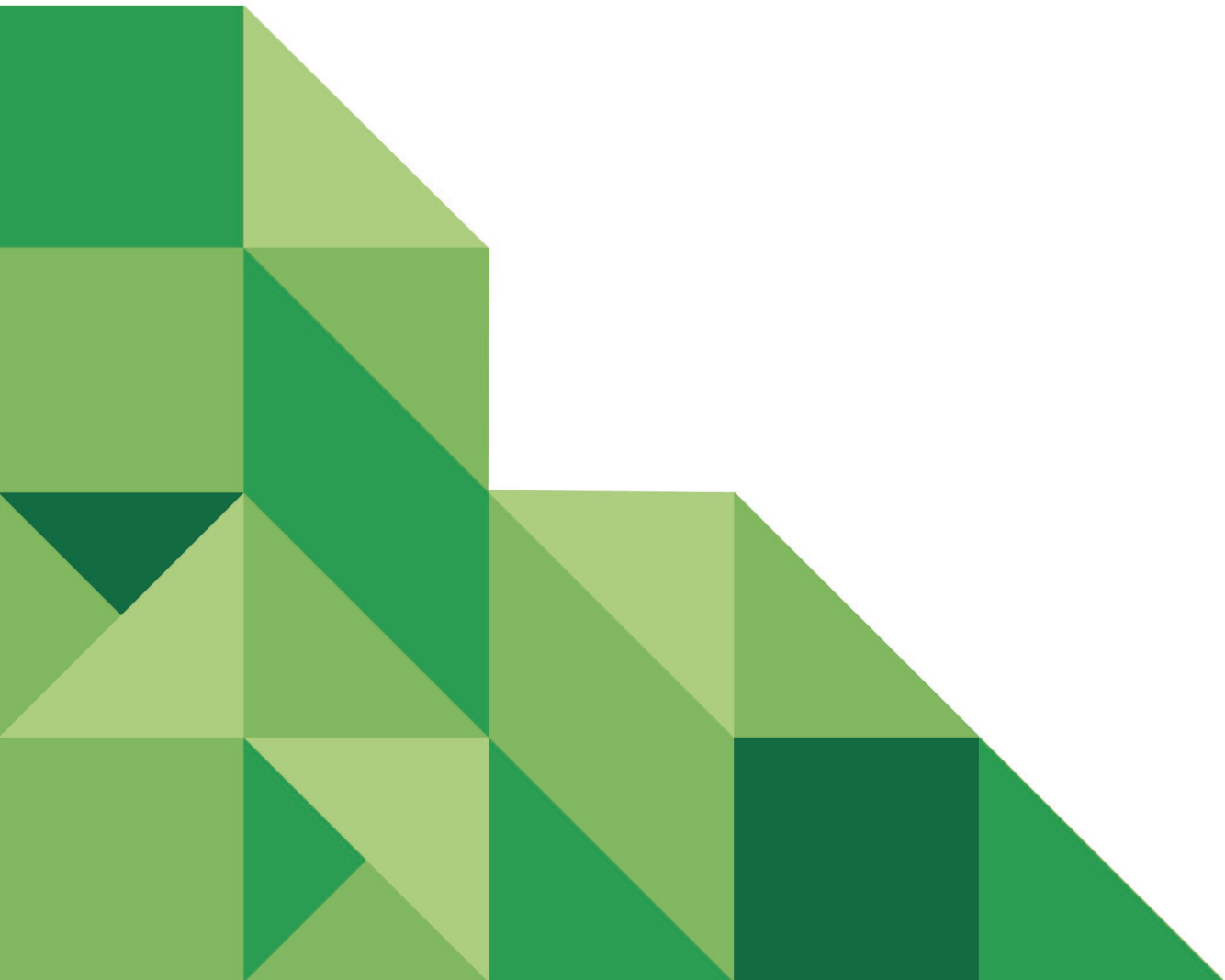


Joel Polojärvi

Talotekniikan järjestelmien päästövaikutukset ja niiden vähentäminen



Julkaisusarja

Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C: Raportteja, 99

Tekijä

Joel Polojärvi, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijä ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-377-9

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2022



**BUSINESS
JOENSUU**



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Sisällys

Esipuhe.....	5
1 Johdanto.....	7
2 Talotekniikan järjestelmät.....	9
2.1 Ilmanvaihto.....	10
2.2 Lämmitys.....	10
2.3 Jäähdytys ja viilennys.....	11
2.4 Käyttövesi.....	12
2.5 Sähköjärjestelmät.....	13
2.6 Taloautomaatio.....	14
2.7 Eristeet.....	14
3 Talotekniikan hiilijalanjälki.....	15
3.1 Talotekniikan massatiedot.....	16
3.2 Ilmanvaihdon hiilijalanjälki.....	18
3.3 Vesi- ja viemärijärjestelmien hiilijalanjälki.....	19
3.4 Lämmitysjärjestelmien hiilijalanjälki.....	20
3.5 Kylmä- ja jäähdytysjärjestelmien hiilijalanjälki.....	21
3.6 Sähkö- ja automaatiojärjestelmien hiilijalanjälki.....	23
3.7 LCA-arviointi.....	23
3.8 Ympäristöselosteet ja päästötietokannat.....	25
3.9 Päästöjen pienentäminen.....	27
4 Muuntojoustavuus.....	29
4.1 Talotekniikan muuntojoustavuuden mahdollistavat ratkaisut.....	30
4.2 Ilmanvaihto.....	31

4.3 Vesi- ja viemärijärjestelmät	32
4.4 Lämmitysjärjestelmät.....	33
4.5 Sähköjärjestelmät.....	33
5 Talotekniikan järjestelmien uudelleenkäyttö ja kierrätys	35
5.1 Ilmanvaihtojärjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuudet.....	35
5.2 Lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuudet	37
5.3 Sähköjärjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuudet.....	39
6 Pohdinta	40
Lähteet	43

Esipuhe

Rakentamisen säädöskehityksen kautta rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkilaskenta on tulossa kiinteäksi osaksi rakennushankkeiden suunnittelua. Lähtökohtaisesti rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen tarkastelu tulisi suorittaa hankesuunnitteluvaiheessa osana rakennushankkeen tavoitteiden asettamista, jolloin eri suunnitteluratkaisuja voidaan arvioida kokonaisvaltaisesti ja ohjata niiden vähähiilisyyttä.

Rakennuksen elinkaarenpäästöjen osalta suurimmat yksittäiset päästölähteet ovat rakennusmateriaalien tuotannosta syntyvät päästöt sekä rakennuksen käyttövaiheen energiankulutus. Kokemusten mukaan talotekniikan järjestelmien päästöt rakennusten materiaalisidonnaisista päästöistä on 12–16 % ja rakennuksen koko elinkaaren päästöistä noin 5 %. Voidaankin todeta, että talotekniikan järjestelmien vaikutus rakennuksen elinkaaren päästöihin on merkittävä ja se tulee huomioida osana rakennuksen päästöjen optimointia.

Rakennusten muuntojoustavuuden huomioiminen rakennussuunnittelussa on yksi keskeinen keino tavoiteltaessa vähähiilisempää rakennettua ympäristöä. Rakennusratkaisujen lisäksi talotekniikan järjestelmät asettavat monesti haasteita tilamuutostöiden yhteydessä. Olisikin tärkeää kyetä löytämään kokonaisvaltaisia ratkaisuja, joiden avulla rakennukset ja tilat olisi helposti muunneltavissa uusiin käyttötarkoituksiin.

Talotekniikan järjestelmiin liittyy uusiokäytön lisäksi myös uudelleenkäyttöpotentiaalia. On kuitenkin todettava, että uudelleenkäyttöön haasteita asettavat muun muassa teknologioiden kehittyminen, materiaalien ja tuotteiden käyttöiät ja rakennusterveysnäkökulma.

Tämän julkaisun tavoitteena on antaa näkökulmia talotekniikan järjestelmäsidoonaisuisiin päästöihin osana rakennuksen elinkaaren päästöjä, talotekniikan järjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuuksiin sekä rakennusten muuntojoustavuutta edistäviin ratkaisuihin. Tämä julkaisu on toteutettu osana Karelia-ammattikorkeakoulun Vähähiilinen ja energiatehokas korjausrakentaminen EAKR-projektia.

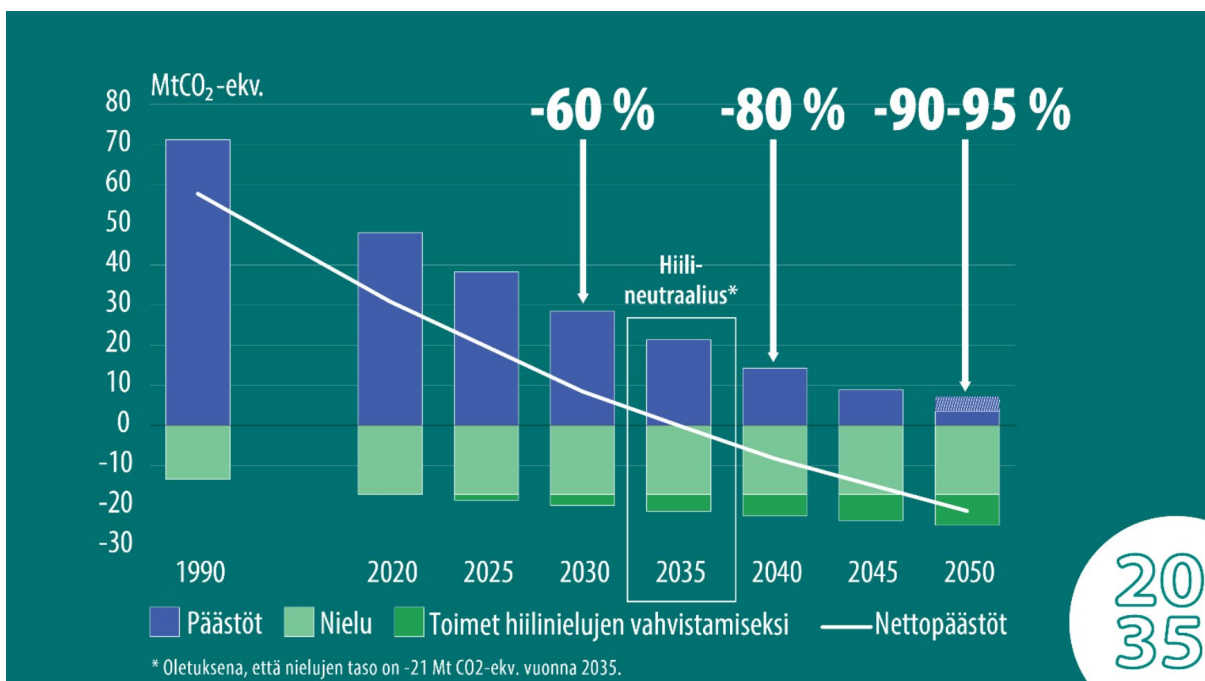
Joensuussa 18.11.2022

Mikko Matveinen
projektipäällikkö, Karelia-ammattikorkeakoulu

*Vähähiilinen ja energiatehokas korjausrakentaminen tutkimus- ja kehittämisprojektin
päärahoittaja toimii Etelä-Savon Elinkeino-, Liikenne- ja Ympäristökeskus EAKR-ohjel-
masta.*

1 Johdanto

Noin kolmannes Suomen kasvihuonepäästöistä aiheutuu rakentamisesta ja rakennuksista. Uuden ilmastolain tavoitteena on varmistaa, että Suomesta tulee hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä. Ilmastotavoitteisiin pääseminen edellyttää rakennussektorilta runsaita päästövähennyksiä. Käytönaikaisen energiankulutuksen lisäksi tulisi myös seurata koko elinkaaren hiilijalanjälkeä. (Ympäristöministeriö 2022)



Kuva 1. Päästövähennystavoite (Valtioneuvosto, 2022, s. 5)

Rakentamisessa on pääosin keskitytty energiatehokkuuteen ja käytönaikaisten päästöjen vähentämiseen. Rakennuksen hiilijalanjälkeä energiankulutuksen osalta on tarkasteltu laajasti mutta, kuitenkin käytönaikaisten päästöjen lisäksi tulisi tarkastelua laajentaa elinkaaren alku- ja loppupäihin eli materiaalien valmistukseen, rakentamiseen, jätteen syntymiseen ja kierrätykseen. Päästönvähennyspotentiaalia nykyisessä rakennuskannassa on runsaasti. (Ympäristöministeriö 2022)

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä suurin osa syntyy rakennuksen käyttövaiheesta. Hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti - tutkimuksessa kerrotaan,

että 62–68 % rakennuksen elinkaaren päästöistä muodostuu käyttövaiheesta. (Ahola & Liljeström 2018, 22). Vuotuisesta energiankulutuksesta talotekniikan laitteet kuluttavat suuren osan. Terveellisen ja viihtyisän sisäilmasto-olosuhteiden tuottamiseksi kuitenkin ei voida talotekniikasta paljoa karsia. Energiansäästöt voivat mennä helposti hukkaan, mikäli rakennuksen heikentyneet sisäilmaolosuhteet aiheuttavat korjausta vaativia toimenpiteitä. Elinkaaren hiilijalanjälki koostuu käytön aikaisten energiankulutuksen lisäksi myös laitteiden ja materiaalien valmistuksesta. (Ramboll 2020)



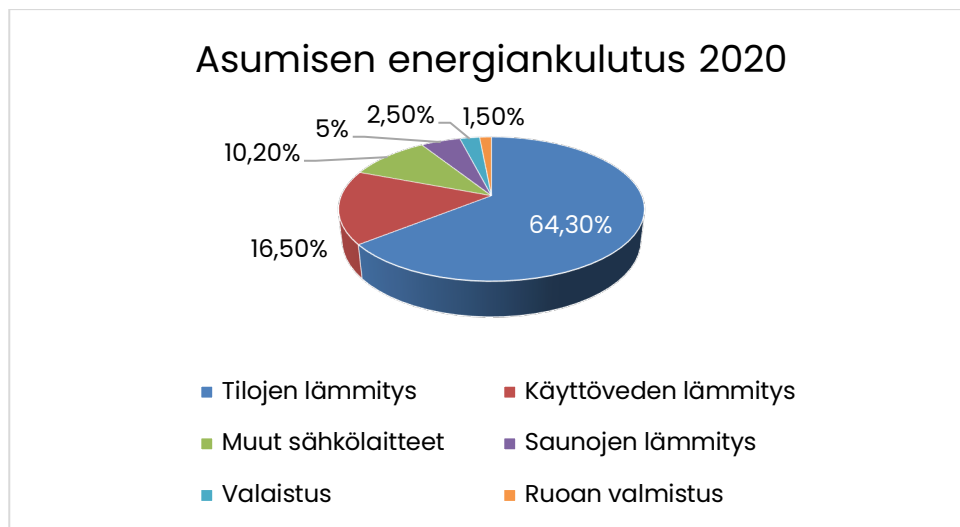
Kuva 2. Rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Häkkinen & Kuittinen, 2021, s. 19)

Talotekniikka lisää rakentamisvaiheessa syntyvien päästöjen määrää ja talotekniikkaa joudutaan usein uusimaan käyttöiän aikana laitteen rikkoutumisen tai tilamuutosten takia. Minimoidakseen materiaalipäästöt tulisi pyrkiä pitkäikäisiin ja muuntojoustaviin taloteknisiin ratkaisuihin. Kuitenkin vaikka talotekniikka lisää rakennuksen materiaali-päästöjä, rakennuksen energiatehokkuus paranee ja tämän seurauksena käytön aikaisten hiilijalanjälki pienenee merkittävästi. Talotekniikka myös mahdollistaa uusiutuvan energian tuoton tontilla. (Ahola & Liljeström 2018, 35)

2 Talotekniikan järjestelmät

Perinteisesti talotekniikka koostuu ilmanvaihto-, lämmitys-, jäähdytys-, vesi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmistä. Talotekniikalla on merkittävä vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen. Talotekniikan järjestelmillä ei pelkästään kuluteta energiaa, vaan myös otetaan talteen ja mahdollisesti tuotetaan sitä. Energiatehokkuuteen ja vähähiilisyyteen merkittäviä tekijöitä ovat käytettävä energianmuoto, lämmitysratkaisut, ilmanvaihto, lämmöntalteenotto ja taloautomaatio. (Häkkinen & Kuittinen 2021, 121)

Talotekniikan energiankulutus koostuu pääosin ilmanvaihdosta, lämmityksestä, jäähdytyksestä, käyttövedestä, sähkölaitteista, taloautomaatiosta ja valaistuksesta. Vuonna 2020 Tilastokeskuksen tekemässä asumisen energiankulutuksen jakaumasta on nähtävissä, että kotitalouksissa lämmityksen osuus on keskimäärin 64,3%, käyttöveden lämmityksen osuus 16,5% ja muiden sähkölaitteiden osuus 10,2% (kuva 3). (Tilastokeskus 2022)



Kuva 3. Asumisen energiankulutus 2020. (Tilastokeskus 2022)

2.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon tarkoitus on tehdä asumisolosta viihtyisät ja terveelliset sekä käyttäjälle että rakennukselle. Rakennuksen lämmitysenergiasta ilmanvaihto käyttää noin 20–40%. (Vallox 2022). Ilmanvaihdon tulee vaihtaa rakennuksen tilavuuden verran ilmaa kerran kahdessa tunnissa, jotta se täyttää asetetut vaatimukset. Energiatehokkaan talon tulee olla tiivis, joka edellyttää riittävää ilmanvaihtoa, jotta epäpuhtaudet ja kosteus saadaan poistettua. Tiiviissä rakennuksessa hukkalämpö pystytään hyödyntämään lämmöntalteenoton avulla suurimmaksi osaksi, eikä sitä mene hukkaan ilmarakojen kautta. (Energiatehokas koti 2020a).

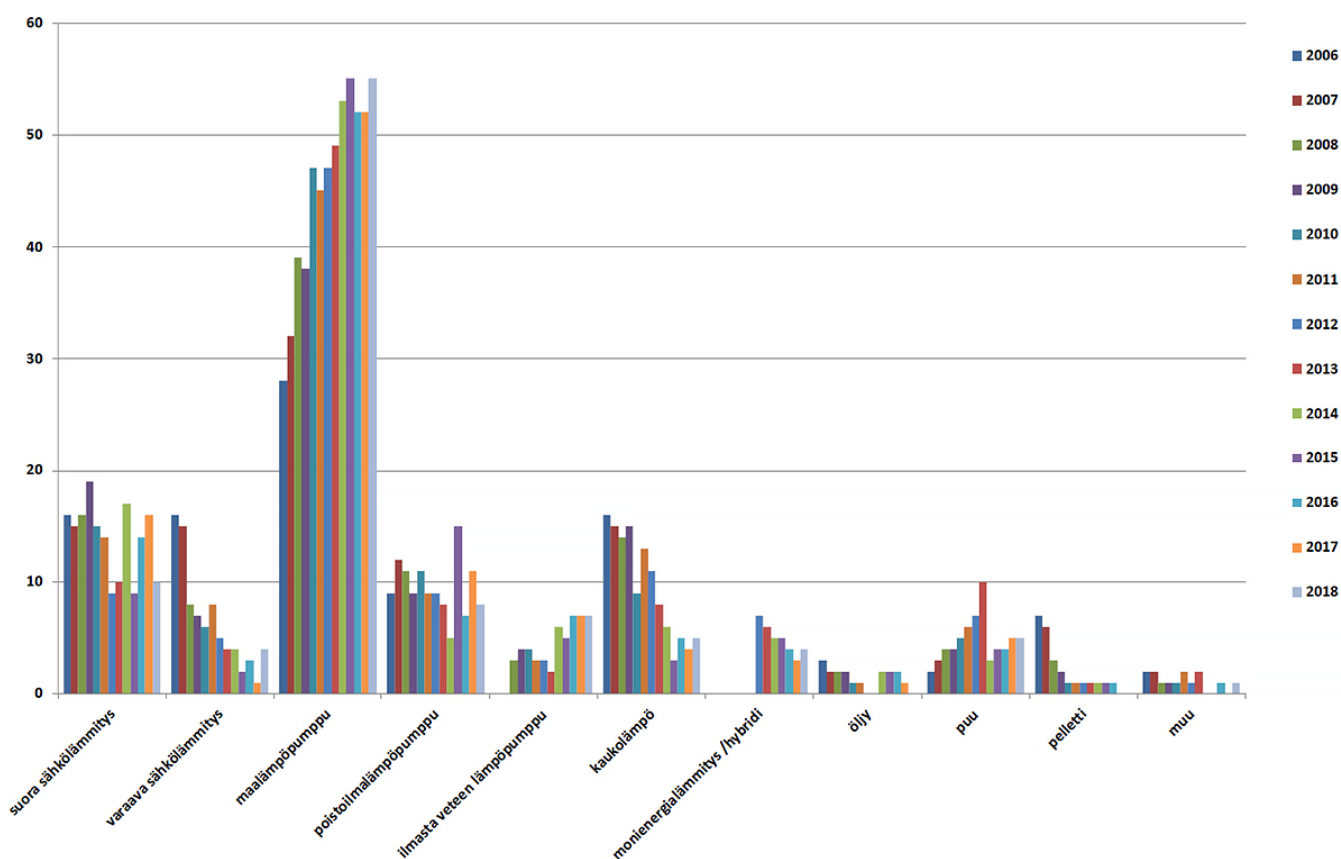
Ilmanvaihtojärjestelmät voidaan jakaa keskitettyihin- ja hajautettuihin järjestelmiin. Keskitetyssä järjestelmässä ilmanvaihto toteutetaan yhdellä ilmankäsittelykoneella, joka palvelee useita tiloja. Keskitetyssä järjestelmässä ilmankäsittelykone sijaitsee yleensä konehuoneessa tai teknisessä tilassa, jolloin välimatkat ovat pitkiä sekä ilmamäärät ja putkikoot suuria. Hajautetussa järjestelmässä tiloilla tai kerroksilla on omat ilmanvaihtokoneet, jolloin pystytään käyttämään pienempiä putkikokoja sekä välimatkoja saadaan lyhennettyä.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus muodostuu pääosin tuloilman lämmittämisestä tai jäähdyttämisestä sekä tulo- ja poistoilmapuhaltimista. Ilmanvaihtojärjestelmä koostuu ilmankäsittely- tai ilmanvaihtokoneesta, kanavistosta, kanavaosista, eristeestä, suodattimista, huone- ja hallintalaitteista sekä päätelaitteista.

2.2 Lämmitys

Lämmitysjärjestelmä vaikuttaa suuresti asuinmukavuuteen sekä käyttökustannuksiin. Lämmitysjärjestelmät koostuvat lämmönkehityslaitteesta, lämmönvaraajasta, lämmönjakojärjestelmästä ja ohjauslaitteesta. Lämmönkehitykseen rakennuksessa voidaan käyttää sähkölämmitystä, maalämpöä, lämpöpumppua, kaukolämpöä, hybridi- lämmitystä, öljyä, puuta tai pellettiä. Uusiutuvia lämmönkehitystapoja edellä mainituista ovat sähkölämmitys, maalämpö, lämpöpumput, kaukolämpö, puu ja pelletti. Tosin sähkölämmityksen ja kaukolämmön uusiutuvuus riippuu energian tuotantotavasta. Yleisimmät lämmönjakotavat ovat lattialämmitys sekä patteri eli radiaattorilämmitys. Lisäksi lämpöä voidaan jakaa esimerkiksi puhallinkonvektoreilla, säteilypaneeleilla tai kattosäteilijällä. Vaihtoehtoja lämmityksen toteutukseen on paljon, mikä hankaloittaa vertailua. Lämmitysjärjestelmän valinnassa tärkeitä asioita ovat ekologisuus,

helppohoitoisuus, käyttökustannukset, huollettavuus, pitkäikäisyys, tilantarve ja investointikustannukset. Kuvasta 4 nähdään lämmitysjärjestelmien markkinaosuus vuosien 2006–2018 aikana rakennetuissa rakennuksissa, josta voidaan huomata maalämmön merkittävä suosio. (Energiatehokas koti 2020b). Huomattavaa on, että maalämpöpumpun keruuputkiston toteuttaminen vaatii luvan. Keruuputkiston toteutusta voivat rajoittaa esimerkiksi maanalaiset rakenteet tai pohjavesialueet. (Rakennustieto 2018, 3)



Kuva 4. Lämmitysjärjestelmien markkinaosuus uusissa omakotitaloissa vuosina 2006–2018. (Motiva, 2019).

2.3 Jäähdytys ja viilennys

Jäähdytyksentarve rakennuksissa on kasvanut ja tulee kasvamaan tulevaisuudessa. Jäähdytyksellä ja viilennyksellä pyritään tekemään sisäilmasta ja asumisolosta miellyttävät sekä poistamaan ilmasta kosteutta. Jäähdytys ja viilennys eroaa toisistaan

siten, että viilennyksellä tarkoitetaan järjestelmää, jolla pyritään rajoittamaan sisäilman lämpötilan nousua. Jäähdytystä tarvitaan silloin kun halutaan pitää sisäilman lämpötila asetetussa arvossa olosuhteista huolimatta.

Ensisijaisesti viilennys voidaan toteuttaa vähentämällä sisäisiä lämpökuormia, aurinkosuojauksella sekä hyödyntämällä yötuuletusta. Mikäli sisäilman lämpötilan nousua ei voida muilla keinoilla rajoittaa, voidaan viilennystä tuottaa ilmalämpöpumpulla tai maalämpöjärjestelmällä. Huoneilmaan viileä saadaan siirrettyä esimerkiksi tuloilman tai lattialämmityspiirin kautta. Maalämpöpumpulla kierrätettävää nestettä voidaan hyödyntää lämmityksen ohella myös viilennykseen. Lattiaviilennyksen hyödyntäminen on energiatehokas vaihtoehto, koska se ei edellytä maalämpöpumppujen tarvitsemaa kompressoriteknikkaa. (Energiatehokas koti 2012)

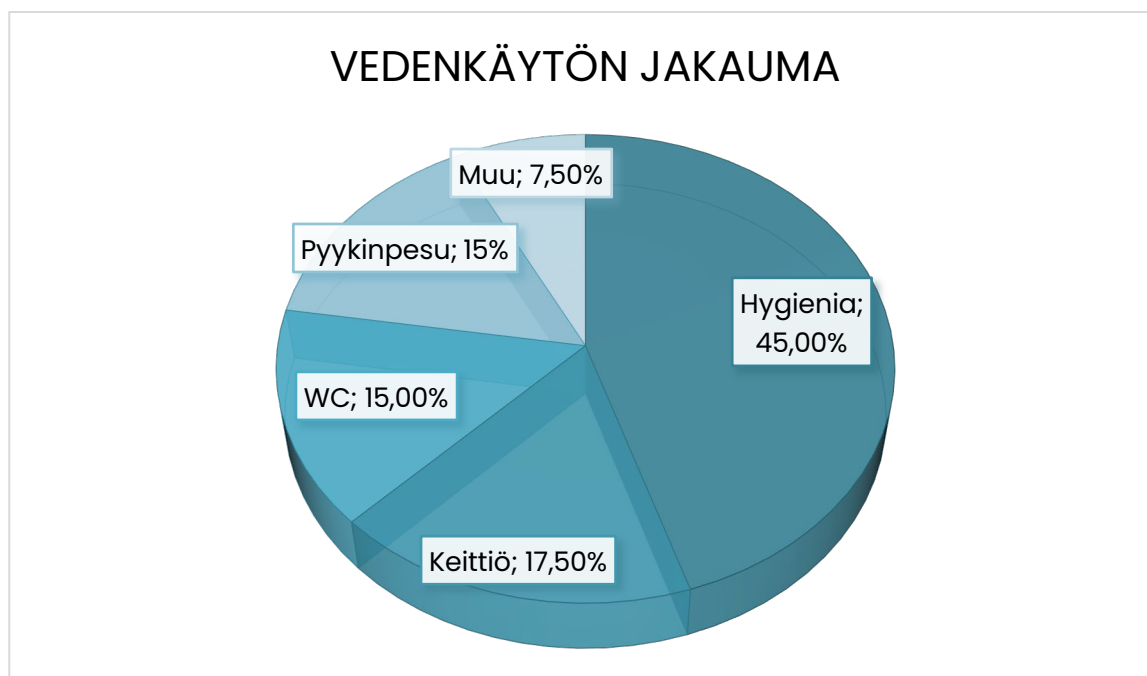
Jäähdytysjärjestelmät voidaan jakaa suora- ja välillisiin järjestelmiin. Suora- ja välillisiin järjestelmässä tilaan tulevaa tai tilassa olevaa ilmaa jäähdytetään kierrättämällä ilmaa höyrystimen läpi. Tyypillisiä suora- ja välillisiä järjestelmiä ovat ilmalämpöpumput. Välillisissä järjestelmissä jäähdytys toteutetaan hyödyntämällä jäähdytysnestettä. Neste jäähdytetään jäähdytyskoneikolla, josta se virtaa jäähdytyspiiriä pitkin huonelaitteelle. Tyypillisiä huonelaitteita ovat puhallinkonvektorit, kattosäteilijät sekä säteilypaneelit. Lisäksi välillistä jäähdytystä voidaan käyttää ilmanvaihtokoneessa tuloilman jäähdyttämiseen. (Jäähdytyksen teknologiset ratkaisut 2016)

Jäähdytystä voidaan tuottaa kylmävesiasemalla, ilmalämpöpumpulla sekä kaukojäähdytyksellä. Jäähdytys saadaan ohjattua tiloihin tuloilman kautta, puhallinkonvektorilla ja lattia- tai kattoviilennyksellä. Ilmanvaihtokoneella, puhallinkonvektorilla tai ilmalämpöpumpulla ilman jäähdyttäminen poistaa ilmasta kosteutta, mikä nostaa huomattavasti asumisolojen viihtyisyyttä. (Talotekniikka info 2021) Suomessa muutamissa kaupungeissa on mahdollista hyödyntää kaukojäähdytystä, jonka toimintaperiaate on sama kuin kaukolämmössä, mutta lämpimän veden sijaan putkistossa virtaa kylmä vesi. Kaukojäähdytystä on kuitenkin vain rajallisesti saatavilla. (Motiva 2020a)

2.4 Käyttövesi

Suomessa kotitalouksissa käyttövettä kuluu keskimäärin noin 119 litraa/vuorokaudessa henkilöä kohden. Puhtaan veden tuottaminen ja jakelu on terveydelle välttämätöntä. Käyttöveden lämmittäminen kuluttaa 16,5% rakennuksen

kokonaisenergiankulutuksesta. Käyttövedestä noin 45% kuluu peseytymiseen, 17,5% keittiöön, 15% WC:n käyttöön, 15% pyykinpesuun ja loput 7,5% muuhun vedenkulutukseen (kuva 5). (Motiva 2021a) Ympäristöministeriön asetuksen mukaan veden lämpötilan tulee olla kylmävesijohdoissa enintään 20°C ja lämminvesilaitteistoissa vähintään 55°C, jotta vältetään legionellabakteerin kasvu- ja selviytymismahdollisuudet. (Ympäristöministeriö 2018) Käyttövesijärjestelmä koostuu perinteisesti lämmönkehityslaitteesta, vesi- ja viemäriputkistosta, putkiosista, eristeestä ja vesikalusteista.



Kuva 5. Vedenkäytön jakauma. (Motiva, 2021)

2.5 Sähköjärjestelmät

Vuonna 2021 asumisen kokonaisenergiankulutuksesta keskimäärin 19,2% kului valaistukseen, ruoanlaittoon, saunan lämmitykseen ja muihin sähkölaitteisiin. (Tilastokeskus 2022) Valaistuksen keskimääräinen energiankulutus vaihtelee merkittävästi rakennusten eri käyttötarkoitusten välillä. Asuinkohteiden valaistusvoimakkuuden vähimmäisvaatimus on yleisesti matalalla tasolla. Teollisuudessa vähimmäisvaatimus voi parhaimmillaan kasvaa jopa 15 kertaiseksi, mikä aiheuttaa energiankulutuksessa suuren

harppauksen. Sähkölaitteiden ja -järjestelmien energiatehokkuus ja älykkyys kehittyvät koko ajan. Vanhat sähkölaitteet saattavat kuluttaa moninkertaisia määriä energiaa uusiin verrattuna. Kiinteistön sähköjärjestelmät pääpiirteittäin koostuvat sähköpääkeskuksesta, ryhmäkeskuksista, kaapeloinnista, sähkölaitteista, liitäntälaitteista ja automaatiosta. Sähköjärjestelmillä ei kuitenkaan pelkästään kuluteta sähköä, vaan niillä on myös mahdollista tuottaa sitä. Aurinkoenergiaa pystytään muuntamaan sähköksi tai lämmöksi aurinkokeräimillä ja varastoimaan tätä esimerkiksi lämminvesivaraajaan tai akustoihin.

2.6 Taloautomaatio

Taloautomaation tarkoituksena on lisätä viihtyisyyttä ja helpottaa arkea. Energian säästön lisäksi automaatiojärjestelmällä säästetään myös käyttäjän aikaa. Taloautomaatio mahdollistaa laitteiden kommunikoinnin keskenään, jolla saadaan järjestelmästä energiatehokas ja käyttötarkoitusta varten optimoitu talotekniikka. Automaatiojärjestelmillä voidaan parantaa energiatehokkuuden lisäksi myös turvallisuutta ja sisäilman laatua. Taloautomaatiolla pystytään seurata, valvoa ja optimoida talotekniikan järjestelmien toimintaa ja energiankulutusta. Reaaliaikaista ja kulutusjaksolla tapahtunutta energiakulusta tutkimalla voidaan helposti huomata energiaa kuluttavat ongelmat ja vähentää tarpeetonta käyttöä. (Motiva 2021b)

2.7 Eristeet

Talotekniikan järjestelmien eristyksellä varmistetaan laitteiden suunniteltu toimivuus. Eristys on tärkeä osa talotekniikan energiatehokkuutta. Lämpöhäviöiden minimoimisen lisäksi eristyksellä saadaan pidennettyä putkiston käyttöikää sekä estettyä bakteerikasvuston syntymistä putkistoissa. Eristyksellä pienennetään lämpöhäviöitä, meluhaittoja ja estetään putkiston jäätyminen sekä kosteuden muodostuminen. Kosteuden muodostumista voidaan ehkäistä esimerkiksi solukumilla. Tyypillisimmät eristyksessä käytettävät materiaalit ovat mineraalivilla (kivi- ja lasivilla) ja solukumi. Solukumi hylkii luonnostaan kosteutta ja ehkäisee korroosiota ja kondensaatiota, minkä seurauksena putken tai kanavan käyttöikä pitenee. Lisäksi eristeitä voidaan käyttää paloeristeenä, mikäli eriste on siihen tarkoitettu. Paloeristeellä estetään tulipalon leviäminen talotekniikkaa pitkin muihin tiloihin. (Isover 2021)

3 Talotekniikan hiilijalanjälki

Rakennukset kuluttavat merkittävän määrän energiaa ja aiheuttavat noin 30% suomen kasvihuonepäästöistä. Nykyisen rakennuskannan päästöjä pystytään pienentämään energiatehokkuuden parantamisella. Korjausrakentaminen on energiankulutuksen ja päästöjen kannalta merkittävässä roolissa, koska uudisrakentamisella saavutettavat vaikutukset tulevat esiin vasta elinkaaren myöhemmässä vaiheessa. (Motiva 2020b) Kuvasta 6 nähdään rakennusten tyypillinen lämpö- ja sähköenergiankulutus sekä hiilijalanjälki rakennustyyppikohtaisesti.

Kuinka paljon rakennusten käyttö tyypillisesti kuluttaa energiaa ja aiheuttaa päästöjä

Kulutus ja päästöt		
	kWh / m ²	kg CO ₂ / m ²
Uuden asuinkerrostalon (2018–) lämpöenergian kulutus	91	15,8
Uuden asuinkerrostalon (2018–) sähköenergian kulutus	37	5,6
Uuden pientalon (2018–) lämpöenergian kulutus	96	16
Uuden pientalon (2018–) sähköenergian kulutus	27	4,1
Uuden toimitilarakennuksen (2018–) lämpöenergian kulutus	56	9,70
Uuden toimitilarakennuksen (2018–) sähköenergian kulutus	60	9,1
Vanhan asuinkerrostalon (1971–80) lämpöenergian kulutus	153	26,4
Vanhan asuinkerrostalon (1971–80) sähköenergian kulutus	36	5,4
Vanhan pientalon (1971–80) lämpöenergian kulutus	191	33,0
Vanhan pientalon (1971–80) sähköenergian kulutus	40	6,1
Vanhan toimitilarakennuksen (1971–80) lämpöenergian kulutus	115	19,9
Vanhan toimitilarakennuksen (1971–80) sähköenergian kulutus	61	9,3

Kuva 6. Rakennuksen energiankulutus ja päästöt. (Häkkinen & Kuittinen, 2021, s. 34)

Korjausrakentamisessa talotekniikalla voidaan vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiatehokkuuteen ja sisäilmaolosuhteisiin. Uutta talotekniikkaa pystytään yleisesti

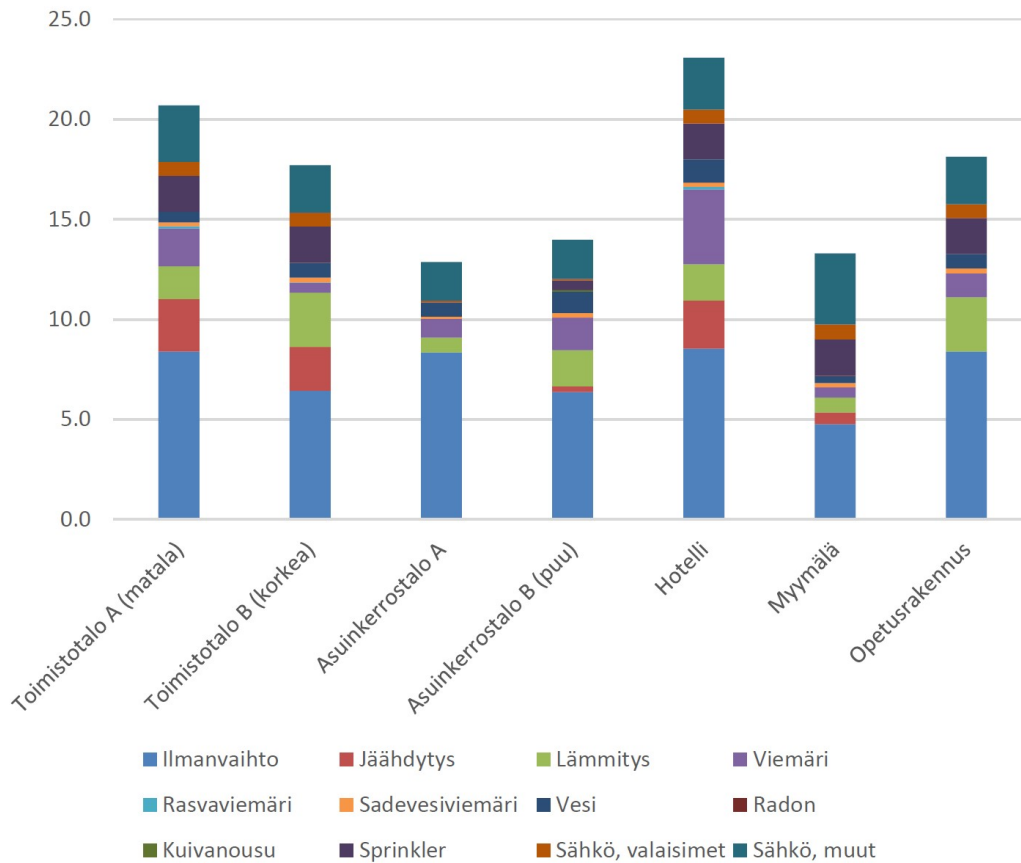
ottaen lisäämään tai nykyaikaistamaan lähes kaikkiin kohteisiin monipuolisen tarjonnan vuoksi.

Rakennuksen elinkaaren aikana suurin ympäristöhaitta muodostuu käytönaikaisesta energiankulutuksesta. Energiankulutus koostuu lämmityksestä, mahdollisesta jäähdytyksestä, ilmanvaihdosta sekä sähkölaitteista. Talotekniikalla kuitenkin pystytään pienentämään hiilijalanjälkeä, vaikka järjestelmässä käytettävien tuotteiden raaka-aineet ja valmistus kuormittavat ympäristöä. Talotekniikan avulla hiilijalanjälkeä saadaan pienentettyä elinkaaren aikana esimerkiksi lämmöntalteenottojärjestelmällä otetulla lämpöenergialla tai hyödyntämällä uusiutuvaa energiaa. Aurinkoenergiaa pystytään hyödyntämään esimerkiksi käyttöveden lämmityksessä tai mahdollisuuksien mukaan lämmitysjärjestelmissä. Sään vaihtelun vuoksi aurinkoenergiaa on kannattavaa varastoida. Aurinkoenergiaa pystytään varastoimaan esimerkiksi vesivaraajaan, maaperään tai kallioon. (Motiva 2020b)

Energiankulutuksen lisäksi osa talotekniikan hiilijalanjäljestä koostuu järjestelmiin käytettävistä materiaaleista ja valmistuksesta. Talotekniikan järjestelmissä suurin osa käytettävistä materiaaleista ovat muovia ja terästä, joten lähtökohtaisesti hiilijalanjälki on suuri. Lisäksi yleisiä materiaaleja ovat kupari ja alumiini. Järjestelmien välillä käyttöiät vaihtelevat paljon, joten elinkaaren aikana hiilijalanjälki kasvaa, mikäli käyttöiän päättyessä laitteistoja joudutaan uusimaan. (Häkkinen & Kuittinen, 2021, s. 121)

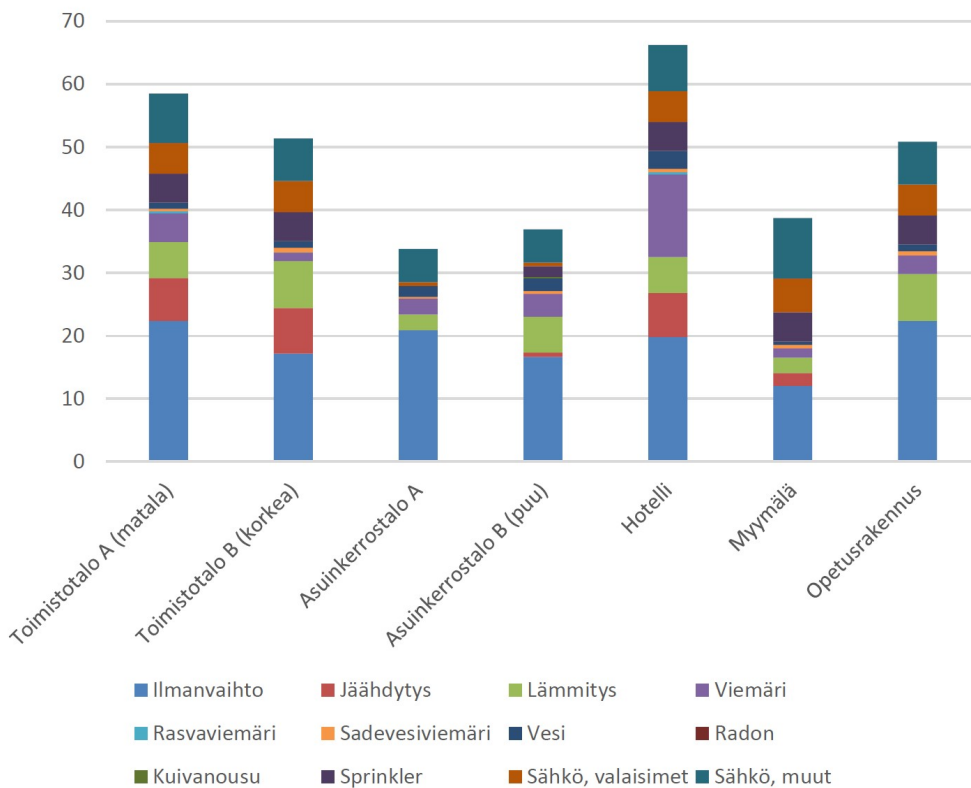
3.1 Talotekniikan massatiedot

Sweco oy:n tekemässä talotekniikan päästötietojen selvityshankkeessa on selvitetty arvioita eri kohteille talotekniikan massa- ja päästötiedoista. Kuvaa 7 tarkastellessa voidaan huomata, että ilmanvaihtojärjestelmä on massaltaan suurin jokaisessa kohteessa. Keskimäärin ilmanvaihtojärjestelmän osuus on noin 40% talotekniikan kokonaismassasta. Lämmitys-, jäähdytys-, vesi- ja viemärijärjestelmät ovat yhteensä noin 30 – 40% luokkaa. Sähköjärjestelmien ja valaistuksen massatietoja tarkastellessa huomataan, että myymälärakennuksessa ne kattavat yli 30% talotekniikan massasta. Myymälärakennusta huomioimatta sähköjärjestelmien ja valaistuksen massat ovat 15–20% luokkaa ja hyvin lähellä toisiaan riippumatta kohteesta. Massoiltaan varsin pieniksi jäävät sadevesiviemärit, rasvaviemärit, kuivanousut ja radonin poistojärjestelmät. (Laasonen & Pluuman 2021, 5)



Kuva 7. Talotekniikan massatiedot, kg/m². (Laasonen & Pluuman, 2021, s. 5)

Kuvasta 8 huomataan päästötietojen olevan hyvin samaa luokkaa kuin massatiedot kuvassa 7. Suurimman eron massan ja päästöjen välillä tuottaa sähköjärjestelmät ja valaistus. (Laasonen & Pluuman, 2021, 7)



Kuva 8. Talotekniikan materiaali-päästöt, kgCO₂e/m². (Laasonen & Pluuman, 2021, s. 7)

3.2 Ilmanvaihdon hiilijalanjälki

Kiinteistön energiankulutuksesta suuren osan käyttää ilmanvaihto, joten säästöpotentiaali on merkittävä. Talotekniikan osalta ilmanvaihto aiheuttaa suurimmat materiaali-päästöt. Ilmanvaihtokanavistossa käytettävät materiaalit koostuvat yleisesti galvanoidusta eli sinkitystä teräksestä ja eristeestä. Eristeenä käytetään yleisesti mineraalivillaa tai solukumia. Ilmankäsittelykoneet valmistetaan pääosin teräksestä, alumiinista, muovista ja kuparista. Ilmankäsittelykoneen koko ja massa vaihtelee merkittävästi riippuen käytettävästä ilmanvaihtoratkaisusta. Esimerkiksi ilmakäsittelykoneen lämmönsiirintä ajatellen on järkevämpi valita pyörivä tai nestekiertoinen lämmönsiirrin verrattuna vastavirtatyypin levylämmönsiirtimeen. Kuitenkin elinkaaren ympäristöystävällisyyttä ajatellen koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmästä voi olla enemmän hyötyä kuin haittaa. Ilmanvaihtokoneen hiilijalanjälki voi kompensoitua elinkaarta ajatellen hyvinkin lyhyessä ajassa lämmöntalteenoton ansiosta. Ilmanvaihtokone voi käantyä hiilinegatiiviseksi jo alle vuodessa. (Ilmanvaihto on ilmastoteko 2022)

Optiplanin tekemän selvityksen mukaan hajautetulla ilmanvaihtojärjestelmällä voidaan saavuttaa 30% säästö energiankulutuksessa keskitettyyn järjestelmään verrattuna. Hajautetulla eli asuntokohtaisella ilmanvaihtojärjestelmällä saavutetaan korkeampi lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde kuin keskitetyllä järjestelmällä ja ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö pystytään toteuttamaan helpommin, mikä on hyvä tapa pienentää lämmitysenergiaa ja puhallinsähkönkulutusta. Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä tarpeenmukainen käyttö on hankalaa ja monimutkaista ilmamäärien säädön kannalta. Lisäksi järjestelmään tulee lisätä komponentteja, jotka mahdollistavat ilmamäärien muutokset kanavistossa. Keskitetyssä järjestelmässä lämmöntalteenoton hyötysuhde on yleisesti ottaen matalampi kuin hajautetussa järjestelmässä. (Ahola & Liljeström 2018, 45)

Ilmanvaihdon suunnittelulla ja toteutuksella voidaan vaikuttaa rakennuksen hiilijalanjälkeen ja energiatehokkuuteen. Ilmanvaihtojärjestelmässä käytettävillä materiaalivalinnoilla ei juuri pystytä vaikuttamaan rakennuksen hiilijalanjälkeen, mutta materiaali määrän minimoimisella suunnittelussa ja toteutuksessa voidaan siihen vaikuttaa. Ilmanvaihdon käytönaikaista hiilijalanjälkeä pystytään pienentämään energiatehokkuutta parantavilla ratkaisuilla. Energiatehokkuuteen vaikuttaa tulo- ja poistoilmapuhaltimeen SFP-luku ja lämmöntalteenoton hyötysuhde. Puhaltimien SFP-luvulla tarkoitetaan sähkötehoa, jonka puhallin tarvitsee yhden kuution ilmaa liikuttamiseen sekunnissa. Lisäksi järjestelmien eristyksellä voidaan parantaa energiatehokkuutta sekä ehkäistä kondenssiveden syntymistä kanavan sisä- ja ulkopuolelle, mikä pidentää kanaviston käyttöikä.

Myös ilmanvaihdon mitoitus, huolto ja kunnossapito on tärkeää, jotta järjestelmän energiatehokkuus saadaan maksimoitua eikä sisäilman laatu kärsi. Likaantuneet venttiilit, suodattimet ja kanavat heikentävät lämmöntalteenoton hyötysuhdetta ja pienentävät ilmavirtoja. Hyötysuhteen aleneminen nostaa lämmitystarvetta. Ilmanvaihdon energiankulutukseen voidaan myös vaikuttaa tarpeenmukaisella käytöllä. (Motiva 2012a)

3.3 Vesi- ja viemärijärjestelmien hiilijalanjälki

Vesi- ja viemärijärjestelmät ovat keskimäärin noin 10–15% talotekniikan kokonaispäästöistä. Viemäreissä käytettävät materiaalit ovat pääosin muovia (PP, PVC, PE), valurautaa ja terästä. Yleisimmin käytettyjä vesiputkimateriaaleja ovat kupari, teräs,

muoviputket (PE, PE-X, PP) ja monikerrosputket eli komposiitti. Liitoksissa käytetään messinkiä tai muovia. Putket eristetään yleisesti solukumilla tai mineraalivillalla. (DI Suomen Rakentamismääräyskokoelma 2007) Lämminvesivaraajat valmistetaan pääosin teräksestä, kuparista ja muovista. Vesijärjestelmien suunnittelussa tulisi ottaa huomioon, että matka vesivaraajalta päätelaitteille olisi mahdollisimman lyhyt, jotta välttyttäisiin turhilta lämpöhäviöiltä ja säästyttäisiin turhalta materiaalin kulutukselta. Lämpöhäviöitä voidaan pienentää riittävällä eristyksellä. Käyttöveden paineella on vaikutus energiankulutukseen. Putkiston painetta voidaan pienentää paineenalennusventtiilillä, mikäli veden virtausnopeus sen sallii. Jäteveden lämmöntalteenotto on kustannustehokas ratkaisu, mikäli viemäroinnissa käytetään pumppaamoja ja lämmönkehitystapa toimii lämpöpumppu. Myös huoneistokohtaisella vedenkäytöstä laskuttamisella saadaan ohjattua 10–30% säästeliäämpään vedenkäyttöön. (Ahola & Liljeström 2018, 46)

Suomen ympäristökeskuksen tekemässä Rakennuksissa käytettävien putkimateriaalien arviointi -raportissa vertaillaan perinteisen kuparin, komposiitin ja PEX-putken ympäristövaikutuksia. Ympäristöarvioinnin tulosten perusteella voidaan todeta, että putkimateriaalien väliset erot ovat hyvin pieniä eikä selkeää voittajaa ole. (Laitinen & Malila 2020, 13) Muutamilla valmistajilla on tarjolla vähähiilisiä vaihtoehtoja, kuten biopohjainen PEX-putki, jonka hiilijalanjälki on 90 % pienempi kuin perinteisellä fossiilipohjaisella PEX-putkella. Vesijärjestelmissä voidaan hiilijalanjälkeä pienentää materiaalivalinnoilla, mutta vähähiilisiä tuotteita on saatavilla vielä vähän. (Uponor 2022)

3.4 Lämmitysjärjestelmien hiilijalanjälki

Lämmitysjärjestelmään käytettävien materiaalien osuus on noin kymmenesosa talotekniikasta. Lämmityksen hiilijalanjälkeä voidaan vähentää merkittävästi vähäpäästöisillä ja energiatehokkailla lämmitysmuodoilla. Materiaaleina lämmitysjärjestelmissä käytetään hyvin pitkälti samoja materiaaleja kuin vesijärjestelmissä. Lämmitysjärjestelmät koostuvat lämmönkehityslaitteesta, lämmönvaraajasta, lämmönjakojärjestelmästä ja ohjauslaitteesta. Lämmitysjärjestelmän hiilijalanjälkeen vaikuttaa käytettävä lämmitysmuoto ja lämmönjakotapa sekä lämmitykseen käytettävän energian lähde. Lämmitysmuodot kuten maalämpö, aurinkolämpö, pelletti, lämpöpumput ja hybridi-lämmitys ovat vähäpäästöisiä lämmitysratkaisuja. Kaukolämmön ympäristövaikutus riippuu sen tuotantotavasta. Lämmönjakotapoina voidaan käyttää lattia- tai patterilämmitystä sekä tuloilman lämmitystä. Rakennusvaiheessa suuria eroja

lämmitysratkaisuiden välillä on aiheuttava materiaalin määrä, jota kunkin lämmitystavan toteutus kiinteistöön vaatii. (Energiahelppi 2021)

Lattialämmitysverkoston hiilijalanjälki voi olla 30% pienempi kuin säteilypaneeliverkoston ja 6% pienempi kuin patteriverkoston. Lattialämmitysputkisto soveltuu myös viilennykseen. (Ramboll 2020) Lämmitysverkostossa pystytään hyödyntämään samaa edellä mainittua biopohjaista PEX-putkea. PEX-putki soveltuu lattialämmitys- ja patteriverkostoihin. (Uponor 2022)

3.5 Kylmä- ja jäähdytysjärjestelmien hiilijalanjälki

Jäähdytystä voidaan tuottaa ympäristöystävällisesti hyödyntämällä uusiutuvia energianlähteitä. Uusiutuvia energianlähteitä ovat esimerkiksi maasta tai vesistöstä saatava jäähdytysenergia. Useimmat jäähdytys- ja viilennysratkaisut soveltuvat myös tilan lämmittämiseen. Talotekniikan massa- ja päästötietojen mukaan puhallinkonvektoria tai säteilypaneeleita käytettäessä jäähdytyksen osuus kokonaismassasta ja -päästöistä on 10–15%. Osuus on kuitenkin huomattavasti pienempi käytettäessä lämmitysjärjestelmään integroituja jäähdytysjärjestelmiä kuten lattiaviilennystä, koska jäähdytys- tai viilennysjärjestelmän on samassa lämmitysjärjestelmän kanssa. Jäähdytysjärjestelmissä käytetään pääsääntöisesti samoja materiaaleja kuin vesi- ja lämmitysjärjestelmissä.

Lattiaviilennystä voidaan pitää ympäristöystävällisenä ja energiatehokkaana viilennysratkaisuna. Lattialämmityspiirillä voidaan tilaa viilentää käyttäen samaa järjestelmää kuin lämmityksessä. Kuitenkin mikäli tilaa tarvitsee jäähdyttää, lattiaviilennyksen teho ei välttämättä riitä pitämään tilan lämpötilaa asetusarvossaan.

Kaukojäähdytyksestä ympäristöystävällisen ja energiatehokkaan tekee uusiutuvat ja luonnolliset energianlähteet, joilla jäähdytys tuotetaan. Kaukojäähdytyksessä käytettäviä uusiutuvia energianlähteitä ovat esimerkiksi merivesi, hukkalämmöllä käytettävä höyryturbiinikäyttöinen jäähdytin, absorptiojäähdytin ja sähköjäähdytin. Kaukojäähdytys voi olla 5–10 kertaa energiatehokkaampi kuin perinteinen jäähdytys. Vaikka kuitenkin kaukojäähdytys tuotetaan ympäristöystävällisesti, tulee kaukojäähdytyksen hiilijalanjäljessä huomioida jakeluverkoston tuotesidonnaiset päästöt. (Danfoss 2021)

Kylmäjärjestelmän sähkönkulutus on merkittävä esimerkiksi päivittäistavarakaupoissa. Kylmäjärjestelmiin käytettävää energiaa kuitenkin pystytään hyödyntämään myös

lämmityksessä. Kylmäprosessista vapautuvaa lauhdelämpöä pystytään hyödyntämään käyttöveden lämmityksessä kaikkina vuodenaikoina sekä kiinteistön lämpöverkoston tai tuloilman lämmityksessä lämmityskautena. Taulukosta 1 nähdään erilaisten kylmäaineiden lämmityspotentiaalit. Ympäristöystävällisin kylmäaine on hiilidioksidi (R744). Hiilidioksidin käyttö kylmälaitteissa on yleistynyt huomattavasti ja yleistyy yhä ympäristöystävällisyyden ja helpon saatavuuden vuoksi. Lisäksi hiilidioksidia hyödyntävä kylmäjärjestelmä käyttää pienempiä putkikokoja, mikä pienentää putkistoihin kuuluvaa materiaalia merkittävästi. Lauhdelämmöntalteenotto pystytään lisäämään saaneerauskohteeseen, mutta paras hyötysuhde tavoitetaan, jos lämmöntalteenotto huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa. Usein ongelmana on tilanpuute. Laittekoosta riippuen tilantarve on usein yli 2m². (Motiva 2012b, 21)

Kylmäaine	GWP
R32	675
R1234ze	7
R1234yf	4
R134A	1430
R404A	3922
R407A	2107
R407C	1774
R407F	1825
R410A	2088
R422D	2729
R448A	1386
R449A	1396
R450A	601
R452A	2139
R507A	3985
R513A	629
R600A	4
R744A (CO ₂)	1

Taulukko 1. Kylmäaineiden lämmityspotentiaali. (Department of Climate Change 2021)

3.6 Sähkö- ja automaatiojärjestelmien hiilijalanjälki

Sähköjärjestelmät aiheuttavat materiaalin osalta noin 20% talotekniikan päästöistä. Sähköjärjestelmissä koostuvat pääosin hiili-intensiivisistä materiaaleista. Sähköpääkeskukset ja komponentit valmistetaan teräksestä, muovista, alumiinista, kuparista ja elektroniikka komponenteista. Sähköjohdot ja kaapelit valmistetaan yleensä kuparista tai alumiinista, jotka eristetään muovilla tai kumilla. Valaisimien valmistuksessa käytetään lähestulkoon samoja materiaaleja kuin muissa komponenteissa ja keskuksissa.

Järjestelmien automaattisella ohjauksella voidaan säästää energiankulutuksessa. Automaatiolla pystytään vaikuttamaan koko rakennuksen energiankulutukseen esimerkiksi säätämällä huonelämpötiloja, valaistusta ja ilmanvaihtoa tarpeenmukaisesti. Tarpeenmukaisella säädöllä voidaan säästää energiaa sisäilman laadusta tinkimättä. Sähkön- ja vedenkulutuksen helpolla seurannalla ja valvonnalla voidaan saada käyttäjä vähentämään omaa kulutustaan. Valaistusta voidaan säätää tarpeenmukaisesti liike-, hämärä- ja aikaohjauksin. Taloautomaatiojärjestelmä on massaltaan hyvin pieni, joten hiilijalanjälkeä ajatellen automaatiosta on enemmän hyötyä kuin haittaa. Laitteet kehittyvät nopeasti ja älykkäitä taloteknisiä ratkaisuja nähdään yhä enemmän rakentamisessa.

3.7 LCA-arviointi

Talotekniikan tuotesidonnaisilla päästöillä on merkittävä vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen, koska järjestelmät koostuvat pääosin hiili-intensiivisistä materiaaleista. Järjestelmien monipuolisuuden vuoksi talotekniikan järjestelmien rakennuskohtainen päästöjen laskenta on välttämätöntä, mikäli halutaan tuloksista totuudenmukaiset. Aholan ja Liljeströmin (2018) tekemän tutkimuksen mukaan talotekniikan tuotesidonnaisten kasvihuonekaasupäästöjen osuus olisi 25–31 % kaikista tuotesidonnaisista päästöistä. Talotekniikka on sisällytetty kohteiden tulokseen laskentaohjelmasta löytyvillä järjestelmäkohtaisilla tiedoilla pinta-alaperusteisena ja tulos on todennäköisesti arvioitu yläkanttiin. CIBSE 2013 tutkimuksessa arvioidaan, että talotekniikan osuus olisi 10–12% eli huomattavasti vähemmän kuin Aholan ja Liljeströmin tutkimuksessa. (Aholan & Liljeström 2018, 34)

Elinkaaren päästötietojen arviointiin tarvittavat tiedot jakautuvat kolmeen eri vaiheeseen (kuva 9).



Kuva 9. Rakennuksen elinkaaren vaiheet.

Ympäristöarviointia varten tulee selvittää kohteeseen käytettävät rakennusmateriaalit sekä niiden määrätiedot. Muut tiedot kuten kuljetukset, ylläpito, purkaminen ja jätteenkäsittely määritetään erikseen ympäristöarviointiohjelmassa. Rakennustuotteiden määrä pystytään selvittämään määräluettelosta, tietomallista tai suunnitteluohjelmasta. Tietomallista saa haettua tarvittavat määrätiedot lukuun ottamatta komponenttien tarkkoja tietoja sekä järjestelmässä käytettäviä laitteita. Laitteiden ja komponenttien tiedot tulee hakea laiteluettelosta. Sähköjärjestelmien massan laskeminen on puolestaan vaikeampaa suunnitelmien puutteellisuuden takia. Kaapeleita ei yleensä mallinneta, joten määrätietoina tulee käyttää arvioita. Kuitenkaan suunnitelmien ollessa rakennuslupavaiheessa määräluettelot eivät välttämättä vastaa täysin todellista, joten tulee myös tehdä oletuksia rakennustuotteiden suhteen. Lisäksi ympäristöarviointiin tarvitaan käytönaikainen energiankulutus, jonka saa helpoiten selville energiaselvityksestä. Mikäli energiaselvitystä ei ole tehty, voidaan energiankulutus arvioida samalla menetelmällä, jolla energiaselvitys tehdään. Määrätietojen laskennassa joudutaan käyttämään oletuksia ja arvioita, koska tietomallista saatava tieto on osittain puutteellista eikä tuotteiden valmistajia välttämättä tiedetä. Lisäksi läheskään kaikille rakennustuotteille ei ole ympäristöselosteita, joten tulee arvio tehdä materiaalin ja massan mukaan. (Häkkinen & Kuittinen 2021, 69)

Määrätietojen selvittämisen jälkeen täytyy selvittää käytettävien materiaalien aiheuttamat ympäristövaikutukset. Ympäristövaikutukset saa selville valmistajalta, mikäli kyseiselle tuotteelle on tehty ympäristöarviointi. Tyyppikohtaisia ympäristöselosteita on vielä hyvin rajallisesti saatavilla, mikä tekee laskennasta keskiarvoihin painottuvaa.

Kuitenkaan vielä suunnitteluvaiheessa ei välttämättä tiedetä kyseistä valmistajaa, joten täytyy käyttää päästötietokannasta (ks. luku 3.8) saatavia keskimääräisiä arvoja.

Talotekniikan päästöjen tarkka arviointi on kuitenkin vielä haastavaa, koska talotekniikassa käytetään monien eri valmistajien tuotteita ja päästötietoja on vielä rajallisesti saatavilla. Laskennan haastavuuden vuoksi hiilijalanjälkiarvioinnissa käytetään usein Sweco oy:n määrittämiä neliöpohjaisia arvioita. Talotekniikan ympäristöarvioita on kuitenkin tehty vielä toistaiseksi vähän, eivätkä neliöpohjaiset arviot välttämättä vastaa todellisuutta talotekniikanjärjestelmien monipuolisuuden vuoksi. (Ramboll 2020)

3.8 Ympäristöselosteet ja päästötietokannat

Ympäristöseloste eli EPD (Environmental Product Declarations) on kolmannen osapuolen julkaisema vapaaehtoinen ympäristösertifikaatti, joka kertoo tuotteen vertailukelpoiset ympäristövaikutukset elinkaaren ajalta. Ympäristöselosteissa päästötiedot ilmoitetaan käyttämällä muun muassa ympäristöindikaattoria GWP (Global Warming Potential), joka ilmoittaa kasvihuonekaasun lämmitysvaikutuksen voimakkuuden massayksikköä kohden. Ympäristöselosteet perustuvat kansainvälisiin standardeihin sekä niiden varmennuksen suorittaa ulkopuolinen taho. Ympäristöselosteita löytää päästötietokannoista tai suoraan valmistajalta. (One Click LCA 2021)

CO2data on Suomen ympäristöministeriön ja -ympäristökeskuksen ylläpitämä rakentamisen päästötietokanta. CO2data on maksuton ja tarjoaa pääosin suomessa käytettäville yleisimmille ja tyypillisimmille rakennustuotteille keskimääräiset päästötiedot. Päästötietokannasta löytyy esimerkiksi PVC-muoville, kupari-, käyttövesi- ja lämmitysputkille, sähköjohdoille, sekä ilmanvaihtokanaville keskiarvoihin perustuvat päästötiedot. Myös yleisimmille komponenteille ja laitteille löytyy päästötietoja. Listasta löytyviä komponentteja ovat muun muassa valaisin, sähköpääkeskus, aurinkopaneeli, ilmalämpöpumppu, ilmanvaihtokone, pesuallas, suihku, wc-istuin, vesipumppu sekä vesikiertoinen radiaattori. (SYKE 2022)

Lisäksi rakentamisessa käytettäville materiaaleille ja tuotteille päästötietoja löytyy mm. ICE Database sekä Ökobaodat -päästötietokannoista. ICE Database -päästötietokannasta löytyy pääasiassa materiaalille päästötiedot, joita ovat muun muassa tiili, sementti, betoni, lasi, puutavara, muovit, metallit, mineraalit sekä monet muut. (Circular Ecology 2022). Ökobaodat on Saksan valtiollinen rakennustuotteille suunnattu

päästötietokanta, joka tarjoaa myös kattavasti talotekniikan tuotteille ja materiaaleille päästötietoja.

Rakentamisessa kokonaisuudessaan kattavan päästötietokannan tarjoaa One Click LCA -elinkaariarviointiohjelmisto, jonka avulla on mahdollista laskea koko rakennuksen elinkaaren ympäristövaikutukset. One Click LCA:n tietokanta koostuu monista pienemmistä tietokannoista sisältäen muun muassa aiemmin mainitut CO2data ja Öko-baudat. One Click LCA noudattaa standardeja: EN15978, EN15804, EN15942, ISO 21931-1, ISO 21929-1 ja ISO 21930. (One Click LCA, 2022)

Taulukoihin 2 ja 3 on koottu muutamien talotekniikassa käytettävien tuotteiden ja materiaalien päästötiedot. Taulukoista nähdään myös tuotteiden ja materiaalien tekniset käyttöiät. Päästötietokantana on käytetty CO2data -palvelua.

Materiaali	Tekninen käyttöikä	GWP (A1-A3) (kg CO2e /kg)
Kupariputki	40 – 50	0,78
Ruostumaton teräs	50	4,3
Sinkitty teräs	50	3,1
Muoviputki (PEX)	50	3,1
Muoviputki ja -viemäri (PVC)	40	2,4
Sähkökaapeli (Kupari ja Polyamidi)	-	5

Taulukko 2. Yleisimmät talotekniikassa käytettävät materiaalit ja niiden päästötiedot. (CO2data 2022)

Tuote	Tekninen käyttöikä	GWP (A1-A3) (kg CO2e /kg)
Ilmanvaihtokone	20 – 40	4,2
Ilmalämpöpumppu	10 – 15	20
Kylpyhuoneen tai keittiön hana	10 – 25	6,8 – 6,9
Vesikiertoinen patteri	-	4,2
Pesuallas	50	3,6 – 4
WC-istuin	50	4,5
Aurinkopaneeli	10 – 25	23

Aurinkolämpökeräin	10 – 25	5,2
Sähkökeskus	30 – 40	2,8
Yleisvalaisin	5 – 25	8,5

Taulukko 3. Talotekniikassa käytettäviä tuotteita ja niiden päästötiedot. (CO2data 2022)

3.9 Päästöjen pienentäminen

Päästöjen pienentämiseksi tulisi keskittyä taloteknisen järjestelmän energiatehokkuuteen ja pitkäikäisyyteen. Energiatehokkuuden parantaminen on helpoin keino vaikuttaa olemassa olevaan rakennuskantaan korjausrakentamisen yhteydessä. Nykyisen rakennuskannan hiilijalanjälkeen pystytään parhaiten vaikuttamaan energiatehokkuuden parantamisella. Kuvasta 10 nähdään keinoja energiatehokkuuden parantamiseen.

Keinoja rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen [154]

- Talon ulkovaipan lämpöhäviötä pienennetään (ulkoseinät, katto, lattia, ikkunat ja ovet).
- Ilmanvaihdon hallintaa parannetaan ja tehostetaan poistoilman lämmön talteenottoa (terveellinen sisäilma).
- Lämmityksen ja ilmanvaihdon tarpeenmukainen käyttö ja ohjaus varmistetaan.
- Sisäisiä ja ulkoisia lämpökuormia (ilmaenergioita) hyödynnetään tehokkaasti lämmityksessä ja viilennyksessä.
- Termistä massaa, ulkoilmaa ja maan kylmyyttä hyödynnetään viilennyksessä.
- Rakennusautomaatiota hyödynnetään tehokkaasti.
- Vedenkulutusta hallitaan.
- Energiatehokkaita sähkölaitteita otetaan käyttöön.
- Rakennetaan huolellisesti (talon ulkovaipasta tulee tuulenpitävä ja kylmäsillaton).
- Kaikessa tekniikassa pyritään yksinkertaistamiseen: talon osien vähentäminen ja toistuvien ratkaisujen käyttäminen.
- Talotekniikan toiminnot hajautetaan; sillä varmistetaan toimintaedellytykset muuttuvissa olosuhteissa.
- Yhteistyö on entistäkin tärkeämpää rakennuttajien, suunnittelijoiden ja hankkeen muiden osapuolien välillä jo suunnittelun alkuvaiheessa, jolloin tehdään energiatehokkuusratkaisut.
- Varaudutaan muun muassa talotekniikan uusimiseen entistä energiatehokkaammaksi tulevaisuudessa.

Kuva 10. Keinoja rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseen. (Häkkinen & Kuittinen 2021, 112)

Uudisrakentamisessa energiatehokkuuteen keskittymisen lisäksi vähähiilisten tuotteiden sekä materiaalien käyttö yleistyy ja valmistajilta alkaa löytyä jo vähähiilisiä vaihtoehtoja tuotevalikoimasta. Tarjontaa on kuitenkin vielä rajallisesti. Vähähiilisyys kuitenkin alkaa jo näkyä markkinoilla pitkään puhuttaneen energiatehokkuuden lisäksi. Keinoja hiilijalanjäljen vähentämiseksi on uusiutuvan energian käyttö, järjestelmien tarpeenmukainen käyttö, älykkäät järjestelmät ja automaatio. (Hyvärinen 2020) Suurimman osan elinkaaren päästöistä aiheuttaa kuitenkin talotekniikan käytön aikainen energiankulutus, joten energiatehokkuuteen tulee panostaa. Energiatehokkaita ja ympäristöystävällisiä lämmitysjärjestelmiä ovat lämpöpumput, aurinkolämpö, puu/pelletti sekä kaukolämpö riippuen sen tuotantotavasta. Energiatehokas rakennus edellyttää toisaalta talotekniikan lisäksi myös hyvää lämmöneristävyyttä ja ilmanpitävyyttä. Hyvin eristetty rakennus pitää lämpöä paremmin, vaatii pienemmän lämmitystehon ja tekee taloteknisestä kokonaisuudesta toimivan. (Häkkinen & Kuittinen 2021, 108)

Muita tärkeitä seikkoja ovat taloteknisten laitteiden asianmukainen käyttö ja kunnossapito. Säästöpotentiaali menee helposti hukkaan, mikäli laitteita ei käytetä oikein. Sisäilman lämpötilan pienentämisellä voidaan vaikuttaa positiivisesti ihmisen vireystilaan ja yhden asteen lämpötilan alennuksella saavutetaan jopa 5% energiasäästöt. Laitteiden käytön opastus on tärkeää sekä huoltohenkilöstölle että käyttäjälle. Energiatehokkaan toimivuuden kannalta talotekniikan huolto ja kunnossapito on tärkeää. Kunnossapidon puute näkyy energiakulutuksessa sekä huoltamattomuus voi haitata sisäilmasto-olosuhteita. (Sähkötieto ry 2017)

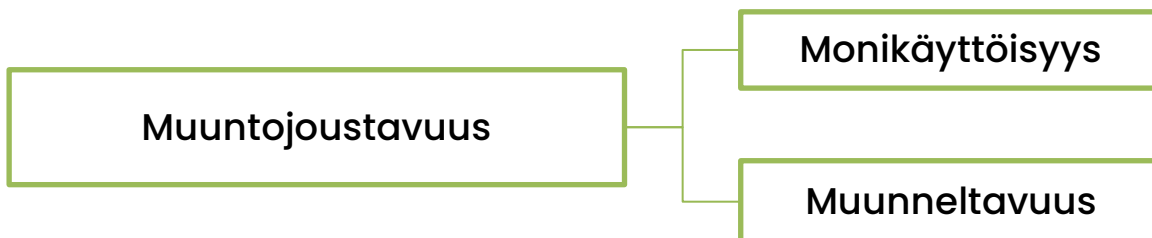
4 Muuntojoustavuus

Muuntojoustavuudella mahdollistetaan vanhan rakennuksen hyödyntäminen kustannustehokkaasti uuteen käyttötarkoitukseen, jotta vältetään käyttökelpoisten kiinteistöjen tyhjäksi jättämiseltä tai purkamiselta. Muuntojoustavuudella tarkoitetaan rakennuksen, asunnon tai huonetilan kykyä mukautua erilaisiin käyttötarkoituksiin.

(Rakennustieto 2016)

Uudisrakentamisessa muuntojoustavuus tulee ottaa huomioon jo aikaisessa suunnitteluvaiheessa, jotta talotekniset lähtökohdat saadaan määritettyä. Eri alojen yhteistyösuunnittelussa on tärkeää muuntojoustavan rakennuksen toimivuuden varmistamiseksi. Jatkuvasti kehittyvät talotekniikkaratkaisut vaativat tiloilta ja etenkin sähköjärjestelmiltä muunneltavuutta. (Rakennustieto 2016)

Muuntojoustavuus voidaan jaotella monikäyttöisyyteen ja muunneltavuuteen. Monikäyttöisyydellä tarkoitetaan tilan mukauttamista ilman rakenteellisia muutoksia. Muunneltavuus tarkoittaa tilan mukauttamista pienimuotoisilla rakenteellisilla muutoksilla, jolla tila saadaan muutettua käyttötarkoitusta vastaavaksi. (Rakennustieto 2016)



Kuvio 1. Muuntojoustavuus.

Tilaa tai rakennusta muunneltaessa tulee huomioida:

Mahdollisuus muuttaa tilojen kokoa ja käyttöä ottaen huomioon

- ikkunoiden sijainti
- kantavien sisäseinien määrä ja sijainti
- kevyiden sisäseinien siirrettävyys
- välipohjien ja rungon kantavuus
- huonekorkeus ja pohjapiirroksen syvyys
- järjestelmien vertikaalien asennuksien sijainti ja pääsy niihin
- sähköjakelujärjestelmät, turvajärjestelmät ja ICT-asennukset ja -järjestelmät
- huonekohtaiset lämpötilan ja ilmanvaihdon säätömahdollisuudet
- äänieristystasot.

Kuva 11. Tilojen muunneltavuudessa huomioitavat asiat. (Häkkinen & Kuittinen, 2021, s. 141)

4.1 Talotekniikan muuntojoustavuuden mahdollistavat ratkaisut

Asennuslattioilla voidaan tehdä rakennuksesta muuntojoustava, mikäli tavoitellaan laajaa muunneltavuutta (kuva 12). Tämä mahdollistaa tilojen vapaan sijoittelun sekä riippumattomuuden ylä- tai alakerroksen tilaratkaisuista. Asennuslattiat ovat tukevia ja sopii monenlaisiin käyttökohteisiin sekä niiden etuihin lukeutuu erinomainen muunneltavuus. Asennuslattiaan ei kuitenkaan voida asentaa lattialämmitystä. Muunneltavuuden lisäksi etuja ovat suuri kuormitettavuus, hyvä ääneneristävyys ja helppo asennettavuus. Asennuslattia voidaan käyttää esimerkiksi toimistoissa, teollisuuslaitoksissa, kouluissa, sairaaloissa ja asuinhuoneistoissa. (Rakennustieto 2016)



Kuva 12. Asennuslattia. (Rakennustieto 2010)

Modulaarisista levyistä koostuva alakatto mahdollistaa taloteknisten järjestelmien muunneltavuuden (kuva 13). Alakatot koostuvat yleensä 600mm x 600mm levyistä, jotka roikkuvat kannatinjärjestelmän avulla. Helposti irrotettavat kattolevyt mahdollistavat alakattorakenteissa kulkevan talotekniikan muunneltavuuden. Ilmanvaihdon päätelaitteiden tai sähköjärjestelmien sijainteja pystytään muuttamaan ilman rakennusteknisiä muutoksia.



Kuva 13. Gyptone alakattojärjestelmä. (Gyptone 2022)

4.2 Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon osalta suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon mahdollinen muunneltavuus tai monikäyttöisyys. Riittävän ilmanvaihdon varmistamiseksi suunnittelu ja tilan käyttötarkoitusten määrittäminen on tärkeää. Riittävän ilmanvaihdon takaaminen voi aiheuttaa haasteita, jos tilan käyttäjämääriin tulee suuria muutoksia. Sisäilmavaatimusten mukaan ilmamäärät vaihtelevat paljon eri käyttötarkoitusten välillä. Vaatimusten mukaiset ilmamäärät voivat jopa nelinkertaistua eri käyttötarkoitusten välillä. Kanaviston äänitekniset ominaisuudet, paine ja säädettävyys kärsii, mikäli kanava on liian pieni. (Rakennustieto 2016)

Muuntojoustavuuden näkökulmasta hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä on parempi kuin keskitetty, koska muutoksia tehdessä säätö ja tasapainotus on helpompaa. Hajautetussa järjestelmässä ilmanvaihtokoneet ovat yleensä jo valmiiksi ylimitoitettuja, joten suurten ilmamäärien tarve tulevaisuudessa ei aiheuta ongelmia. Hajautetussa järjestelmässä kuitenkin jäähdytysvarauksen tekeminen ei ole kustannustehokasta, mutta jäähdytystä tarvittaessa voidaan tilaa jäähdyttää esimerkiksi ilmalämpöpumpulla tai muilla mahdollisilla jäähdytysratkaisuilla. (Rakennustieto 2016)

Päätelaitteita sijoittaessa tulisi ottaa huomioon mahdolliset tilamuutokset. Päätelaitteet on hyvä sijoittaa esimerkiksi ikkunoiden mukaisesti, jolloin tekniikka ei tule mahdollisten väliseinävarausten kanssa samaan paikkaan. Muunneltavuutta ajatellen olisi tila hyvä varustaa esimerkiksi kahdella tuloilmaventtiilillä yhden sijaan, jotta väliseiniä lisätessä jäisivät tuloilmaventtiilit seinän molemmin puolin. Kuitenkin alakattojärjestelmää käytettäessä muutoksia kanavistoon voidaan tehdä tarpeen tullen.

4.3 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Yleisesti ottaen saniteettitiloja ei ole kustannustehokasta lähteä muuttamaan. Saniteettitiloissa kalusteille menevät vesijohdot ja viemärit kulkevat usein seinän tai lattian sisässä, joten muunneltavuus on rajallista.

Runkovesijohdot suunnitellaan yleisesti ottaen helposti vaihdettaviksi saneerausta varten. Runkolinjojen vesijohdot olisi hyvä suunnitella riittävän suuriksi, jotta käyttötilanteen muuttuessa voidaan vesipisteitä lisätä. Riittävä mitoitus takaa riittävän paineen putkitossa ja estää virtausnopeuden kasvamista liian suureksi.

Saniteettitiloissa viemärit ovat kiinteitä ja hyvin vaikea tehdä muunneltavaksi rakennusteknisistä syistä. Ontelolaattarakenteissa viemäreiden enimmäispituus pystyhor- mista on vain 2–3 metriä viemäriin koosta riippuen. Keittiön viemäreissä pystytään tekemään pieniä muutoksia, mutta silti muunneltavuus on joissain määrin rajallista. Viemäreiden suhteen on hyvä ottaa huomioon riittävä runkoviemäriin mitoitus sekä mahdolliset lisävaraukset. Runkoviemäri voidaan asennusvaiheessa varustaa esimerkiksi lisähaaralla, mikäli tulevaisuudessa on tarkoitus tehdä muutoksia tilaan. Jälkikäteen lattian sisällä olevaa viemäriä on hyvin vaikea muuttaa. Asennuslattiaa käytettäessä voidaan vesipisteiden muutokset kuitenkin tehdä helpommin. (Rakennustieto 2016)

4.4 Lämmitysjärjestelmät

Yleisimmin käytetyt lämmönjakotavat ovat lattialämmitys ja patterilämmitys eli radiaattorilämmitys. Perinteisten lämmönjakotapojen lisäksi ilmalämpöpumpulla, kattosäteilijällä, säteilypaneelilla sekä puhallinkonvektorilla voidaan tilaa lämmittää tai viilentää. Muuntojoustavuuden kannalta kattosäteilijä on erinomainen vaihtoehto. Kuitenkin kaikissa vaihtoehdoissa on hyvät ja huonot puolet.

Lattialämmitys soveltuu varsin monenlaisiin rakennuksiin. Lattialämmityksessä huono puoli on se, että väliseiniä lisätessä lattialämmityksen huonekohtainen säätö on mahdotonta, koska säätö tapahtuu lämmityspiirikohtaisesti. Mikäli huonekohtaista lämpötilansäätöä ei tarvitse, soveltuu lattialämmitys käyttötarkoitukseen, vaikka väliseiniä lisättäisiin. Lattialämmitys mahdollistaa myös viilennyksen, joten monikäyttöisyyttä ajatellen se on hyvä vaihtoehto. Asennuslattiaa käytettäessä ei voida kuitenkaan lattialämmitystä käyttää, jolloin tulee lämmönjakotapana käyttää esimerkiksi kattosäteilijöitä tai radiaattorilämmitystä.

Säädettävyyttä ajatellen radiaattorilämmitys hyvä vaihtoehto, koska radiaattori sijoitetaan pääsääntöisesti ikkunan alle ja väliseinien paikat määrittävät ikkunoiden mukaisesti. Radiaattoreissa on yleensä omat termostaatit, joista säätö onnistuu helposti. Radiaattorilämmitys kuitenkin vaatii korkeamman lämmitysverkoston lämpötilan, joten esimerkiksi lämpöpumppuja voidaan käyttää tehokkaammin lattialämmityksen kanssa. Lämmön jakautuminen ei ole yhtä tasaista kuin lattialämmityksessä. Radiaattoreita ei voida käyttää viilennykseen, joten viilennys joudutaan toteuttamaan muilla keinoilla.

Suurissa avoimissa tiloissa kuten toimistoissa tai teollisuushalleissa säteilylämmitys on hyvä valinta. Kattosäteilijä on rakenteeltaan kevyt ja helposti muunneltavissa verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin. Kattosäteilijää pystytään käyttämään lämmityksen lisäksi myös jäähdytykseen. Kattosäteilijän lämpötilan säätö tapahtuu lämmityspiirikohtaisesti. (Itula Oy 2021)

4.5 Sähköjärjestelmät

Sähköjärjestelmien muunneltavuuden perusedellytyksinä ovat riittävä mitoitus, toimivat asennustilat ja -reitit sekä ripustuspisteet. Lisäksi muunneltavuutta voidaan lisätä pikaliittimillä tai -asennustekniikoilla. Kaapelireittien tulisi olla koko matkaltaan

avattavissa sekä riittävän tilavia laajennuksia varten. Sähköasennusten sijoitus kantaviin rakenteisiin rajoittaa merkittävästi muunneltavuutta. Sen sijaan asennukset tulisi sijoittaa helposti purettaviin rakenteisiin. Sähköjohdot voidaan myös sijoittaa esimerkiksi onttoihin jalkalistoihin, kalusteiden pystysuuntaisiin koteloihin tai alasokkeleihin, kaapistojen takaosiin, onttoihin asennuslistoihin tai kattotasolle. Sähköpääkeskuksen, liittymisjohdon ja muuntajien mitoituksessa ja toteutuksessa on suositeltavaa huomioida mahdolliset laajennusvaraukset. Monikäyttöisyyttä voidaan lisätä hyödyntämällä esimerkiksi johtokanavia, kaapelikouruja, pistorasioita ja pistorasiapylväitä. Sähkökaapeleille voidaan tehdä lattiaan kaapelikouruja, joita pitkin kaapelit kulkevat siististi käyttötarkoituksesta riippuen. (Sähkötieto ry 2018)

Valaisimien sijoittelussa on hyvä ottaa huomioon mahdolliset tilamuutokset sekä tilan käyttötarkoitus. Tilamuutoksiin voidaan varautua siirrettävillä ja pika-asennettavilla valaistusratkaisuilla sekä lisäämällä valopisteiden määrää. Valaisimen monikäyttöisyyttä voidaan lisätä älyominaisuuksilla ja himmennysmahdollisuudella. Tietyissä tapauksissa tarvittaessa valaisimet voidaan asentaa jakelu- tai kosketinkiskoille, joka myös lisää tilan monikäyttöisyyttä. (Sähkötieto ry 2018)

Sähköjärjestelmät ovat kuitenkin yleisesti ottaen helposti muunneltavissa ja yhteensopivuus on laajamittainen. Laitteiden käyttöiät ovat rajalliset ja ikääntyessään sähkökomponentti voi olla turvallisuusvaara. Sähkö- ja automaatiotekniikka kehittyy jatkuvasti sekä järjestelmät ovat yleisesti ottaen muunneltavissa, joten voi olla ylimitoitettua suunnitella rakennuksesta monikäyttöistä, mikäli tulevaisuuden käyttötarkoitusta ei tiedetä. Sähköjärjestelmien muunneltavuus on kuitenkin pääosin sitä, että jätetään tai tehdään tilaa myöhemmin tehtäville mahdollisille muutoksille. (Sähkötieto ry 2018)

5 Talotekniikan järjestelmien uudelleenkäyttö ja kierrätys

Vaatimukset rajoittavat kierrätettävyyttä ja uudelleenkäyttöä. Uudelleen käytettäessä talotekniikan tulee olla standardien ja säännösten mukainen. Talotekniikan tulee täyttää käyttötarkoituksen mukaiset vaatimukset, eikä se saa aiheuttaa vaaraa tai haittaa terveydelle. (Vahananen 2022)

Jätelain mukaan purettavat rakennusosat ovat rakennusjätettä, joka hankaloittaa uudelleenkäytettävyyttä merkittävästi. Jätelain mukaan uudelleenkäyttö edellyttäisi tuotteen valmistajalta kelpoisuuden hyväksyntää, mikä poistaisi purettavasta jätteestä jäteluokituksen. Kelpoisuuden hyväksynnän jälkeen vastuu tuotteen laadusta, standardeista ja säännöksistä siirtyy valmistajalle. Kelpoisuus myös voidaan hyväksyttää rakennuspaikkakohtaisella todentamisella ja vastuu tässä tapauksessa on rakennushankkeeseen ryhtyvällä. Rakennustuotteiden kelpoisuus osoitetaan CE-merkinnällä. Rakennusvalvontaviranomaisella on mahdollisuus edellyttää varmentamista silloin, kun on syytä epäillä rakennustuotteen epäkelpoisuutta tai teknisten vaatimusten puutteellisuutta. Rakennuspaikkakohtaisesta kelpoisuuden todentamisesta tulee olla yhteydessä rakennusvalvontaan. (Talotekniikkainfo 2021)

Talotekniikan järjestelmät koostuvat monista eri materiaaleista, joihin vaikuttavat esimerkiksi rakennuksen ikä ja järjestelmien toteutustapa. Yleisimpiä talotekniikassa käytettäviä materiaaleja ovat kupari, teräs, ja muovi. Järjestelmien suoraa kierrättävyyttä rajoittavat vaatimukset ja järjestelmien käyttöiät, jotka vaihtelevat 15–50 vuoden välillä. Käyttöiän päättyessä talotekniikkaa ei voida suoraan uudelleen käyttää, vaan materiaalit joudutaan kierrättämään.

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuudet

Uudelleen käytettävien komponenttien tulisi vastata nykyhetken suoritustasoa ja tuotetietojen tulee olla saatavilla. Huolettavuutta ajatellen uudelleenkäyttö edellyttää varaosien saatavuutta. Pääosin kanavien ja kanavaosien kunnan ja puhtauden pystyy todentamaan helposti muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Esimerkiksi

äänenvaimentimen puhtautta ei pystytä todentamaan, mikäli sitä ei saa avattua rakennetta rikkomatta. Tästä syystä käyttöikä ja kierrättävyys ajatellen olisi kannattavaa käyttää avattavia äänenvaimentimia. Ulkoilmalaitteet kuten säleiköt ja lumisuojat ovat kierrätettävissä, mikäli laite on säilynyt hyvässä kunnossa. Ulkoilmalaitteet ovat pääsääntöisesti kuitenkin haastavissa olosuhteissa, mikä saattaa heikentää käyttöikä ja rajoittaa kierrättävyys. Savun- ja palonhallintalaitteiston uudelleenkäyttö voi olla haastavaa paloturvallisuuteen liittyvien luokitusten ja säädösten vuoksi. (Vahnen 2022, 3)

Ilmanvaihtojärjestelmän käyttöikä on pääosin pitkä. Ilmanvaihto- ja ilmapuhdistuslaitteiden käyttöiät vaihtelevat 15–30 vuoden välillä rasiuksesta riippuen. Kanaviston käyttöikä on pitkä ja uusimistarve usein tulee vastaan muutoksia tehdessä. Järjestelmässä kuluvia osat ovat ainoastaan puhaltimet ja suodattimet, mutta muuten järjestelmään ei juuri kohdistu kuluttavaa rasitusta. Tavallisessa kohteessa kuten asuinrakennuksissa, kanavistoon ei kohdistu juuri minkäänlaista rasitusta, mikäli kanavat on oikein eristetty ja suojassa kosteudelta.

Teräksestä valmistettujen kanavien uudelleenkäytettävyys on teoriassa hyvä, mutta sitä kuitenkin rajoittaa kanaviston reikäisyys, millä tarkoitetaan luukkujen, osien ja niittien aiheuttamia reikiä. Niittien reiät tulisi paikata ennen uudelleenkäyttöä tiiveyden ylläpitämiseksi sekä osien paikkaamisen kustannukset voisivat nousta korkeaksi, joten pieniä osia ei ole välttämättä kannattavaa ryhtyä paikkaamaan. Hankintakustannuksia ajatellen suuret osat ovat potentiaalisempia kuin pienet kanavaosat. Suurin potentiaali on runkokanavilla, jotka ovat rakennuksen suurimpia kanavia. Kaikkien reikien kuitenkin pitää olla paikattavissa eikä kanavissa saa olla muita merkittäviä vaurioita. (Vahnen 2022, 3)

Tulo- ja poistoilmalaitteet ovat pääosin hyvin kierrätettävissä. Venttiilit ovat yleisesti esillä ja helposti irrotettavissa, mikä helpottaa kuntoarvion tekemistä. Tulo- ja poistoilmaventtiilien tasaustilatit ovat kyseenalaisempia uudelleenkäytölle säätöosien, reikäisyyden ja äänenvaimennusmateriaalien vuoksi. Varsinkin ennen 2000-lukua käytetyissä tasaustilatikoissa on käytetty mineraalivillamateriaaleja, jotka saattavat aiheuttaa sisäilmaongelmia, joten mineraalivillamateriaali tulisi vaihtaa tai käsitellä. (Vahnen 2022, 4)

Ilmanvaihtojärjestelmien suora uudelleenkäyttö on mahdollista uudis- ja korjausrakentamisessa, mutta uudisrakentamisessa se on harvoin kannattavaa.

Uudisrakentamisessa halutaan yleisesti tehdä laitteistosta mahdollisimman pitkäikäinen ja käyttää nykyaikaisia järjestelmiä. Kuitenkin korjaus- ja muutusrakentamisessa potentiaali on korkeampi. Pienissä kohteissa urakoitsija voi itse todentaa tuotteiden kelppoisuuden. Ilmanvaihtojärjestelmä on yleisesti ottaen pitkäikäinen sopivissa olosuhteissa oikein asennettuna. Järjestelmään ei juurikaan kohdistu fyysistä rasitusta, joka lisää uudelleenkäytön potentiaalia.

5.2 Lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuudet

Lämmitys- ja vesijärjestelmien uudelleenkäyttöä rajoittaa järjestelmien tekninen käyttöikä. Käyttöiän päättyessä vesivahingon riski kasvaa. Elinkaaren aikana tapahtuva putkiston kulumisen ja syöpyminen lyhentää käyttöikää, mikä aiheutuu yleensä heikosta veden laadusta sekä olosuhteista. Tekniseen käyttöikään vaikuttavat myös putkiston materiaalit ja käytönaikainen rasitus. Näistä syistä tekniset käyttöiät vaihtelevat paljon. Lämmönkehityslaitteiden ja lämmönsiirtimien käyttöikä vaihtelee 20–30 välillä. Vesiputkistojen tekninen käyttöikä on 25–50 vuotta, jonka ylittyessä tulee putkistot uusia. Järjestelmässä käytettävien laitteiden kuten venttiilien, pumppujen, putkistovarus- teiden ja varolaitteiden käyttöiät vaihtelevat 15–40 vuoden välillä. Sekoittimien tekninen käyttöikä on 10–25 vuotta. (Rakennustieto, 2008) Vesiputkien kuntoa on vaikea todeta, mikä lisää vesivahingon riskiä. (Renoa 2022a)

Kupariputken käyttöikä on 30–50 vuotta. Käyttöikään vaikuttavat asennustapa, käyttöympäristö ja olosuhteet. Veden laadulla on vaikutusta putken käyttöikään ja kupari- putkeen voi muodostua pistekorroosiota lyhyessäkin ajassa. Pistekorrosio aiheuttaa putkeen vuotokohtia, joiden havaitseminen voi olla hankalaa. Kupariputken suora uudelleenkäyttö on haasteellista, mutta kierrätettävänä materiaalina kupari on erinomainen. (Renoa 2022a)

Muoviputkien kestävydessä merkittävä tekijä on putken valmistusajankohta. 80–90-luvuilla valmistetuissa muoviputkissa voidaan havaita haurastumista tai kovettumista. Nykypäivänä kuitenkin materiaalit ja valmistus ovat kehittyneet ja muoviputkille luvataan 50 vuoden käyttöikä. Komposiittiputkelle luvataan myös 50 vuoden käyttöikä. Muovinen sisäpinta tekee komposiittiputkesta korroosionkestävän ja hygieenisen. Muoviputken kestävyteen vaikuttavat vedenlämpötilan aiheuttama lämpölaajeneminen ja

paineiskut putkistossa. Lämpimän veden lämpötilan ylityttämisen ei pelkästään ole energianhukkaa vaan myös ylimääräinen rasitus putkistolle ja liitoksille. (Renoa 2022a)

Muoviviemäreiden käyttöikä on 40–50 vuotta materiaaleista ja olosuhteista riippuen. Merkittäviä käyttöikään vaikuttavia tekijöitä ovat kemialliset aineet jätevedessä, UV-säteily, lämpötilan vaihtelut ja käyttöaste. Vuosina 60–70 muoviviemäreiden muovissa käytettiin pehmittimiä, jotka estävät putken kovettumisen. Pehmittimet kuitenkin ajan kuluessa haihtuvat ja muoviviemäreistä tulee helposti rikkoutuvia, mikäli siihen kohdistuu tärähtelyä tai liikehdintää. Nykypäivään mennessä materiaalien kestävyyttä on saatu parannettua ja käyttöiksi luvataan 50 vuotta. Muoviviemäreiden uudelleenkäytössä ei kuitenkaan ole juurikaan potentiaalia. Viemäriin kuluu suhteellisen vähän materiaalia muuhun talotekniikkaan nähden, joten hiilijalanjälki on vähäinen. Käyttöikä ajatellen järkevintä on käyttää uusia viemäreitä rakentamisvaiheessa, koska viemäreiden vaihdettavuus on pääsääntöisesti hyvin hankalaa ja viemäreiden käyttöikä kuitenkin halutaan maksimoida. Mikäli viemäriputki rikkoutuu, hiilijalanjälki moninkertaistuu vesivahinkoa korjattaessa. Viemäriin käyttöikä pystytään pidentämään merkittävästi sukityksellä. Sukityksessä viemäriin sisälle asennetaan paineilman avulla epoksihartsilla kyllästetty huopasukka, josta muodostuu viemäriin uusi sisäpinta. Menetelmä soveltuu kaiken tyyppisille viemärimateriaaleille, mikäli putki ei ole vaurioitunut. (Renoa 2022b)

Vesijärjestelmissä kalusteet kuitenkin pystytään käyttämään uudelleen. Kalusteiden kunnon toteaminen on helppoa ja laitteen rikkoutuessa vaihtaminen uuteen tapahtuu helposti ja vaivattomasti. Kierrätettäviä kalusteita ovat käyttövesipuolella muun muassa hanat, suihkut, altaat ja WC-istuimet, mikäli laitteen kunto sen sallii. Lämmitysjärjestelmissä potentiaalisia ovat lämmityspatterit. Käyttöänsä salliessa myös keittiökaluksia voidaan käyttää uudelleen esimerkiksi korjausrakentamisessa tai muutoksia tehdessä. Kuitenkin on hyvä ottaa huomioon laitteen energiatehokkuus ja miettiä onko vanha laite energiasyöppö uuteen verrattuna. Kupari on materiaalina täysin kierrätettävää ja sitä voidaan hyödyntää uusien kupariputkien valmistuksessa. Muovi- ja komposiittiputkien raaka-aineista taas voidaan valmistaa esimerkiksi uusiomuovituotteita kuten muoviviemäreitä ja suojaputkia. Muovi- ja komposiittiputkien raaka-aineet eivät sovellu hygienia- ja laatusyistä enää juomavesiputkien valmistukseen. (Laitinen & Malila 2021)

Käyttövesijärjestelmät eivät saa aiheuttaa terveydellistä tai muuta haittaa ja niiden tulee olla riittävän kestäviä sekä käyttövarmoja. Vesijärjestelmien suunnittelussa tulee

ottaa huomioon energiatalouden vaatimukset. (D1 Suomen Rakentamismääräyskokoelma 2007)

5.3 Sähköjärjestelmien uudelleenkäytön mahdollisuudet

Sähköjärjestelmien käyttöikä on 30–50 vuotta. Sähköjärjestelmien uusimista ei edellytetä iän perusteella, mikäli asennukset ovat säännösten mukaiset. Järjestelmä voi kuitenkin olla ikääntyessään turvallisuusriski. (Renoa 2022c)

Sähkökeskusten keskimääräinen käyttöikä on 30–40 vuotta. Vuosien myötä keskuksissa liitokset voivat hapettua tai löystyä, mikä aiheuttaa turvallisuusriskin. Kytkimet voivat ajan kuluessa myös löystyä tai jopa irrota. Pistorasioiden, kaapeleiden ja johdotusten osalta tekninen käyttöikä on 20–40 vuotta. Pistorasiat löystyvät ja haurastuvat käytössä ja ajan kuluessa, joka tekee uudelleenkäytettävyydestä heikon. Purkuvaiheessa pistorasian käyttöikä on todennäköisesti lopussa, jolloin haurastumista on luultavasti havaittavissa. Kaapeleiden ja johdotusten haurastumista on vaikea havaita, joka tekee uudelleenkäytettävyydestä haastavaa. (Renoa 2022c)

Valaisimien käyttöiät vaihtelevat paljon. Yleisesti led-valaisimen käyttöikäksi luvataan 25 000 tuntia, mutta tarjolla on myös valaisimia, joiden käyttöikä on 100 000 tuntia. Valaisimien uudelleenkäytölle ei ole varsinaisesti estettä, mikäli laitteen kunto sen sallii. Mutta vaikka uudelleenkäytettävä valaisin on käyttökelpoinen, on suositeltavaa tarkastella laitteen energiatehokkuutta uuteen verrattuna.

Sähköjärjestelmät kehittyvät koko ajan energiatehokkaammiksi ja älykkäämmiksi, joten vanhojen laitteiden uudelleen käyttö ei välttämättä ole kannattavaa. Energiatehokkuuden lisäksi vanhassa laitteessa voi piillä turvallisuusriski. Turvallisuusriskin lisäksi energiatehokkuus voi olla täysin eri tasolla vanhan ja uuden välillä. Nykypäivän älykkäillä sähköjärjestelmillä voidaan saavuttaa merkittävät energiasäästöt.

6 Pohdinta

Rakennuksen elinkaaren aikana suurin yksittäinen päästölähde on rakennuksen käytönaikainen energiankulutus. Talotekniikka lisää tuotevaiheessa (A1-3) syntyvien päästöjen määrää ja talotekniikkaa joudutaan usein uusimaan rakennusten elinkaaren aikana laitteen rikkoutumisen, käyttöiän ylittymisen tai tilamuutosten takia. Rakennusten elinkaaren päästöjen minimoimiseksi tulisi pyrkiä pitkäikäisiin, energiatehokkaisiin ja muuntojoustaviin taloteknisiin ratkaisuihin. Lisäksi talotekniikan uudelleenkäytöllä voidaan vaikuttaa jonkin verran hiilijalanjälkeen, mutta potentiaali on kuitenkin vähäinen. Vaikka talotekniikan järjestelmissä käytetään hiili-intensiivisiä materiaaleja kuten muovia, terästä, kuparia ja alumiinia, on energiatehokkaat ja pitkäikäiset ratkaisut tehokkain keino pienentää hiilijalanjälkeä. Vaihtoehtoisia talotekniikan järjestelmissä käytettäviä vähähiilisiä materiaaleja on vielä verrattain vähän tarjolla. Talotekniset järjestelmät lisäävät rakennuksen tuotesidonnaisia päästöjä, mutta toisaalta rakennuksen energiatehokkuus paranee ja tämän seurauksena käytönaikainen hiilijalanjälki pienenee. Uudisrakentamisessa energiatehokkuuteen keskittymisen lisäksi vähähiilisten tuotteiden sekä materiaalien käyttö yleisty ja valmistajilta alkaa löytyä yhä enemmän vähähiilisiä vaihtoehtoja tuotevalikoimistaan.

Tilaajan tarpeet ja motivaatio määrittävät hankkeelle lähtökohdat. Rakennushankeen alussa monikäyttöisten, muunneltavien, vähähiilisten ja energiatehokkaiden ratkaisujen esille tuonti sekä alojen välinen yhteistyö on tärkeää, jotta rakennuksesta saadaan ympäristöystävällinen kokonaisuus. Muunneltavuus ja monikäyttöisyys on tärkeää huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jotta lähtökohdat saadaan määritettyä. Liiallinen monikäyttöisyyden tavoittelu voi olla ylimitoitettu ratkaisu sekä materiaalien hukkausta. Kuitenkin kustannukset ovat merkittävä tekijä.

Taloteknisiä järjestelmiä ja vaihtoehtoja on paljon. Tuotesidonnaiseen hiilijalanjälkeen voidaan vaikuttaa suunnittelulla, monikäyttöisillä-, muunneltavilla- ja energiatehokkaiden järjestelmäratkaisuilla sekä materiaalivalinnoilla. Talotekniikan energiatehokkuutta voidaan parantaa järjestelmien tarpeenmukaisella käytöllä, vedenkulutuksen hallinnalla sekä hajautetuilla ja energiatehokkaiden järjestelmillä. Lisäksi järjestelmien kunnossapito ja oikeanlainen käyttö on energiatehokkuuden kannalta tärkeää. Likaantuneet venttiilit, suodattimet ja kanavat heikentävät ilmanvaihdon energiatehokkuutta. Talotekniikka ei kuitenkaan itsessään tee rakennuksesta energiatehokasta, vaan se edellyttää myös rakennukselta tiiveyttä ja lämmöneristävyyttä. Kohteen sijainti,

käyttötarkoitus ja tyyppi vaikuttavat järjestelmän toimivuuteen. Lämmitysjärjestelmän hiilijalanjälkeen pystytään vaikuttamaan suosimalla ratkaisuja, joilla pystytään lämmityksen lisäksi myös jäähdyttämään tai viilentämään käyttäen samaa järjestelmää. Lämmitys- ja vesiputkistoissa yleisimmin käytettyjen materiaalien välillä erot ovat hyvin pienet, mutta kuitenkin hiilijalanjälkeen pystytään vaikuttamaan käyttämällä esimerkiksi biopohjaista PEX-putkea. Ilmanvaihdon osalta materiaalivalinnoilla ei juuri pystytä vaikuttamaan hiilijalanjälkeen, mutta järjestelmäratkaisuilla voidaan vaikuttaa käytettävän materiaalin määrään. Materiaalin suhteen talotekniikan päästöistä on vaikea tinkiä, mutta pitkäikäisillä valinnoilla voidaan käyttöikää pidentää ja säästytään järjestelmän uusimiselta. Vähähiilisiä tuotteita on kuitenkin vielä vähän talotekniikan markkinoilla. Lisäksi joissain tapauksissa talotekniikan hiilijalanjälkeä voidaan pienentää myös uudelleenkäytöllä.

Talotekniikan elinkaariarviointi on kuitenkin vielä haastavaa, koska talotekniikan järjestelmät koostuvat monien eri valmistajien tuotteista. Myös päästötietojen rajallinen saatavuus hankaloittaa arviointia. Laskennan epätarkkuuden ja haastavuuden vuoksi hiilijalanjälkiarvioinnissa joudutaan vielä käyttämään neliöpohjaisia arvioita, joka lisää epätarkkuutta arviointiin.

Muunneltavuutta ja monikäyttöisyyttä ajatellen huonelaitteiden sijoittelussa tulisi ottaa huomioon mahdolliset tilamuutokset. Huonelaitteet kuten valaisimet, tulo- ja poistoilmalaitteet tai lämmitys- ja jäähdytyslaitteet on hyvä sijoittaa esimerkiksi ikkunajakojen mukaisesti, mikäli tilaan tehdään myöhemmin väliseinämuutoksia. Huonelaitteiden riittävällä lukumäärällä ja jaottelulla pystytään lisäämään muunneltavuutta. Lämmitys- ja jäähdytyslaitteista kattosäteilijät ja säteilypaneelit ovat muunneltava ratkaisu. Lattialämmitys on kiinteä, mutta tasainen lämpösäteily kuitenkin tekee tilasta helposti muunneltavan ja monikäyttöisen, mikäli huonekohtaista lämpötilan säätöä ei tarvitse. Sähköjärjestelmät ovat yleisesti ottaen helposti muunneltavissa ja yhteensopivuus on laajamittainen. Riittäväillä laajennus-, pistorasiavarauksilla ja valaisinjaottelulla voidaan yksinkertaisimmillaan lisätä monikäyttöisyyttä. Kuitenkin laitteiden käyttöiät ovat rajalliset ja ikääntyessään sähkökomponentti voi olla turvallisuusriski. Sähkö- ja ilmanvaihtojärjestelmien muunneltavuutta voidaan lisätä merkittävästi alakattojärjestelmällä.

Talotekniikan uudelleenkäytettävyyttä kuitenkin rajoittaa käyttöikä, jätelaki, vaatimukset ja määräykset. Uudelleenkäyttö edellyttää tuotteen kelpoisuuden hyväksyntää ja uudelleenkäytettävän tuotteen tulee olla vaatimusten mukainen. Uudisrakentamisessa järjestelmien tekniset käyttöiät rajoittavat uudelleenkäytettävyyttä, koska uudessa

rakennuksessa talotekniikan käyttöikä halutaan maksimoida. Teknisen käyttöiän päätyttyä joudutaan tuote korvaamaan uudella. Rakennuksen käyttöiän on oltava vähintään 50 vuotta, joten tavoiteltavaa olisi, että talotekniikan järjestelmien käyttöikä olisi sama kuin rakennuksella. Laitteiden energiatehokkuus kehittyy jatkuvasti ja laitteiden uudelleenkäyttö ei välttämättä ole järkevää, vaikka valmistukseen kuluviin raaka-aineisiin tulisi säästöä. Korjausrakentamisessa teknisen käyttöiän ja kunnan salliessa esimerkiksi ilmanvaihdon ja sähköjärjestelmien uudelleenkäytön potentiaali on korkeampi. Potentiaalisimpia ovat tuotteet, joiden kunto voidaan helposti todeta toimivaksi. Tällaisia tuotteita ovat esimerkiksi tulo- ja poistoilmalaitteet, säteilijät tai radiaattorit, hanat sekä valaisimet. Vesijärjestelmissä vesivahingon riski halutaan minimoida, joten uudelleenkäytön potentiaalia ei juurikaan ole. Talotekniikan toimivuutta tai turvallisuutta ei voida vaarantaa. Talotekniikan tehtävänä on edistää turvallisuutta, hygieniaa ja terveellisyttä, joten uudelleenkäytettävä talotekniikka tulee varmentaa hyvin.

Lähteet

Ahola, R. & Liljeström, K. 2018. Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen kustannustehokkaasti vuokratalokohteessa. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus. https://joutsenmerkki.fi/wp-content/uploads/2022/08/Hiilijalanjaljen-pienentaminen-kustannustehokkaasti_2018.pdf

Circular Ecology. 2022. Embodied Carbon - The ICE Database. <https://circularecology.com/embodied-carbon-footprint-database.html>

D1 Suomen Rakentamismääräyskokoelma. 2007. Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot.

Danfoss. 2021. Kaukojäähdytys. <https://www.danfoss.com/fi-fi/markets/district-energy/dhs/district-cooling/>

Department of Climate Change. 2021. Global warming potential values of hydrofluorocarbon refrigerants. <https://www.dcceew.gov.au/environment/protection/ozone/rac/global-warming-potential-values-hfc-refrigerants>

Energiahelppi. 2021. Vähäpäästöiset lämmitysratkaisut. <https://www.energiahelppi.fi/tietopankki/vahapaastoiset-lammitysratkaisut/>

Energiatehokas koti. 2012. Maapiirillä lisää energiatehokkuutta ja asumismukavuutta. https://www.energiatehokaskoti.fi/files/380/Maapiirilla_lisaa_energiatehokkuutta_ja_asumismukavuutta.pdf

Energiatehokas koti. 2020. Energiatehokas ilmanvaihto ja jäähdytys. https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/miten_tehdaan_energiatehokas_koti/energiatehokas_ilmanvaihto_ja_jaahdytys

Energiatehokas koti. 2020. Lämmitys. https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys

Gyptone. 2022. Uusi Gyptone reunamuoto D2. <https://www.gyptone.fi/uusi-gyptone-reunamuoto-d2/>

Hyvärinen, J. 2020. Talotekniikan vaikutus rakennetun ympäristön hiilijalanjälkeen. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry. <https://www.ril.fi/media/2020/jasenyys/tietoiskut/hyvarinen-28.4.2020-talotekniikan-vaikutus-rakennetun-ympariston-hiilijalanjalkeen.pdf>

Häkkinen, T. & Kuittinen, M. 2021. Kohti vähähiilistä rakentamista. Rakennustieto.

Rakentaja.fi. 2022. Ilmanvaihto on ilmastoteko. https://www.rakentaja.fi/artikkelit/20492/ilmanvaihto_on_ilmastoteko.htm

Isover. 2021. Talotekniikan eristeet. <https://tekniset.isover.fi/talotekniikka>

Itula Oy. 2021. ItuGraf kattosäteilijä. https://www.itula.fi/itugraf?gclid=EAlaQobChMIrID6w53Y-wIVbRoGAB3PmQAmEAAAYASAAEgla9vD_BwE

Laasonen, N. & Pluuman, K. 2021. Talotekniikan päästötietojen selvityshanke. Sweco Talotekniikka.
Laitinen, A., Rämä, M. & Airaksinen, M. 2016. Jähdytyksen teknologiset ratkaisut. VTT.
https://ym.fi/documents/1410903/40549091/YM_TATE_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t_loppuraportti.pdf/d9c1c20c-e50f-49c1-4946-26b94dd7463d/YM_TATE_P%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t_loppuraportti.pdf?t=1619092963729

Laitinen, J. & Malila, R. 2020. Rakennuksissa käytettävien putkimateriaalien arviointi. Hiilijalanjälki sekä haitallisten aineiden terveys- ja ympäristövaikutukset. SYKE. https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/319739/SYKEra_41_2020_Putkimateriaalit.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Motiva. 2012a. Energiatehokas ilmanvaihto. https://www.motiva.fi/files/6147/Energiatehokas_ilmanvaihto2012.pdf

Motiva. 2012b. Kaupan kylmälaitteiden ja -järjestelmien laudelämmön talteenotto. https://www.motiva.fi/files/7973/Kaupankylmalaitteiden_ja_jarjestelmien_lauhdelammon_talteenotto_Laskentaohje.pdf

Motiva. 2019. Lämmitysjärjestelmän valinta. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta

Motiva. 2020a. Viilennystavat lämpöpumppujärjestelmissä. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusituva_energia/lampopumput/lampopumppujen_hankintaopas_kunnille_ja_taloyhtiaille/viilennystavat_lampopumppujarjestelmissa

Motiva. 2020b. Rakentaminen ja rakennukset. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kestavat_julkiset_hankinnat/tietopankki/rakentaminen_ja_rakennukset

Motiva. 2021a. Vedenkulutus. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/hyva_arki_kotona/vedenkulutus

Motiva. 2021b. Taloautomaatio. https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot_-_yhdedessa_energiatehokkaasti/taloautomaatio

One Click LCA. 2021. Ympäristöseloste (EPD). https://www.oneclicklca.com/wp-content/uploads/2021/05/FI-EPDs_what_why_how_updated-0517.pdf

One Click LCA. 2022. Maailman johtava elinkaariarviointi ohjelmisto. <https://www.oneclicklca.com/fi/>

Rakennustieto. 2018. LVI 11-10624. Maalämpöpumput.

Rakennustieto. 2008. LVI 01-10424. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitojaksot.

Rakennustieto. 2010. RT 38654. Asennuslattiat.

Rakennustieto. 2016. RT 93-11232. Muuntojousto asuntosuunnittelussa.

Ramboll. 2020. Talotekniikan tuotesidonnaisilla päästöillä on merkittävä rooli rakennuksen hiilijalanjätkilaskennassa. <https://fi.ramboll.com/media/artikkelit/rakentaminen-ja-kiinteistot/talotekniikan-tuotesidonnaiset-paastot>

Renoa. 2022a. Mikä on omakotitalon vesiputkien tekninen käyttöikä? <https://renoa.fi/mika-on-omakotitalon-vesiputkien-tekninen-kayttoika/>

Renoa. 2022b. Mikä on omakotitalon viemärin tekninen käyttöikä? <https://renoa.fi/mika-on-omakotitalon-viemarin-tekninen-kayttoika/>

Renoa. 2022c. Mikä on omakotitalon sähköjärjestelmän tekninen käyttöikä. <https://renoa.fi/mika-on-omakotitalon-sahkojarjestelman-tekninen-kayttoika/>

Suomen ympäristökeskus. 2022. CO2data. <https://co2data.fi/>

SYKE. 2022. Rakentamisen päästötietokanta. https://www.hiilineutraalisuomi.fi/fi-FI/Tyokalut/Rakentamisen_paastotietokanta

Sähkötieto ry. 2017. ST-ohjeisto 15. Rakennuksen energiatehokkuus.

Sähkötieto ry. 2018. ST 27.01. Sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien muunneltavuus.

Talotekniikka info. 2021. Omakotitalon viilennys. <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/omakotitalon-viilennys>

Talotekniikkainfo. 2021. Rakennuspaikkakohtaisen kelpoisuuden todentaminen. <https://talotekniikkainfo.fi/rakennusten-koneellisen-savunhallinnan-suunnitteluopas/10-rakennuspaikkakohtaisen-kelpoisuuden>

Tilastokeskus. 2022. Energia. <https://www.stat.fi/til/ene.html>

Uponor. 2022. PEX Pipe Blue. <https://www.uponor.com/fi-fi/tuotejarjestelmat/pex-pipe-blue>

Vahanen. 2022. Passiivisten talotekniikkakomponenttien uudelleenkäyttöpotentiaali. Lahti. <https://www.lahti.fi/uploads/2022/02/23dc7643-esiselvitys-passiivisten-talotekniikkakomponenttien-uudelleenkaayttopotentiali-5.1.2022.pdf>

Vallox. 2022. Enegiatehokas ilmanvaihto. https://www.vallox.com/tietoa_ilmavaihdosta/energiatehokas_ilmavaihto.html

Valtioneuvosto. 2022 Uusi ilmastolaki. <https://valtioneuvosto.fi/-//1410903/uusi-ilmastolaki-voimaan-heinakuussa>

Ympäristöministeriö. 2018. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen vesi- ja viemärlaitteistoista. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171047>

Ympäristöministeriö. 2022. Vähähiilinen rakentaminen. <https://ym.fi/vahahiilinen-rakentaminen>

