p
Kaukolämpöverkon solmukohdat	10,6	p
Kattilan pumput, hanat, lämpömittari, lämmönvaihdin & virtauslaite	2	p
Solmukohdan pumput ja hanat	10,6	p
Putkiston putket, hanat, lämpömittarit, lämmönvaihdin, virtauslaite	10,6	p
Käyttövaihe	25	p
Prosessit	Määrä	Yksikkö
Puuhakkeella toimiva uuni, keskim. varastotila, 1000kW	4,5	p
Puuhakkeella toimiva uuni varastosiilolla, 5000kW	1	p
Kuumavesisäiliö 600l	4,16	p

tehty elinkaariarviointi hankkeen sivuilta (www.lowtemp.eu), joilla on täydellisempi yleiskatsaus.

Kuva 4. Esimerkki yksinkertaistetusta "elinkaari-inventaariosta." Katso koko LowTEMP- hankkeelle tehty

elinkaariarviointi hankkeen sivuilta (www.lowtemp.eu), joilla on täydellisempi yleiskatsaus.

Standardisoinnin, ryhmittelyn ja painotuksen jälkeen tuotteen vaikutusarviointi esitetään lopuksi vaikutusluokkiin jaettuna ekoprofilina (kts. kuva 5). Standardisointi, ryhmittely ja painottaminen eivät ole pakollisia, ja ne riippuvat valitusta vaikutusarviointimenetelmästä.



Kuva 5. Esimerkki lopullisesta ympäristövaikutusten arvioinnista, jossa kunnostettua LTDH-järjestelmää verrataan entiseen 3. sukupolven järjestelmään. Katso koko LowTEMP -hankkeelle tehty elinkaariarviointi hankkeen sivuilta (www.lowtemp.eu), joilla on täydellisempi yleiskatsaus. [3].

Kuvassa 5 on esimerkki lopullisesta ympäristövaikutusten arvioinnista, jossa kunnostettua matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmää verrataan vanhaan 3. sukupolven järjestelmään. Tulokset esitetään yleisenä ympäristöprofiilina ekologisilla pisteillä (Pt) mitattuna järjestelmän toimintayksikön osalta. Ympäristöprofiili kattaa neljä pääasiallista haittaluokkaa (joita kutsutaan myös pääteipistevaikutusluokiksi): ihmisten terveys, ekosysteemin laatu, ilmastonmuutos ja (eloperäisten sekä elottomien) resurssien käyttö. Nämä liittyvät tällaiseen tutkimukseen valittuun tietyyntyyppiseen vaikutusarviointimenetelmään (IMPACT 2002+).

Viimeisessä vaiheessa, elinkaaritulkinnan aikana, tuloksia analysoidaan tutkimuksen tavoitetta vasten, jotta nähdään, saavutettiinko, mitä tutkimuksella haettiin. Lisäksi tunnistetaan tuotteen elinkaaren "kuumat pisteet" ja voidaan tehdä herkkyystarkastelu uusien parannusmahdollisuuksien havaitsemiseksi ja mallin ymmärtämiseksi paremmin.

Kuvan 5 tiedot ovat seurausta LowTEMP-hankkeen aikana ehdotetun elinkaariarviointitutkimuksen toteuttamisesta Gulbenen kunnan Belavan pitäjässä kehitetylle pilottitoimelle. Pilottitoimi piti sisällään entisen 3. sukupolven kaukolämpöjaketuverkon täydellisen muuntamisen uudeksi matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmäksi. Vanhassa järjestelmässä kattilahuoneessa oli haloilla toimiva kattila, eikä jakeluverkkoa ollut kunnostettu. Uusi matalan lämpötilan kaukolämpö -konsepti kattaa 0,2 MW:n uuden pellettikattilahuoneen, jakeluverkon putkien täydellisen vaihdoksen (150 m:n pituudelta) ja etätietojenlukujärjestelmän asentamisen järjestelmän jatkuvaa seurantaa varten.

Toteutunut elinkaariarviointitutkimus sisältää matalan lämpötilan kaukolämpöskenaarion

arvioinnin 60 °C:n menolämpötilan ja 35 °C:n paluulämpötilan huomioiden sekä järjestelmän mahdolliset tulevat parannukset mukaan lukien uusiutuvan energian ratkaisut ja vertailun ennakkotilanteeseen.

Kaupallisella elinkaariarviointiohjelmistolla tehdystä elinkaariarviointimallista voi huomata, että ympäristötehokkuus on parantunut huomattavasti, ja luku on laskenut ennakkotilanteeseen verrattuna noin 50 prosenttia. Tulokset (jotka on jo sisällytetty tieteelliseen julkaisuun) osoittavat, että kaikissa skenaarioissa suurimmat ympäristövaikutukset kohdistuvat pääasiassa kaukolämpöverkon käyttövaiheen energiavirtoihin.

Tapaustutkimus osoittaa, että rakennus- ja huoltovaiheella on marginaalinen vaikutus verrattuna kaukolämpöjärjestelmän käyttövaiheeseen. Lämmöntuotanto ja tuhkan käsittely ovat ympäristön "kuumia pisteitä". Se todistaa, että ympäristön vuoksi olisi tehtävä enemmän työtä kattilahuoneiden polttoaineenkulutuksen vähentämiseksi.

Tarkempien tietojen saamiseksi elinkaariarviointiviitekehyksen soveltamisesta matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmään suositellaan LowTEMP-hankkeissa ehdotettujen elinkaariarviointitutkimusten (www.lowtemp.eu) tarkastelua.

Hankkeen toteutuksen yhteydessä elinkaariarviointitutkimuksista saatujen oletettujen tulosten pitäisi:

- määrittää LowTEMP-hankkeen aikana toteutettujen LTDH-pilottitoimien inventointitiedot kaikkien tutkittujen alajärjestelmien osalta;
- vastata kysymykseen, mitkä kaukolämpöverkon alajärjestelmät tai -komponentit vaikuttavat eniten infrastruktuurin muutoksen kokonais-ympäristövaikutuksiin;
- tarjota ekologisesti kestäviä strategioita ympäristöä ajatellen suunniteltujen ja kestävien infrastruktuurien kehittämiseen elinkaariarvioinnin vaikutuskategoria-analyysien pohjalta
- vertailla uuden LTDH-konseptin toteuttamisesta saatuja tuloksia samassa kaupunki- tai maaseutuympäristössä toteutettuun ennakkoskenaarioon.

Suosittelua taustamateriaalia

1. Michael Z. Hauschild, Stig Irving Olsen, Ralph K. Rosenbaum. Elinkaariarviointi. Teoria ja käytäntö. Springer International Publishing AG, 2018.
2. ILCD Handbook: General Guide for Life Cycle Assessment – Detailed Guidance. European Commission – Joint research Centre – Institute for Environment and Sustainability
<https://eplca.jrc.ec.europa.eu/uploads/ILCD-Handbook-General-guide-for-LCA-DETAILED-GUIDANCE-12March2010-ISBN-fin-v1.0-EN.pdf>
3. EUROPEAN PLATFORM ON LIFE CYCLE ASSESSMENT
[HTTPS://EPLCA.JRC.EC.EUROPA.EU/](https://eplca.jrc.ec.europa.eu/)

Viitteet

- [1]. Ekologisen suunnittelun ja LCA:n kurssi - Riian teknillinen yliopisto, Energiajärjestelmien ja ympäristön laitos
- [2]. ISO, "ISO 14044:2006", Environ. Manag, mitä sinä olet? - Elinkaari arviointi - Vaadi. Opas, opas. ISO 14044, Int. Elin. Osasto., 2006.
- [3]. LCA:n tutkimus matalan lämpötilan kaukolämpöjärjestelmän käyttöönottoon Gulbenen kunnassa koskevasta pilottienergiastrategiasta [Online]. Saatavilla <http://www.lowtemp.eu/wp-content/uploads/2020/12/LCA-report-pilot-measure-Belava.pdf>