

Helsinki

Vähähiilisyyssopas suunnittelijoille ja rakennus- hankkeeseen ryhtyville



Työryhmä

Tiia-Lotta Tuominen, Granlund Oy

Tiina Pekonen, Granlund Oy

Jonna Seppänen, Helsingin kaupunki

Anni Tyni, Helsingin kaupunki

Sanna Honkala, Helsingin kaupunki

Sanna Meriläinen, Helsingin kaupunki

Tuula Aho-Parkkila, Helsingin kaupunki

Minna Launiainen, Helsingin kaupunki

Oppaassa on hyödynnetty myös seuraavien henkilöiden aiemmin kaupungille laatimia selvityksiä:

Lauri Aantaa, Sitowise Oy

Tuomas Lehtonen, Ramboll Finland Oy

Heidi Sell, Ramboll Finland Oy

Petteri Aalto, Ramboll Finland Oy

Ilmari Oinonen, Ramboll Finland Oy

Vähähiilisyysopas suunnittelijoille ja rakennushankkeeseen ryhtyville

Sarja: Helsingin kaupungin keskushallinnon julkaisuja 2024:28

<https://www.hel.fi/kaupunkiymparisto-ja-liikenne/tontit-ja-rakentamisen-luvat/rakennusluvan-hakeminen/hiilijalanjaljen-raja-arvo>

ISBN 978-952-386-489-4 (pdf)

ISSN-L 2242-4504

ISSN 2323-8135 (verkossa/på nätet/online)

Kuvat: Helsingin kaupungin kuvapankki

Suunnittelu ja taitto: Innocorp Oy

Sisällys

Johdanto	4
Oppaan tavoite	4
Vähähiilisyiden ohjaus hankkeissa	5
Hiilijalanjälkilaskennan periaate	7
Hiilijalanjälkilaskennan lähtötiedot	8
Asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki	10
Materiaalien hiilijalanjälki	12
Energiankäytön hiilijalanjälki	15
Kuljetuksien, työmaan energiankulutuksen sekä purkuvaiheen hiilijalanjälki ...	17
Rakennuksen monimuotoisuus ja kerroslukumäärä	18
Hiilijalanjäljen ohjaaminen rakennusosittain	20
Runkorakenteet	21
Alapohja	21
Kantavat ja kevyet väliseinät	23
Pilarit ja palkit	26
Välipohjat	27
Yläpohjat ja vesikatot	29
Ulkoseinät ja julkisivut	31
Ulkotasot ja parvekkeet	34
Tilapinnat	35
Talotekniikka	36
Talotekniset järjestelmät yleisesti	36
Sähköntuotantojärjestelmät ja -laitteistot	37
Aluerakenteet ja rakennuspaikka	37
Maatyöt, tuennat ja vahvistukset sekä perustukset	38
Tontin päällysteet, alueen rakenteet ja kylmät maanalaiset tilat	40
Yhteenveto	41
Hiilijalanjälkeä nostavat ja laskevat tekijät	41
Keinot hiilijalanjäljen pienentämiseen	41
Keskeiset toimenpiteet hiilijalanjäljen pienentämiseksi	41
Toimenpiteiden vaikutus hiilijalanjälkeen ja kustannuksiin	42
Suunnittelualakohtaiset vinkit hiilijalanjäljen pienentämiseksi	43
Arkkitehti	43
Rakennesuunnittelija	43
TATE-suunnittelijat	44
GEO-suunnittelija	44
Liitteet	45
Liite 1. Kooste hiilijalanjälkeä pienentävistä suunnitteluratkaisuista	45
Liite 2. Ympäristöministeriön arviointimenetelmässä huomioitavat rakennusosat	47

Johdanto

Oppaan tavoite

Oppaassa keskitytään asuinkerrostaloihin, joille Helsingin kaupunki on asettanut hiilijalanjälkiraja-arvon kesällä 2023. Raja-arvo on käytössä raja-arvon asettamisajankohdan jälkeen valmistuneissa asema-kaavoissa sekä tontinluovutusehdoissa. Oppaassa esitetyt laskentaperiaatteet pätevät pääosin myös muihin rakennustyypeihin. Oppaassa esitetyt esimerkkilaskennat ja tulokset eivät kuitenkaan ole suoraan sovellettavissa muiden käyttötarkoituksien rakennuksiin rakennusten erilaisen käytön ja sitä kautta energiankulutuksen sekä usein myös erilaisen massoittelun vuoksi.

Opas on suunnattu erityisesti rakennushankkeeseen ryhtyville sekä hankkeiden arkkitehti- ja rakennesuunnittelijoille ja sen tavoitteena on luoda lukijalle yleiskuva rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen muodostumisesta. Oppaaseen on myös koottu hankkeiden avuksi esimerkkejä keinoista, joilla hiilijalanjälkeä voidaan pienentää.

Opas ja siinä esitettävät laskentaesimerkit perustuvat ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmään (ilmastoasetus), johon myös Helsingin asettama raja-arvo perustuu. Oppaan kirjoitushetkellä arviointimenetelmästä julkaistu viimeisin versio on vuonna 2022 julkaistu asetusluonnos ja sen perustelumuuksio. Opasta päivitetään tarvittavilta osin, kun lopullinen asetus julkaistaan.

Oppaan laadinnassa on hyödynnetty Helsingin kaupungin Asuntotuotannon hankkeissa tehtyjä laskelmia sekä niistä kertynyttä tilastotietoa. Ne antavat suuruusluokaltaan oikean kuvan eri tekijöiden osuuksista sekä erilaisten vähähiilisyystoimenpiteiden vaikuttavuudesta erityisesti Helsinkiin toteutettavien asuinkerrostalohankkeiden avuksi. Tarkemmat laskelmat hiilijalanjäljestä ja toimenpiteiden vaikutuksista on kuitenkin aina tehtävä hankekohtaisesti sen lähtökohdat ja reunaehdot huomioiden.

Opas lähtee tilanteesta, jossa päätös rakentamisesta tietyllä tontilla on jo tehty. Oppaassa ei siten oteta kantaa rakentamisen määrän vähentämiseen, olemassa olevan rakennuskannan hyödyntämiseen tai muihin vastaaviin päästöjen vähennyksen näkökohtiin, vaan se keskittyy yksittäisen rakennushankkeen vaikutuspiirissä oleviin tekijöihin.

Oppaan ja laskentaesimerkkien laatimisessa Helsingin kaupunkia on avustanut Granlund Oy. Oppaassa on hyödynnetty myös Sitowise Oy:n ATT:lle aiemmin laatimaa mallirakennetyyppien hiilijalanjälkiselvitystä sekä Ramboll Finland Oy:n Ilmastoyksikölle laatimaa tarkastelua rakennuksen geometrian ja parvekeratkaisuiden vaikutuksesta hiilijalanjälkeen.

Vähähiilisyden ohjaus hankkeissa

Selkeä tavoite ja oikea-aikaiset tarkastelut avainasemassa

Vähähiilisen lopputuloksen saavuttaminen edellyttää, että rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljelle on asetettu raja-arvo tai muu hiilijalanjälkitavoite, joka on hankkeen alusta lähtien osa hankkeen muita suunnittelua ohjaavia tavoitteita.

Hiilijalanjälkitavoitteen saavuttaminen vaatii, että hiilijalanjälkeä lasketaan ja eri vähähiilisyystoimenpiteitä arvioidaan jatkuvasti ja oikea-aikaisesti suunnittelun ja hankkeen päätöksentekoprosessin tueksi.

Hiilijalanjälkitavoitteeseen vaikutetaan eniten hankkeen alussa, kun päätökset hankkeen isoista linjoista tehdään. Hiilijalanjäljen pienentämiseen on kuitenkin keinoja läpi hankkeen suunnitteluprosessin ja aina työmaan toteutusvaiheeseen asti. Nämä on kuvattu yksinkertaistaen kuvaajassa alla.

Kuva 1. Vähähiilisyden ohjaus osana hankkeen etenemistä. Suunnittelun edetessä tarkentuvat saatavilla olevat suunnitelmat ja päästötiedot.





Hiilijalanjäljetään optimoidun rakennushankkeen edellytyksenä on, että:



Raja-arvo- tai muut vähähiilisyystavoitteet on sisällytetty osaksi hankkeen muita olennaisia tavoitteita ja suunnittelulle asetettavia vaatimuksia jo hankkeen alusta lähtien. Vähähiilisuuden ohjaukseen on varattu aikaa ja resursseja.



Rakennuksen hiilijalanjälkeä arvioidaan ja seurataan jatkuvasti suunnittelun aikana. Suunnittelun tueksi tuotetaan tietoa eri ratkaisuvaihtoehtojen hiilijalanjäljestä sekä niiden vaikutuksista koko rakennuksen hiilijalanjälkeen huomioiden eri suunnitteluvaiheissa päätettävät ja lukittavat suunnitteluratkaisut.



Rakennuksen kokonaishiilijalanjälki optimoidaan kaikki elinkaaren vaiheet ja eri suunnitteluratkaisut huomioiden koko suunnitteluryhmän yhteistyönä. Tavanomaisia ratkaisuja haastetaan.



Eri suunnittelualat toimivat tiiviissä yhteistyössä vähähiilisten ratkaisujen tunnistamiseksi ja toteuttamiseksi. Tiedonvaihto on sujuvaa ja oikea-aikaista.

Tasapainoilua monen eri näkökulman välillä ja tiivistä yhteistyötä

Hankkeen suunnittelu on kokonaisuuden optimointia, jossa vähähiilisuuden lisäksi huomioidaan ja painotetaan muun muassa rakennuksen, rakenteiden ja tilojen toiminnallisuutta, turvallisuutta ja viihtyisyyttä, hankkeen investointi- ja käyttökustannuksia sekä yleistä elinkaarikestävyyttä. Myös ekologisen kestävyuden tavoittelussa on vähähiilisuuden rinnalla huomioitava muita tärkeitä näkökohtia, kuten luonnonvarojen säästäminen ja luonnon monimuotoisuuden turvaaminen. Kiertotalouden keinoilla vähennetään neitseellisten materiaalien käyttöä, joka yleensä vähentää myös hiilidioksidipäästöjä ja samalla myös luontoon kohdistuvaa kuormitusta. Joskus nämä tavoitteet ovat kuitenkin ristiriidassa keskenään ja kokonaisuuden optimointia tulee tehdä näistäkin näkökulmista.

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen pienentäminen vaatii myös eri suunnittelualueiden tiivistä yhteistyötä. Yhdellä suunnitteluratkaisulla on aina vaikutusta myös johonkin toiseen suunnitteluratkaisuun ja yksittäinen vähähiilinen valinta voikin kasvattaa kokonaisuuden hiilijalanjälkeä. Esimerkiksi välipohjarakenteen vaihtaminen vähähiilisempään, mutta paksumpaan rakenteeseen, voi kasvattaa rakennuksen ulkoseinien alaa ja pystyrakenteiden määrää, ja siten nostaa koko rakennuksen hiilijalanjälkeä. Myös energiatehokkuuden parantaminen on aina optimointia pienentyvien energiankulutuksen päästöjen, mutta kasvavasta materiaalmene- kistä johtuvien suurempien materiaalisidonnaisten päästöjen välillä.

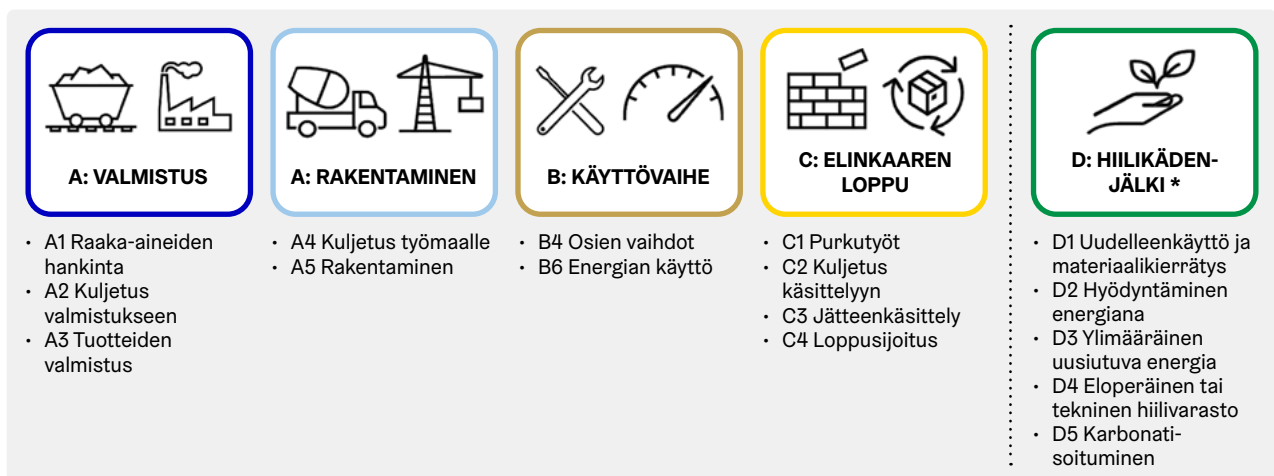
Hiilijalanjälkilaskennan periaate

Rakennushankkeen hiilijalanjäljen arvioinnissa huomioidaan rakennuksen ilmastovaikutukset koko sen elinkaaren ajalta. Arvioinnin tarkastelujakso on vakioitu 50 vuoteen. **Arvioinnin tuloksena saadaan elinkaaren hiilijalanjälki ja -kädenjälki lämmitettyä nettopinta-alaa ja tarkastelujakson pituutta kohden yksikössä $\text{kgCO}_{2e}/\text{m}^2/\text{a}$.**

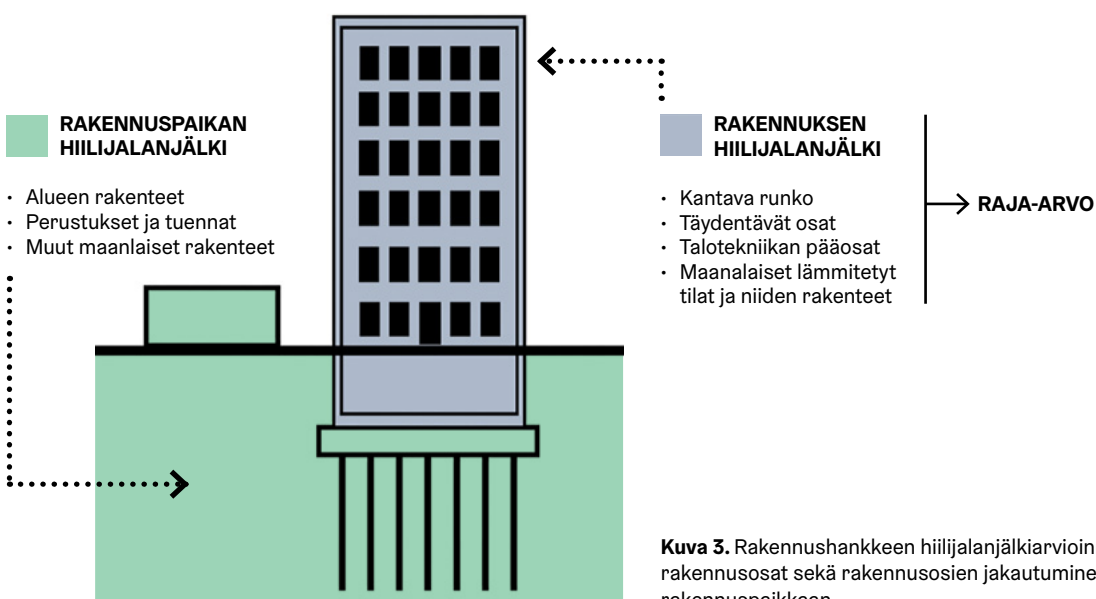
Hiilijalanjäljessä huomioitavat elinkaaren vaiheet esitetään kuvassa alla. Eri vaiheiden laskennan periaatteet ja merkitys hiilijalanjälkeen avataan ohjeen seuraavissa kappaleissa. Ohjeessa ei käsitellä hiilikädenjäljen osuutta.

Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä rakennushankkeen hiilijalanjälki lasketaan erikseen rakennukselle ja rakennuspaikalle. Eri rakenteiden ja osien jakautuminen rakennuksen ja rakennuspaikan välille esitetään kuvassa alla. Sekä kansallinen- että Helsingin kaupungin raja-arvo-ohjaus koskee rakennuksen hiilijalanjälkeä. Rakennuspaikan hiilijalanjäljelle ei ole asetettu raja-arvoa.

Yksinkertaistettuna hiilijalanjälkiarvioinnissa kerrotaan resurssi, eli esimerkiksi tietty materiaali ja sen määrä tai energiankulutus, kyseistä resurssia vastaavalla päästökertoimella.



Kuva 2. Hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen arvioinnissa huomioitavat elinkaaren vaiheet (Ympäristöministeriön arviointimenetelmä, asetusluonnosversio 2022). *) Lausuntoversio 2022, + korjaussarja, lopulliseen voi tulla muutoksia.



Kuva 3. Rakennushankkeen hiilijalanjälkiarvioinnissa huomioitavat rakennusosat sekä rakennusosien jakautuminen rakennukseen ja rakennuspaikkaan.

Hiilijalanjälkilaskennan lähtötiedot

Resurssien laadun ja määrän määrittämiseksi hiilijalanjäljen arviointiin tarvitaan tietoa usealta eri suunnittelualalta ja hankkeen osapuolelta.

Suunnittelun alkuvaiheessa, kun suunnitelmia ei ole vielä laadittu tai ne ovat vielä hyvin karkealla tasolla, voidaan hiilijalanjälkilaskennan lähtötietotarpeita täydentää esimerkiksi referenssi kohteista kerätyllä datalla. Alkuvaiheen arvioinneissa voidaan myös hyödyntää hiilijalanjäljen laskentaohjelmien omia varhaisen vaiheen laskentatyökaluja, jotka sisältävät rakennustyyppikohtaisia oletuksia ja niille tyypillisiä lähtötietoja. Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä huomioitavat rakennusosat on esitetty tarkemmin liitteessä 2.

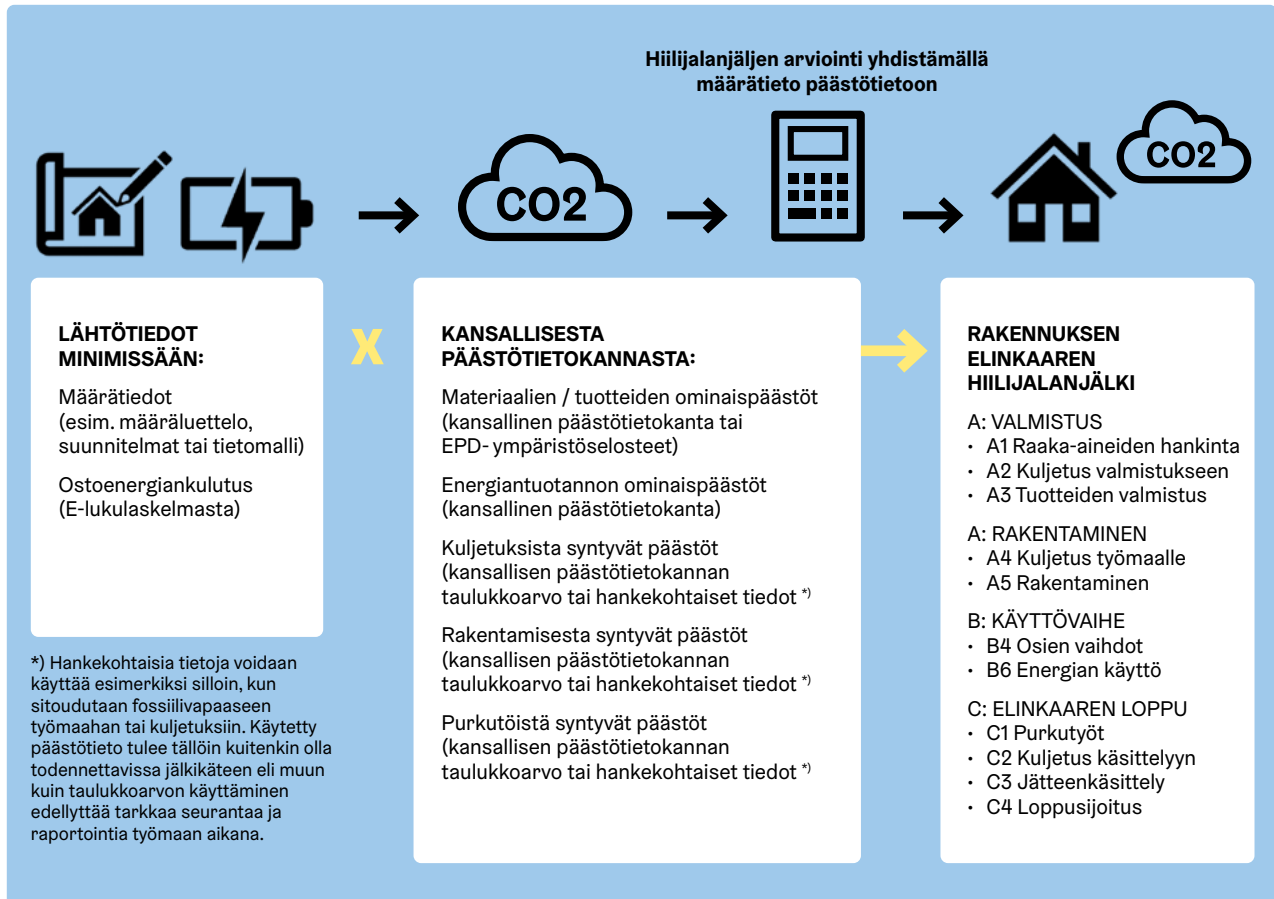
Kuva 4. Rakennuksen hiilijalanjäljen arvioinnin prosessi yksinkertaistettuna.

Hankkeen yleiset tiedot:

- Rakennuksen laajuustiedot (bruttoala, lämmitetty nettoala, tontin pinta-ala) sekä rakennuksen suunniteltu käyttöikä

Päästötietokannat ja muut päästötiedot:

- Materiaalien tyypilliset päästötiedot saadaan kansallisesta päästötietokannasta. Päästötietokanta löytyy osoitteesta: [Rakentamisen päästötietokanta \(co2data.fi\)](https://rakentamisen.paaostotietokanta.co2data.fi).
- Mikäli tiedossa on tarkka tuote ja käytettävän tuotteen tuotevalmistaja on teettänyt standardin EN15978 +A2 mukaisen ympäristöselosteen (EPD, environmental product declaration), hyödynnetään tätä tuotekohtaista päästötietoa.
- Betoniyhdistyksen vähähiilisyysluokituksen mukaisia valmisbetonien ja betonielementtien hiilijalanjälkitietoja voi käyttää laskennassa, mikäli hankkeessa vaaditaan näiden käyttöä <https://vahahiilinenbetoni.fi/>
- Kansallisesta päästötietokannasta saadaan myös yleisiä käyttökätietoja, jos käytettävillä materiaaleille ei ole näitä tarkemmin määritetty. Käyttökätietoina voi käyttää myös muita vastaavan tasoisia lähteitä, kuten RT-korttien käyttökätietoja.



- Työmaatoimintojen (rakennus- ja purkutyömaa), kuljetusten sekä jätteen käsittelyn päästötietoina käytetään lähtökohtaisesti kansallisesta päästötietokannasta löytyviä pinta-alaperusteisia taulukkoarvoja. Mikäli taulukkoarvon sijaan halutaan käyttää hankekohtaisia tietoja, tulee ne olla todennettavissa hankekohtaisesti ja siten dokumentoida hyvin hankkeen aikana.
- Talotekniikan hiilijalanjälki arvioidaan lähtökohtaisesti kansallisesta päästötietokannasta löytyvällä rakennustyyppikohtaisella pinta-alaperusteisella taulukkoarvolla. Hankekohtaisia päästötietoja voidaan hyödyntää, jos ne saadaan määritettyä kattavasti.

Materiaalit ja niiden määrät:

Hiilijalanjälkilaskentaan tarvitaan tietoa käytetyistä materiaaleista ja tuotteista sekä niiden määristä. Elinkaaren aikana vaihdettavien osien ja pintojen hiilijalanjälkien arviointia varten tarvitaan materiaalien ja rakennusosien käyttökatiedot. Näitä tietoja kootaan seuraavista suunnitelmista:

- Arkkitehtisuunnittelu: rakennustapa- ja rakennusselostuksista, IFC-tietomallista, pohjapiirustuksista, leikkaus- ja julkisivupiirustuksista, pintamateriaalikuvauksista sekä asema- ja pihapiirustuksista.
- Rakennesuunnittelu: rakenteiden suunnittelun ja -toteutuksen perusteista, rakennetyypeistä, IFC-tietomallista, mitta- ja raudoituspiirustuksista.
- Geosuunnittelu: geo- ja perustussuunnitelmat.

Tehokkainta materiaalien määrälaskenta on, jos tiedot saadaan koottua IFC-malleista.

Energiankulutustiedot:

- Energian käytöstä aiheutuvan hiilijalanjäljen arviointiin tarvitaan tieto rakennuksen laskennallisesta ostoenergiankulutuksesta, joka määritetään E-lukua varten.
- Ostoenergiankulutuksen lähtötietona käytetään alustavaa E-lukulaskelmaa, energiaselvitystä tai laadittua energiatodistusta riippuen hankevaiheesta.
- Energiamuotojen päästökertoimina käytetään kansallisesta päästötietokannasta löytyviä kansallisia energiantuotannon päästöskenaarioita.

Vinkit tietomallinnukseen:

Tietomalli on kätevä ja nopea tapa materiaali- ja määrätietojen keräämiseen hiilijalanjäljen laskemista varten. Tietomallin hyödyntäminen edellyttää kuitenkin, että mallinnus on tehty kattavasti ja rakenneosat on nimetty yksiselitteisesti ja johdonmukaisesti. Hankkeen tietomallivaatimusten määrittämisessä kannattaa siten konsultoida myös hiilijalanjälkilaskennan tekijää.

Tiedot kerätään pääasiassa arkkitehdin tietomallista, mutta esimerkiksi palkkien, pilarien ja ontelolaattojen määrätietoja varmistetaan usein myös rakennemallista.

Hiilijalanjäljen arvioinnin näkökulmasta käyttökelpoisessa tietomallissa on huomioitu ainakin nämä:

- Jokainen rakennetyyppi on mallinnettu omalla suunnitelmilla vastaavalla tunnuksellaan, jotta rakennetyypit on mahdollista eritellä toisistaan ja ryhmitellä tarpeen mukaan.
- Rakenteille on käytetty oikeita Talo2000-nimikkeitä.
- Rakenneosat on mallinnettu niin, että tietomallista saa rakennetyyppien todelliset pinta-alat.
- Pilarit ja palkit on mallinnettu siten, että tietomallista saa niiden todellisen kokonaistilavuuden eli rakenteita ei ole esimerkiksi mallinnettu onttoina.
- Tilavyöhykkeet on mallinnettu kolmiulotteisina pintamateriaalientät sisältävinä tilaobjekteina, jolloin pintamateriaalien määrä on arvioitavissa tarkemmin.

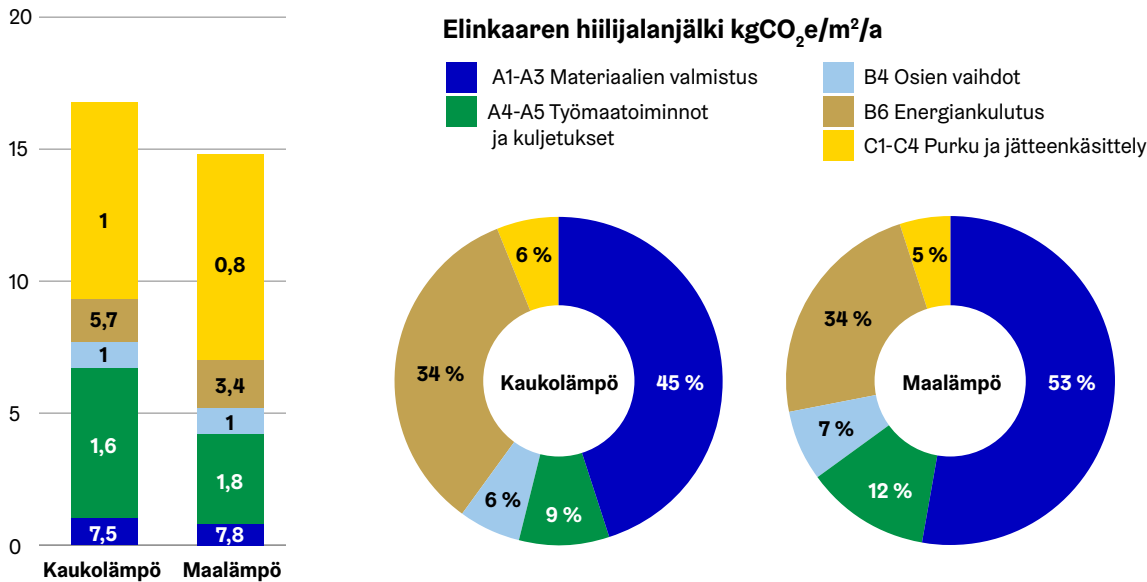
Asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki

Betonirakenteisen asuinkerrostalon elinkaaren hiilijalanjälki on tyypillisesti välillä 14...19 kgCO_{2e}/m²/a, kun on tarkastelu vuosina 2020–2024 suunniteltuja kerrostaloja Helsingissä ja laskenta on tehty Ympäristöministeriön vähähiilisuuden arviointimenetelmän vuoden 2022 luonnosversiolla.

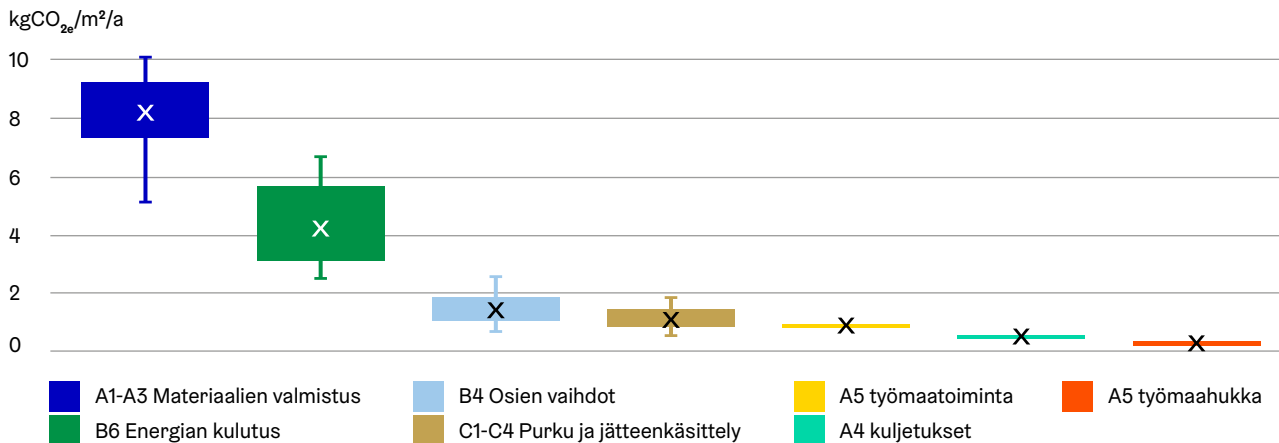
Merkittävimmän osuuden hiilijalanjäljestä muodostavat materiaalien valmistus (A1–A3) sekä käytön

aikainen energiankulutus (B6). Materiaalisidonnaisten päästöjen (A1–A3) osuus on tyypillisesti noin puolet kokonaishiilijalanjäljestä ja energiankäytön päästöt noin kolmasosan. Osuudet vaihtelevat kuitenkin merkittävästi valitusta runkoratkaisusta ja lämmöntuotantomuodosta riippuen.

Kuva 5. Esimerkki erään betonirunkoisen asuinkerrostalon hiilijalanjäljen jakautumisesta elinkaaren vaiheisiin eri lämmitysmuodoilla. Puurunkoisessa tai muuten vähähiilisessä runkoratkaisuissa energiankäytön osuus olisi suurempi ja materiaalisidonnaisten päästöjen osuus pienempi.



Kuva 6. Asuntotuotannon hankkeisiin tehdyistä laskelmista koottua dataa eri elinkaaren vaiheiden hiilijalanjäljen keskiarvoista ja vaihteluväleistä betonirunkoisissa rakennuksissa. Suurin vaihtelu syntyy rakennusmateriaalien, energiankäytön sekä osien vaihtojen hiilijalanjäljessä, jolloin myös niissä on suurin vaikutusmahdollisuus kokonaishiilijalanjälkeen.





Myös rakennuspaikka ja kaava vaikuttavat

Kaavamääräykset ja muut rakentamista rajoittavat tekijät voivat rajata mahdollisia vähähiilisyystoimenpiteitä. Esimerkiksi tontin pieni koko, tontin sijainti pohjavesialueella tai maaperän laatu voivat estää maalämmön toteuttamisen. Kaavamääräykset puolestaan voivat ohjata rakennuksen massoittelua ja materiaalivalintoja hiilijalanjäljen näkökulmasta epädulliseen suuntaan.

Kaupungin raja-arvo asuinkerrostaloille on asetettu niin, että raja-arvoon pääseminen vaatii tavanomaiselta rakennushankkeelta päästövähennystoimenpiteitä, mutta raja-arvoon on mahdollista päästä useilla erilaisilla suunnitteluratkaisuilla.

Materiaalien hiilijalanjälki



Materiaalien valmistuksesta (A1–A3) syntyvien päästöjen osuus asuinkerrostalon koko elinkaaren hiilijalanjäljestä on tavallisesti noin 40–50 %.

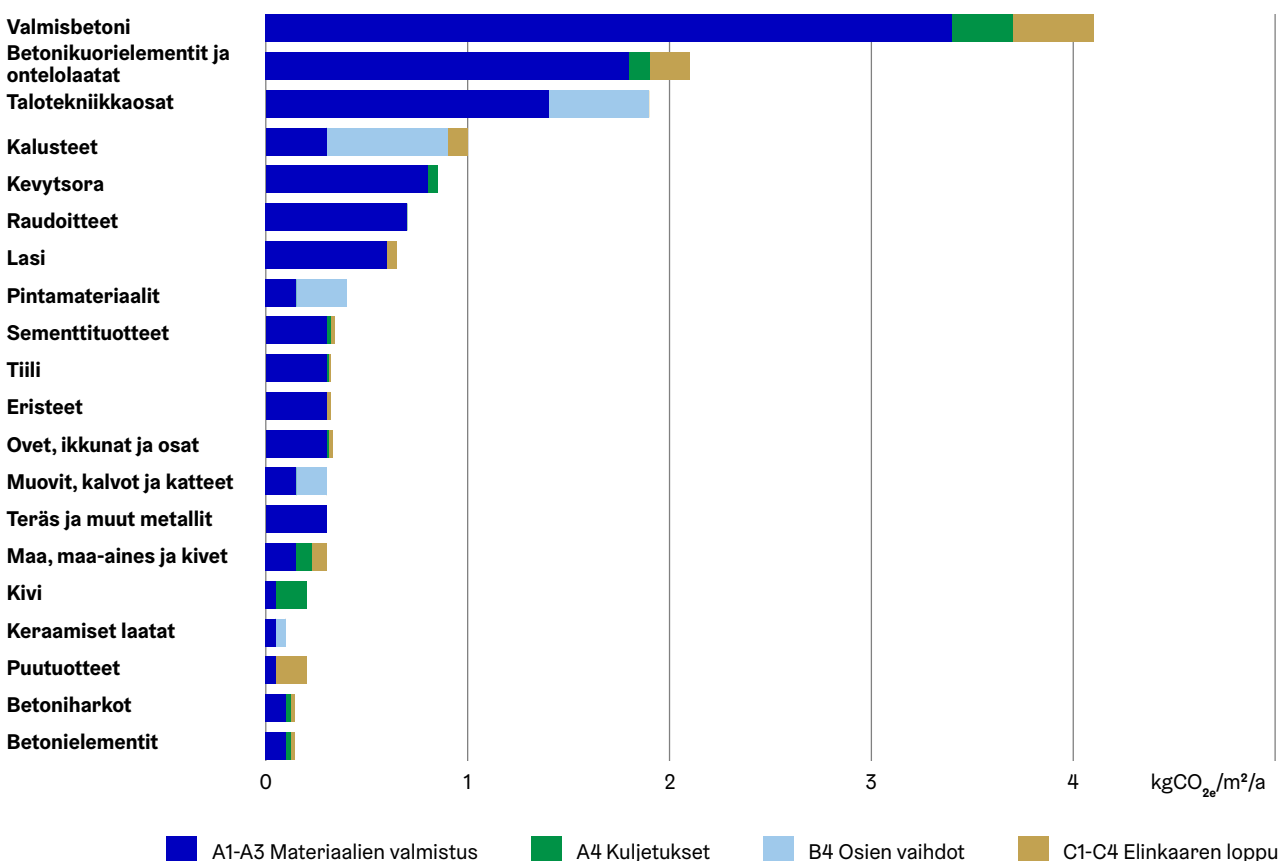
Rakennuksen käytön aikana uusittavat rakennusosat ja materiaalit (B4) muodostavat noin 10 % asuinkerrostalon koko elinkaaren hiilijalanjäljestä.

Tämän ohjeen liitteessä 2 esitetään Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä huomioitavat rakennusosat ja niiden tarkkuustason rajaukset.

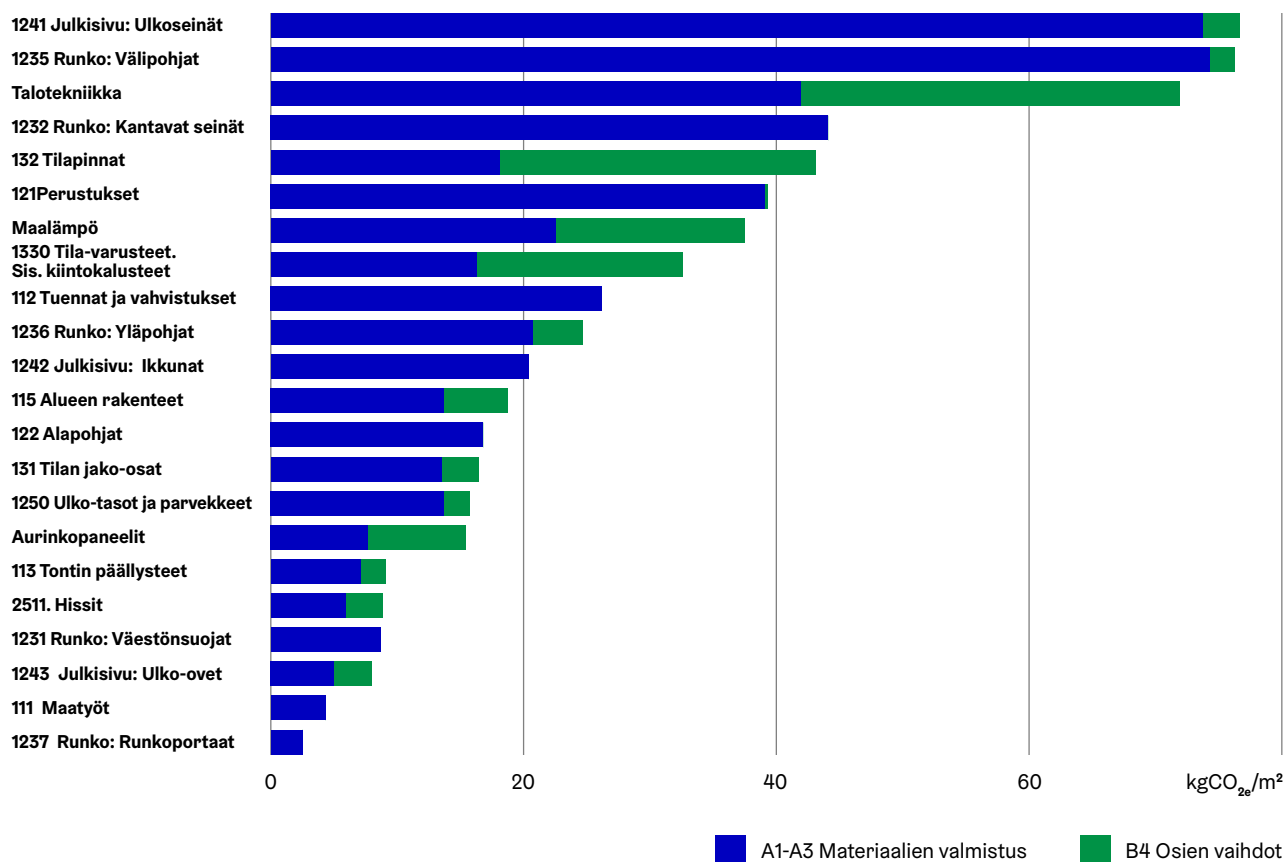
Materiaaleista muodostuvaan hiilijalanjälkeen vaikuttavat materiaalimenekki sekä käytettävien materiaalien päästöintensiivisyys (esim. $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{kg}$) eli kuinka paljon päästöjä materiaalin valmistamisesta syntyy.

Erityisen päästöintensiivisiä materiaaleja ovat esimerkiksi teräkset ja muut metallit sekä poltetut tiilet. Betoni ei ole yhtä päästöintensiivinen materiaali, mutta sen määrä rakennuksessa on niin merkittävä, että se on yksi perinteisen asuinkerrostalon suurimpia materiaalipäästölähteitä. Betonin lisäksi merkittävä osuus materiaalisidonnaisista päästöistä syntyy raudotteista sekä talotekniikkaosista.

Kuva 7. Tavanomaisen betonirunkoisen kaukolämpöön liitetyn asuinkerrostalon keskeisimmät hiilijalanjälkeen vaikuttavat materiaalit (arvioitu ilmastaselvityksen luonnosversiolla 9/2022)



Kuva 8. Eri rakenteiden keskimääräiset materiaalisidonnaiset päästöt, eli materiaalien valmistuksen (A1-A3) ja elinkaaren aikana tehtävien osien vaihtojen (B4) päästöt. (Helsingin kaupungin tilastot)



Materiaalisidonnaisten päästöjen vähentämisessä kannattaa keskittyä erityisesti seuraaviin päästöjen kannalta merkittävimpiin rakenneseisiin: perustukset, runko, ulkoseinät, välipohjat, kantavat väliseinät sekä talotekniikan materiaalit.

Hiilijalanjäljen pienentämiseksi kannattaa tarkastella mahdollisuutta toteuttaa rakenteita puisina tai käyttää niissä tavallisen betonin sijaan vähähiilistä betonia. Jo yhden ns. tavallisen betonisen rakennusosan korvaaminen puurakenteella voi vaikuttaa hiilijalanjälkeen huomattavasti. Esimerkiksi vähähiilisten ontelolaattojen käyttäminen välipohjissa on hiilijalanjälkeen merkittävästi vaikuttava toimenpide asuinkerrostaloissa, joissa välipohjarakennetta on paljon.

Elinkaaren aikana tehtävistä vaihdoista syntyvät päästöt muodostuvat erityisesti tekniseltä käyttöikänsä lyhyempien taloteknisten järjestelmien osien, kevyiden rakenteiden ja pintamateriaalien osien vaihdoista ja korjauksista. Näissä kannattaa kiinnittää erityistä järjestelmien ja materiaalien pitkäikäisyyteen ja korjattavuuteen.

Huom! Talotekniikan päästöt lasketaan vielä toistaiseksi rakennustyyppikohtaisella taulukkoarvolla, jolloin vähähiilisyystoimenpiteiden kohdistaminen sinne ei näy kokonaishiilijalanjäljessä. Tulevaisuudessa, kun talotekniikan määrätiedot saadaan esimerkiksi tietomalleista tarkemmin ja taloteknisten järjestelmien ja -osien päästötietojen kattavuus paranee, voidaan talotekniikkajärjestelmienkin päästöt laskea geneeristä taulukkoarvoa tarkemmin hankekohtaisesti. Silloin mahdollistuu myös niiden päästöjen optimointi.

Materiaalisidonnaisten päästöjen vähentämisessä on aina huomioitava kokonaisuus sekä muut hankkeelle asetetut tavoitteet toiminnallisuuteen, viihtyisyyteen, taloudellisuuteen, energiatehokkuuteen ja muihin teknisiin ominaisuuksiin liittyen.

Pientääksesi rakennus-materiaalien hiilijalanjälkeä, huomioi ainakin seuraavat:



Optimoi materiaalimenekki.



Valitse vähähiilisiä, kierrätettyjä tai uudelleen käytettyjä tuotteita ja materiaaleja.



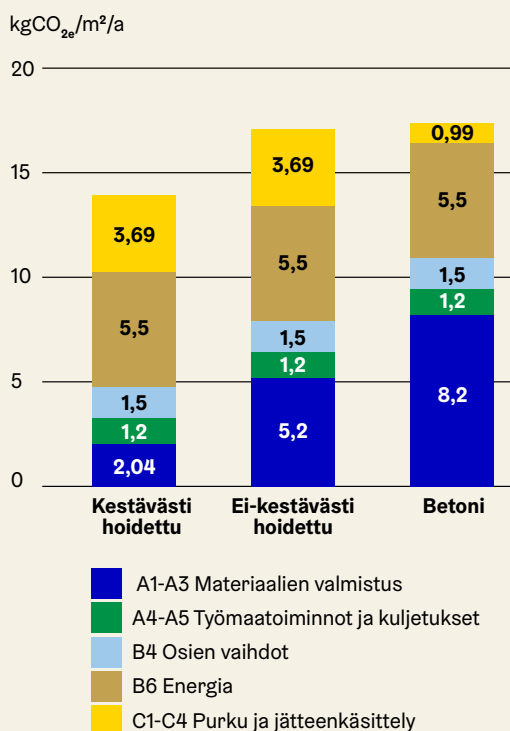
Valitse rakennuksen ja tontin rakenteiksi ja materiaaleiksi pitkäikäisiä sekä helposti huollettavia ja korjattavia tuotteita, joiden vaihtovälit ovat pitkiä.



Puurakenteiden huomioiminen hiilijalanjälkilaskennassa

Eloperäistä hiiltä sisältävien materiaaleja, kuten puu, käsitellään Ympäristöministeriön laskentamenetelmässä eri tavoin riippuen siitä, onko eloperäisen raaka-aineen korjuulla pysyvästi heikennetty ekosysteemin hiilinielua vai ei.

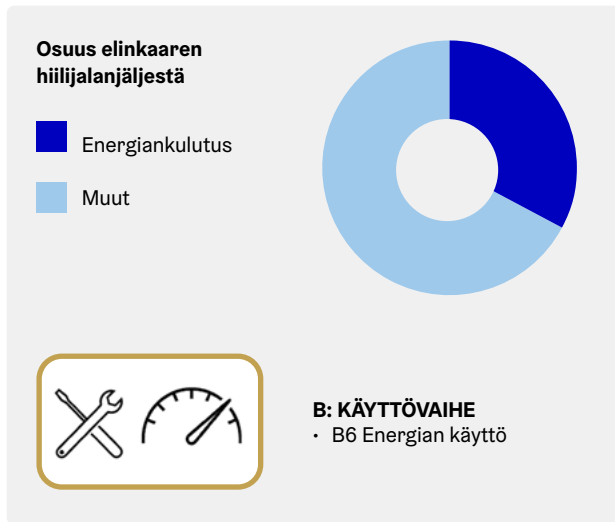
Kuva 9. Esimerkki puu- ja betonirunkoisten rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljestä, kun puu on joko kestävästi hoidetusta metsästä tai ei-kestävästi hoidetusta metsästä.



Esimerkkinä puurakenteet:

- Kun puun korjuulla ei ole pysyvästi heikennetty ekosysteemin hiilinielua, puun sisältämä eloperäinen hiili vähennetään elinkaaren vaiheesta A1–A3, eli tuotteiden valmistusvaiheesta. Ensimmäisessä pylväässä vaiheesta A1–A3 on vähennetty eloperäisen hiilen osuus 3,16 kg/CO_{2e}/m²/a.
- Kun puun korjuulla on pysyvästi heikennetty ekosysteemin hiilinielua, vähennystä ei tehdä (keskimäinen pylvääs).
- Eloperäisen hiilen, riippumatta puun alkuperästä, katsotaan aina vapautuvan elinkaaren lopuksi eli molemmissa puukohteissa (pylväät 1 ja 2) C-vaiheeseen on lisätty 3,16 kg/CO_{2e}/m²/a.
- C-vaihe on siten aina puurakennuksissa betoni-rakennuksia suurempi ja vastaavasti A1–A3-vaihe yleensä aina pienempi.
- Kun vertaillaan eri suunnitteluvaihtoehtoja, tulee siten aina huomioida kaikki elinkaaren vaiheet, jotta eloperäisen hiilen laskennallinen vähentäminen vaiheesta A1–A3 ei vääristä vertailun tuloksia.
- Kohteissa, joissa käytetään paljon puuta, on siis olennaista tietää puun alkuperä, jotta vähennyksen voi tehdä. Ympäristöselosteissa (EPD) selvitetään, vastaako tuotteessa käytetyn puun alkuperänä oleva metsä vaatimusta ja niistä käy siten myös ilmi, onko vähennys tuotteen päästötiedoissa tehty. Rakennustiedon EPD-ympäristöselosteissa ja ilmastoselosteissa on oletettu, että suomalaisista talousmetsistä peräisin oleva puu on alkuperältään vaatimukset täyttävää eli korjuu ei pysyvästi heikennä ekosysteemin hiilinielua ja vähennys on siten tehty. Kun tuotteella on jonkin muun toimijan EPD-ympäristöseloste tai kun puu ei ole alkuperältään suomalaista, tulee asia tarkistaa aina kyseisen tuotteen EPD:stä. SYKE-päästötietokannassa puutuotteille on esitetty tuotteen sisältämä eloperäisen hiilen määrä, jonka voi harkinnan mukaan vähentää vaiheesta A1–A3.

Energiankäytön hiilijalanjälki



Energian käytön osuus rakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjäljestä on noin 25–40 % rakennuksen lämmitysmuodosta sekä energiatehokkuudesta riippuen.

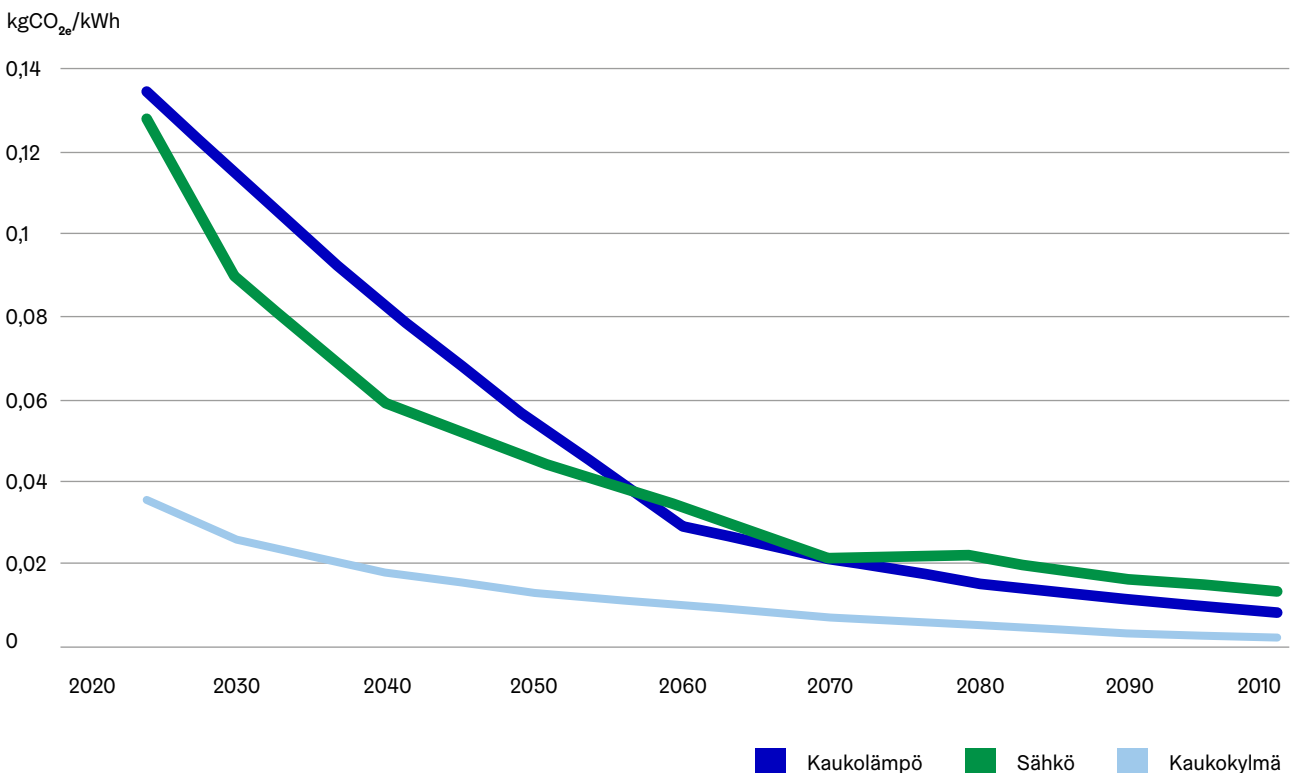
Käytön aikaisen energiankulutuksen hiilijalanjäljen arvioinnissa päästökertoimena käytetään kansallisen päästötietokannan päästökertoimia sähkölle, kaukolämmölle sekä kaukokylmälle.

Päästötietokannan päästöskenaarioissa energian päästökertoimet pienenevät vuosittain. Rakennuksen energiankäytön hiilijalanjälki pienenee siten myös automaattisesti päästökertoimien kautta eli mitä myöhemmin rakennus valmistuu, sitä pienemmät ovat sen käytönaikaisesta energiankäytöstä syntyvät päästöt.

Huom! Rakennusten energian käytön hiilijalanjäljet voivat erota huomattavasti toisistaan, vaikka rakennuksilla olisi sama E-luku. Tämä johtuu siitä, että E-lukulaskennassa käytettävissä energiamuotokertoimissa sähkön kerroin on suurempi kuin kaukolämmön kerroin, kun taas kansallisen päästötietokannan päästöskenaarioissa sähkön päästökerroin on pienempi kuin kaukolämmön.

Päästötietokannan energiaskenaariot päivittyvät mahdollisesti jo vuoden 2024 aikana. Päivityksen myötä todennäköisesti sekä sähkön että erityisesti kaukolämmön päästökertoimet pienenevät. Tämä vaikuttaa merkittävästi hiilijalanjälkilaskennassa käytön aikaisen energiankulutuksen päästöihin ja niiden osuuteen rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljestä.

Kuva 10. Päästötietokannan kansalliset energian päästöskenaariot. (Haettu tietokannasta toukokuussa 2023. Skenaariot päivittyvät mahdollisesti jo vuoden 2024 lopun aikana).



Energiantuotannon paikalliset päästöt

Hankkeissa voidaan tehdä lisäksi vertailutar-kasteluja hyödyntäen paikallisia energia päästö-kertoimia. Niitä tehdessä tulee kuitenkin huomioida, että päästötietokannan päästökertoimet ovat elinkaarisia, eli niissä huomioidaan esimerkiksi energiantuotantolaitosten rakentamisen ja siirtojen päästöt. Kaukolämpölaitosten ilmoittamisissa näitä ei yleensä huomioida. Tietokannan ja energiayhtiöiden ilmoittamat päästötiedot eivät siten ole keskenään vertailukelpoisia.

Käytönaikaisen energiankulutuksen hiilijalanjäljen pienentämisessä olennaista on vähentää rakennuksen energiantarvetta ja erityisesti ostoenergiankulutusta. Energiantarvetta voidaan vähentää hyvällä energiatehokkuudella eli kiinnittämällä huomiota esimerkiksi taloteknisten järjestelmien hyötysuhteisiin, ominaistehoihin, palvelualueisiin ja tarpeenmukaiseen ohjaukseen sekä rakenteelliseen energiatehokkuuteen eli kohtuulliseen aukotukseen, vaipan hyvään tiiveyteen ja rakenteiden lämmöneristävyyteen. Ostoenergiankulutusta pienennetään tuottamalla energiaa itse uusiutuvista energialähteistä kuten aurinkosähköllä tai maaperästä maalämpöjärjestelmällä. Energiatehokkuustoimenpiteiden ja energiamuotojen valintaan vaikuttavat usein päästöjen lisäksi myös kustannukset. Ostoenergiankulutusta pienentävät ratkaisut ovat usein myös elinkaarikustannuksiltaan kannattavia.

Energiankulutuksen optimoinnissa on huomioitava kokonaisuus, ettei energiatehokkuuden myötä heikennetä rakennuksen muita ominaisuuksia. Myös energiankäytön päästöjen kohdalla on tarkasteltava koko rakennuksen elinkaarta. Esimerkiksi energiatehokkuuden parantaminen lisälämmöneristyksellä voi kasvattaa materiaalipäästöjä.

Pientääksesi energiankäytön hiilijalanjälkeä, huomioi ainakin seuraavat:



Varmista hyvä energiatehokkuus taloteknisillä järjestelmillä. Kiinnitä huomiota esimerkiksi järjestelmien ominaistehoihin, hyötysuhteisiin, palvelualueisiin sekä tarpeenmukaiseen ohjaukseen.



Varmista hyvä energiatehokkuus myös rakenteellisesti rakenteiden riittävällä lämmöneristävyydellä sekä vaipan ilmanpitävyydellä.

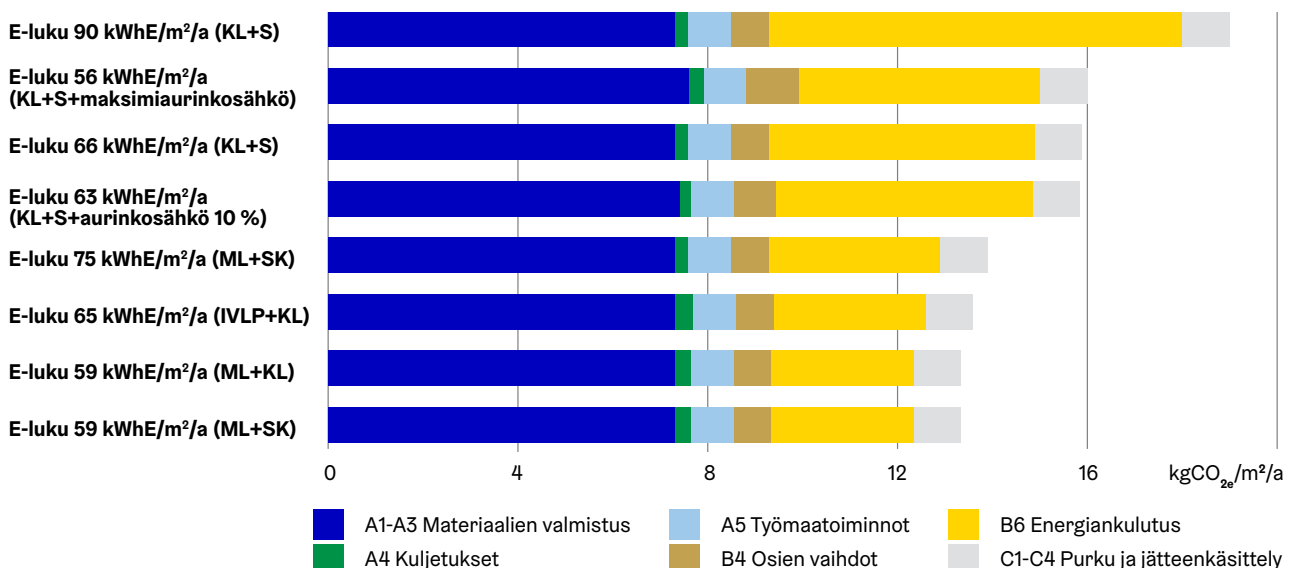


Minimoi ostoenergiankulutus ja kata mahdollisimman suuri osa energiantarpeesta uusiutuvilla energiamuodoilla.



Suuntaa ja sijoittele rakennus tontille niin, että uusiutuvan energian tuotanto (esimerkiksi maalämpö ja aurinkosähkö) ovat mahdollisia ja niille on riittävät tilavaraukset.

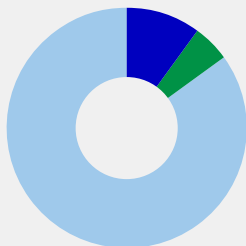
Kuva 11. Tavanomaisen betonirunkoisen, vuonna 2023 käyttöön otetun, asuinrakennuksen vaihtoehtoisten energiaratkaisujen ja E-luvun vaikutus rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. KL= Kaukolämpö, S=verkkosähkö, ML=maalämpö, IVLP= ilmavesilämpöpumppu, SK=sähkökattila. (Arvioitu ympäristöministeriön arviointimenetelmän luonnosversiolla 9/2022)



Kuljetuksien, työmaan energiankulutuksen sekä purkuvaiheen hiilijalanjälki

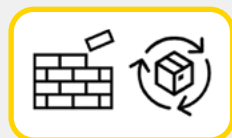
Osuus elinkaaren hiilijalanjäljestä

- Työmaatoiminnot ja kuljetukset
- Purku ja jätteenkäsittely
- Muut



A: RAKENTAMINEN

- A4 Kuljetus työmaalle
- A5 Rakentaminen



C: ELINKAAREN LOPPU

- C1 Purkutyöt
- C2 Kuljetus käsittelyyn
- C3 Jätteenkäsittely
- C4 Loppusijoitus

Materiaalien ja jätteiden kuljetukset eri elinkaaren vaiheissa, työmaan energiankulutus sekä rakennuksen purkaminen ja purkujätteen käsittely muodostavat betonirunkoisen asuinrakennuksen koko elinkaaren hiilijalanjäljestä tyypillisesti yhteensä noin 15 %.

Rakennustyömaalla päästöt muodostuvat pääosin työkoneiden käytöstä (polttoaineet) sekä lämmitykseen ja kuivatukseen kuluva energiasta.

Työmaatoimintojen ja kuljetusten päästöt voidaan arvioida joko päästötietokannan taulukkoarvoilla tai hankekohtaisiin tietoihin perustuen. Mikäli käytetään työmaakohtaisia tarkempia tietoja, tulee näiden lähtötiedot kerätä kattavasti työmaan aikana, eli esimerkiksi seurata ja raportoida työmaatoiminnan energiankulutusta ja polttoaineiden käyttöä.

Vähentääksesi kuljetuksista ja työmaatoiminnoista syntyviä päästöjä huomioi ainakin seuraavat:

Vähentääksesi kuljetuksista ja työmaatoiminnoista syntyviä päästöjä huomioi ainakin seuraavat:



Fossiilisista polttoaineista luopuminen tai niiden vähentäminen rakennustyömaan toiminnoissa ja energiankäytössä sekä ajoneuvokuljetuksissa.



Työmaatoimintojen energiantarpeen vähentäminen, työmaatoimintojen, -laitteiden ja -koneiden sähköistäminen.



Rakennustyömaalla syntyvän jätteen minimointi sekä kierrätys- ja hyötykäyttöasteen parantaminen.



Kuljetusmatkojen lyhentäminen, tarvittavien kuljetusten optimointi ja minimointi.



Rakennuksen monimuotoisuus ja kerroslukumäärä

Rakennuksen monimuotoinen massoittelu kasvattaa hiilijalanjälkeä ulkoseinien pinta-alan kasvaessa eli ulkovaippaa tarvitaan enemmän neliometriä kohden kuin vastaavassa geometrialtaan yksinkertaisemmassa rakennuksessa. Suurempi ulkovaipan ala tarkoittaa siis suurempia materiaalisidonnaisia päästöjä (A1-A3), mutta vaikuttaa myös rakennuksen lämmitysenergiantarpeeseen ja lisää sitä kautta myös energiankäytön päästöjä (B6). Massoittelulla on vaikutusta myös perustusten määrään, joka on merkittävä tekijä rakentamisen päästöissä, vaikka perustukset eivät kuulukaan raja-arvo-ohjauksen piiriin.

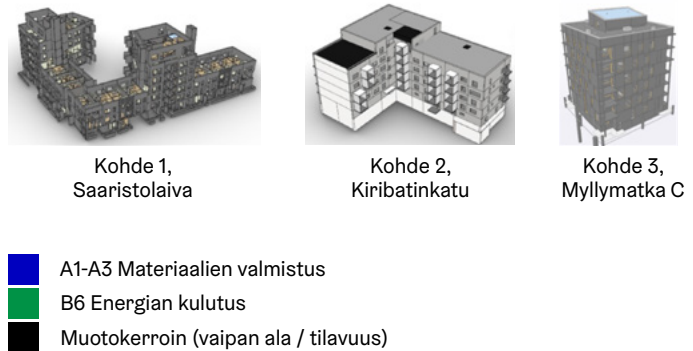
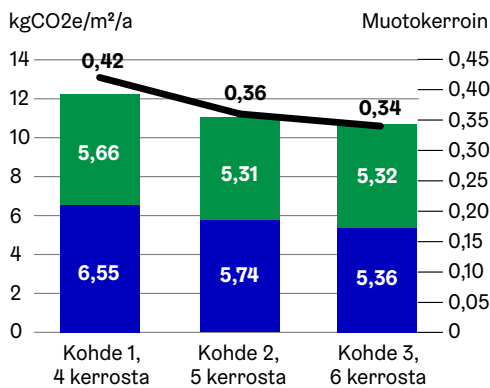
Kuvissa 12 ja 13 on esitetty vertailu kolmen massoittelultaan erilaisen kohteen hiilijalanjälkien välillä. Kohde 1 on *vaipan ala / tilavuus* -muotokertoimen näkökulmasta kohteista monimuotoisin. Myös sen hiilijalanjälki on vertailluista suurin.

Tarkastelussa on huomioitu kantavan rungon sekä vaipparakenteiden vaiheissa A1-A3 syntyvät päästöt

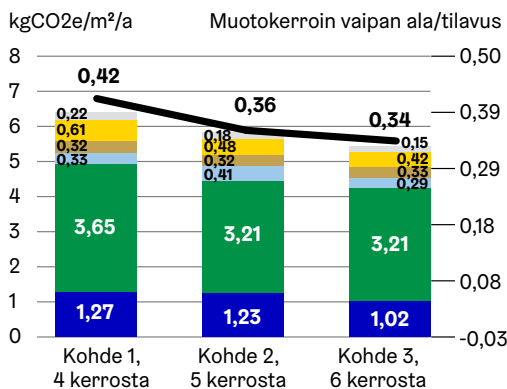
sekä energiankäytön (B6) päästöt. Rakennusosiin liittyvä tarkastelu on tehty Rambollin Fenix by Ramboll -työkalulla ja energiankulutus on määritetty energiasimulointiohjelmalla. Kaikissa kohteissa on käytetty samoja ulkoseinän sekä ala-, ylä- ja välipohjien rakennetyyppejä massoittelusta syntyvien erojen vertailemiseksi. Tuloksena saadut hiilijalanjäljet eivät ole absoluuttisen tarkkoja, mutta mahdollistavat vertailun samoin periaattein laskettujen kohteiden välillä.

Monimuotoista massoittelua enemmän rakennuksen hiilijalanjälkeen näyttäisi kuitenkin vaikuttavan rakennuksen kerroslukumäärä. Matalilla rakennuksilla on keskimäärin suurempi hiilijalanjälki kuin korkeammilla. Tämä johtuu siitä, että ala- ja erityisesti yläpohjarakenteen hiilijalanjälki ($\text{kgCO}_2\text{e}/\text{rakenne-m}^2$) on suurempi kuin välipohjan hiilijalanjälki. Mitä vähemmän rakennuksessa on kerroksia, sitä enemmän siinä on yläpohjaa suhteessa välipohjiin, joten matalampien rakennusten materiaalisidonnaiset päästöt ovat usein suuremmat kuin pinta-alaltaan vastaavan monikerroksisemmän rakennuksen, jossa yläpohjaa on suhteessa vähemmän ja välipohjaa enemmän.

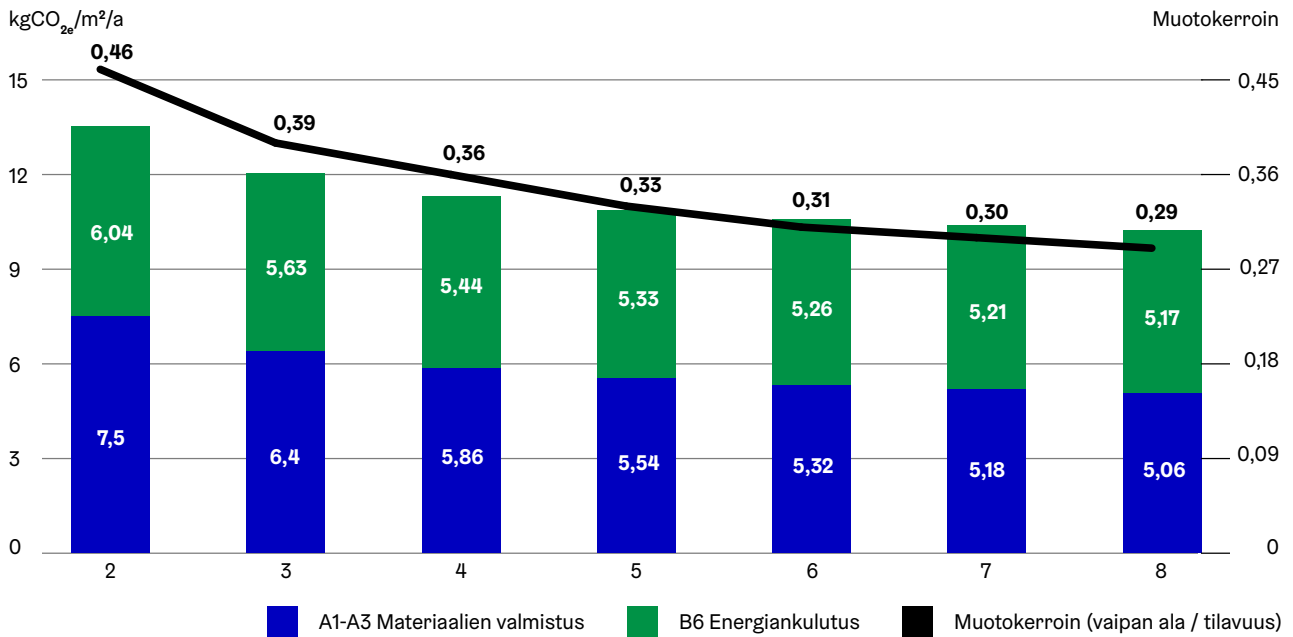
Kuva 12. Massoittelun vaikutus elinkaaren hiilijalanjälkeen. Kohteiden A, B ja C geometriamallit on esitetty kuvassa oikealla.



Kuva 13. Kuvaajassa ja taulukossa oikealla esitetään tarkemmin edellisen kuvaajan kohteiden 1-3 rakennusmateriaalien valmistusvaiheen (A1-A3) päästöjen jakautuminen eri rakennusosiin.



Muotokerroin (vaipan ala / tilavuus)	Kohde 1, 4 kerrosta	Kohde 2, 5 kerrosta	Kohde 3, 6 kerrosta
Muotokerroin (vaipan ala / tilavuus)	0,42	0,36	0,34
Alapohja	0,22	0,18	0,15
Yläpohja	0,61	0,48	0,42
Välipohjat	0,32	0,32	0,33
Parvekkeet	0,33	0,41	0,29
Runko	3,65	3,21	3,21
Ulkoseinät	1,27	1,23	1,02



Kuva 14. Tarkastelu erään rakennuksen (lamelli) kerroslukumäärän vaikutuksesta rakennusmateriaalien valmistamisesta aiheutuviin päästöihin per rakennuksen nettoala, kun kerroslukumäärää kasvatetaan kahdesta kahdeksaan. Tarkastelussa ei ole huomioitu kerroslukumäärän vaikutusta rakennuksen kokonaispainoon ja sitä kautta perustuksiin. Niiden vaikutus on kuitenkin oletettu varsin pieneksi. Tarkastelu tehty samoilla periaatteilla kuin edellisessä kuvaajassa esitetyt tulokset.

Hiilijalanjäljen kanssa korreloiva monimuotoisuuden tunnusluku

Parhaiten hiilijalanjäljen kanssa korreloivana monimuotoisuuden tunnuslukuna näyttäisi toimivan yläpohjan suhde nettoalaan kerrottuna vaipan alan suhteella rakennuksen tilavuuteen. Eli mitä suurempi tämä luku on, sitä suurempi hiilijalanjälki pinta-alaa kohti muodostuu.

$$\frac{\text{Yläpohjan ala}}{\text{Nettoala}} \times \frac{\text{Vaipan ala}}{\text{Tilavuus}}$$

Yläpohjan pinta-alan suhde nettoalaan kertoo rakennuksen kerroslukumäärästä. Mitä suurempi suhde on, sitä vähemmän rakennuksessa on kerroksia ja sitä suurempi on myös hiilijalanjälki. Vaipan alan suhde tilavuuteen taas kuvaa rakennuksen massoittelevuutta eli kuinka paljon ulkovaippaa on suhteessa rakennuksen kokonaistilavuuteen. Myös ulkovaipan ala korreloi hiilijalanjäljen kanssa. Joten, mitä suurempi näiden tekijöiden tulo on, sitä suurempi on myös rakennuksen hiilijalanjälki.

Huom! Kerroslukumäärän kasvattaminen pienentää materiaalisidonnaisia ominaispäästöjä tiettyyn rajaan asti. Kun lähestytään selkeästi korkeampaa rakentamista alkavat vaakavoimat, rakenteiden kokonaispaino sekä muut seikat dominoida ja hiilijalanjälki pinta-alan suhteessa kasvaa.

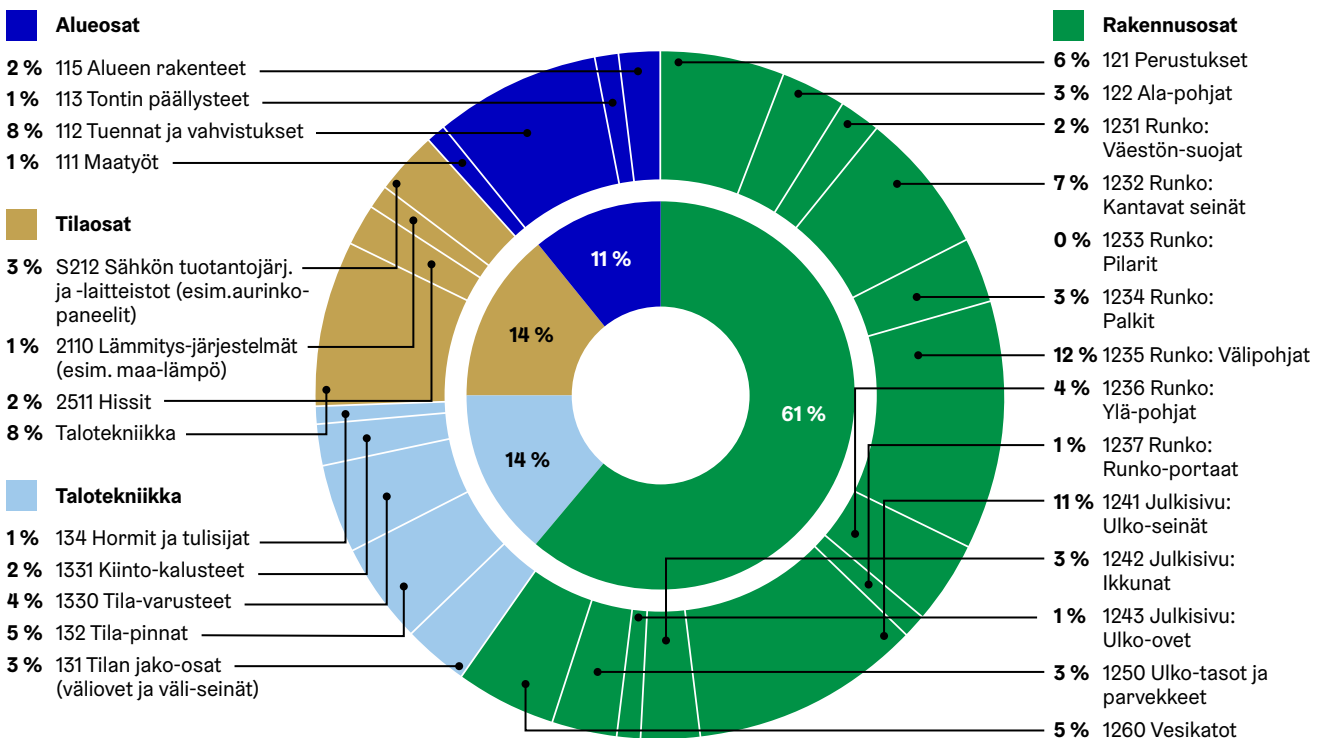


Hiilijalanjäljen ohjaaminen rakennusosittain

Oppaan tässä osassa esitetään rakennuksen sekä rakennuspaikan elinkaaren vaiheiden A1-A3 ja B4 hiilijalanjäljen muodostuminen rakennusosittain. Luvussa esitetään myös keinoja kunkin rakennusosan hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Kuvassa alla sekä kappaleissa esitetyt keskimääräiset päästöosuudet kullekin rakennusosalle perus-

tuvat Asuntotuotannon hankkeissa tehtyihin noin 40:een asuinkerrostalon hiilijalanjälkilaskentaan, joissa runkorakenteena on ollut kantavilla seinillä toteutettu betonirunko. Toisella runkoratkaisulla jakauma voisi olla hieman erilainen, mutta kuvaaja edustaa hyvin perinteistä betonikerrostaloa.



Kuva 15. Rakennusmateriaalien muodostaman (A1-A3, B4) hiilijalanjäljen keskimääräinen jakautuminen rakennusosittain sekä rakennuspaikka huomioiden ATT:n tilastoihin pohjautuen. Huom.! Rakennusosan hiilijalanjäljen osuus on aina hankekohtainen ja riippuu esim. runkojärjestelmästä, muodosta ja laajuudesta sekä tontin olosuhteista.

Runkorakenteet

Alapohja

Alapohjien osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on yleensä alle 5 %, keskimäärin noin 2–4 % riippuen rakennuksen muodosta, runkoratkaisuista sekä kerrosten lukumäärästä.

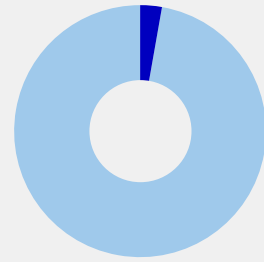
Alapohjalla on tyypillisesti pienempi vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen kuin väli- ja yläpohjalla. Alapohjarakenteiden osuus kokonaishiilijalanjäljestä on suurempi massoitteeltaan yksinkertaisemmissa ja matalissa rakennuksissa, joissa välipohjia ja yläpohjaa on suhteessa vähemmän.

Alapohjan hiilijalanjälkeen vaikuttavat merkittävimmin alapohjan teräsbetoniset rakennusosat, eli ontelolaatta tai paikallavaletun rakenteen betoni ja teräs. Myös tasoitteet, eristeet ja sepeli/sora vaikuttavat alapohjan hiilijalanjälkeen.

Asuinkerrostaloissa tavallisesti käytettyjä alapohjatyyppejä ovat maata vasten valettu alapohja sekä tuulettuva ontelolaatta-alapohja. Ontelolaatta-ala-

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

Alapohja
Muut



pohjarakenteen hiilijalanjälki per rakenne-m² on hie- man pienempi kuin valetun alapohjan. Tuulettuvassa alapohjarakenteessa on kuitenkin maanvaraista korkeampi sokkeli, joten vaikutus kokonaishiilijalan- jälkeen on tarkasteltava kokonaisuutena.

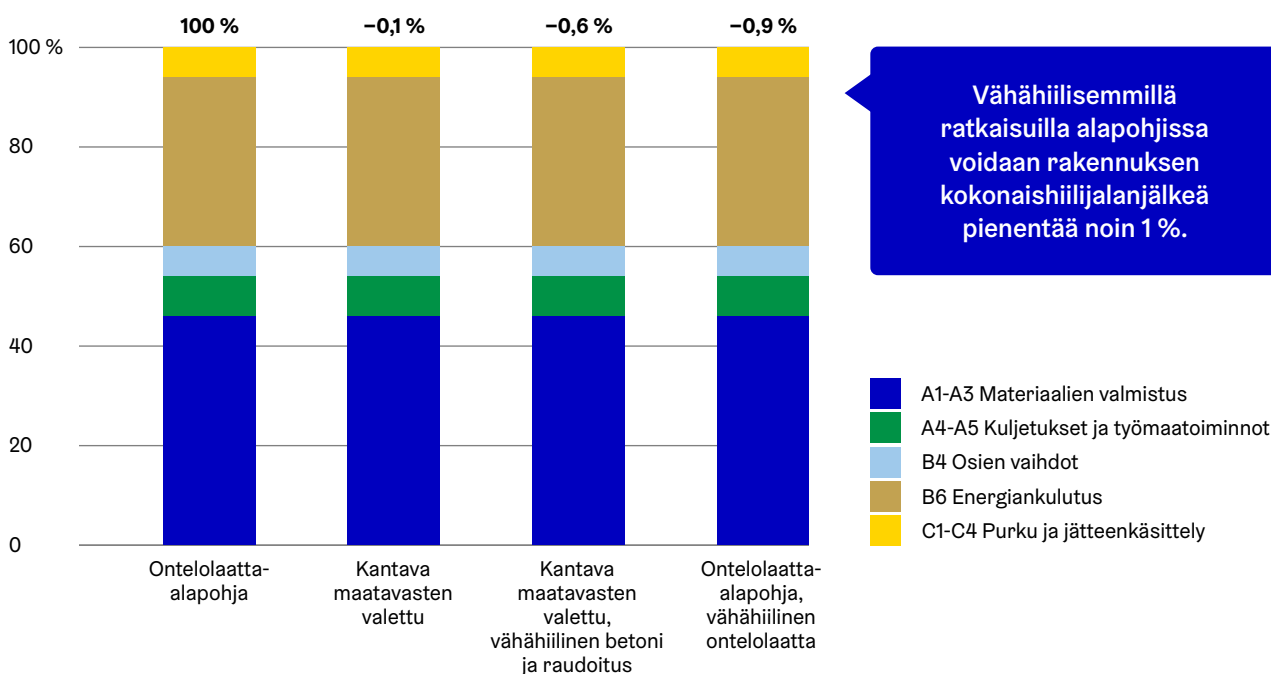
Alapohjarakenteen materiaaleihin ja rakennepak- suuksiin ja siten myös sen hiilijalanjälkeen vaikuttavat rakennetyypin lisäksi esimerkiksi askeläänieristys sekä lattialämmityksen lämmitysputket. Näillä on kuitenkin merkittävä vaikutus asuntojen asumisviih- tyvyyteen ja lattialämmityksellä myös rakennuksen energiatehokkuuteen.

Maanvarainen alapohja	Tuulettuva ontelolaatta-alapohja
129 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	118 kgCO _{2e} /rakenne-m ²
<ul style="list-style-type: none"> ■ Betoni C25/30, 240 mm 85 % ■ Teräs, 35 kg/m² 25 % ■ EPS 100 lattia, 150 mm, λ=0,036 W/mK 8,9 % ■ Sepeli/sora 6,88 % ■ Muut 2,9 % 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Betoni C25/30, 240 mm 85 % ■ Teräs, 35 kg/m² 25 % ■ EPS 100 lattia, 150 mm, λ=0,036 W/mK 8,9 % ■ Sepeli/sora 6,88 % ■ Muut 2,9 %

Puurakenteisilla alapohjilla on teräsbetonisia rakenteita pienempi hiilijalanjälki. Puurakenteiden kohdalla on kuitenkin huomioitava rakenteiden kestävyys, huollettavuus sekä vaikutukset muiden rakenteiden kuormiin. Muita päästövähennyskeinoja ovat esimerkiksi vähähiilisten teräsrudoitteiden tai EPS-eristeiden käyttäminen. Alapohjarakenteen lämmöneristävyyttä, ja tätä kautta rakennuksen

käytön aikaisen energiankulutuksen hiilijalanjälkeä, on mahdollista parantaa esimerkiksi vaahtolasilla tai kevytsoralla, kuitenkin huomioiden toimenpiteen materiaalisidonnaisia päästöjä lisäävä vaikutus. Esimerkkilaskelmiin perustuen rakenteen hiilijalanjälkeä voidaan vähentää vähäpäästöisten tuotteiden avulla jopa 35 % alapohjaneliötä kohden.

Kuva 16. Ontelolaatta-alapohjan ja paikalla valetun välipohjan toteutuksen vaikutus koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. Vaihtoehtoisissa ratkaisuissa ontelolaatta on korvattu vähähiilisellä ontelolaatalla ja paikallavalettu betoni sekä rudoitus on korvattu vähähiilisemmällä materiaaleilla.



Pienentääksesi alapohjien muodostamaan hiilijalanjälkeä, huomioi ainakin seuraavat:

- ➔ Optimoi tarvittavaa materiaalmäärää: kevennä mahdollisuuksien mukaan rakennetta ja vähennä hiili-intensiivisten materiaalien, kuten betonin ja teräksen, määrää.
- ➔ Käytä vähähiilistä betonia ja terästä paikallavaluissa tai elementeissä. Tarkastele mahdollisuutta hyödyntää puurakenteita.
- ➔ Valitse perustusten materiaaleiksi vähähiilistä terästä ja betonia. Tarkastele mahdollisuutta toteuttaa paaluja puisina.
- ➔ Valitse rakenteeseen vähähiilisempiä, esimerkiksi kierrätysmateriaaleja sisältäviä eristeitä. Tarkastele eristeiden valinnassa tarvittavan eristeiden määrän, lämmönjohtavuuden sekä tuotteen hiilijalanjäljen suhdetta.

Kantavat ja kevyet väliseinät

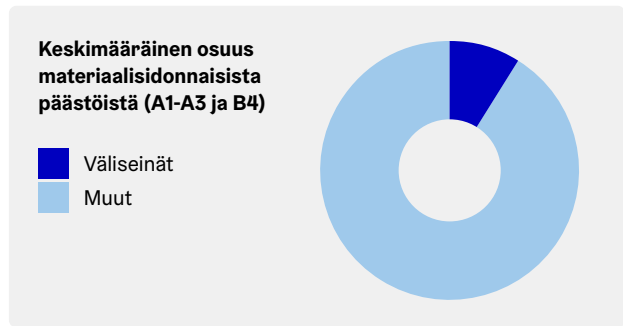
Väliseinien osuus rakennuksen ja rakennuspaikan yhteenlasketusta rakennusmateriaalien hiilijalanjäljestä on 10–15 % kantavilla seinillä toteutetussa asuinkerrostalossa.

Väliseinien osuuteen vaikuttavat rakennuksen muoto, asuntojakauma sekä runkoratkaisu. Tyypillinen asuinkerrostalon runko toteutetaan kantavilla ulko- ja väliseinillä, jolloin kantavien väliseinien osuus hiilijalanjäljestä on suurempi kuin esimerkiksi pilari-palkki-runkoisessa rakennuksessa, jossa kantavia väliseiniä on vähemmän.

Kantavat väliseinät

Kantavat väliseinät ovat tyypillisesti teräsbetonisia. Tällöin hiilijalanjälkeen vaikuttavat merkittävimmin teräsbetoniset rakennusosat, eli seinäelementit tai paikallavaletut betoniseinät teräsraudoitteineen.

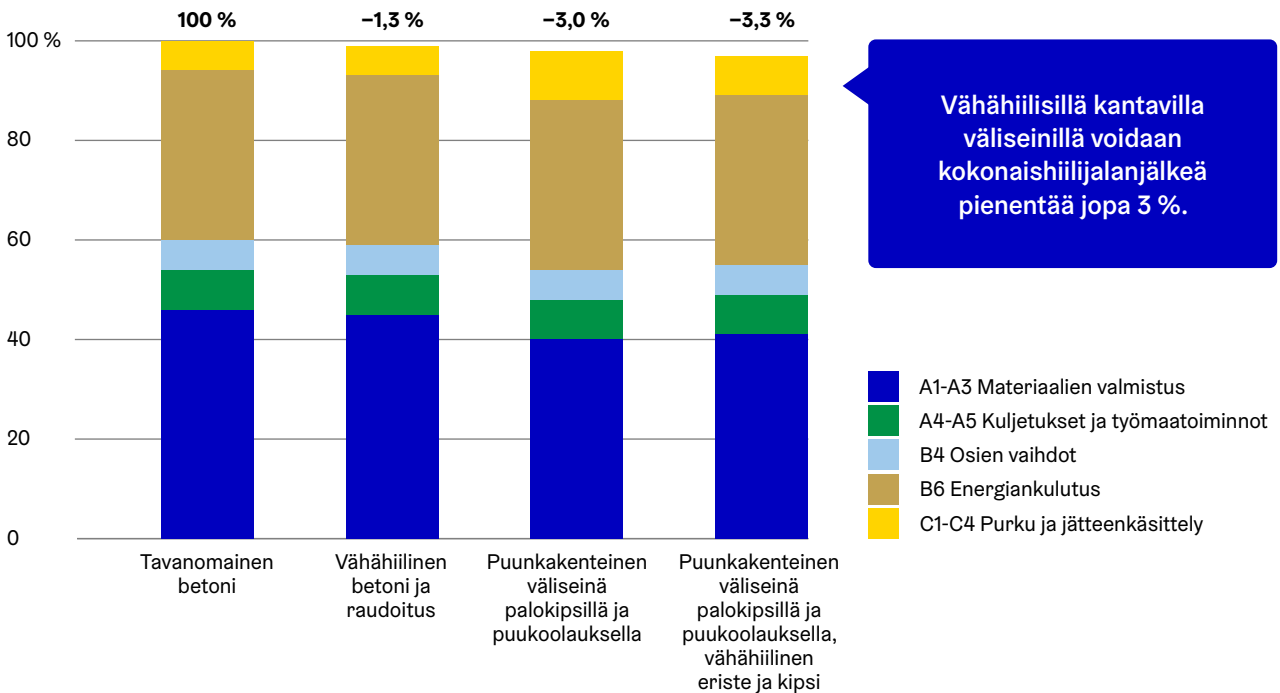
Esimerkkilaskelmiin perustuen rakenteen hiilijalanjälkeä voidaan vähentää vähäpäästöisten tuotteiden avulla jopa 30–40 % väliseinäneliötä kohden.



Kantava betoniväliseinä	Kantava puuväliseinä
78 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	30 kgCO _{2e} /rakenne-m ²
<ul style="list-style-type: none"> ■ Teräsbetonilaatta, 200 mm 89 % ■ Teräs, 8,5 kg/m² 8,5 % 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Palokipsilevy, 2x15 mm 54 % ■ Mineraalivilla, 70 mm, (kivivilla) 41 % ■ Puukoolaukset (48x98 k400, 48x98 k400) 5 %



Kuva 17. Kantavan väliseinärakenteen vaihtoehdoisen toteutuksen vaikutus koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. Vaihtoehdoisissa ratkaisuisa teräsbetoninen kantava seinä on korvattu vähähiilisellä betonilla ja teräksellä. Vaihtoehdoisessa puurakenteisessa seinässä palokipsit sekä eriste on korvattu vähähiilisemmillä materiaaleilla. Huom.! Puurakenteiden kantava väliseinä ja betoninen kantava seinä eivät ole suoraan vertailukelpoisia rakenneteknisten ominaisuuksiensa takia.



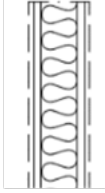

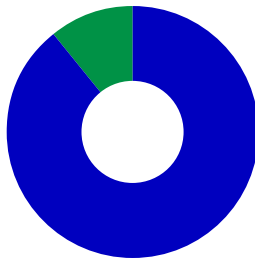
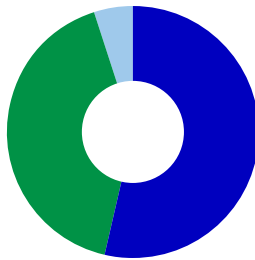
Pientääksesi kantavien väliseinien hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- ➔ Minimoi kantavien väliseinien määrä. Tarkastele tilojen sijoittelua väliseinätarpeen näkökulmasta: voiko tiloja sijoitella niin, että raskaita väliseinä tulee mahdollisimman vähän
- ➔ Käytä vähähiilistä betonia ja terästä paikallavaluissa tai elementeissä. Tarkastele mahdollisuutta hyödyntää puurakenteita.
- ➔ Toteuta rakenteita vähähiilisemmillä materiaaleilla, kuten vähähiilisellä betonilla ja teräksellä. Tarkastele mahdollisuuksia lisätä puurakenteita osana toteutusta.

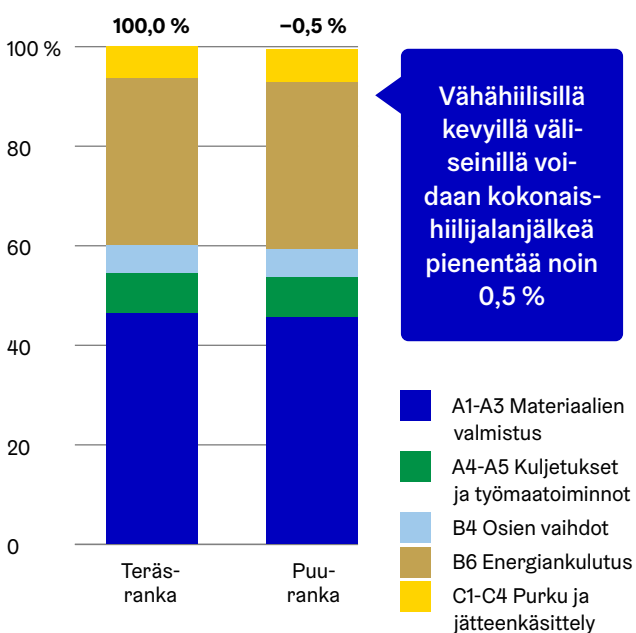
Kevyet väliseinät

Kevyissä levyrakenteisissa väliseinissä hiilijalanjälkeen vaikuttavat merkittävimmin kipsilevyt, rakennuslevyt, eristeet ja rakenteen puinen tai teräksinen rankarakanne. Kivirakenteisissa muuratuissa seinissä hiilijalan-

jälkeen vaikuttavat merkittävimmin muurauksessa käytetyt kalkkihiekkatiilet tai kevytsoraharkot. Muita tyypillisiä hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä kevyissä väliseinissä ovat tasoitteet, vedeneristysaineet ja pintamateriaalit.

Kevyt kipsiväliseinä	Muurattu märkätilan väliseinä
13 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	41 kgCO _{2e} /rakenne-m ²
	
 <ul style="list-style-type: none"> Teräsbetoni-laatta, 200 mm 89 % Teräs, 8,5 kg/m² 8,5 % 	 <ul style="list-style-type: none"> Palokipsilevy, 2x15 mm 54 % Mineraalivilla, 70 mm, (kivivilla) 41 % Puukoolaukset (48x98 k400, 48x98 k400) 5 %

Kuva 18. Kevyen väliseinärakenteen toteutuksen vaikutus koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen.



Pientääksesi kevyiden väliseinien hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- ➔ Tarkastele mahdollisuuksia sijoitella tiloja väliseinätarpeen vähentämiseksi. Esimerkiksi sijoittamalla märkätiloja vastakkain, voidaan vähentää tarvittavien märkätilaseinien määrää.
- ➔ Hyödynnä mahdollisuuksien mukaan puurakenteita esimerkiksi väliseinärangan toteutuksessa. Kuitukipsilevyillä voi korvata esimerkiksi kaksoiskipsilevyn.
- ➔ Valitse kierrätysmateriaalisältöisiä materiaaleja, kuten kierrätysisältöisiä kipsilevyjä. Huomioi suunnittelussa myös rakenteiden korjattavuus sekä ehjänä purettavuus tilojen muunneltavuuden mahdollistamiseksi.

Pilarit ja palkit

Pilarien ja palkkien osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on keskimäärin noin 3 %, kun rakennuksen runkojärjestelmä perustuu kantaviin seiniin.

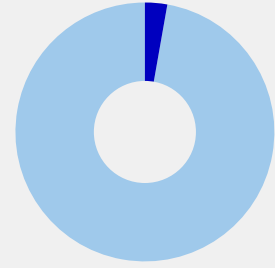
Toimitilat ja korkeat tornimaiset rakennukset toteutetaan tavallisesti pilari-laatta-runkoisina, joissa rakennuksen kuorma jaetaan pilareille ja laajoille laattakentille ja kantavien väliseinien määrä on siten vähäinen. Tämän tyyppisissä rakennuksissa pilareiden osuus hiilijalanjäljestä on myös luonnollisesti suurempi. Muodostuvaan hiilijalanjälkeen vaikuttavat erityisesti rakennuksen jänneväli ja kerroskorkeus.

Palkit ja pilarit toteutetaan pääsääntöisesti teräksestä ja betonista, jotka ovat hiili-intensiivisiä materiaaleja. Hiilijalanjäljen tarkastelussa on kuitenkin tärkeää tarkastella koko rungon ja siihen liittyvien rakennusosien muodostamaa kokonaisuutta. Pilareilla ja palkeilla on vaikutusta esimerkiksi välipohjiin, ulkoseiniin sekä kantaviin väliseiniin. Pitkät jännevälit, jotka mahdollistavat tilojen muunneltavuuden ja kantavien väliseinien määrän vähentämisen, kasvattavat tarvetta siirtää kuormia ulkoseinille, pilareille ja palkeille. Tämä taas kasvattaa näiden massaa ja sen myötä hiilijalanjälkeä.

Yksittäisten vertailujen perusteella pilarilaattarunkoisien rakennuksen hiilijalanjälki olisi pienempi kuin rakennuksen, jossa runko perustuu kantaviin seiniin. Vaihtoehtoiset runkoratkaisut ja niiden hiilijalanjäljet on kuitenkin tarkasteltava aina rakennuskohtaisesti.

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

Pilarit ja palkit
Muut



Pientääksesi pilari- ja palkkirakenteiden muodostamaa hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:



Optimoi tarvittavien pilareiden ja palkkien määrä huomioiden myös vaikutukset muihin rakenteisiin.



Optimoi pilarien ja palkkien tarvitseman materiaalin määrä keventämällä niiden kuormia, esim. puurakenteilla.



Korvaa hiili-intensiivisiä materiaaleja vähähiilisillä, kuten vähähiilisellä betonilla ja teräksellä tai puulla.



Välipohjat

Välipohjien osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä asuinkerrostaloissa on keskimäärin 10–15 %.

Välipohjat ovat rakennuksen hiilijalanjäljen näkökulmasta merkittävä erityisesti korkeammissa kerrostaloissa, joissa välipohjarakennetta on paljon suhteessa ylä- ja alapohjiin.

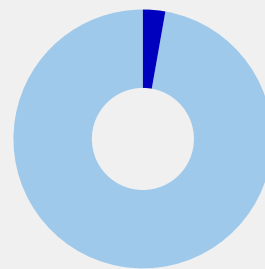
Välipohjarakenne toteutetaan yleensä paikalla valettuna teräsbetonilaattana, ontelolaattarakenteena tai puurakenteena.

Betonisissa välipohjarakenteissa rakenteet päästöt syntyvät lähinnä betonilaatasta. Puuvälipohjissa merkittävämpiä ovat muut materiaalit, kuten tasoite, kipsilevyt ja villa.

Välipohjarakenteen päästöjen vähentämisessä materiaalmäärien optimointi ei yleensä onnistu,

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

■ Välipohjat
■ Muut



koska rakenteen paksuus määräytyy esimerkiksi akustisten ominaisuuksien perusteella.

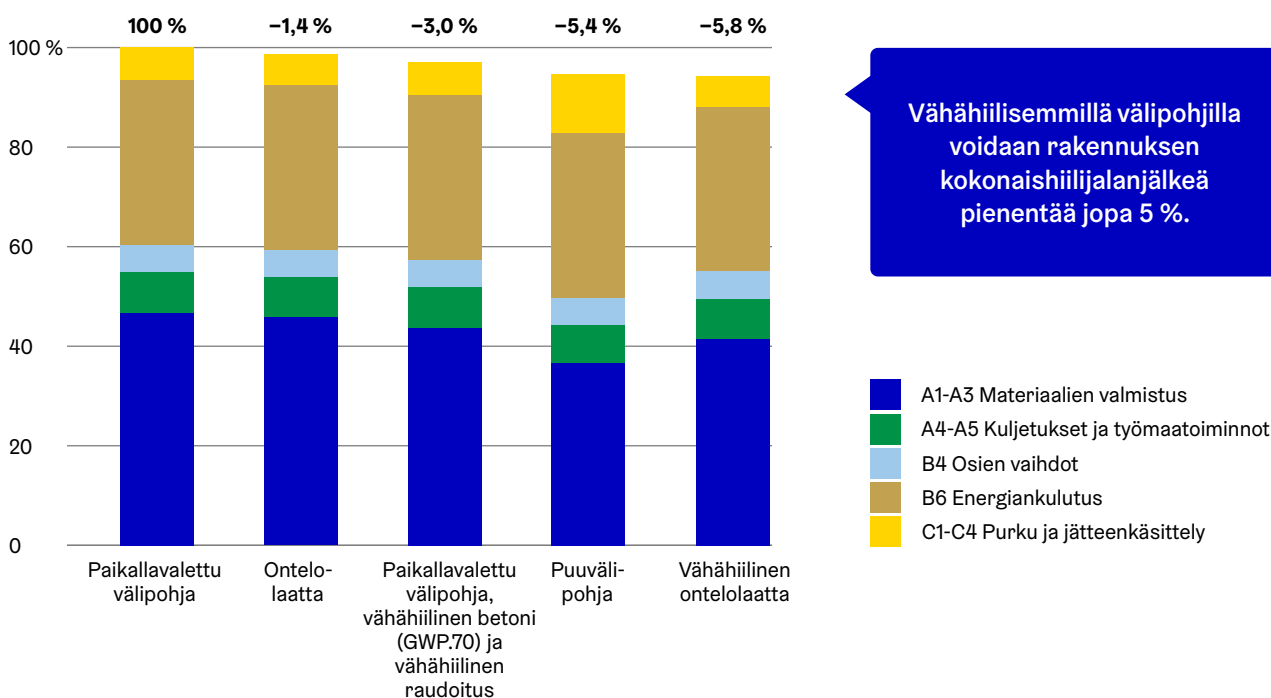
Pääsääntöisesti ontelolaattavälipohjalla päästään paikallavalettua välipohjaa pienempään rakennuksen kokonaishiilijalanjälkeen, koska ontelolaatassa on vähemmän betonia kuin massiivilaatoissa. Betonisten välipohjien päästöjä voidaan pienentää vähähiilisillä betonituotteilla.

Ontelolaattavälipohja	Massiivilaattavälipohja	Puuvälipohja
102 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	121 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	55 kgCO _{2e} /rakenne-m ²
<p>■ Ontelolaatta, 370 mm 89 % ■ Lattiatasoite 11 %</p>	<p>■ Betoni C25/30, 300 mm 91 % ■ Teräs, 8,5 kg/m² 7 % ■ Lattiatasoite 2 %</p>	<p>■ Tasoite, 40 mm 42 % ■ Muut 22 % ■ Palokipsilevy 2x15 mm 13 % ■ Mineraalivilla, 70 mm, (kivivilla) 12 % ■ OSB, 15 mm 9 %</p>

Välipohjarakenne linkittyy kiinteästi myös muihin rakennusosiin, joten niidenkin hiilijalanjälkeä on tarkasteltava aina osana kokonaisuutta. Esimerkiksi ontelolaattavälipohjalla päästään usein pidempiin jänneväleihin, joka taas vaikuttaa muiden rakenteiden mitoittamiseen ja pienempiin materiaalmääriin. Tai jos tarkastellaan pelkkää välipohjarakenteen hiilijalanjälkeä, paikalla valetun välipohjan tai puuvälipohjan hiilijalanjälki voi olla pienempi kuin ontelolaattavälipohjan, mutta kun huomioidaan välipohjarakenteen vaikutukset myös esimerkiksi kantavien seinien, ulkoseinien sekä perustusten määrään, voi paikalla valetut tai puuvälipohjat johtavat ontelolaattoja suurempaan kokonaishiilijalanjälkeen.

Asuinkerrostalojen akustisten vaatimusten vuoksi puiset välipohjat ovat rakenteeltaan yleensä merkittävästi betonisia välipohjia paksumpia (520–670 mm vs. 390 mm). Välipohjan paksuus vaikuttaa kerroskorkeuteen ja sitä kautta rakennuksen ulko- ja väliseinien määrään ja niiden materiaalmienerkkiin. Puuvälipohja edellyttää myös betonista välipohjaa lyhyempiä jännevälejä ja sitä kautta enemmän materiaaleja, jolloin kokonaisvaikutukseltaan vähähiilinen puuvälipohja voikin johtaa suurempaan hiilijalanjälkeen ja kääntäen vähähiilisellä betonilla toteutettu ontelolaattavälipohja puuvälipohjaa pienempään hiilijalanjälkeen.

Kuva 19. Välipohjarakenteen vaihtoehtoisen toteutuksen vaikutus koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. Huom.! Vertailu ei ota huomioon välipohjarakenteen vaikutusta esimerkiksi jänneväliin tai väliseinien määrään. Tarkastelu tulee aina tehdä kohdekohtaisesti huomioiden kaikki ristikkäiset vaikutukset.



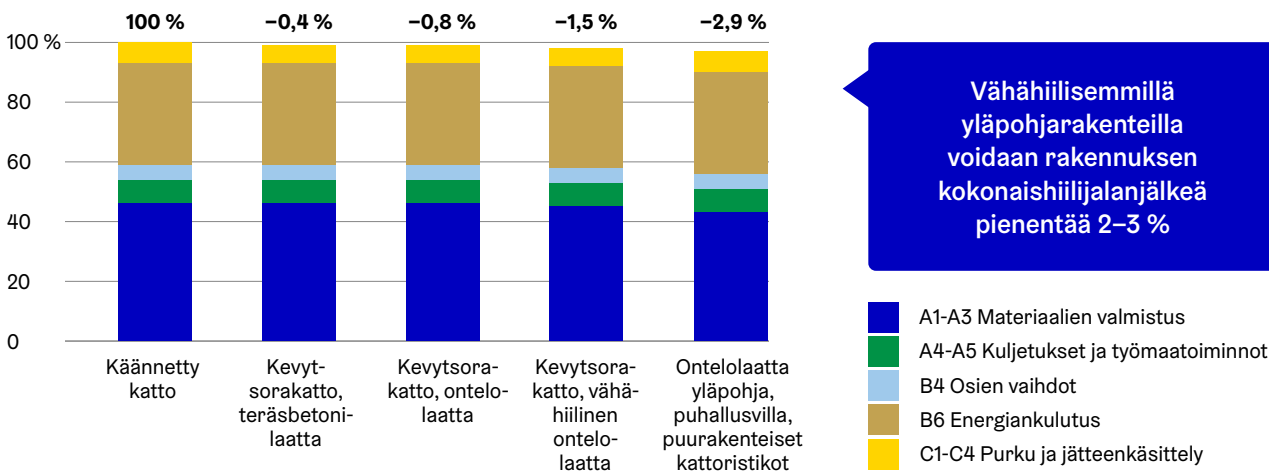
Pientääksesi välipohjien hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- ➔ Arvioi rakenteiden vaihtoehtoisten toteutuksen vaikutus kokonaisuuteen: Miten rakenne vaikuttaa jänneväleihin? Lisääkö se materiaalmienerkkiä muualla?
- ➔ Arvioi voiko rakenteen toteuttaa mahdollisimman kevyenä sekä vähentäen myös materiaalmäärän tarvetta muissa rakenteissa.
- ➔ Toteuta rakenne mahdollisuuksien mukaan vähähiilisemmillä materiaaleilla kuten vähähiilisellä betonilla ja teräksellä.

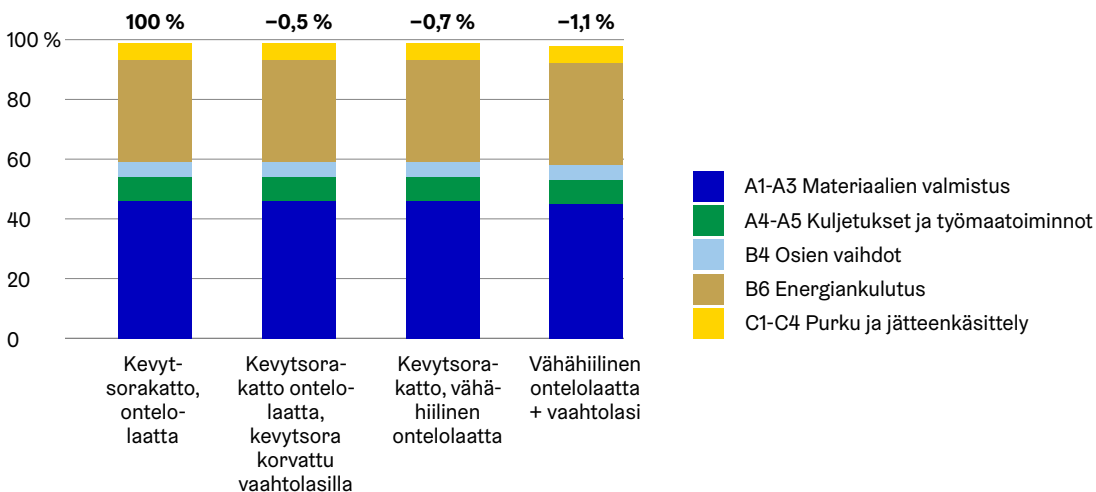
Yläpohjan ja vesikaton hiilijalanjäljen pienentämissä keskeisiä toimenpiteitä ovat puurakenteiden ja vähähiilisen betonin käyttö, sekä kevytsoran vaihtaminen vahtolasimurskeeseen. Puinen yläpohja on rakennevaihtoehdoista vähäpäästöisin etenkin, jos siinä käytetään eristeenä vähäpäästöistä puhalluslasiavillaa tai ekovillaa. Kevytsorakatto ontelolaatalla on vähähiilisempi kuin teräsbetonilaatalla.

Muita päästövähennyskeinoja, joilla on kuitenkin kokonaishiilijalanjälkeen vain pieni vaikutus, ovat esimerkiksi vähäpäästöisempien eristeiden valinta (kierrätyslasipohjainen lasivillaeriste, ekovilla, vähäpäästöinen kivivilla) sekä kattopinnoitteissa, esimerkiksi bitumikermikate, joissa osa valmistusmateriaaleista on korvattu biopohjaisilla raaka-aineilla ja kierrätysmateriaalilla.

Kuva 20. Yläpohjarakenteen vaihtoehtoisten toteutustapojen vaikutus koko rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen.



Kuva 21. Kevytsoralla eristetyssä ontelolaattayläpohjarakenteessa toteutettavien vähähiilisysoimenpiteiden vaikutus rakennuksen hiilijalanjälkeen.



Pientääksesi yläpohjien hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- Suunnittele rakenne mahdollisimman kevyeksi, jolloin rakenteeseen tarvittavaa materiaalmäärää sekä muille rakenteille siirtyvää kuormaa minimoidaan.
- Huomioi IV-konehuoneen sijoittamisessa sen vaikutukset materiaalmääriin yläpohjassa esim. putkivetojen vaikutus eristekerroksen paksuuteen.
- Valitse materiaaleiksi vähähiilisempiä vaihtoehtoja, kuten puuta, vähähiilistä betonia ja terästä, sekä vähähiilisiä eristeitä erityisesti kevytsoraa korvaamaan.

Ulkoseinät ja julkisivut

Ulkoseinärakenteiden, julkisivumateriaalien, ikkunoiden ja ulko-ovien osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on noin 15 % asuinkerrostoissa, joissa runkoratkaisu on toteutettu kantavina seininä.

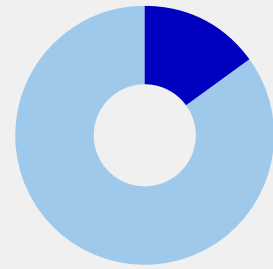
Ulkoseinän ja julkisivun osuus kokonaishiilijalanjäljestä on sitä suurempi, mitä monimuotoisempi rakennus on ja mitä enemmän ulkoseinää on suhteessa rakennuksen pinta-alaan.

Ulkoseinärakenteen päästöihin vaikuttavat eniten rakenteissa käytetty betoni ja tiili. Eristeiden osuus kokonaisuudesta on pienempi.

Ulkoseinän rakennetyyppi ja ikkunapinta-ala vaikuttavat paitsi materiaalipäästöihin, mutta myös rakennuksen energiatehokkuuteen ja sitä kautta rakennuksen energiantulutuksesta syntyviin päästöihin. Rakenteen heikompi lämmöneristävyys johtaa suurempiin käytön ajan päästöihin eikä ulkoseinärakenteessa saavutettu

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

■ Ulkoseinät ja julkisivut
■ Muut

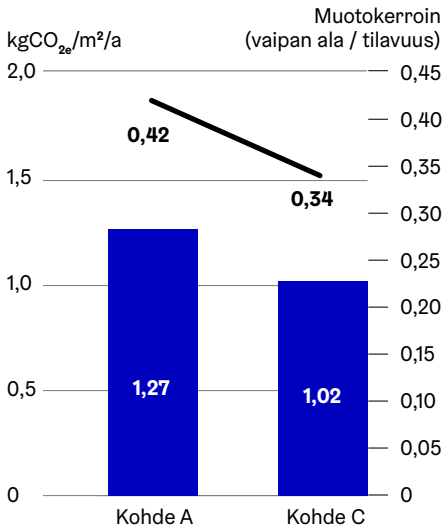


päästösäästö todennäköisesti riittää kompensoimaan suurempia käytönaikaisia päästöjä.

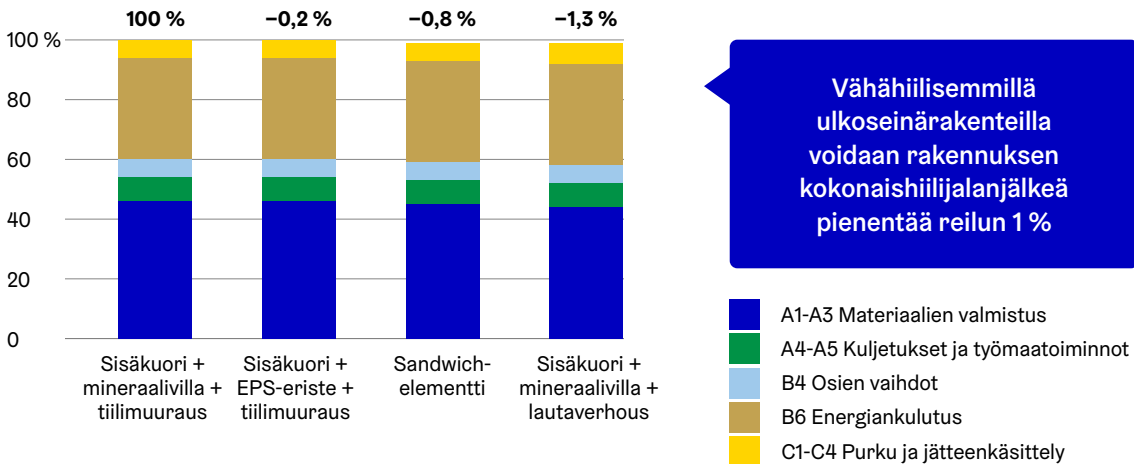
Julkisivujen suunnittelussa vaihtoehtoja rajaavat kaavassa asetetut vaatimukset, rakennuksessa tavoiteltu ulkonäkö sekä vaatimukset ikkunoiden koolle ja sijoittelulle. Julkisivut vaikuttavat muita rakenteita enemmän muun muassa kaupunkikuvaan, esteettisiin arvoihin ja viihtyvyyteen. Puurakenteiden käyttöä rajaa korkeammissa rakennuksissa myös palotekniset vaatimukset.

Tiilimuurattu ulkoseinä	Sandwich-elementti	Lautaverhoiltu ulkoseinä
113 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	119 kgCO _{2e} /rakenne-m ²	87 kgCO _{2e} /rakenne-m ²
<ul style="list-style-type: none"> ■ Kevytsoora, 730 mm 42 % ■ Teräsbetoni-laatta C25/30, 240 mm 40 % ■ Muut 18 % 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Betoni C25/30, 150 mm 44 % ■ Betoni C25/30, 70 mm 21 % ■ Mineraalivilla, 200 mm, λ=0,036 W/mK, (kivivilla) 16 % ■ Betoniraudoitus, UK RST, 3 kg/m² 12 % ■ Muut 7 % 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Betoni C25/30, 150 mm 61 % ■ Mineraalivilla, 200 mm, λ=0,036 W/mK, (kivivilla) 22 % ■ Muut 16 %

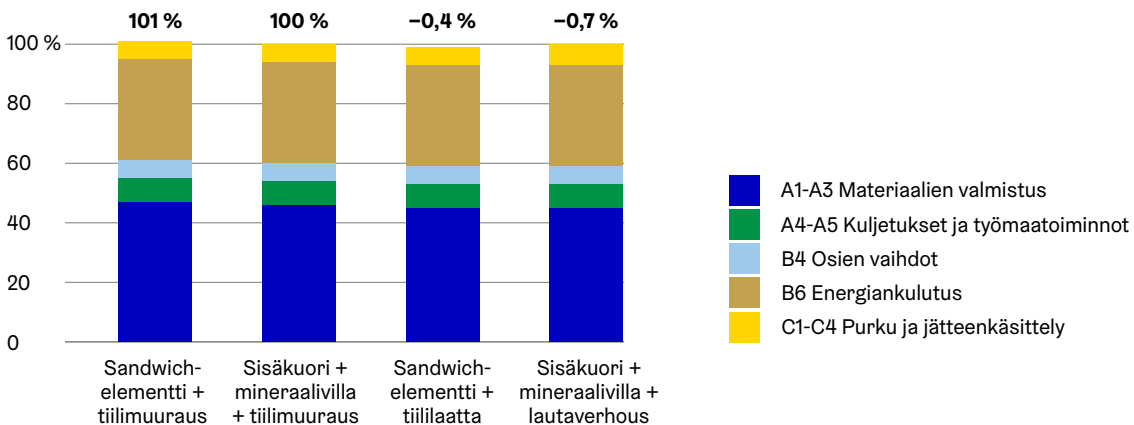
Kuva 22. Rakennuksen muodon (ulkoseinien määrän) vaikutus kantavien seinien sekä ulkoseinien hiilijalanjälkeen esimerkkirakennuksissa. Kohteet ovat samat kuin aiemmassa rakennuksen monimuotoisuus kappaleessa esitetyt.



Kuva 23. Ulkoseinärakenteen vaikutus rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen. Sandwich-elementin ja tiilimuuratun ulkoseinärakenteen hiilijalanjälki vastaavat hyvin paljon toisiaan: rakenteiden hiilijalanjäljen vertautumiseen toisiinsa nähden vaikuttaa muun muassa tiilen ja betonin valmistuksen korkean energiankulutuksen aiheuttamat päästöt.



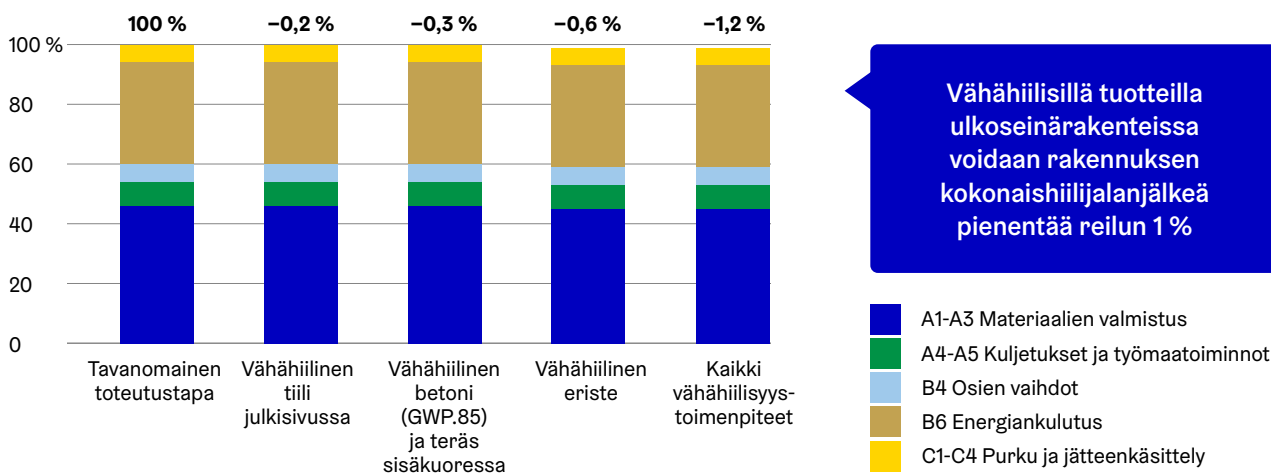
Kuva 24. Vaihtehtoisen julkisivumateriaalin vaikutus hiilijalanjälkeen. Toteutettavaan julkisivuun voi vaikuttaa muun muassa kaavan asettamat vaatimukset.



Kun tarkastellaan vaihtoehtoisten ulkoseinä- rakenteiden vaikutusta rakennuksen hiilijalanjälkeen, keskeisiä toimenpiteitä ovat rakennuksen muodon optimointi, ulkoseinä rakenteen energiatehokkuus sekä vähähiilisten vaihtoehtojen käyttäminen betoneissa, eristeissä ja tiilissä. Myös puun lisääminen osaksi ulkoseinä rakennetta, kuten esimerkiksi julkisivuun, pienentää ulkoseinien muodostamaa hiilijalanjälkeä.

Ikkunoiden osuus rakennusmateriaalien muodostamasta hiilijalanjäljestä on tyyppillisesti noin 3 %. Ikkunat ovat lämmöneristävydeltään ulkoseinän heikoin rakenneosa, mutta energianhukkaa voidaan pienentää valitsemalla U-arvoltaan mahdollisimman hyvät ikkunapaketit. Ikkunoiden materiaalien hiilijalanjälkeä voidaan pienentää valitsemalla pitkäikäiset, osittain tai kokonaan kierrätysalumiinista valmistetut tai puiset ikkunapuitteet sekä valitsemalla uusiutuvaa energiaa tehtaissaan käyttävä ikkunavalmistaja, joka hankkii lasin, alumiinin ja muut materiaalit niin ikään energiatehokkailta tehtailta.

Kuva 25. Vähähiilisyystoimenpiteiden vaikutus hiilijalanjälkeen, kun tarkasteltavana ulkoseinä rakenteena sisäkuori + mineraalivilla + tiilimuraus.



Pientääksesi ulkoseinien ja ikkunoiden hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- ➔ Kiinnitä huomiota rakennuksen muotoon: ulkoseinäpinta-alan kasvaessa kasvavat niin hiilijalanjälki kuin lämpöhukka, joka vaikuttaa rakennuksen energiankulutukseen.
- ➔ Optimo iikkunapinta-ala, jotta lämpöhukka on mahdollisimman pieni.
- ➔ Huolehdi seinärakenteen hyvästä lämmöneristävydestä.
- ➔ Valitse materiaaleiksi tavanomaisia materiaaleja vähähiilisempiä vaihtoehtoja: Vähähiilinen betoni, teräs, tiilet ja eristeet, puurakenteet sekä kierrätysalumiinin käyttö ikkunapuitteissa.

Ulkotasot ja parvekkeet

Ulkotasojen (katokset ja terassit) ja parvekkeiden osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on keskimäärin noin 3 %.

Parvekejärjestelmän valintaan vaikuttavat parvekkeiden haluttu ulkonäkö, käytettävyys, sijoittuminen julkisivulla, muut rakennetyypit ja se, miten parvekkeiden tuenta tai ripustus voidaan toteuttaa.

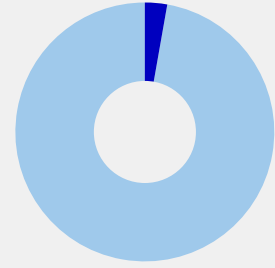
Parvekkeiden hiilijalanjälki muodostuu laatta-, kannatus- ja katosrakenteista. Varsinkin betoniset ja teräksiset rakenneosat nostavat hiilijalanjälkeä. Parvekkeiden suuri koko ja sen myötä tarvittavat erilliset tuennat nostavat niiden hiilijalanjälkeä. Parvekkeiden määrä suhteessa rakennuksen lämmitettyyn nettoalaan vaikuttaa merkittävästi hiilijalanjälkeen. Parvekkeiden määrä tulee yleensä asuntojen lukumäärän mukaan. Näin ollen pieniä asuntoja, joissa kaikissa on parveke, sisältävä asuinkerrostalon hiilijalanjäljestä isompi osuus muodostuu parvekkeista ja tällä voi olla merkittävästi suhteellista hiilijalanjälkeä nostava vaikutus verrattuna rakennukseen, jossa on isompia asuntoja ja vähemmän parvekkeita.

Parvekeratkaisu vaikuttaa myös rakennuksen muihin rakenteisiin. Esimerkiksi sisäänvedettyjen parvekkeiden myötä ulkoseinäpinta-ala kasvaa ulokeparvekkeisiin verrattuna. Ripustettavat parvekkeet taas vaikuttavat rakennepaksuuksiin ja kantavuuksiin. Parvekelasitus toisaalta kasvattaa rakennusmateriaalien hiilijalanjälkeä, mutta suojaa rakenteita ja auttaa pienentämään lämpöhäviöitä parvekkeen kohdalla, säästäten siten energiaa.

Sisäänvedetyn parvekkeen materiaalisidonnainen hiilijalanjälki on pienempi kuin itsekantavan tai ulokeparvekkeen, kun huomioidaan parveketyypin vaikutus sekä rakennuksen kantaviin rakenteisiin että parvekkeen taustaseinän ja lasituksen päästöt. Sisäänvedetty parveke kasvattaa toisaalta rakennuksen monimuotoisuutta sekä ulkoseinien alaa ja näiden kahden tekijän

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

Ulkotasot ja parvekkeet
Muut



yhteisvaikutus on tarkasteltava aina hankekohtaisesti.

Terassien ja katosten vaikutus hiilijalanjälkeen on yleensä pieni. Niiden osalta hiilijalanjälkeen vaikuttavat eniten terassien ja katosten koko sekä niissä käytetyt materiaalit, varsinkin betoniset ja teräksiset rakenneosat. Kattoterassien hiilijalanjälki on käsitelty kohdassa yläpohjat (käännetty katto).

Pientääksesi terassien ja katosten sekä parvekkeiden hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:



Optimoi parvekkeiden koko ja tuenta, tarkastellen parvekeratkaisun vaikutusta myös muihin rakenteisiin.



Huomioi parvekelasituksen tuomat energiansäästöt.



Valitse materiaaleiksi tavanomaisia materiaaleja vähähiilisiä vaihtoehtoja: Vähähiilinen betoni ja teräs, puurakenteet sekä kierrätysalumiinin käyttö parvekelasien kiskoissa ja kehyksissä.

Tilapinnat

Seinä-, lattia- ja kattopinnat muodostavat keskimäärin noin 5 % rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä.

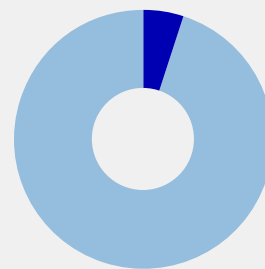
Tilapintoja ovat rakennuksen sisäpuoliset lattioiden, kattojen ja seinien pintarakenteet ja pintakerrokset alus- ja kiinnitysrakenteineen sekä pinnat ja pinnoitteet.

Pintamateriaalien hiilijalanjälkeen vaikuttavat niiden materiaali ja käyttöään mukaan määräytyvät uusimismäärät rakennuksen elinkaaren aikana.

Puu- ja biopohjaiset materiaalit, osittain kierrätysmateriaalista valmistetut tuotteet kuten tekstiilimatot ja alakattolevyt, sekä pitkäikäiset materiaalit ovat hiilijalanjäljeltään pienempiä kuin betoni- tai muovipohjaiset, uusista materiaaleista valmistetut tai usein uusimista vaativat pintamateriaalit. Myös rakennuksen ja suunniteltavan tilan pintamateriaaleille kohdistuvat vaatimukset sekä pintarakenteen tai -materiaalin vaatima alusta ja kiinnitys, kuten tasoitus, koolaukset, lämpö- ja kosteuseristykset ja alakaton ripustuksen tyyppi vaikuttavat näistä syntyvään hiilijalanjälkeen.

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

Tilapinnat
Muut



Pintamateriaalien osalta tärkein päästövähennyskeino on valita pitkäikäisiä, esteettisestikin aikaa kestäviä, sekä helposti huollettavia tuotteita, jolloin uusimistarve rakennuksen elinkaaren aikana vähenee. Lisäksi on hyvä huomioida materiaalin kierrätettävyyden elinkaaren lopussa. Markkinoilla on runsaasti vähäpäästöisiä ja kierrätysmateriaalipohjaisia lattiapinnoitteita sekä alakattotuotteita, joilla materiaalisidonnaisia päästöjä voidaan pienentää.

Lattiapinnat	kgCO _{2e} /m ² /a	Sisäkattopinnat	kgCO _{2e} /m ²	Seinäpinnat	kgCO _{2e} /m ²
Keraamiset laatat	0,28	Akustiikkalevy,	0,05	Keraamiset laatat	0,26
Tekstiililaatat	0,40	Lasivilla	0,03	Maali	0,02
Laminaatti	0,26	Kipsilevy			
Vinyylilattia	0,15				
Parketti	0,20				
Epoksimaali	0,04				

Taulukko: Esimerkkejä eri pintamateriaalien päästöistä 50 vuoden tarkastelujaksolla sisältäen siis sekä rakennusmateriaalien valmistuksen päästöt A1-3 että materiaalien uusimisesta syntyvät päästöt B4. Päästötiedot ja käyttöiät kansallisen päästötietokannan mukaisesti, pl. laminaattilattia, jonka keskimääräinen päästötieto One Click LCA -ohjelmasta.

Pientääksesi tilapinnoista muodostuvaa hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:



Vältä turhia pintakäsittelyjä.



Valitse pitkäikäisiä ja helposti huollettavia pintamateriaaleja.



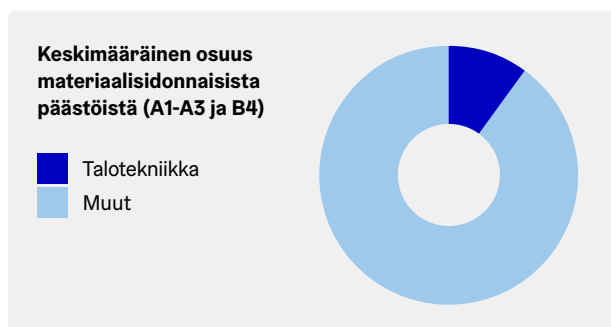
Valitse vähähiilisempiä vaihtoehtoja, kuten kierrätyslasi- ja biomateriaalipohjaiset akustiikkalevyt, kierrätys- ja uusiomateriaalista valmistetut tekstiililaatat ja muut lattiapinnoitteet, kierrätetystä puusta valmistettu laminaatti, ohuet mutta kestävät lattiapinnoitteet.

Talotekniikka

Talotekniset järjestelmät yleisesti

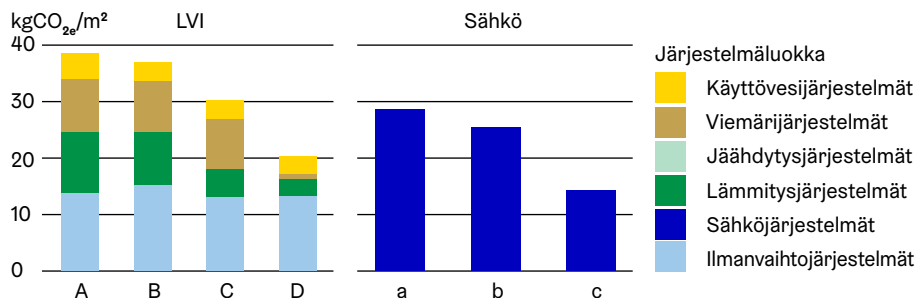
Taloteknisten järjestelmien, kuten lämmitys-, vesi- ja viemäri-, ilmanvaihto- sekä sähköjärjestelmien, osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on noin 10 %.

Talotekniset järjestelmät muodostavat merkittävän osan materiaalisidonnaisista päästöistä, sillä niissä käytetään pääsääntöisesti hiili-intensiivisiä materiaaleja kuten metalleja ja muoveja. Hiilijalanjälkeen vaikuttaa myös materiaalien määrä ja tate-järjestelmien osien muodostama massa voikin olla suh-



teellisen suuri. Taloteknisiä järjestelmiä joudutaan myös uusimaan osin tai jopa kokonaan rakennuksen elinkaaren aikana, mikä kasvattaa niiden osuutta käytönaikaisista päästöistä. Pääosan talotekniikan hiilijalanjäljestä muodostavat sähkö-, lämmitys- sekä ilmanvaihtojärjestelmät.

Kuva 26. Referenssikohteiden (asuinkerrostalot) taloteknisten järjestelmien hiilijalanjäljen muodostuminen ja jakautuminen. (Talotekniikan hiilijalanjälki ja materiaalisältö. Ehdotus talotekniikan oletusarvoiksi. Talotekninen teollisuus ja kauppa ry (Talteka) ja Granlund Oy 8/2023)



Talotekniset järjestelmät vaikuttavat välillisesti myös muiden rakenteiden päästöihin. Esimerkiksi IV-konehuoneen sijoittaminen katolle vaatii yläpohjalta enemmän kantavuutta ja tilaa läpivienneille. Hajautettu ja keskitetty ilmanvaihto taas vaikuttavat eri tavoin väliseinien ja -pohjien mitoitusmahdollisuuksiin ja toisaalta tarvittavien iv-koneiden ja kanavien määrään.

Talotekniikalla on myös huomattava välillinen vaikutus rakennuksen energiatehokkuuteen ja käytön aikaisiin päästöihin ja valintoja onkin tarkasteltava koko elinkaaren hiilijalanjälki huomioiden. Esimerkiksi maalämpöjärjestelmä kasvattaa rakennuksen materiaalisidonnaisia päästöjä kaukolämmitteiseen rakennukseen verrattuna. Maalämpöjärjestelmän avulla rakennuksen energiankäytön päästöt ovat kuitenkin huomattavasti kaukolämpöä alhaisemmat.

Huom! Talotekniikan materiaalien päästövaikutukset arvioidaan lähtökohtaisesti kansallisen päästötietokannan rakennustyyppikohtaisella pinta-alaperusteisella keskimääräisellä päästöarvolla. Taloteknisten järjestelmien hiilijalanjälki voidaan arvioida myös hankekohtaisesti, mikäli hankkeen talotekniikan järjestelmistä saadaan kattavat määrätiedot

ja päästötietokannasta löytyy niitä vastaavat päästökertoimet. Päästötietokannasta ei oppaan kirjoitushetkellä vielä löydy kattavasti taloteknisiä tuotteita, joten laskenta on toistaiseksi tehtävä taulukkoarvoilla.

Pientääksesi talotekniikasta muodostuvaa hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- Pyri suunnittelemaan järjestelmät niin, että kanava-, putki- ja kaapelivedot ovat mahdollisimman lyhyet, jolloin materiaaleja tarvitaan vähemmän.
- Valitse vähähiilisiä, pitkäikäisiä ja huollettavia laitteita ja tuotteita.
- Maksimoi tate-järjestelmien energiatehokkuus ja kata mahdollisimman suuri osuus energiantarpeesta uusiutuvilla energialähteillä.



Sähköntuotantojärjestelmät ja -laitteistot

Sähköntuotantojärjestelmät ja -laitteistojen, yleisimmin aurinkosähköjärjestelmät, osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on noin 3 %, mikäli sellaiset rakennukseen asennetaan.

Aurinkosähköjärjestelmän hiilijalanjälkeen vaikuttavat aurinkosähköjärjestelmän koko, paneelien hyötysuhde sekä paneelien valmistuksen päästöt.

Lähtökohtaisesti aurinkosähköjärjestelmällä on oikein mitoitettuna kuitenkin aina rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeä pienentävä vaikutus, koska sen tuotannolla korvataan ostosähköä ja energiankäytön päästöt siten vähenevät.

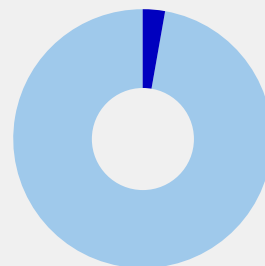
Aurinkosähköjärjestelmän mitoituksessa onkin hiilijalanjäljen näkökulmasta siten haettava optimia järjestelmän koon ja siis järjestelmän valmistamisesta syntyvien päästöjen sekä energiankäytön päästöjen vähenemisen välillä. Mitä suurempi osuus rakennuksen sähköenergiantarpeesta järjestelmällä katetaan, sitä enemmän luonnollisesti vaikutetaan energiankäytön päästöihin. Toisaalta merkittävästi ylimitoitetulla järjestelmällä sähköenergiasta ei välttämättä pystytä kattamaan juuri suurempaa osuutta kuin hieman pienemmällä järjestelmällä, koska ylituotantoa tai ulosmyyntiä ei laskelmassa saa huomioida, mutta järjestelmän valmistamisen päästöt ovat suuremmat. Tällöin vaikutus koko elinkaaren hiilijalanjälkeenkin voi olla negatiivinen.

Aurinkosähköjärjestelmän tuotantoon vaikuttavat rakennuksen sijainti, valittujen paneelien teho ja hyötysuhde, paneelien suuntaus sekä asennuskulma sekä rakennuksen ja vesikaton suuntaus. Laajuutta voivat rajoittaa esimerkiksi vesikaton vapaa pinta-ala sekä ympäröivistä rakennuksesta aiheutuva varjostus.

Aurinkosähköjärjestelmällä on välillinen vaikutus kattorakenteiden mitoitukseen. Asennustavasta riippuen paneelit muodostavat katolle 14–40 kg/m² lisäkuorman, mikä kasvattaa yläpohjarakenteiden kantavuusvaatimuksia.

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

Sähköntuotantojärjestelmät
Muut



Pientääksesi aurinkosähköjärjestelmän hiilijalanjälkeä ja maksimoidaksesi niiden tuotannon huomioi ainakin seuraavat:



Suuntaa paneelit mahdollisuuksien mukaan etelään ja huomioi asennuksen kallistuskulmassa paneelien määrä ja tuoton tarve.



Huomioi IVKH:n sijoittamisessa vaikutus paneelien varjostukseen. Tarkastele mahdollisuuksia hyödyntää vesikatolle asennettavan IV-konehuoneen vesikattoa paneelien asennukseen.



Valitse kohteeseen paneeleita, jotka ovat suuritehoisia, joilla on pitkä käyttöikä ja joilla on pienet materiaalisidonnaiset päästöt.



Huomioi paneelien asennustavan valinnassa vaikutus paneelien huollettavuuteen.

Aluerakenteet ja rakennuspaikka

Rakennuspaikkaan liittyvät rakenteet, eli maatyöt, tuennat, vahvistukset sekä perustukset **eivät kuulu osaksi rakennuksen hiilijalanjälkeä, jota Helsingin raja-arvo koskee**, vaan ne lasketaan mukaan rakennuspaikan hiilijalanjälkeen.

Alueosien ja perustusten päästövaikutus on kuitenkin merkittävä, joten hankkeissa on hyvä etsiä keinoja myös niiden päästöjen vähentämiseksi, vaikka ne eivät raja-arvo-ohjauksen piiriin kuulukaan. Suurin vaikutusmahdollisuus maatöiden, tuentojen ja vahvistusten sekä perustusten aiheuttamaan hiilijalanjälkeen on alueidenkäytön suunnittelussa.

Rakennuspaikan osuuteen kuuluvat myös tontin päällysteet, alueen rakenteet ja kylmät maanalaiset tilat, jotka eivät myöskään kuulu raja-arvon piiriin.

Maatyöt, tuennat ja vahvistukset sekä perustukset

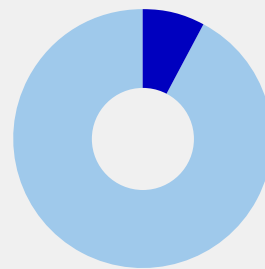
Maatöiden osuus rakennuksen ja rakennuspaikan yhteenlasketusta rakennusmateriaalien muodostamasta hiilijalanjäljestä on keskimäärin noin 1 % ja tuentojen, vahvistusten ja perustusten noin 7 %, kun huomioidaan sekä rakennuksen että rakennuspaikan hiilijalanjälki.

Vaihtelu hankkeiden välillä on kuitenkin suurta rakennettavan tontin olosuhteista riippuen. Paaluperusteisissä kohteissa maatöiden, tuentojen, vahvistusten ja perustusten osuus voi muodostaa jopa neljäsosan rakennuksen ja rakennuspaikan yhteenlasketuista materiaalisidonnaisista päästöistä.

Maatöihin, tuentoihin ja vahvistuksiin kuuluvat muun muassa tontilla tapahtuvat massanvaihdot, täytöt sekä stabiloinnit. Jos tontin maaperä vaatii stabilointia, se voi muodostaa jopa 90 % raken-

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

- Maatyöt, tuennat, vahvistukset ja perustukset
- Muut



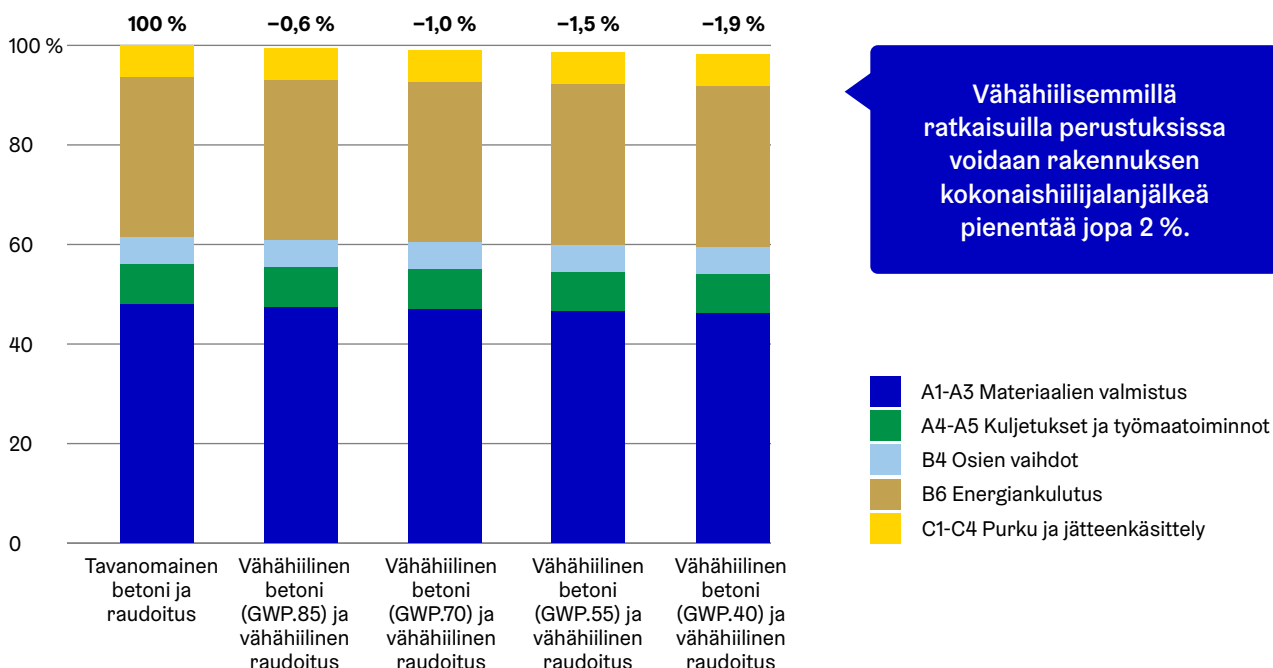
nuspaikan hiilijalanjäljestä. Tässä oppaassa esitetyissä Asuntotuotannon hankkeisiin perustuissa tilastoissa ei ole mukana stabiloinnista syntyviä päästöjä, koska stabilointi tehdään osana tontin esirakentamista ennen tontin luovuttamista ATT:lle eikä stabiloinnista ole siten tarvittavia tietoja sen aiheuttamien päästöjen laskemiseen. Stabiloinnin päästöt on mahdollista lähes puolittaa uusiomateriaaleja sisältävillä stabilointiaineilla.

Huom! Helsingin asemakaavojen vähähiilisyysarviointimenetelmän (HAVA) mukaan esirakentaminen muodostaa massanvaihtojen sekä tarvittavan stabiloinnin määrästä riippuen 1–12 % alueen elinkaaren kokonaishiilijalanjäljestä.

Perustusten määrään ja siten myös niiden hiilijalanjälkeen vaikuttavat tontin olosuhteet, maaperän laatu sekä merkittävien pohjavahvistusten tarve. Myös rakennuksen massoitteella ja massalla on iso vaikutus. Näiden lisäksi myös esimerkiksi alapohjarakenne voi vaikuttaa perustusten materiaalimenekkiin. Esimerkiksi tuulettuva alapohja lisää jonkin verran sokkeleiden määrää.

Keskeisimmät keinot perustuksista syntyvien päästöjen vähentämisessä ovat siten vaikuttaminen perustusten määrään sekä niissä käytettäviin materiaaleihin.

Kuva 27. Perustuksissa käytettävän vähähiilisen betonin ja teräksen vaikutus koko rakennushankeen (rakennus + rakennuspaikka) elinkaaren hiilijalanjälkeen. GWP.XX-arvo viittaa Suomen Betoniyhdistys ry:n vähähiilisyyssuokitusluokituksen. Esimerkiksi GWP.70-arvo kuvaa, että betonin hiilijalanjälki on 70 % tavanomaisesta betonista eli 30 % sitä pienempi.



Pienentääksesi perustusten, tuentojen, vahvistusten ja maatoiden hiilijalanjälkeä huomioi ainakin seuraavat:

- ➔ Tarkastele rakennuksen sijoittamista tontille: keskitä rakennus kantaville maapohjille, jolla vähennetään massanvaihtoja ja erityisesti paalujen määrää.
- ➔ Tarkastele kuormien vaikutusta tarvittavien perustusten määrään sekä sokkeleiden ja anturoiden sijoitteluun. Vältä ylimitoittamista kaikkien rakenteiden suunnittelussa. Rakennuksen massa vaikuttaa moninkertaisesti perustuksiin.
- ➔ Optimoi pohjanvahvistuksen määrä huomioimalla tasauksen tarve sekä olemassa olevat pohjasuhteet.
- ➔ Vältä rakennuksen massan ja rakenteiden kuormien ylimitoitusta, jottei rakennuksen kuorma lisää tarvittavia vahvistuksia.
- ➔ Korvaa stabiloinnissa sementtiä vähähiilisemmillä sidosaineilla.
- ➔ Valitse perustusten materiaaleiksi vähähiilistä terästä ja betonia. Tarkastele mahdollisuutta toteuttaa paaluja puisina
- ➔ Hyödynnä mahdollisuuksien mukaan maatäytöissä tontin tai lähialueen ylijäämämaamassoja uudelleen

Tontin päällysteet, alueen rakenteet ja kylmät maanalaiset tilat

Tontin päällysteiden, alueen rakenteiden sekä mahdollisten kylmien maanalaisen tilojen osuus rakennuksen ja rakennuspaikan rakennusmateriaalien yhteenlasketusta hiilijalanjäljestä on keskimäärin noin 3 %.

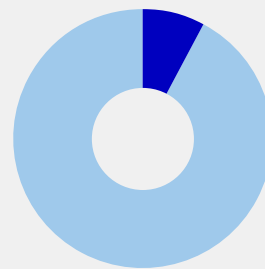
Kyseiseen kokonaisuuteen sisältyvät kylmät pihavarastot ja -katokset, kylmät pysäköintitilat sekä muurien, istutusalueiden ja aitojen rakenteet.

Päällysteiden, alueen rakenteiden ja kellarirakenteiden osuuteen vaikuttavat merkittävästi päällystettävän alueen laajuus sekä toteutettavien kylmien alue- ja maanalaisen rakenteiden määrä ja laajuus. Esimerkiksi laajan, kylmän, teräsbetonirunkoisen autohallin rakenteet voivat muodostaa rakennusosien hiilijalanjäljestä yli puolet rakennushankkeen hiilijalanjäljestä, jossa huomioidaan rakennuksen ja rakennuspaikan osuudet.

Huom! Ympäristöministeriön arviointimenetelmän mukaisesti lämmittämättömien maanalaisen tilojen hiilijalanjälki arvioidaan osana rakennuspaikan hiilijalanjälkeä. Jos maanalaiset tilat ovatkin lämpimiä, lasketaan ne osaksi rakennuksen hiilijalanjälkeä. Esimerkiksi rakennuksen alla sijaitsevat kylmät tekniset tilat arvioidaan

Keskimääräinen osuus materiaalisidonnaisista päästöistä (A1-A3 ja B4)

Tontin päällysteet ja aluerakenteet
Muut



osana rakennuspaikan hiilijalanjälkeä, kun taas esimerkiksi pihakannen alle toteutettavien lämpimien pysäköintitilat huomioidaan osana rakennuksen hiilijalanjälkeä.

Usein maanalaiset tilat ovat tontin tehokkuuden näkökulmasta välttämättömiä ja voivat vähentää maankäytön tarvetta muualla ja siten myös alueellisia päästöjä. Tämä vaikutus ei kuitenkaan näy rakennuskohtaisessa hiilijalanjälkilaskennassa, joka rajautuu aina tiettyyn tonttiin ja sillä syntyviin päästöihin.

Pihan päällysteillä ja rakenteilla on vaikutusta hiilijalanjäljen lisäksi pihan viihtyvyyteen ja hulevesien hallintaan. Nämä ovat tärkeitä hiilijalanjäljen rinnalla huomioitavia näkökulmia.

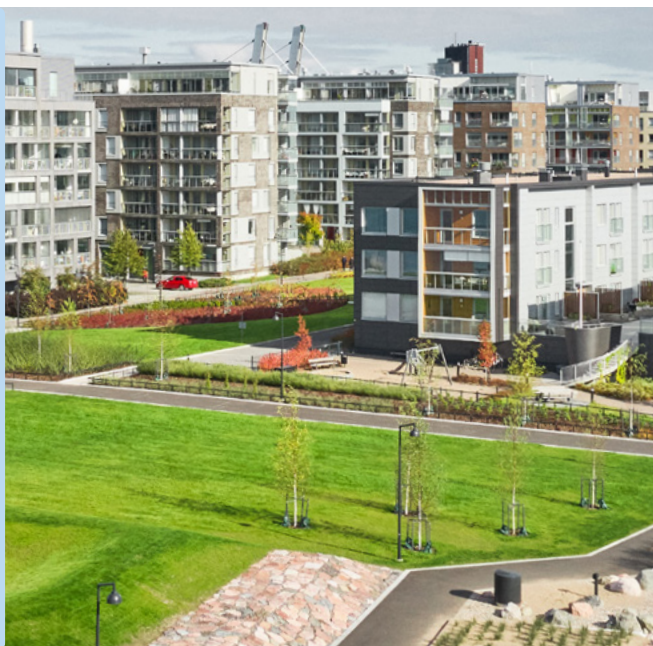
Tontin päällysteiden, alueen rakenteiden ja kylmien maanalaisen tilojen hiilijalanjälkeä pienentääksesi huomioi ainakin seuraavat:



Minimoi asfaltoitavan tai kivetettävän pinnan määrä. Säilytä tontilla mahdollisimman paljon viherrakennetta tai lisää sitä sekä valitse helposti hoidettavaa ja kestäväää kasvillisuutta.



Hyödynnä rakenteissa vähähiilisiä materiaaleja, kuten vähähiilistä betonia ja terästä tai puuta sekä kierrätysmateriaaleja sisältävää asfalttia. Hyödynnä kierrätysmaita viherrakentamisessa



Yhteenveto

Hiilijalanjälkeä nostavat ja laskevat tekijät

Rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälki on aina rakennuspaikan asettamien reunaehtojen sekä tehtyjen suunnitteluratkaisujen summa.

Hiilijalanjälkeä kasvattavat erityisesti huonot pohjarakentamisolosuhteet, joiden vaikutus näkyy erityisesti perustamisen päästöissä, jotka eivät kuulu raja-arvo-ohjauksen piiriin. Myös monimuotoinen massoittelu sekä parkkihalli tai kansiparkki nostavat hiilijalanjälkeä.

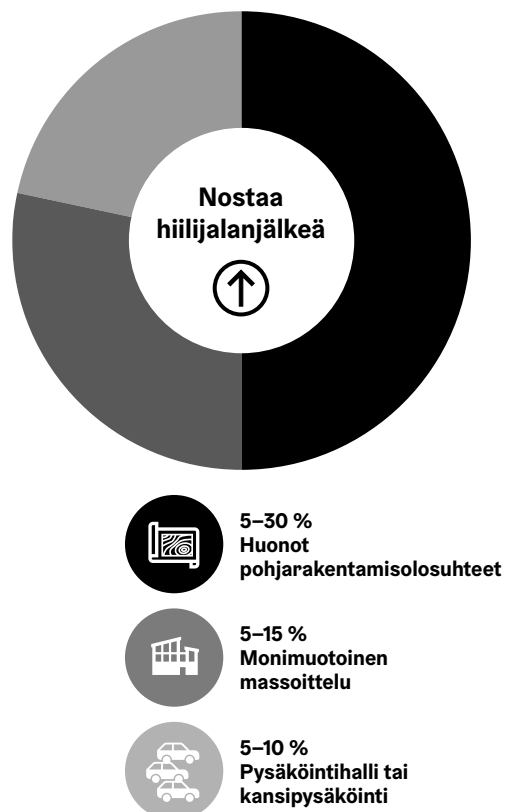
Hiilijalanjälkeä on mahdollista laskea useilla eri toimenpiteillä. Merkittävin vaikutus saavutetaan vähäpäästöisellä lämmitysjärjestelmällä sekä runkomateriaalilla, pienempi vaikutus on esimerkiksi muiden materiaalien vähähiilisuudella, energiatehokkuuden parantamisella, työmaan ja kuljetusten vähähiilisuudella.

Keinot hiilijalanjäljen pienentämiseen

Keskeiset toimenpiteet hiilijalanjäljen pienentämiseksi

- Vähähiilinen energiaratkaisu: lämpöpumput, aurinkosähkö
- Energiatehokkuus: lämmön talteenotto, hyvä lämmöneristävyys, energiatehokkaat ikkunat
- Rungon vähähiilisyys: teräs- ja betonimäärän optimointi, vähähiilinen betoni tai puu
- Pitkäikäiset ja vähähiiliset materiaalit julkisivussa ja tilapinnoissa

Kuva 28.

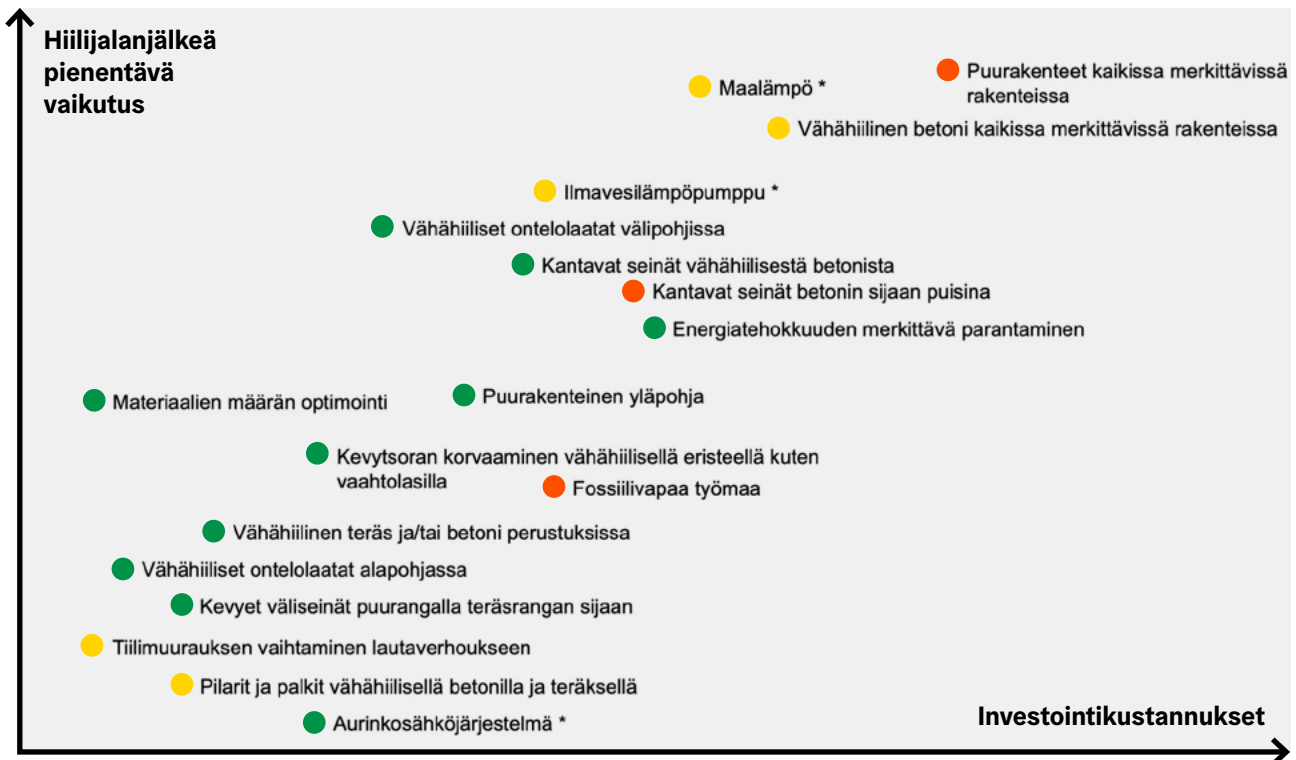


Toimenpiteiden vaikutus hiilijalanjälkeen ja kustannuksiin

Kuvassa alla on esitetty Asuntotuotannon teettämien laskentojen perusteella perinteisen betonikerrostalon päästövähennystoimenpiteiden vaikutuksia hiilijalanjälkeen sekä investointikustannuksiin. Perinteisellä betonikerrostalolla tarkoitetaan tässä yhteydessä rakennusta, jossa on runkorakenteena kantavat seinät, väliseinät teräsrankaisia, ala- ja välipohjat ontelolaattoja ja kevytsoraeristeinen tasakatto. Kuvaaja kuvaava keskimääräistä vaikutusta ja on huomioitava, että erot eri hankkeiden välillä ovat suuria. Kaikki ratkaisut eivät myöskään ole kaikissa hankkeissa mahdollisia esimerkiksi tontin olosuhteiden ja kaavamääräysten takia.

Kuvassa 29 esitetään, miten erilaisista toimista koostuvalla vähähiilisten ratkaisujen kokonaisuudella yhdessä kohteessa on päästy Helsingin oppaan kirjoitushetkellä voimassa olevan raja-arvon alle. Tässäkin on huomioitava, että vähähiilisyystoimien vaikutus eroaa hankkeittain ja tarkastelut tulee tehdä aina hankekohtaisesti. Fossiilivapaan työmaan osalta vaikutus on arvioitu vähentävän työmaavaiheen päästöjä 80 %. Tällöin tulee myös seurata tarkemmin työmaan kulutuksia, jotta päästövähennys voidaan todentaa. Betonitalosta ei suoraan voida vaihtaa eri rakenteita puihin, esimerkiksi näiden rakenteiden paksuuksien muuttuessa, joten puukohde on esimerkiksi kuvaajassa vähennyskeinona, eikä ole suoraan verrannollinen muihin keinoihin.

Kuva 29. Vähähiilisyystoimenpiteiden vaikutuksia hiilijalanjälkeen ja kustannuksiin.

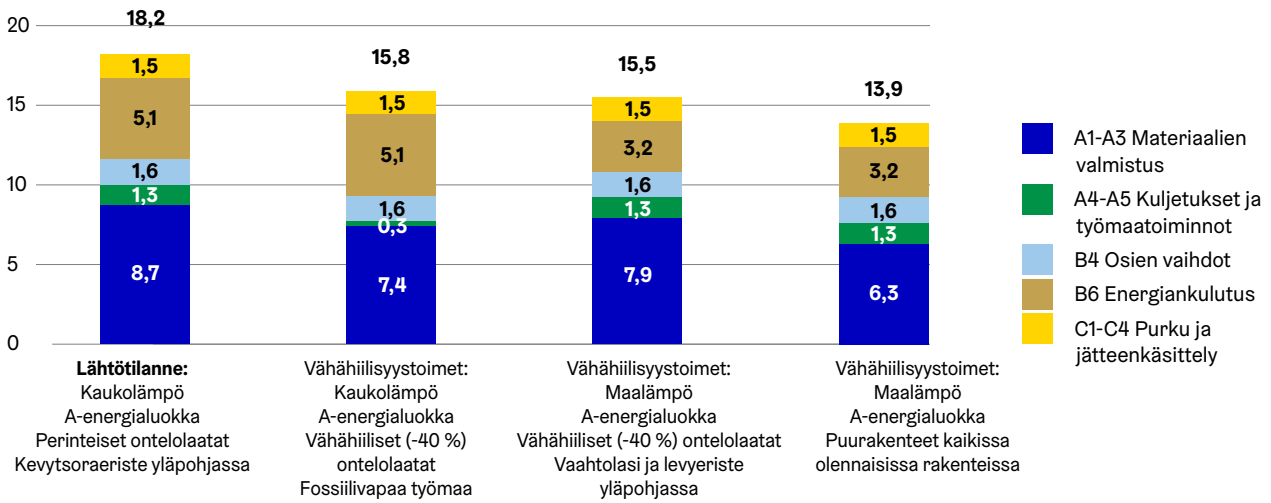


Arvio toteutettavuudesta:

- Hyvä
- Kohtalainen / riippuu tontin olosuhteista tai kaavamääräyksistä
- Haastava / ei suoraan vaihtoehtoinen ratkaisu ilman isompia muutoksia muuhun suunnitteluun

* Lämpöpumppu- ja aurinkosähköjärjestelmät vähentävät elinkaarikustannuksia ja ovat usein kannattavia, kun tarkastellaan niiden takaisinmaksuaikoja.

Kuva 30. Eri vähähiilisyystoimenpiteiden vaikutuksia betonirunkoisen esimerkkihankkeen hiilijalanjälkeen.



Suunnittelualakohtaiset vinkit hiilijalanjäljen pienentämiseksi

Arkkitehti

- Pyri sijoittamaan rakennus kantaville maapohjille. Perustamisen päästöt ovat yleensä merkittävät, jos perustamisolosuhteet ovat heikot.
- Optimoi rakennuksen muoto. Ulkoseinäpinta-alan kasvaessa suhteessa rakennuksen alaan kasvavat materiaalmäärät ja lämmönkulutuksen myötä energiankäyttö, jotka molemmat kasvattavat myös hiilijalanjälkeä. Monimuotoisuus lisää yleensä myös perustusten määrää ja siten päästöjä.
- Varmista tilatehokkuus ja tilojen monikäyttöisyys. Mitä kompaktimpi rakennus on, sitä vähemmän resursseja sen rakentaminen ja käyttö vaatii.
- Valitse julkisivu- ja pintamateriaaleiksi vähähiilisiä, kierrätettyjä tai uudelleenikäytettyjä materiaaleja. Selvitä mahdollisuus hyödyntää täydentävissä tilaosissa kuten ovissa ja ikkunoissa uudelleenikäytettyjä rakennustuotteita. Laskentamenetelmässä uudelleenikäytettävien rakennusosien päästönä käytetään nollaa.
- Huomioi materiaali- ja tuotevalinnoissa myös kestävyys ja korjattavuus. Pitkäikäiset materiaalit ja korjattavat tuotteet vähentävät käytön aikaisten vaihtojen aiheuttamia päästöjä.
- Mahdollista muuntojoustavuus esim. riittävällä kerroskorkeudella, kevyillä ja siirrettävillä rakenteilla, tilojen oikealla mitoituksella sekä monikäyttöisyydellä. Riittävä muuntojoustavuus on edellytys sille, etteivät yksittäisten tilojen tai koko rakennuksen käyttötarkoituksen muutokset johda raskaisiin purku- ja rakennustöihin.

Rakennesuunnittelija

- Optimoi rakennuksen runkoratkaisu. Runko on merkittävin rakennuksen materiaalipäästöihin vaikuttava tekijä.
- Optimoi rakenteiden kantavuudet ja materiaalmäärät. Tarpeeton ylityö on johtaa suurempiin materiaalmääriin ja siten materiaalisidonnaisiin päästöihin.
- Vertaile vaihtoehtoisten materiaalien päästöjä ja valitse rakennetyyppeihin vähähiilisiä tai jopa uudelleenikäytettyjä materiaaleja ja tuotteita.
- Mahdollista muuntojoustavuus mm. kantavien rakenteiden sijoittelulla. Riittävä muuntojoustavuus on edellytys sille, ettei yksittäisten tilojen tai koko rakennuksen käyttötarkoituksen muutokset johda raskaisiin purku- ja rakennustöihin.
- Huomioi purettavaksi suunnittelu eli mahdollisuus myöhemmin irrottaa rakennusosia ja -tuotteita ehjänä niiden uudelleenkäyttöä varten. Rakennusosien purkaminen ehjänä mahdollistaa niiden uudelleenkäytön muualla, mikä pienentää vastaanottavan rakennuksen päästöjä mutta myös purkumateriaalien käsittelystä aiheutuvia päästöjä.

TATE-suunnittelijat

- Suunnittele talotekniset järjestelmät energiatehokkaiksi ja mahdollista järjestelmillä sekä palvelualueilla rakennuksen energiatehokas käyttö. Käytön aikainen energiankulutus on yksi rakennuksen elinkaaren hiilijalanjälkeen eniten vaikuttava tekijä.
- Valitse energiantuotantomuodoksi uusiutuvia energialähteitä kuten lämpöpumppuja ja aurinkosähköä. Fossiilisen energiantuotannon välttäminen on merkittävä päästövähennyskeino.
- Optimoi johto-, kanava- ja putkivedot. Tarpeettoman pitkät tai muuten monimutkaiset siirtymät johtavat suurempiin materiaalmääriin ja siten materiaalisidonnaisiin päästöihin. Erityisesti yläpohjan putki- ja kanavavedot vaikuttavat rakenteen eristekerroksen paksuuteen, joka voi vaikuttaa merkittävästi hiilijalanjälkeen, varsinkin jos eristeenä on kevytsora.
- Valitse vähähiilisiä tuotteita ja materiaaleja.
- Huomioi materiaali- ja laitevalinnoissa myös kestävyys ja korjattavuus, jolla vähennetään näiden uusimisen tarpeita rakennuksen elinkaaren aikana.

GEO-suunnittelija

- Optimoi perustamistapa ja valitse vähähiilisiä materiaaleja perustuksiin. Perustamisen päästöt voivat olla merkittävät, etenkin jos tontin perustamisolosuhteet ovat heikot.
- Optimoi pohjavahvistusten ja maatoiden määrä.
- Mahdollista kierrätettyjen maamassojen käyttäminen täytöissä



Liitteet

Liite 1. Kooste hiilijalanjälkeä pienentävistä suunnitteluratkaisuista

Suunnitteluratkaisu	Toteutettavuus	Vaikutus hiilijalanjälkeen	Vaikutus kustannuksiin
Maalämpö	Riippuu tontista +/-	Lähtökohtaisesti pienentää -CO2	Kasvattaa investointikustannuksia, pienentää elinkaarikustannuksia -€
Rakenteiden määrän optimointi ja vähentäminen	Lähtökohtaisesti hyvä +	Pienentää --CO2	Pienentää -€
Vähähiilinen betoni perustuksissa	Hyvä, voi vaikuttaa rakenteiden kuivumisaikaan +	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€
Vähähiilinen teräs perustuksissa	Hyvä +	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€
Vähähiilinen ontelolaatta alapohjarakenteissa	Hyvä +	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€
Kantavien seinien toteuttaminen puisina	Haastava, riippuu muista toteutettavista suunnitteluratkaisuista sekä toiminnallisista vaatimuksista (palo, akustiikka) -	Pienentää --CO2	Kasvattaa ++€
Kantavien betoniseinien toteuttaminen vähähiilisinä	Hyvä +	Pienentää --CO2	Kasvattaa hieman +€
Teräsranan korvaaminen puurangalla kevyissä väliseinissä	Hyvä, voi vaikuttaa rakentamisvaiheessa asennusaikatauluun (mahdollisesti pidentää) +	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€
Pilareiden ja palkkien toteuttaminen vähähiilisellä betonilla ja teräksellä	Haastava, tarkasteltava hankekohtaisesti -	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€

Suunnitteluratkaisu	Toteutettavuus	Vaikutus hiilijalanjälkeen	Vaikutus kustannuksiin
Välipohjarakenteen toteuttaminen puisena	Haastava, riippuu muista suunnitteluratkaisuista sekä toiminnallisista vaatimuksista (palo, akustiikka) -	Pienentää --CO2	Kasvattaa ++€
Betonivälipohjan toteuttaminen vähähiilisellä betonilla ja teräksellä tai vähähiilisellä ontelolaatalla	Hyvä +	Pienentää --CO2	Kasvattaa hieman +€
Yläpohjan toteuttaminen kokonaan tai osittain puurakenteisena	Hyvä, riippuu muista toteutettavista suunnitteluratkaisuista sekä toiminnallisista vaatimuksista (esimerkiksi talotekniset järjestelmät, IV-koneen sijoitus) +	Pienentää --CO2	Kasvattaa hieman +€
Yläpohjarakenteen toteuttaminen vähähiilisellä betonilla ja teräksellä tai vähähiilisellä ontelolaatalla	Hyvä +	Pienentää --CO2	Kasvattaa hieman +€
Kevytsoran korvaaminen vaahtolasilla yläpohjassa	Hyvä +	Pienentää -CO2	Ei vaikutusta +/- €
Ulkoseinärakenteen toteuttaminen vähähiilisellä betonilla ja teräksellä tai vähähiilisellä teräsbetonirakenteella	Hyvä +	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€
Julkisivun vaihtaminen tiilimuurauksesta lautaverhoukseen	Hyvä +	Pienentää -CO2	Kasvattaa hieman +€
Aurinkosähköjärjestelmän toteuttaminen	Hyvä +	Pienentää -CO2	Kasvattaa investointikustannuksia, pienentää elinkaarikustannuksia -€

Liite 2. Ympäristöministeriön arviointimenetelmässä huomioitavat rakennusosat

	Sisältyy arviointiin: RAKENNUS	Sisältyy arviointiin: RAKENNUSPAIKKA	Ei sisälly arviointiin
Alueosat	–	<ul style="list-style-type: none"> • Maaosat • Tuennat • Päälysteet • Alueen rakenteet • Istutettavat puut 	<ul style="list-style-type: none"> • Raivaukset, kaivannot ja kanaalit • Alueen varusteet • Tuotteiden pakkaukset • Uuden rakennuksen tieltä purettavat rakenteet tai rakennukset • Muu kasvillisuus, maaperä ja vesistö
Rakennusosat	<ul style="list-style-type: none"> • Alapohjat • Runko • Julkisivut, ovet ja ikkunat • Ulkotasot ja parvekkeet • Kattorakenteet 	<ul style="list-style-type: none"> • Perustukset 	<ul style="list-style-type: none"> • Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet • Savunpoistorakenteet • Tuotteiden pakkaukset
Tilaosat	<ul style="list-style-type: none"> • Jako-osat (<i>väliseinät, ovet, portaat</i>) • Tilapinnat (<i>lattiat, sisäkatot, seinät pintakäsittelyineen</i>) • Tilavarusteet (<i>kiintokalusteet, keittiölaitteet</i>) • Hormit ja tulisijat • Tilaelementit (<i>mm. kylpyhuonemuodulit</i>) 	–	<ul style="list-style-type: none"> • Listat ja kulmavahvikkeet • Kaiteet • Tilaopasteet • Tuotteisiin kuulumattomat erilliset naulat, ruuvit, liimat, tiivisteet, saumaukset ja muut kiinnikkeet • Tuotteiden pakkaukset
Talotekniikka	<ul style="list-style-type: none"> • Lämmitysjärjestelmän pääosat • Vesi- ja viemärijärjestelmän pääosat • Ilmastointijärjestelmän pääosat • Jäähdytysjärjestelmän pääosat • Sprinklerijärjestelmän pääosat • Sähköjärjestelmän pääosat • Hissit ja liukuportaat 	<ul style="list-style-type: none"> • Rakennuksen ulkopuolella sijaitsevat talotekniikan osat, jotka eivät palvele rakennusta vaan rakennuspaikkaa (esim. aluevalaistus tai ulkokatosten sähköjärjestelmä) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tietotekniset järjestelmät • Taloautomaatiojärjestelmät • Varavirtajärjestelmät • Erilliset koneet ja laitteet • Tuotteiden ja laitteiden pakkaukset

Helsinki

Helsingin kaupunki | Kaupunkiympäristön toimiala

Työpajankatu 8, 00580 Helsinki
PL 58231, 00099 Helsingin kaupunki
Puhelinvaihde 09 310 1641 | www.hel.fi