

ILMASTONMUUTOS

Hillintä ja sopeutuminen rakennetussa ympäristössä

Tässä RT-ohjekortissa tarkastellaan ilmastomuutosta sekä keinoja sen hillintään ja siihen sopeutumiseen rakennetussa ympäristössä. Ohjeet on tarkoitettu kaikille rakennushankkeen osapuolille.



SISÄLLYSLUETTELO

- 1 JOHDANTO
- 2 KÄSITTEITÄ
- 3 ILMASTONMUUTOKSEN SYYT
- 4 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET SUOMESSA
- 5 ILMASTONMUUTOKSEN HILLITSEMINEN MAANKÄYTÖNSUUNNITTELUSSA
- 6 ILMASTONMUUTOKSEN HILLITSEMINEN RAKENNUSSUUNNITTELUSSA
- 7 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN MAANKÄYTÖN SUUNNITTELUSSA
- 8 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN RAKENNUSSUUNNITTELUSSA

KIRJALLISUUTTA

1 JOHDANTO

Ilmastomuutos on osa maailmanlaajuisista ympäristökriisiä luonnonvarojen ehtymisen ja luonnon monimuotoisuuden heikkenemisen ohella. Ilmastomuutosta pyritään kuitenkin hillitsemään, ja toisaalta siihen voidaan myös sopeutua.

Suomessa rakennettu ympäristö (rakentaminen, rakennusten käyttö ja liikenne) aiheuttaa yli puolet ilmastoa lämmittävistä kasvihuonekaasupäästöistä. Samaan aikaan esimerkiksi maankäytön muutokset vähentävät ympäristön hiilensidontakykyä eli hiilinieluja.

Maapallon keskilämpötilan kohoaminen on mahdollista rajoittaa 1,5 asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Tämä edellyttää nopeaa päästöjen vähentämistä ja samalla hiilinielujen lisäämistä siten, että nielujen vaikutus on päästöjä suurempi jo ennen kuluvaan vuosisadan puoliväliä. Yleisellä tasolla tärkeimmät keinot ovat:

- siirtyminen fossiilisista energialähteistä uusiutuviin energiamuotoihin
- energiatehokkuuden parantaminen ja energiankulutuksen vähentäminen
- hiilinielujen lisääminen ja vahvistaminen.

Suomen tavoite on olla hiilineutraali 2035 mennessä ja hiilinielut gatiivinen pian tämän jälkeen.

Rakennetun ympäristön hiilidioksidipäästöihin voidaan merkittävästi vaikuttaa ilmastoviisaalla maankäytön, yhdyskuntien sekä yksittäisten uudisrakennusten ja korjauskohteiden suunnittelulla ja toteutuksella sekä käytöllä, jossa seuranta ja raportointi ovat tärkeässä roolissa. Tiiviissä kaupunkirakenteessa ja haja-asutusalueilla päästöt syntyvät eri tavoilla, ja nämä vaativat erilaiset ratkaisunsa.

Ilmastomuutoksen vaikutuksiin, kuten sään äärevöitymiseen ja Suomeenkin heijastuviin globaaleihin ongelmiin, kuten ilmastopakolaisuuteen, tulee varautua. Ilmastomuutokseen sopeutumisessa vihreä infrastruktuuri ja luontopohjaiset ratkaisut, kuten hulevesien luonnonmukainen käsittely, ovat merkittävässä asemassa.

Kuva 1. Kaukolämpö aiheutti 2017 noin 44 prosenttia pääkaupunkiseudun ilmastopäästöistä.

2 KÄSITTEITÄ

Ilmastomuutoksella tarkoitetaan nykyistä ihmisen toiminnasta aiheutuvaa maailmanlaajuisia ilmaston lämpenemistä. Ilmakehässä ns. kasvihuonekaasut päästävät auringosta tulevan säteilyn maan pinnalle, mutta estävät lämmön poistumisen avaruuteen. Ihmisen toiminnan seurauksena kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä on lisääntynyt. Kasvihuonekaasuja ovat mm. vesihöyry, hiilidioksidi ja metaani.

Hiilidioksidi (CO₂) on merkittävin ihmisten ilmakehään päästämä kasvihuonekaasu. Hiili ja hiilidioksidi kiertävät luonnossa, mutta ihmiskunnan lisääntyneet hiilidioksidipäästöt ovat lisänneet tuntuvasti ilmakehän hiilidioksidipitoisuutta. Palamisreaktiossa 1 kilosta hiiltä syntyy 3,67 kiloa hiilidioksidia (CO₂). Hiilidioksidi viipyy ilmakehässä vuosikymmeniä siirtyen sinä aikana paikasta toiseen.

Hiilidioksidiekvivalentti (CO₂e) on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla muut kasvihuonekaasut muunnetaan kertoimen (*global warming potential*) avulla vastaamaan hiilidioksidipäästöjä.

Hiilidioksidipäästöjä syntyy etenkin fossiilisten polttoaineiden palamisreaktioissa, sementin valmistuksessa ja maankäytön muutoksissa, kuten soiden ja metsien raivaamisesta rakennus- tai laidunmaaksi, jolloin huomattava osa puustoon ja maaperään varastoituneesta hiilestä vapautuu ilmakehään. Hiilidioksidipäästöillä tarkoitetaan tietyn toiminnon yhteydessä tai tietyllä alueella syntyviä päästöjä, kuten rakennuksen lämmittämisestä aiheutuvia suorja päästöjä tai Suomen valtakunnan rajojen sisäpuolella syntyviä päästöjä.

Hiilijalanjälki tarkastelee tuotteen, toiminnan tai palveluiden elinkaaren aikana aiheutuneita päästöjä. Mukana ovat käytöstä aiheutuvien päästöjen lisäksi tuotantoprosessin päästöt. Myös ulkomailla syntyneet tuotteiden valmistamisen päästöt lasketaan mukaan hiilijalanjälkeen.

Hiilinielu sitoo ilmakehästä hiiltä. Kasvit ja eräät muut eliöt sitovat ilmasta yhteyttäessään hiilidioksidia ja varastoivat sen hiilenä varsiinsa, runkoihinsa ja muihin osiin. Kasvin kuollessa niiden sisältämä hiili varastoituu osittain maaperään. Tehokaimpia hiilinieluja ovat metsät.

Hiilikädenjälki on käsite, joka kertoo teon tai tuotteen, kuten rakennuksen tai sen osan, aikaansaamista positiivisista ilmastovaikutuksista.

Hiilineutraalilla tarkoitetaan tilannetta, jossa hiilidioksidipäästöt ja hiilinielujen poistot ovat yhtä suuret, ja **hiilinegatiivisella** tilannetta, jossa päästöt ovat nieluja pienemmät.

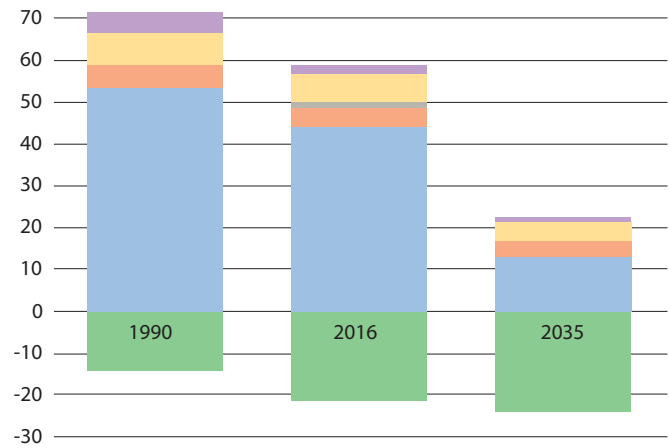
Hiilivarastolla tarkoitetaan paikkaa tai materiaalia, johon hiili on varastoitunut pitkäksi ajaksi hiilikierron ulkopuolelle. Metsien ja soiden lisäksi puurakennusten katsotaan toimivan hiilivarastoina.

IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) eli Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli on perustettu 1988 YK:n toimesta kokoamaan ja arvioimaan tietoa ilmastomuutoksesta poliittisen päätöksenteon tueksi.

Vihreällä sähköllä tarkoitetaan uusiutuvilla energiamuodoilla tuotettua sähköä.

Viher- ja sinirakenteet muodostuvat kasvillisuudelta ja vesistöistä. Ne tuottavat ekosysteemipalveluja ja turvaavat luonnon monimuotoisuutta.

Kaupunkivihreällä tarkoitetaan julkisten viheralueiden sekä mm. katujen, pihojen ja joutomaiden kasvillisuutta.



Kuva 2. Suomen päästölähteet ja hiilinielut sektoreittain 1990 ja 2016 sekä hiilineutraali tavoitetilanne 2035 Suomen Ilmastopaneelin mukaan. Energia, teollisuus, F-kaasut, maatalous, jätteet, maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous

3 ILMASTONMUUTOKSEN SYYT

Ilmastomuutos on seurausta kasvihuonekaasupitoisuuksien lisääntymisestä ilmakehässä. Maapallon lämpötila on jo nous-
sut noin asteella esiteollisesta ajasta. Maapallon lämpötilan ko-
hoamista 1,5 asteella (puolella asteella nykyhetkestä) pidetään
kriittisenä rajana, jonka ihmiskunta ja maapallon nykyisen kal-
taiset ekosysteemit vielä kestäisivät. Maapallon keskilämpötilan
pitäminen 1,5 asteen rajoissa on edelleen mahdollista, mutta
se edellyttää ripeätä ja voimakasta päästöjen vähentämistä
sekä hiilinielujen lisäämistä.

IPCC:n arvion mukaan ilmastomuutoksen hillinnästä aiheu-
tuvut kustannukset ovat noin 3 % ihmiskunnan bruttokansan-
tuotteesta. Mitä myöhemmäksi toimia lykätään, sitä kalliim-
maksi ja tuhoisammaksi ilmastomuutos tulee.

Päästölähteet

Globaalisti suurimmat ihmisten aiheuttamat kasvihuonekaa-
sujen lähteet ovat:

- sähkön ja lämmön tuotanto (24 %)
- maankäytön muutokset (18 %)
- maatalous (14 %)
- liikenne (14 %).

Maankäytön muutoksilla tarkoitetaan muun muassa hiiltä sito-
vien metsien raivausta muuhun käyttöön. Sementin valmistuk-
sen osuus on 5 % ja lentoliikenteen 2...5 %.

Suomessa hiilidioksidipäästöjen lähteet jakaantuvat seuraa-
vasti:

- rakennusten käyttö 32 % (lämmitys, sähkö ja lämmin käyt-
tövesi)
- rakentaminen 6 %
- teollisuus 30 %
- liikenne 19 %
- muut 13 %.

Suomessa rakennuskannan hiilidioksidipäästöt jakautuvat ra-
kennustyypeittäin seuraavasti:

- liike-, palvelu- ja julkiset rakennukset 38 %
- asuin kerros- ja rivitalot 31 %
- omakotitalot ja vapaa-ajan rakennukset 31 %.

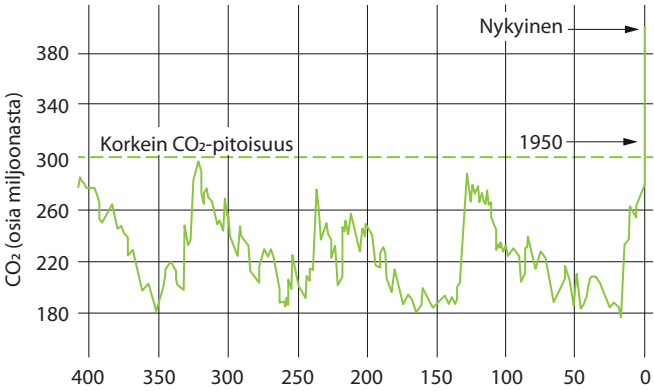
Öljy- ja sähkölämmitteisten sekä fossiilisilla energioilla tuotetut
kaukolämmöllä lämpiävien talojen muuttamisella hyödyntä-
mään uusiutuvia energiamuotoja on merkittävä vaikutus koko
maan päästöihin.

Keskivertosuomalaisten hiilidioksidipäästöt ovat noin
10 000 kg CO₂e vuodessa. Vuosittaiset päästöt vaihtelevat tal-
ven kylmyyden, vesivoiman saatavuuden ja taloudellisen tilan-
teen mukaan.

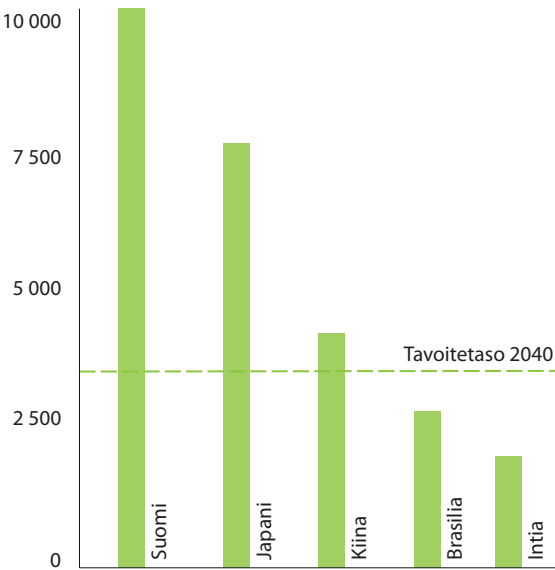
Hiilijalanjälki on suoria päästöjä laajempi käsite ja tarkastelee
kasvihuonekaasupäästöjä kulutusperusteisesti, jolloin mukana
ovat myös maan rajojen ulkopuolella käyttämiemme tavaroi-
den ja palveluiden valmistamisesta syntyneet päästöt. Keskiver-
tosuomalaisen hiilijalanjälki vaihtelee 12 000...15 000 kg CO₂e
välillä vuodessa.

Suomalaisen kulutuksen hiilijalanjäljen suurimat tekijät
ovat liikkuminen (3 300 kg CO₂e), asuminen (3 100 kg CO₂e),
elintarvikkeet (2 080 kg CO₂e) sekä tavarat ja palvelut (2 400
kg CO₂e). Loppuosa jäljestä muodostuu kuluttamisen muilta
osa-alueilta kuten harrastuksista sekä opetus- ja sosiaalipalve-
luista ja yhteiskunnan ylläpitämisestä (infrastruktuuri, armeija
jne.). Yhteislunna ylläpitämisestä syntyy noin 3 000 kg CO₂e
päästöt vuodessa.

IPCC:n arvion mukaan yksittäisen ihmisen hiilijalanjälki saisi
2030 olla enää 3000 kg.



Kuva 3. Hiilidioksidipitoisuuden lisääntyminen ilmakehässä. Mitta-
asteikko kattaa ajanjakson nykyhetkestä 400 000 vuotta menneisyy-
teen.



Kuva 4. Eri maiden asukkaiden kulutuksen (asuminen, ravinto,
liikkuminen, kulutustavaroiden sekä vapaa-ajan ja palveluiden) hiili-
jalanjäljet. Tavoitteena (IPCC) on alle 3 000 kilon hiilijalanjälki 2040.
Suomessa ja muissa länsimaissa päästöjä tulisi vähentää suhteessa
eniten.

Taulukko 1. Maailman hiilidioksidipäästöjen, väestön ja väestöä
kohden laskettujen hiilidioksidipäästöjen kehitys 1,5 asteen läm-
pötilatavoitteen saavuttamiseen johtavalla päästöpolulla vuosina
2017...2050.

	2017	2020	2030	2040	2050
Maaailman kokonaishiilidioksi- dipäästöt (miljardia tonnia)	37	34	25	15	6
Maaailman väestö (miljardia asukasta)	7,6	7,8	8,5	9,3	10
Maaailman CO ₂ e-päästöt per henkilö (kg CO ₂ e/hlö)	4868	4372	2901	1660	600

4 ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUKSET SUOMESSA

Ilmastomuutoksen seurauksena elinolosuhteet maapallolla heikkenevät laajoilla alueilla jo lähivuosikymmeninä merenpinnan kohoamisen, kuivuudesta johtuvan viljelyolosuhteiden heikkenemisen sekä luonnon monimuotoisuuden vähenemisen takia. Ilmastovyöhykkeet siirtyvät jopa satoja kilometrejä kohti napaseutuja muuttuen samalla erilaisiksi kuin millaisia ne ovat nyt. Globaalisti ilmastomuutos lisää nälkää, energiapulaa, poliittista epävakautta, konflikteja ja taloudellista taantumaa, jotka heijastuvat myös meille.

Suomessa lämpeneminen ja ekosysteemien muutokset ovat nopeampia kuin suurimmassa osassa maapalloa, mutta ilmastomuutoksen seuraamukset kuten kuumuus, kuivuus tai merenpinnan kohoaminen eivät uhkaa meitä yhtä dramaattisesti kuin useilla muilla alueilla.

4.1 Lämpötila, sateet

Keskilämpötila kohoaa epätasaisesti eri puolilla maapalloa. Ilmastomuutoksen arvioidaan heikentävän Pohjois-Atlantin merivirtojen toimintaa, mutta tästä huolimatta ilmastomallit ennustavat Pohjois-Euroopan ilmaston selvästi lämpenevän tällä vuosisadalla. Suomessa keskilämpötila nousee kolmesta kuuteen astetta kuluvan vuosisadan aikana.

Ilmastomuutoksen seurauksena Suomessa:

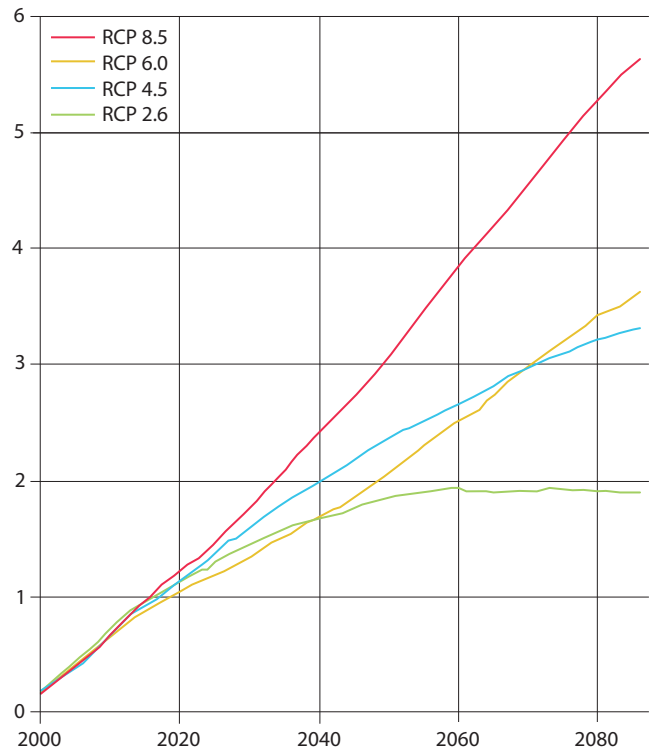
- kesät ovat kuumempia, ja helteitä esiintyy vielä syyskuussa
- kaupunkien paahteisuus lisääntyy ja lisääntyvät helteet aiheuttavat terveyshaittoja erityisesti riskiryhmille
- rakennusten jäähdytystarve kasvaa
- rankat kuurosateet yleistyvät lisäten eroosiota
- kasvukausi pitenee, mutta kuivuus ja rankkasateet saattavat verottaa satoa
- tuhohyönteisten määrä lisääntyy haitaten maa- ja metsätaloutta sekä kaupunkien kasvillisuutta
- vieraslajit yleistyvät vaarantaen alkuperäisten lajien menestymisen
- viljelylajiston monipuolistuu (maa- ja metsätalous, puutarhat)
- metsä- ja maastopalot yleistyvät
- pohjoisten elinympäristöjen väheneminen tai katoaminen uhkaa erityisesti Lapin eliölajistoa.

Talvet ovat pääsääntöisesti leutoja ja sateisia:

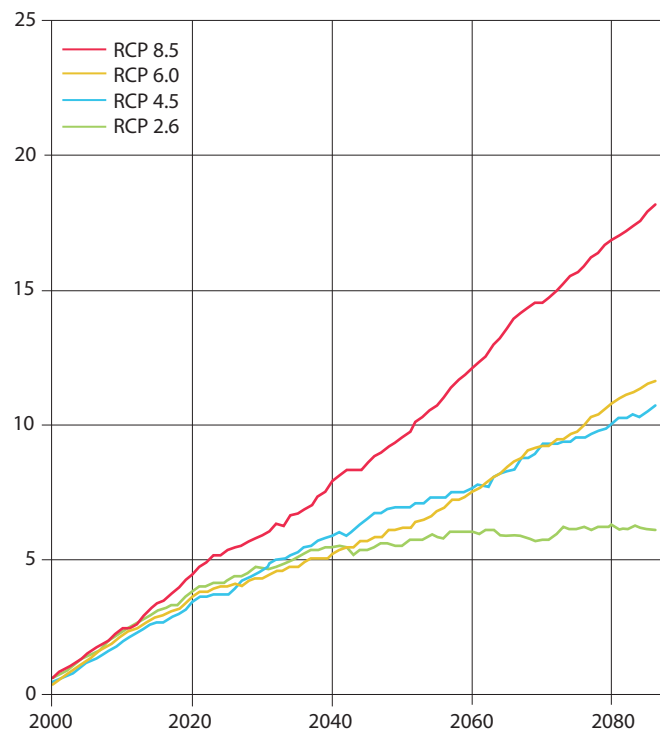
- pysyvä lumipeite etelässä harvinaistuu, mutta pohjoisessa lumen määrä saattaa aluksi kasvaa
- etelässä routiminen vähenee, ja maaperä on märkää ja pehmeää haitaten rakennus- ja metsäkoneiden toimintaa sekä vaikuttaen rakenteiden perustamissyvyyksiin
- sademäärät kasvavat suhteellisesti eniten talvella, ja sateet tulevat varsinkin etelässä etupäässä vetenä
- lunta saattaa kuitenkin etelässäkin sataa kerralla paljon, ja lumen ollessa märkää ja painavaa se rasittaa rakenteita ja haittaa liikennettä; lumen varastoinnille tulisi korttelitasolla varata paikkoja kuljetusliikenteen minimoimiseksi
- viistosade lisääntyy, ja rakenteiden sadesuojaukseen tulee kiinnittää huomiota
- rakennusten lämmitystarve pienenee
- kosteus vaurioittaa rakenteita ja lisää rakenteiden homeutumisalttiutta.

4.2 Tuulisuus

Suomessa tuulet voimistuvat syksyisin tämän vuosisadan loppuun mennessä muutaman prosentin verran, mutta muina vuodenaikoina muutokset ovat pieniä. Syysmyrskyt puhaltavat tulevaisuudessa entistäkin useammin lännen ja lounaan suunnalta. Rakennetuilla alueilla sateet kastelevat talojen lännen- ja etelänpuoleisia seiniä, mikä voi lisätä kosteusvaurioita.



Kuva 5. Vuoden keskilämpötilan kasvu Suomessa verrattuna jakson 1981...2010 keskimääriäisiin arvoihin. Käyrät perustuvat 28 ilmastomuutosmallin tulosten keskiarvoon neljällä eri RCP-kasvihuonekaasuskenaariolla (RCP8.5, hyvin suuret päästöt; RCP6.0, melko suuret päästöt; RCP4.5, melko pienet päästöt; RCP2.6, hyvin pienet päästöt). Lämpötila kohoaa talvella lähes kaksi kertaa niin paljon kuin kesällä; Etelä-Suomen talvet tulevat vastaamaan lämpöolosuhteiltaan nykyisiä Pohjois-Saksan talvia.



Kuva 6. Sademäärän vuosikeskiarvon kasvu prosentteina Suomessa verrattuna jakson 1981...2010 keskimääriäisiin arvoihin. Lukuarvot perustuvat samoihin lähteisiin kuin kuva 5.

Talvisin lisääntyvä pilvisuus lisää pimeyttä, joka korostuu varsinkin lumettomassa Etelä-Suomessa. Lisääntyvä pimeys vaikuttaa ihmisten hyvinvointiin. Tähänkin tulee varautua rakennetun ympäristön ja maiseman käsittelyssä. Myös kesät saattavat olla pilvisempiä.

4.3 Tulvat

Ilmastomuutos lisää Suomessa tulvariskiä monella tavalla:

- sateiden lisääntyminen aiheuttaa tulvia paikoissa, joihin sadevesi kerääntyy; kaupungit ovat alttiita rankkasateiden aiheuttamille kaupunkitulville
- lumen sulamisen synnyttämät jokitulvat aikaistuvat talvien lyhenemisen myötä; soiden ojitukset lisäävät tulvariskiä
- suppojääpadot aiheuttavat talvisin tulvia
- merten pinta kohoaa veden lämpölaajenemisen sekä manner- ja vuoristojäätiköiden sulamisen johdosta.
- merenpinnan nousu lisää selvästi rannikotulvien todennäköisyyttä tulevaisuudessa erityisesti Suomen etelärannikolla
- merenpinnan kohoamisen ja myrskyjen merenpintaa nostava yhteisvaikutus tulee huomioida suunnittelussa.

Vaikka maa kohoaa Suomessa edelleen jääkauden jäljiltä, rannikotulviin tulee meilläkin varautua. Valtamerten pinta nousee kasvihuonekaasupäästöjen kasvusta riippuen noin 30...110 cm vuosisadan loppuun mennessä. Kun maankohoaminen otetaan huomioon, merenpinta nousee Suomenlahdella noin 30 cm ja korkeimpien ennusteiden toteutuessa jopa 90 cm vuosisadassa.

4.4 Ilmastopakolaiset

Merenpinnan nousu yhdellä metrillä jättäisi globaalisti 300 miljoonaa ihmistä kodittomiksi. YK:n arvion mukaan maapallolla on vuonna 2050 noin 250 miljoonaa ilmastopakolaista. Suomessa elinolosuhteet ovat tuolloin paremmat kuin esimerkiksi Etelä-Euroopassa, ja väkilukumme saattaa kasvaa huomattavasti. Ilmastopakolaisten asuttamiseen on syytä ainakin varautua kaavoituksessa.

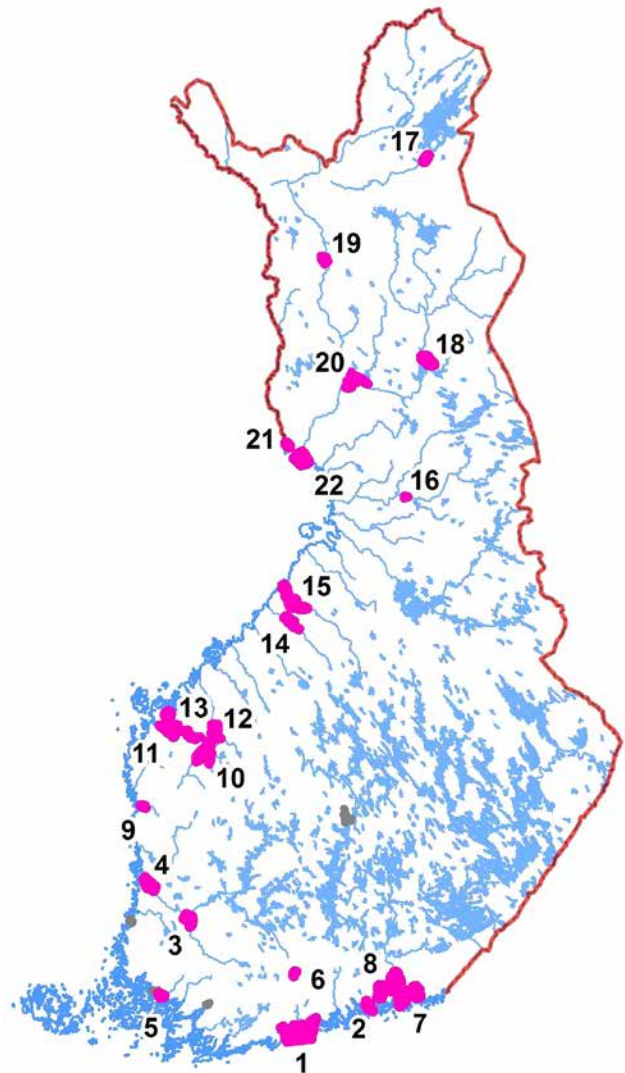
4.5 Luonto

Ilmastomuutos on jo vaikuttanut muun muassa lintujen muuttoaikatauluihin ja useat eliölajit ovat siirtyneet pohjoisemmaksi. Eliöt eivät kuitenkaan voi siirtyä tai sopeutua rajattomasti muuttuviin olosuhteisiin, ja monille lajeille muutos on liian nopea tai sopivia elinympäristöjä ei ole tarjolla muualla.

Luonnon monimuotoisuus heikkenee. Eliölajeja on vähemmän ja harvemmassa kuin aiemmin. Globaalisti luonnon monimuotoisuuden arvioidaan heikentyneen jo 40 %. Jopa tavalliset lajit ovat alkaneet kadota: esimerkiksi räystäspääskyn yksilömäärä on romahtanut Suomessa 75 % tällä vuosituhannella. Linnut ovat ravintoketjun huipulla ja niiden väheneminen kertoo laajemmasta kasvien ja hyönteisten kadosta.

Luonnon monimuotoisuus on heikentynyt ihmisen toiminnan seurauksena. Suurimmat yksittäiset syyt ovat elinympäristöjen muuttuminen ja tuhoutuminen, liikakalastus ja -metsästy sekä enenevissä määrin ilmastomuutos. Tutkijat puhuvat yleisesti kuudennesta sukupuuttoaallostasta. Ihmislaji on täysin riippuvainen luonnosta ja sen tarjoamista ekosysteempipalveluista, joita ovat muun muassa kasvien pölytys, puhdas vesi, raaka-ainetuotanto, maaperän muodostuminen ja tulvien sääty.

Luonto selviytyy ympäristön muutoksista sitä paremmin, mitä rikkaampaa ja monimuotoisempaa se on. Monimuotoisuus takaa kyllin laajan geenipohjan sopeutua muutoksiin. Riittävän suuret luonnontilaiset alueet sekä niiden välinen verkosto edesauttavat luonnon sopeutumismahdollisuuksia.



Kuva 7. Vesistöjen ja meren rannikon merkittävät tulvariskialueet 2018...2024: 1 Helsingin ja Espoon rannikkoalue; 2 Loviisan rannikkoalue; 3 Huittinen (Kokemäenjoki); 4 Pori (Kokemäenjoki); 5 Turun rannikkoalue; 6 Riihimäen keskusta (Vantaanjoki); 7 Haminan ja Kotkan rannikkoalue; 8 Kymijoen alaosa (Kymijoki); 9 Lapväärtti (Lapväärtinjoki); 10 Ilmajoki-Seinäjoki (Kyrönjoki); 11 Laihia-Tuovila-Runsor (Laihianjoki); 12 Lapua (Lapuanjoki); 13 Ylistaro-Koivulahti (Kyrönjoki); 14 Alavieska-Ylivieska (Kalajoki); 15 Pyhäjoen alaosa (Pyhäjoki); 16 Pudasjärven taajama (Iijoki); 17 Ivalon taajama (Ivalojoki); 18 Kemijärven kaupunki (Kemijoki); 19 Kittilän kirkonkylä (Kemijoki); 20 Rovaniemen kaupunki (Kemijoki); 21 Tornion kaupunki (Tornion-Muonionjoki); 22 Kemin rannikkoalue. Tulvariski tulee arvioida myös muilla kuin kuvassa osoitetuilla alueilla.

5 ILMASTONMUUTOKSEN HILLITSEMINEN MAANKÄYTÖNSUUNNITTELUSSA

Maakunta- ja yleiskaavatasolla ilmastovaikutuksiltaan tärkeimmät osa-alueet ovat yhdyskuntarakenne, liikenne, energiaratkaisut ja viherrakenne (hiilivarasto, hiilensidonta). Aluetta tulee tarkastella kokonaisuutena ja arvioida eri tekijöiden vaikutuksia sen hiilijalanjälkeen.

Yksittäiset asemakaavat täydentävät ja täsmentävät yleiskaavan ilmastotavoitteita. Kaavamääräykset ja tontinluovutusehdot ohjaavat energiatehokkuutta, uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämistä ja materiaalivalintoja ilmastoviisaasti. Korttelitypologian sekä yksittäisten rakennusten muodon ja suuntauksen vaikutus aurinkoenergian hyödyntämismahdollisuuksiin, aurinkosuojaukseen ja pienilmastoon otetaan huomioon. Liikenteen päästöjä vähennetään mahdollistamalla monipuoliset lähipalvelut sekä toimivat ja käyttäjiä houkuttelevat julkinen liikenne sekä pyörä- ja kävelyliikenteen yhteydet.

Toimivan yhdyskuntarakenteen suunnittelu ja toteuttaminen edellyttää eri suunnittelualojen ja muiden asiantuntijoiden (palvelut, ekologia, liikenne, rakentaminen) sekä tulevien käyttäjien tiivistä yhteistyötä, johdonmukaista toteuttamista ja oikeaa toteutusjärjestystä. Julkisen liikenteen palveluiden aloittaminen heti ensimmäisten asuntojen valmistuessa edistää sen tehokasta käyttöön ottoa. Myös väliaikainen kauppa voidaan toteuttaa alueen rakentamisvaiheessa. Tuulensuojaistutukset on suositeltavaa istuttaa jo vuosia ennen alueen rakentamista.

Yleis- ja asemakaavatason suunnittelu nivoutuvat toisiinsa, siksi ne käsitellään seuraavassa yhdessä. Eri muuttujien vaikutuksia alue- ja kaavatasolla on vertailtu taulukossa 2.

Taulukko 2. Eri muuttujien vaikuttavuusaste ilmastoon yleis- ja asemakaavatasoilla.

Muuttuja	Yleiskaava	Asemakaava
Yhdyskuntarakenne	***	•
Liikkuminen	***	**
Viherrakenne	***	**
Täydennysrakentaminen	**	***
Hulevedet	**	***
Pienilmasto	•	***
Energiaratkaisut	**	***

5.1 Yhdyskuntarakenne ja toimintojen sijoittelu

Tiivis yhdyskuntarakenne mahdollistaa eri toimintojen sijoittamisen toistensa lähelle ja vähentää liikkumistarvetta. Riittävä asukaspohja turvaa lähipalvelut ja julkisen liikenteen kannattavuuden ja säilymisen. Hajaantuva yhdyskuntarakenne ja palveluiden, kuten automarkettien, sijoittaminen taajamarakenteen ulkopuolelle, lisää henkilöauton käyttötarvetta.

Kaupunkien ja kaupunkiseutujen kasvaessa myös sisäiset välimatkat kasvavat. Väkiluvultaan 60 000...200 000 asukkaan kaupungissa etäisyydet ovat riittävän pienet polkupyörälle, mutta se on riittävä mahdollistamaan joukkoliikenteen toiminnan.

Uudisrakentamisessa tulee hyödyntää olemassa olevaa infrastruktuuria. Rakentamista ohjataan raideliikenteen varrelle. Uusille raideliikenteen käytäville tehdään tilavarauksia (esimerkiksi pikaraitiotiet). Työ ja palvelut sijoitetaan julkisen ja kevyen liikenteen solmukohtiin. Eri toimintojen, kuten asumisen, palveluiden ja työn, sekoittaminen tukee alueiden monipuolistumista. Virkistysalueiden ja muiden vapaa-ajan toimintojen helppo saavutettavuus ilman autoa vähentää alueen päästöjä.

Kaupunkien tiivistettäessä tulee huolehtia, että viheralueita ja rakennettua kaupunkivihreää on riittävästi. Kaupunkivihreää lisää asukkaiden hyvinvointia ja lieventää ilmastomuutoksen kielteisiä vaikutuksia.

Keinoja hiilijalanjäljen vähentämiseen

Erilaisilla alueilla päästöt muodostuvat eri tavoin ja niillä on erilaiset keinot päästöjen vähentämiseksi.

Kaupunkien keskustat

- keskitetyn energiantuotannon vähähiiliset ratkaisut, älykkäät energiaverkot; uusiutuvat energialähteet (katto- ja seinäpintojen hyödyntäminen aurinkosähkön ja -lämmön tuotantoon); hukkalämmön hyödyntäminen
- rakennusten energiatehokkuuden parantaminen; lvi-laitteiden säätö ja toiminnan seuraaminen
- vajaakäyttöisten tilojen käytön tehostaminen ja toimintojen yhdistäminen (koulujen käyttö muuhun iltaisin jne.)
- rakennusten käyttötarkoituksen muutosten helpottaminen joustavilla kaavamääräyksillä siten, että alueen monipuolisuus säilyy (esimerkiksi työn ja asumisen sekoittaminen) kuitenkin arvioiden vaikutukset kokonaisuuteen
- lähipalveluiden mahdollistaminen
- kävely- ja pyöräliikenteen edistäminen
- sähköllä toimivan liikenteen edistäminen, omistamisen sijaan liikennevälineiden yhteiskäyttö
- katupuuston, viherkattojen ja muun kaupunkivihreän lisääminen lämpösaarekeilmiön ja rakennusten viilentämistarpeen pienentämiseksi kesällä; tuulen vaikutus
- asuntojen vaihtamisen tai niiden koon joustaminen perheen tilantarpeen mukaan
- kotitalouksien välinen jakaminen (yhteiskeittiöt, -saunat, -vierashuoneet jne.) ja muun jakamistalouden edistäminen (tavarat, palvelu jne.)
- lähilomailu ja muu virkistyminen kaupungin sisällä
- kulutustottumusten suuntaaminen vähähiilisempiin vaihtoehtoihin.

Kaupunkien reuna-alueet (lähiöt, pien- ja rivitaloalueet)

- asumisen energian säästö; kannustaminen uusiutuvien lähienergoiden hyödyntämiseen, varsinkin öljy- ja sähkölämmitteisissä pientaloissa
- täydennysrakentaminen, joka turvaa palveluiden ja julkisen liikenteen säilymisen
- joukkoliikenteen kehittäminen nopeaksi, sujuvaksi ja vähähiiliseksi
- polkupyörien liityntäpysäköintimahdollisuudet
- paikallinen jalankulkuliikenne ja pyöräily-yhteydet keskustoihin
- viherverkostojen ja paikallisten ekosysteemipalveluiden turvaaminen ja vahvistaminen (pienilmasto)
- lähipalveluiden sekä paikallisten virkistys- ja harrastusmahdollisuuksien parantaminen
- sähköllä toimivan liikenteen edistäminen
- jakamistalouden edistäminen (tavarat, palvelu jne.)
- kulutustottumusten suuntaaminen vähähiilisempiin vaihtoehtoihin.

Maaseutu

- metsäalueiden varaaminen hiilinieluiksi
- niiden sekä suo- ja peltoalueiden käsittely siten, että niiden hiilinieluvaikutus vahvistuu ja hiilivarasto säilyy
- asumisen energiansäästö
- hajautettu energiantuotanto uusiutuvia energiamuotoja hyödyntämällä
- sähköpyörien ja vähäpäästöisten autojen käyttö (hyödyntäen vihreää sähköä tai biokaasua)
- kiertävät palvelut (kauppa-, kirjasto- ja terveyspalvelut)
- paikallisen harrastus- ja virkistysmahdollisuuksien sekä lähiruoan hyödyntämisen parantaminen
- jakamistalouden edistäminen (tavarat, palvelut jne.).

5.2 Pienilmaston vaikutus energiankulutukseen

Pienilmasto vaikuttaa rakennusten energiankulutukseen. Sijoittamalla rakentaminen paikallisilmastoltaan edulliseen paikkaan voidaan vähentää lämmityksestä ja jäähdytyksestä aiheutuvaa energiankulutusta ja päästöjä. Rakennusten energiatehokkuuden ja tiiveyden parantumisen myötä pienilmaston vaikutus lämmitykseen on pienentynyt. Saman aikaisesti kesien lämpeneminen ja ikkunakoon kasvu ovat lisänneet sisätilojen ylikuumentumisen riskiä. Kasvillisuudella ja muulla passiivisella aurinkosuojauksella voidaan pienentää jäähdytystarvetta (RT 07-11300 Aurinkosuojaus).

Maaston muodot, maaperä, ympäröivä kasvillisuus, vesiolosuhteet sekä rakennusten tyyppi, muoto ja suhde toisiinsa vaikuttavat pienilmastoon. Rakennusten sijoittelun ja kasvillisuuden avulla voidaan luoda pihapiiriin miellyttävä pienilmasto. Kaupungeissa kasvillisuudella on huomattava viilentävä vaikutus, ja se lieventää lämpösaarekilmiötä.

5.3 Maarakentaminen

Maan stabilointi, maamassojen siirto sekä paalutus lisäävät rakentamisen hiilijalanjälkeä. Perustamisen osuus voi 50 vuoden tarkastelussa olla suurempi kuin passiivikerrostalon lämmityksen. Maamassojen paikallinen hyödyntäminen vähentää kuljetuksista aiheutuvia päästöjä. Soveltuvissa kohteissa puupaalutus sekä muovittomat maarakenteet pienentävät hiilijalanjälkeä. Kevyemmät runkomateriaalit sallivat yleensä keveämpää perustamista raskaampiin runkomateriaaleihin verrattuna.

5.4 Täydennysrakentaminen

Olemassa olevan yhdyskuntarakenteen täydentäminen tehostaa alueiden käyttöä. Suurempi asukasmäärä parantaa palveluiden ja joukkoliikenteen toimintaedellytyksiä. Samalla uuden katuverkoston ja muun kunnallistekniikan rakentamisen tarve vähenee. Tämä pienentää päästöjä ja kustannuksia. Kaupunkia ei tulisi kuitenkaan täydentää viihtyisyyden ja kaupunkivihreän kustannuksella, jolloin luonnon tarjoamat ekosysteemipalvelut menetetään.

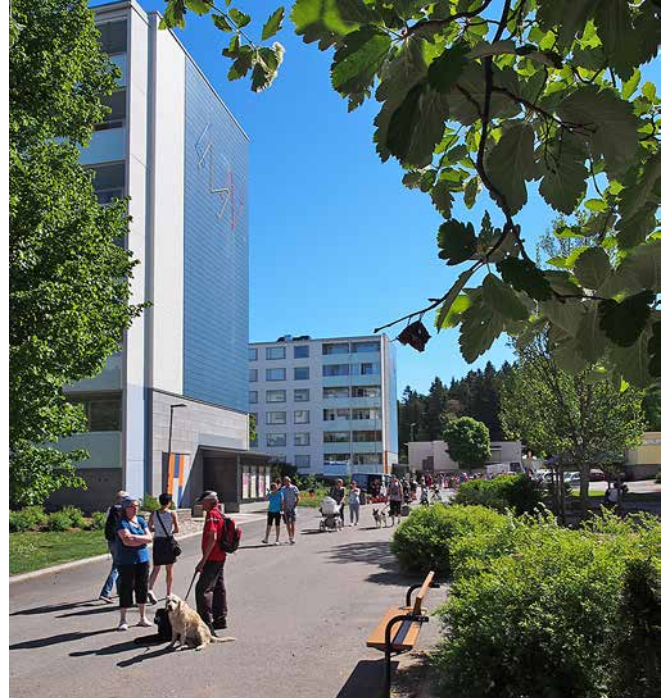
Täydennysrakentamista voidaan toteuttaa erillisillä rakennuksilla tai jatkamalla tai korottamalla olemassa olevia rakennuksia. Myös asuinkerrostalojen maantaso- ja ullakkokerrokset voidaan ottaa tehokkaammin käyttöön. Yhdyskuntarakenteellisista, rakennusteknisistä tai terveydellisistä syistä voidaan joskus päätyä rakennusten tai niiden osien purkamiseen.

Olemassa olevilla asuinalueilla asemakaavan muutoksella, korjauskaavalla tai rakentamistapaohjeilla voidaan varmistaa alueen yhtenäinen ilme energiatehokkuuden parantamisen ja uusiutuviin energiamuotoihin siirtymisen yhteydessä vaikka muutokset tehtäisiin eriaikaisesti ja eri toimijoiden toimesta.

5.5 Tilankäytön tehostaminen

Uudisrakentaminen aiheuttaa huomattavat kertaluontoiset päästöt, ns. hiilipiikin (ks. kuva 15). Uudisrakentamisen tarvetta voidaan vähentää olemassa olevien vajaakäyttöisten tilojen käytön tehostamisella tai eri toimintojen yhdistämisellä. Esimerkiksi Espoon Otaniemessä yliopiston tilat palvelevat myös alueen lukion luokkatiloina, jolloin erillistä koulurakennusta ei tarvita. Samoin esimerkiksi päiväkotien ja koulujen iltä-, viikonloppu- ja kesäkäyttö nostavat niiden käyttöastetta ja vähentävät erillisten liikunta- ja harrastetilojen tarvetta.

Kaavoituksessa kartoitetaan vajaakäyttöiset tilat sekä tutkitaan eri toimintojen yhteiskäytön mahdollisuuksia ja rakennusten muokattavuus niiden elinkaaren pidentämiseksi.



Kuva 8. Turun Jyrkkälässä toteutettiin 1960- ja 1970-lukujen taitteessa valmistuneen lähiön ekotehokas parannustyö, jonka tavoite on jatkaa rakennusten elinkaarta 50 vuodelle. Rakennusten energiatehokkuutta parannettiin parantamalla lämmöneristeitä ja julkisivuja ja kunnostamalla huonokuntoisia ikkunoita, korjaamalla ilmanvaihtojärjestelmää ja lisäämällä siihen lämmöntalteenotto sekä asentamalla julkisivuihin aurinkopaneeleja. Lisäksi alueen pienilmastoa, viihtyisyyttä, yhteisöllisyyttä ja palveluiden edellytyksiä parannettiin.



Kuva 9. Lisäkerrosrakentaminen tehostaa alueiden käyttöä ja säästää esimerkiksi viheralueita rakentamiselta. Riittävä asukas pohja turvaa joukkoliikenteen ja palveluiden säilymistä. Lisäkerros Helsingin Rakuunantiellä.

5.6 Kestävä liikkuminen

Liikenne aiheuttaa viidenneksen Suomen kasvihuonekaasupäästöistä. Kotimaan liikenteen hiilidioksidipäästöistä 94 % syntyy tieliikenteessä, 4 % vesiliikenteessä, vajaat 2 % lento­liikenteessä ja noin 0,5 % rautatieliikenteessä. Tieliikenteen päästöistä kolme neljäsosaa syntyy henkilöautoliikenteestä. Asukasta kohden lasketut liikenteen päästöt ovat Suomessa korkeat. Syynä tähän ovat hajanainen asutus ja tieliikenteen suuri osuus rahtikuljetuksista.

Kaupungeissa sähköllä toimiva joukkoliikenne on vähäpäästöisin liikkumismuoto kävelyn ja pyöräilyn jälkeen. Ilmastosiiden lisäksi tilantarve pakottaa muutoksiin liikennesuunnitelussa: yksityisautoille ei ole tilaa tiivistyvässä kaupungissa. Haja-asutusalueilla vihreällä sähköllä tai biokaasulla toimivat autot ovat vähäpäästöisiä vaihtoehtoja.

Kaavoitus vaikuttaa liikkumisen tarpeeseen ja muotoon. Eheä ja tiivis yhdyskuntarakenne lyhentää yksittäisten matkasuoritteiden pituutta, lisää joukkoliikenteen kannattavuutta ja parantaa pyörä- ja jalankuliikenteen houkuttelevuutta. Toimintojen saavutettavuus kävelen, pyörällä tai julkisella liikenteellä on kestävä liikkumisen perusta. Hajaantuva yhdyskuntarakenne lisää liikenteen päästöjä.

Kestävässä liikkumisessa valitaan tilanteeseen sopivin kulkumuoto tai matkaketju (esimerkiksi polkupyörä + juna + kaupunkipyörä). Erilaiset älysovellukset (esimerkiksi reitin- ja matkustusvälineiden valinta) tukevat kestävää liikkumista.

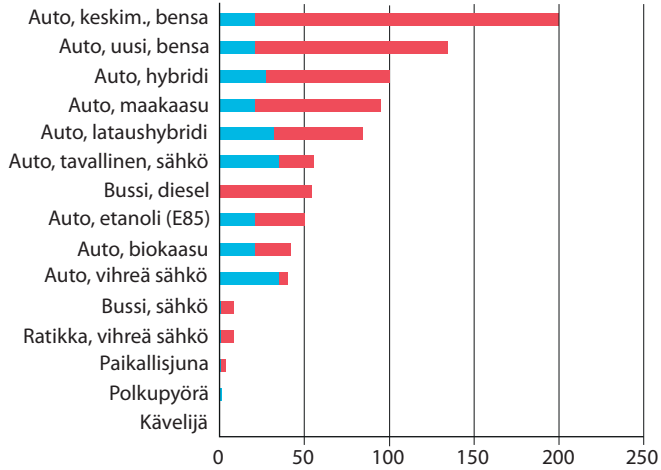
Sähköllä liikkuvat kulkuneuvot eivät aiheuta liikenteessä päästöjä. Niiden välilliset päästöt ovat riippuvaisia käytetyn sähkön ominaisuuksista. Akkujen valmistamisen päästöt lisäävät sähköautojen elinkaari­päästöjä.

Yleiskaavoituksessa kestävää liikkumista edistäviä toimia:

- suosi kaupungeissa tiivistä keskustaa sekä lähikauppoja ja -palveluja
- vältä keskustan ulkopuolisia kauppakeskuksia
- pyri sijoittamaan uudet asuinalueet raideliikenteen varrelle, säilyttäen kuitenkin miellyttävä mittakaava kävelijöille
- vahvista joukkoliikenteen yhteyksiä ja käytäviä
- toteuta alueita, joissa arki­liikkuminen kävelen ja pyörällä on helppoa ja turvallista
- yhdistä jalankulku ja pyöräily viherverkostoon
- toteuta mahdollisimman monipuolinen ja kattava matkaketjujen verkosto
- tutki toimintojen sijoittelun vaikutusta liikennetarpeeseen eri mittakaavoissa sekä eri kulkuneuvo- ja väestöryhmien näkökulmasta.

Asemakaavoituksessa kestävää liikkumista edistäviä toimia:

- tue toimenpiteitä, jotka vähentävät autojen määrää
- varmista miellyttävä ja turvallinen vaihto joukkoliikenteen risteyskohdissa
- sijoita säältä ja ilkevallalta suojaavia parkkipaikkoja polkupyörille joukkoliikenteen asemien sekä eri palveluiden yhteyteen
- sijoita taajamissa asunnot enintään 300 metrin etäisyydelle joukkoliikenteen pysäkeistä ja varmista miellyttävä säältä suojaava kulku asuntoihin
- sijoita autopaikat keskitetysti asuinalueen reunoille
- pienennä autopaikanormeja paikoissa, joissa auton tarve on vähäistä ja irrota autopaikan kustannukset asuntojen hinnoista
- ennakoi autopaikkojen ottaminen muuhun käyttöön.



Kuva 10. Esimerkkejä eri liikennemuotojen ja -välineiden käytöstä aiheutuvista hiilidioksidipäästöistä kaupunkiliikenteessä suhteessa henkilökilometreihin (keskimääräiseen matkustajamäärään). Päästöissä ovat mukana sekä kulkuneuvojen valmistusvaihe (sininen) että käytöstä aiheutuvat päästöt (punainen). Sähköntuotannon päästöjen pienentyessä (taulukko 4) sähköllä liikkuvien kulkuneuvojen päästöt vähenevät.

Taulukko 3. Esimerkkejä eri liikennemuotojen syöttötehokkuudesta tunnissa 3,5 metriä leveällä kaistalla.

Kulkuneuvo	Henkeä/3,5 m kaista /h
henkilöauto	2 000
linja-auto	9 000
polkupyörä	14 000
kävely	19 000
pikaraitiotie	22 000



Kuva 11. Yhden henkilöauton tarvitsemaan parkkiruutuun mahtuu 10 polkupyörää.

Kävely tulee tehdä kaupungissa miellyttäväksi vanhojen kaupunkikeskustojen tapaan. Kävelyä liikkumismuotona edistäviä toimia:

- täydennä kaupunkirakennetta siten, että asuminen, työ, virkistys ja palvelut sijaitsevat kävelyetäisyydellä toisistaan
- lisää kävely-ympäristön kiinnostavuutta
- lisää kävely-ympäristön turvallisuutta, erityisesti päiväkotien ja koulujen läheisyydessä
- lisää kävely-ympäristön miellyttävyyttä esimerkiksi tuulisuutta vähentävän kasvillisuuden ja sadesuojien avulla
- suunnittele kävelytiet niin, etteivät hulevedet tulvi niille tai autojen roiskevedet osu jalankulkijoihin
- huomioi liikuntarajoitteiset henkilöt välttämällä esimerkiksi liian jyrkkiä nousuja, käsijohteita sijoittamalla ja varaamalla penkkejä levähtämistä varten.

Polkupyöräily on päästötön ja nopea liikennemuoto. Taajamissa se on alle 7 kilometrin matkoilla autoa nopeampi vaihtoehto. Pyöräliikenne vie kaupungissa vähän tilaa ja pyöräliikenneverkon rakentaminen on edullista. Pyöräily lisää terveyttä, ja näin sillä on myönteinen vaikutus kansanterveyteen ja -talouteen. Helsingin kaupungin laskelmien mukaan yksi pyöräilyyn sijoitettu euro säästää 8 euroa muista kuluista.

Pyöräilyä liikkumismuotona edistäviä toimia:

- luo yhtenäisiä, kattavia, turvallisia ja sujuvia pyöräiteitä, jotka viheralueisiin kytkettyinä ovat miellyttäviä ja houkuttelevia ja joilla kasvillisuus antaa tuulensuojaa
- varaa pyöräilylle riittävästi katutilaa ja erota se muusta liikenteestä, myös jalankulusta
- rajoita muun ajoneuvoliikenteen vauhti pyöräilyn mukaan niillä osuuksilla, joilla liikennemuodot käyttävät samaa kaistaa
- järjestä turvallisia varkauksilta, ilkivallalta ja säältä suojaavia pyöräparkkeja, joihin pyörän voi lukita
- varmista turvalliset reitit kouluihin, päiväkoteihin ja harrastuspaikkoihin
- luo hyvät pyöränsäilytyspaikat ja mahdollisuus peseytymiseen ja vaatteiden vaihtamiseen työpaikoilla
- varmista asuintaloissa riittävien säilytystilojen lisäksi paikka pyörien pesemiseen ja huoltamiseen.

Kaupungeissa pyörä- ja joukkoliikenne suunnitellaan täydentämään toisiaan. Pyörien säilytysmahdollisuus asemilla sekä kaupunkipyörien käyttö lisäävät matkaketjun sujuvuutta.

Nopean pyöräilyn valtaväylät, kuten useiden kaupunkien baanaverkostot, sekä sähköpyörien yleistymisen lisäävät pyöräilyn toimintasädetä. Lisäksi tulee toteutetaan erillisiä reittejä virkistyskäyttöön, nopeaan työmatkaliikenteeseen jne. Eri pyörä- ja pyöräilijäryhmien (sähköpyörät ja -potkulaudat sekä nopeat ja hitaat pyöräilijät) nopeuserot tulee huomioida väyläsuunnittelussa esimerkiksi varaamalla tilaa ohittamiseen, erillisille kaistoille ja väylille jne.

Joukkoliikenteen verkoston on oltava kattava, ja sille on mitoitettava riittävästi tilaa. Joukkoliikenne on houkuttelevampaa, kun se on nopeuden lisäksi vaivaton ja miellyttävä käyttää. Vaihtojen kulkuneuvosta toiseen tulee sujua turvallisesti, helposti ja mielellään säältä suojassa.

Joukkoliikenteen houkuttelevuutta parantavia toimia:

- paranna palvelutasoa (hinta, nopeus, vuoroväli, vaihtomahdollisuudet, mukavuus)
- varaa kylliksi tilaa joukkoliikenteelle, muun muassa omat kaistat ruuhkaisille osuuksille
- varmista matkaketjun eheys sekä helpot vaihdot
- sijoita pysäkit palveluiden lähelle
- lisää julkisen liikenteen asemille ja solmukohtiin pyörä- ja autoparkkeja.



Kuva 12. Matkaketjujen sujuvuus, miellyttävyys, nopeus ja turvallisuus edistävät kestävästä liikkumisesta. Etenkin liikenteen solmukohdat tulee suunnitella huolella tämän näkökulma huomioiden.



Kuva 13. Varkauksilta, ilkivallalta ja säältä suojaavilla pyöräparkkipaikoilla on erityisen kannustava vaikutus pyöräilyn lisääntymiseen kaupungeissa. Vartioitu 1000 pyörän pysäköintilaitos Saksan Freiburgin rautatieasemalla.



Kuva 14. Eri liikennemuodot erotetaan omille kaistoilleen. Nopean pyöräliikenteen baanaverkostot eivät risteä autoliikenteen kanssa, ja matkanteko on sujuvaa ja turvallista.

Yksityisauton käyttöä voidaan vähentää parkkimaksuilla ja rajoittamalla parkkipaikkojen määrää. Suurimmissa kaupungeissa myös ruuhkamaksut voivat olla toimiva ratkaisu. Ne vähentävät päästöjen lisäksi ruuhkia ja melua.

- Yksityisautoilun määrään vaikuttavia toimia:
- sijoita parkkipaikat keskitetysti vähintään yhtä kauas kuin julkisen liikenteen pysäkit; samalla pihatiloista tulee viihtyisämpiä
 - suosi yhteis- ja sähköautoja parkkipaikoilla
 - toteuta autottomia kortteleita palveluiden lähellä.

Jakamistaloudessa pyritään yhteisomistukseen ja esineiden ja palveluiden jakamiseen. Esimerkiksi yksityisautoista siirryttäneen autojen yhteiskäyttöön. Autojen väheneminen ja muuttuminen pakokaasuttomiksi sähköautoiksi tulee ottaa huomioon pysäköinti- ja latauspaikkojen suunnittelussa ja sijoittelussa.

5.7 Energiantuotanto

Vähähiilinen energiantuotanto on yksi kaavoituksen lähtökohta. Energiantuotannon (sähkö ja lämpö) keskipäästöillä on huomattava vaikutus koko yhdyskunnan päästöihin. Energiantuotannon keskipäästöt ovat olleet laskussa viime vuosina (taulukko 4), ja niiden päästöjä on tarkoitus edelleen vähentää.

Vesi, tuuli ja aurinko ovat energialähteistä vähäpäästöisimmät (taulukko 5). Puu ja muut biopolttoaineet ovat pitkällä aikavälillä hiilineutraaleja, mutta Suomen oloissa kestää kuitenkin pitkään ennen kuin metsän hiilivarasto on palautunut.

Fossiilienergioista luopuminen merkitsee yhteiskunnan sähköistymistä. Sähköautot ja lämpöpumput kasvattavat sähkönkulutusta, ja tämä merkitsee tuulivoiman tuntuva lisäämistä aurinkosähkön tukemana.

Älykkäät sähkö- ja lämpöverkot tasaavat uusiutuvien energiamuotojen tuotannon vaihtelua. Esimerkiksi laitteet, jotka eivät tarvitse jatkuvasti virtaa, käynnistyvät tuotantohuippujen aikana. Älykäs energiaverkko on kaksisuuntainen, sinne voi syöttää yksittäisten rakennusten ylimääräistä aurinkosähköä tai rakennuksissa syntyvää hukkalämpöä.

Merkittävin ja helpoimmin toteutettava jousto on lämmön kausivarastointi. Kesällä jäähdytyksessä rakennuksista poistettua lämpöä voidaan varastoida maaperään tai maanalaisiin vesisäiliöihin ja hyödyntää lämpöpumppujen avulla talvella. Vastaavasti kesällä kausivaraston kylmää voidaan käyttää viilentämiseen.

Maankäytön suunnittelussa rakennukset sijoitetaan ja suunnataan niin, että saadaan katto- ja julkisivupinta-alaa otollisiin ilmansuuntiin. Rakennusten ja puuston varjostus otetaan huomioon niin passiivisen ja aktiivisen aurinkoenergian hyödyntämisen kuin ulkoalueiden viihtyisyyden näkökulmasta. Toisaalta aurinkosuojauksen merkitys korostuu ilmastomuutoksen edetessä ja kesien paahteisuuden lisääntyessä.

Energiantuotanto suunnitellaan kokonaisuutena, jossa paikalliset lähtökohdat tutkitaan huolella:

- onko alueella kaukolämpö ja millaisella polttoaineella se on tuotettu?
- voiko kaukolämmön tuotannon muuttaa vähäpäästöisemmäksi?
- mitkä ovat kaukojäähdytyksen edellytykset?
- onko alueella teollisuutta tai muuta toimintaa, jonka hukkalämpöä voitaisiin hyödyntää kaukolämpönä tai naapurirakennuksissa?
- voidaanko teollisuuden hukkalämpöä tai rakennusten viilentämisessä syntyvää lämpöä hyödyntää energiantuotannossa tai kausivarastoida?
- mitkä ovat edellytykset tuulivoimalle?
- onko aurinkoenergian hyödyntämiselle otollisia suuria kattoja tarjolla?
- onko geotermisen lämmön hyödyntäminen mahdollista?



Kuva 15. Pikaraitiotievaunuihin, joissa on matala lattia, on miellyttävä nousta ja vaihtaa Saksan Freiburgissa.



Kuva 16. Espoon Otaniemen Väre-kampuksen alle toteutettiin 74 maalämpökaivoa, jotka tuottavat 80 % rakennuksen lämmitysenergian tarpeesta ja 95 % kesäajan jäähdytyksestä maaperän toimiessa kausivarastona.

Taulukko 4. Energiantuotannon CO₂e-keskipäästöt ovat laskeneet Suomessa.

Tuotantomuoto	2007	2016
Sähköenergian tuotannon keskipäästöt	280 g/kWh	164 g/kWh
Kaukolämpötuotannon yhteistuotannon keskipäästöt	219 g/kWh	188 g/kWh

Taulukko 5. Esimerkkejä erienergiamuotojen elinkaaren (LCA) hiilijalanjäljistä tuotettua kilowattituntia kohden. Erot voivat kuitenkin olla suuria paikallisista olosuhteista riippuen. Esimerkiksi aurinkopaneelin valmistusvaiheen hiilijalanjälkeen vaikuttaa ratkaisevasti se, onko tuotannossa käytetty sähkö tuotettu kivihieillä vai tuulisähköllä.

Energiamuoto	Päästöt g CO ₂ e/kWh
Tuulivoima	10...20
Vesivoima, vanha	10...20
Bioenergia	10...200
Aurinkosähkö	30...75
Ydinvoima	10...30
Maakaasuvoimala (yhteistuotanto)	350
Kivihieili (yhteistuotanto)	300...400
Kivihieili (pelkkä sähkö)	800...1100
Geoterminen energia	20...30

5.8 Maankäyttösektorin päästöt ja hiilinielut

Hiilinielujen vahvistaminen on yksi merkittävimmistä ja samalla kustannustehokkaimmista keinoista hillitä ilmastomuutosta. Hiilinielu on prosessi, joka sitoo hiiltä ilmakehästä enemmän kun prosessissa vapautuu hiilidioksidipäästöjä. Suomessa käytännössä vain metsät toimivat hiilinieluina. Jos metsän hiilivarasto kasvaa eli puuston kasvu sitoo enemmän hiiltä, kuin mitä hakkuut ja lahoaminen vapauttavat, se on hiilinielu. Jos varasto pienenee, metsä on hiilen lähde.

Puut, kuten muutkin yhteyttävät, kasvit sitovat yhteyttäessä ilmakehästä hiilidioksidia ja varastoivat osan siitä hiilenä varsiinsa ja juuriinsa. Kasvien kuollessa ja lahotessa osa hiilestä päätyy vähitellen takaisin ilmakehään, mutta huomattava määrä hiilestä kertyy ja varastoituu maaperään. Pohjoisen boreaalisissa metsissä 2/3 hiilestä on varastoituneena maaperään, loput puustoon.

Hyvässä kasvuiässä oleva 40...100 -vuotias metsä sitoo hiiltä tehokkaimmin, mutta metsä voi toimia hiilinieluna satoja vuosia tämän jälkeenkin. Lisäksi vanhojen metsien hiilivarasto voi olla moninkertainen nuorempiin metsiin verrattuna. Päätehakkuu alentaa radikaalisti metsän tehoa hiilinieluna vuosikymmenten ajan. Avohakkuissa vapautuu myös osa maaperän hiilivarastosta.

Suot sitovat hitaasti hiiltä. Vuosituhansien kuluessa niihin on kuitenkin ehtinyt varastoitua valtavat määrät hiiltä suokasvien muuttuessa turpeeksi. Suomessa soiden turpeessa on varastoituneena 9 kertaa enemmän hiiltä kuin metsissä. Kun suo ojitetaan, turve alkaa hajota kuivuessaan, jolloin syntyy hiilidioksidipäästöjä. Erityisen ongelmallisia ovat soista kuivatut pellot. Suopeltojen osuus on vain 12 % peltomaasta, mutta niiden osuus Suomen kokonaispäästöistä maankäyttösektori mukaan lukien on lähes 10 %. Suopellot tulisi ennallistaa suoksi tai ainakin nostaa niillä vedenpintaa, jolloin turpeen hajoaminen hidastuu. Uusia suopeltoja ei tulisi raivata.

Suomen maankäyttösektorin nettoshiilensidonta on 21 miljoonaa tonnia hiilidioksidia eli noin kolmannes Suomessa syntyvistä päästöistä. Maankäyttösektorin hiilidioksidipäästöt, jotka muodostuvat muun muassa suopelloilta ja ojitetuista turvemetsistä, olivat vuonna 2017 lähes 17 miljoonaa tonnia.

Ilmastönäkökulmasta katsoen metsiä tulee hakata vähemmän ja hyödyntää puuta ensisijaisesti pitkäikäisiin tuotteisiin, kuten rakennuksiin. Lyhytikäisistä sellutuotteista tai biopolttoaineista hiili vapautuu ilmakehään hiilidioksidina nopeasti. Puusa on varastoituneena enemmän hiiltä kuin puutuotteiden valmistus yleensä aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Jalostusprosessi ja kuljetukset lisäävät puutuotteiden hiilijalanjälkeä. Rakentaminen tulisi suunnata paikkoihin, jossa se ei vähennä hiilinielua.

5.9 Alueen hiilijalanjäljen arviointi ja mittarit

Alueiden päästölaskentaan otetaan mukaan rakennusten ja infrastruktuurin koko elinkaaren päästöt, liikenteen päästöt sekä maankäytön muutoksista aiheutuvat hiilinielujen menetykset (metsäpinta-alan pieneneminen). Rakennusten elinkaaren päästöihin sisältyvät tuotevaihe, rakentamisvaihe, käyttövaihe ja purkuvaihe. Käytönaikaiset päästöt muodostuvat tilojen ja käyttöveden lämmittämisestä, ilmanvaihdesta, tilojen viilentämisestä sekä sähkön kulutuksesta.

Alueiden päästölaskentaan ei vielä ole yhtenäistä käytäntöä. Tarjolla on kuitenkin useita koti- ja ulkomaisia laskureita ja malleja. Päästölaskenta on hyvä työkalu erilaisten suunnitteluvaihtoehtojen vertaamiseen, ja se tukee myös kaavoitukseen liittyvää päätöksentekoa. Mitä varhaisemmassa hankevaiheessa laskenta tehdään, sitä enemmän siitä on hyötyä tulevalle rakennusalueella.

Teoriassa alueen tai rakennuksen päästöjä voidaan kompensoida luomalla ja turvaamalla hiilinielu tai ennallistamalla esimerkiksi suo jollakin toisella alueella.

Hiilinieluja ja varastoja voidaan vahvistaa:

- suosimalla tiivistä ja eheää yhdyskuntarakennetta, maata jaa enemmän hiilinieluina toimiville metsille
- suuntaamalla rakentaminen kasvillisuuden kasvupotentiaalilta heikoimmille alueille ja säästämällä suuria metsäalueita hakkuilta
- suosimalla maankäyttömuotoja, jotka ylläpitävät mahdollisimman suurta kasvillisuuden määrää pinta-alayksikköä kohden
- suosimalla aktiiviviljelyssä olevia peltöjä, joilla on suurempi hiilivarasto kuin avoimilla rakennetuilla viheralueilla kuten golf-kentillä
- suosimalla luonnonmukaisuutta, kasvillisuuden suurta määrää ja monikerroksellisuutta sekä välttämällä kasvimateriaalin poistoa alueelta
- metsien hakkuista vähentämällä, talousmetsien kiertoa pidentämällä ja harvennushakkuista lieventämällä
- siirtymällä metsätaloudessa jatkuvaan kasvatukseen, jolloin maaperän hiilivarasto kasvaa suuremmaksi kuin avohakkuumetsätaloudessa
- metsittämällä turvepeltoja ja ennallistamalla niitä soiksi
- hiilitsemällä turvemaiden raivaamista pelloksi
- säästösalojittamalla maataloudelle välttämättömät turvepellot
- tekemällä metsäojitetuilla soilla vain välttämättömät kunnostusojitukset.



Kuva 17. Vanhojen metsien hiilivarasto on nuorten metsien varastoa tuntuvasti suurempi. Niiden säilyttäminen turvaa myös luonnon monimuotoisuuden säilymistä. Mitä monilajisempi metsä on, sitä paremmin se kestää muutosta ja esimerkiksi ilmastomuutoksen mukanaan tuomia uusia tuhohyönteislajeja.

Kaavoituksen päästölaskennan työkaluja on koottu portaaleihin:

- KEKO – Kaavoituksen ekolaskuri, www.ymparisto.fi/KEKO
- Ilmastönkestävän kaupungin suunnitteluopas, ilmastotyokalut.fi
- Työkaluja kestävän rakennetun ympäristön suunnitteluun, figbc.fi/alueportaali

6 ILMASTONMUUTOKSEN HILLITSEMINEN RAKENNUSSUUNNITELUSSA

Tärkein hiilijalanjälkeä pienentävä toimenpide on rakentamatta jättäminen. Käyttämällä olemassa olevaa rakennuskantaa, mahdollisimman kevein korjaustoimenpitein vältetään rakentamisen aiheuttamalta hiilipiikiltä (kuva 18).

6.1 Rakennuksen hiilijalanjälki

Rakennuksen hiilijalanjälki on monen osatekijän summa. Se muodostuu rakennuksen koko elinkaarensa aikana aiheuttamista päästöistä.

Esimerkiksi tyypillisen uuden asuinkerrostalon hiilijalanjäljestä 40 % syntyy rakentamisvaiheen ja 60 % käyttövaiheen aikana. Käyttövaiheen päästöt jakautuvat puolestaan tilojen ja käyttöveden lämmittämisen, sähkönkulutuksen sekä korjaamisen ja huollon aiheuttamiin päästöihin. Purkuvaiheen osuus kokonaisuudesta on tyypillisesti alle 10 %. Rakennusten energiatehokkuuden paranemisen myötä rakentamisvaiheen suhteellinen osuus elinkaaren hiilijalanjäljestä on kasvanut. Aikaisemmin rakentamisvaiheen osuus on ollut 10...20 %.

Rakennuksen hiilijalanjälki tulee suhteuttaa rakennuksen käyttöikänsä sekä rakennuksesta saatavaan hyötyyn, jota voidaan arvioida esimerkiksi työntekijä-, oppilas- tai asukasmääränä. Lisäksi rakennuksen sijainti yhdyskuntarakenteessa sekä paikan pienilmasto vaikuttavat sen käytöstä aiheutuviin päästöihin. Suotuista pienilmasto vähentää rakennuksen lämmitys- ja viilennystarvetta ja pienentää näin myös päästöjä.

Rakentamisvaihe aiheuttaa runsaat kertaluontoiset hiilidioksidipäästöt, ns. hiilipiikin. Rakentamisvaiheen hiilipiikin vaikutus voi olla niin suuri, että sinänsä energiatehokkaalta uudisrakennukselta kuluu vuosikymmeniä alittaa vastaavan vanhemman ja energiatehottomamman rakennuksen elinkaaren päästöt (kuva 18). Vanhan rakennuksen rakennusvaiheen päästöt ovat jo ilmakehässä, eivätkä enää lisää ilman hiilidioksidipitoisuutta. Rakennusten käyttöä jatkaminen on usein uudisrakentamista vähähiilisempi vaihtoehto.

6.2 Energiatehokkuus

Talon ulkovaipan sekä ikkunoiden ja ovien lämmöneristyskyky ja ilmatiiveys vähentävät lämmitysenergian tarvetta. Energiatehokkuus tuo lisähintaa rakennuskustannuksiin, mutta leikkaa lämmityskuluja ja hiilidioksidipäästöjä. Tyypillisesti passiivitalon lämmitysenergian tarve on vain 15...30 % tavanomaisen nykymääräykset täyttävän vastaavan rakennuksen tarpeesta.

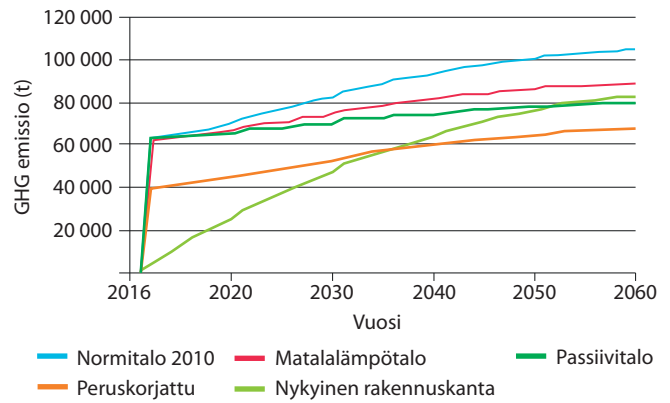
Sähkön ja lämpimän käyttöveden suhteelliset osuudet kokonaisenergiankulutuksesta kasvavat rakennuksen rungon lämmöneristävyyden parantuessa ja lämmitystarpeen pienentyessä. Sekä sähköä että vettä voi säästää yksinkertaisin ja kustannustehokkain keinoin.

Rakennuksen käyttäjä vaikuttaa oleellisesti rakennuksen energiankulutukseen. Jos rakennusta ja sen tekniikkaa ei osata käyttää, saattaa rakennuksen energiankulutus kasvaa huomattavasti. Käyttäjien perehdyttäminen rakennuksen laitteiden käyttöön sekä laitteiden huollon varmistaminen takaavat energiatehokkaan lopputuloksen elinkaaren aikana.

6.3 Tilasuunnittelu

Rakennuksen koko ja tilatehokkuus vaikuttavat oleellisesti sen energiankulutukseen. Väljästi mitoitettu rakennus kuluttaa enemmän energiaa suhteessa käyttäjien määrään tai muuhun hyötyyn kuin käyttötarkoitukseensa toimivaksi ja tehokkaaksi suunniteltu vaihtoehto.

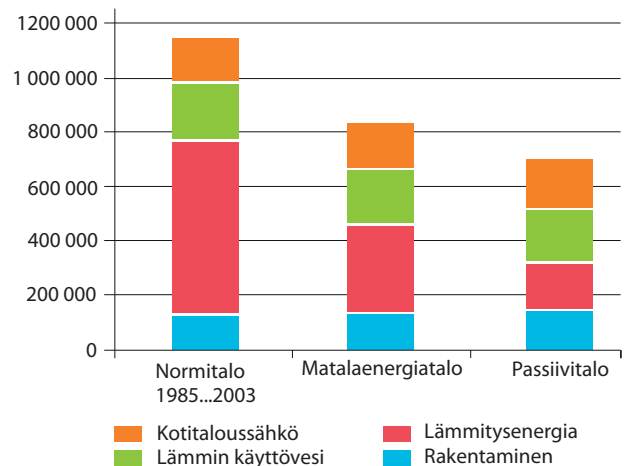
Rakennuksen kompakti muoto pienentää sen lämmitysenergian kulutusta, koska lämpöä haihduttavan ulkovaipan pinta-ala on pienempi suhteessa lattiapinta-alaan. Muoto ei saa kuitenkaan haitata päivänvalon saantia. Suuntaamalla



Kuva 18. Rakentamisvaiheen hiilipiikin takia energiatehokkaaltakin rakennukselta kuluu vuosikymmeniä alittaa korjatun rakennuksen kumulatiiviset päästöt, kun hiilijalanjälkeä tarkastellaan nykyhetkestä eteenpäin. Tästä näkökulmasta korjausrakentamisen ja olemassa olevien rakennusten käyttötarkoituksen muutokset, tulisi tutkia ensisijaisena vaihtoehtona.



Kuva 19. Korjausrakentamisen aiheuttama hiilipiikki on uudisrakentamista tuntuvasti pienempi. Myös korjausrakentamisessa voidaan päästä hyvin energiatehokkaaseen lopputulokseen. Riihimäellä sijaitsevan Innovatalon lämmitysenergian tarve (50 kWh/m²) putosi puoleen (25 kWh/m²) energiaremontin yhteydessä.



Kuva 20. 122 m² passiivitalon, matalaenergiatalon ja tyypillisen 1985...2003 valmistuneen pientalon energiankulutuksen jakautuminen 50 vuoden tarkastelussa.

ikkuna-aukotus etelään voidaan hyödyntää aurinkoenergiaa passiivisesti lämmityskauden aikana. Sisätilojen ylikuumeneminen kesällä tulee kuitenkin estää varjostavan kasvillisuuden tai rakenneosien avulla.

Tilojen jousto ja muunneltavuus lisäävät niiden käytettävyyttä erilaisiin tarkoituksiin ja pidentävät rakennuksen käyttöikää. Koulu, jonka tilat sopeutuvat iltaisin muuhun käyttöön, on energiatehokkaampi kuin koulu, joka on illat käyttämättömänä, kun tarkastellaan kulutettua energiaa suhteessa saatuun hyötyyn. Samoin asuntojen joustaminen asukkaiden elämäntilanteen mukaan säästää energiaa. Esimerkiksi osa asunnosta voidaan erottaa erilliseksi sivuasunnoksi perhekoon muuttuessa, jolloin vältetään tyhjiin jääneiden huoneiden lämmittäminen.

6.4 Uusiutuvat energiamuodot

Rakennuksessa tai sen tontilla tapahtuva energiantuotanto uusiutuvia lähiennergioita hyödyntäen vähentää ostoenergian tarvetta ja hiilidioksidipäästöjä. Aurinko ja tuuli ovat energialähteistä vähähiilisimmät. Lämpöpumput, biopolttoaineet tai erilaiset uusiutuvien energiamuotojen hybridijärjestelmät aiheuttavat kohtuullisen vähän hiilidioksidipäästöjä. Koska uusiutuviakaan energiamuotoja ei voida tuottaa rajattomasti, on myös energian säästäminen tärkeää.

Korjausrakentamisessa päästövähenysvaikutus on erityisen suuri siirryttäessä fossiilista energiamuodoista uusiutuviin. Esimerkiksi pientalon öljylämmityksen vaihtaminen maalämpöön pienentää lämmityksen päästöjä jopa 75 %. Taulukkoon 6 on kerätty eri esimerkkejä eri rakennuksissa käytettävien energiamuotojen hiilidioksidipäästöistä.

Uusiutuvien energiamuotojen liittäminen luontevasti osaksi rakennuksen arkkitehtuuria vaatii hyvää suunnittelua. Erityisesti korjausrakentamisessa uuden tekniikan sijoittaminen vaatii huolellisuutta, jotta rakennuksen alkuperäinen ilme ei kärsi kohtuuttomasti.

6.5 Päärakenteiden hiilijalanjälki

Rakentamisvaiheen hiilidioksidipäästöt muodostuvat tuote-, kuljetus- ja työmaavaiheissa. Tuotevaihe pitää edelleen sisälleen materiaalien ja osien koko valmistusprosessin.

Eri materiaalien valmistamiseen tarvittavan energian määrässä ja hiilidioksidipäästöissä on tuntuva eroja. Metallien ja muovien valmistus kuluttaa paljon energiaa, kun taas puutuotteen valmistukseen sitä kuluu vähemmän. Uudisrakentamisen hiilipiikkiä voi pienentää suosimalla materiaaleja, joiden valmistamisesta aiheutuu mahdollisimman pienet hiilidioksidipäästöt ja hyödyntämällä käytettyjä osia ja uusiomateriaaleja. Erityisesti vanhan betonirungon tai perustusten hyödyntäminen vähentää tuntuvasti rakentamisvaiheen päästöjä.

Puukerrostalon rakentamisvaiheen hiilijalanjälki on tyypillisesti 30...50% pienempi kuin vastaavan betonikerrostalon. Tässäkin perustukset muodostavat huomattavan osan puurakennuksen hiilijalanjäljestä.

6.6 Hiilivarasto

Rakennukset voivat toimivat hiilivarastona. Talon rakenteisiin varastoitunut hiili on vuosikymmeniä poissa ilmastoa lämmittävistä hiilenkierrosta. Rakennusrungon hiilivarasto voi olla jopa suurempi kuin mitä rakennuksen käyttämisestä syntyy hiilidioksidipäästöjä.

RT 07-11300 Aurinkosuojaus



Kuva 21. Valmis pienoiskeittiö mahdollistaa huoneen erottamisen omaksi asunnokseen, mikäli sille ei enää ole käyttöä.

RT 103076 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät

RT 103077 Aurinkolämpöjärjestelmä.

Taulukko 6. Esimerkkejä rakennuksissa tai tontilla käytettävien tai tuotettavien eri energiantuotantotapojen elinkaaren CO₂e -päästöistä tuotettua kilowattituntia kohden.

Energiamuoto	Päästöt keskimäärin
Sähköenergian tuotannon keskipäästöt	164 g CO ₂ e/kWh
Kaukolämmön keskipäästöt	183 g CO ₂ e/kWh
Maalämpö	80 g CO ₂ e/kWh
Puu/pelletti	30...100 g CO ₂ e/kWh
Aurinkolämpö	20 g CO ₂ e/kWh
Aurinkosähkö	40 g CO ₂ e/kWh
Tuuli	30 g CO ₂ e/kWh

Taulukko 7. Esimerkkejä eräiden rakennusmateriaalien hiilijalanjäljistä.

Materiaali	Tiheys kg/m ³	Hiilijalanjälki g CO ₂ e/kg	Hiilijalanjälki g CO ₂ e/kg/m ³	Hiilivarasto g CO ₂ e/kg
Betoni	2 400	140...210	336...504	-
Teräs	7 850	1 090	8 557	-
Puu	480	70	34	1600
CLT	440	330	145	1600
Tiili	1 300	220	286	-
Polyeteeni	940	2 410	2 265	-

6.7 Hiilijalanjäljen laskenta

Käytössä olevissa standardeissa neliömetripohjainen laskentatapa on vakiintunut vallitsevaksi. Se ei kuitenkaan huomioi esimerkiksi tilatehokkuuden tai asumisväljyyden vaikutusta asumisen hiilijalanjälkeen. Standardi ei silti estä laskemasta rakennuksen hiilijalanjälkeä asukaskohtaisesti. Myöskään hiilivarastoa ei vähennetä hiilijalanjäljestä.

Rakennusten elinkaaren hiilijalanjäljen laskeminen koostuu seuraavista osista:

- A1...A3 Tuotevaihe (mm. rakennusmateriaalit)
- A4...A5 Rakentaminen (mm. kuljetukset ja työmaatoiminnot)
- B1...B2 Käyttö (mm. huolto)
- B3...B4 Kunnossapito ja korjaukset
- B6 Energiankäyttö
- B7 Veden käyttö
- C1...C4 Purkaminen, kuljetukset ja käsittely
- D Elinkaaren ulkopuoliset vaikutukset.

Rakennusten mahdollinen hiilivarasto voidaan esittää erillisenä teknisenä lisätietona.

6.8 Asumisen hiilijalanjälki

Asumisen hiilijalanjälki muodostuu asunnon valmistamisesta, ylläpidosta ja purkamisesta sekä käytön aikaisista (lämmitys, sähkö) päästöistä. Eniten asumisen hiilijalanjälkeen vaikuttavat

- energiatehokkuus
- uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen
- päärakenteiden hiilijalanjälki
- tilatehokkuus.

Eri tekijöillä voi kompensoida toisiaan: esimerkiksi hieman heikomasta energiatehokkuudesta koituvia päästöjä voi kompensoida hyödyntämällä uusiutuvia energiamuotoja tai kasvatamalla tilatehokkuutta. Asunnon sijainti vaikuttaa oleellisesti sen asukkaiden liikkumisesta aiheutuvaan hiilijalanjälkeen.

Asumisen hiilijalanjäljen suhteuttaminen asukasmäärään antaa eri tuloksen kuin neliöperusteinen laskenta. Asukaskohtaisessa tarkastelussa asumisen tilatehokkuus korostuu. Mitä pidempi rakennuksen tai yksittäisen rakennusosan elinkaari on, sen parempi.

6.9 Korjausrakentaminen

Rakennusten korjaaminen tai käyttötarkoituksen muutokset ovat yleensä ensisijaisia luonnonvarojen ja ympäristöä säästäviä sekä ilmastomuutosta hillitseviä keinoja (kuva 15). Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen onkin yksi tehokkaimmista tavoista vähentää yhteiskunnan hiilidioksidipäästöjä. Asuinkerrostaloissa käytönaikaisia päästöjä on pystytty vähentämään erilaisilla korjaus- ja muutostoimenpiteillä 30...70 %. Siirtyminen uusiutuviin energiamuotoihin samoin kuin lämmityksen ja ilmanvaihdon säätäminen vähentävät ostoenergian tarvetta ja päästöjä huomattavasti. Ikkunoiden uusimisen tai vaipan lisäeristämisen vaikutukset ovat suhteellisen pieniä, ja ne kannattaa toteuttaa vain silloin, kun korjaamiseen on muuta tarvetta.

Erilaisten korjaustoimenpiteiden vaikutuksia lämmitysenergian kulutukseen tyypillisessä asuinkerrostalossa:

- lämmönjakelun säätö, säästö 10...15 %
- ilmanvaihdon lämmöntalteenotto, säästö 20...30 %
- seinien lisäeristäminen, säästö 5...10 %
- ikkunoiden uusiminen, säästö 8...14 %

Eri aikakausien rakennuksille ja rakenteille on valittava niille parhaiten soveltuvat korjausmenetelmät. Energiatehokkuutta tulee parantaa rakennuksen rakennus- tai toimenpideluvanvaraisen korjaus- ja muutostyön tai rakennuksen käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä, jos se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa.

SFS-EN 15978:en. Sustainability of construction works. Assessment of environmental performance of buildings. Calculation method. 2012

SFS-EN 15804:2012 + A2:2019:en. Sustainability of construction works. Environmental product declarations. Core rules for the product category of construction products. 2019

Rakennusten elinkaaren hiilijalanjälkilaskenta:

Tiekartta rakennusmateriaalien hiilijalanjäljen vähentämiseksi [www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Tiekartta_rakennusmateriaalien_hiilijala\(40813\)](http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Tiekartta_rakennusmateriaalien_hiilijala(40813))

Rakennusten elinkaarimittarit – kahdeksan mittaria kestäväan kiinteistöjohtamiseen, figbc.fi/elinkaarimittarit

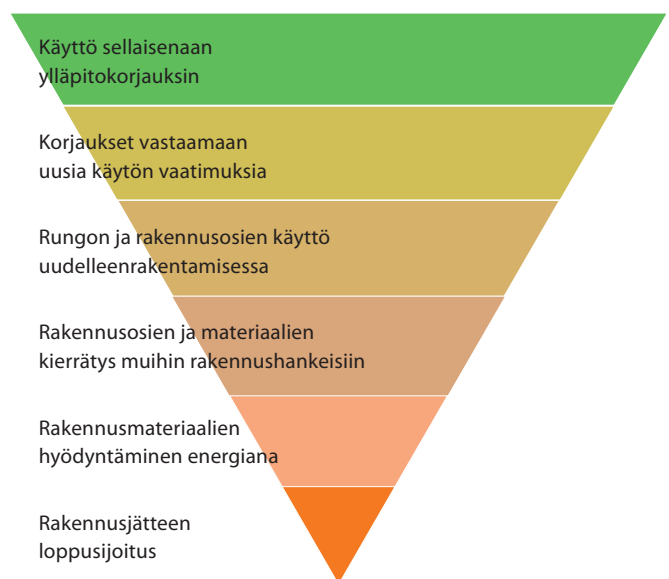
Asumisen uudet tarpeet

Ilmastomuutos ja sen hillintä heijastuvat myös asumiseen. Ravinnontuotantoon kaupungeissa ja jakamistalouden tulisi varautua suunnittelussa:

- istutuslaatikot, palstat, kastelumahdollisuudet
- korjausverstaat
- tavaravaihtopisteet
- yhteiset tilat (talosaunat ja yleiset saunat, juhla- ja ruokailutilat, keittiöt, vierashuoneet, kotiteatteri, talvipuutarha, kuntosali ja askartelutila välineineen ym.)
- ruokaostosten toimituspiste.

Kestävä liikkuminen muuttaa rakennusten ja piha-alueiden suunnittelua:

- autojen määrä vähenee, jolloin parkkiruutujen tulisi olla helposti muunnettavissa esimerkiksi istutusalueiksi
- autopaikoissa on varauduttava sähköautojen lataamiseen
- polkupyörille on varattava riittävästi varkailta, ilkeiltä ja säältä suojassa olevaa säilytystilaa
- polkupyörien korjaamiseen, pesemiseen ja huoltamiseen on varattava paikka
- julkisen liikenteen ja asunnon välinen yhteys on tehtävä helpoksi, esimerkiksi kauppakassien kuljetusjärjestelmä pysäkillä kotiin
- jakamistalous liikkumisessa (yhteisautot, esteettömät kulkuvälineet) on huomioitava.



Kuva 22. Kestävintä on käyttää olemassa olevia rakennuksia sellaisenaan; purkaminen ja uuden rakentaminen aiheuttaa aina hiilijalanjäljen kasvua. Mitä ylempänä pyramidissa pysytään (vihreä) niin sitä pienempi on aiheutuva hiilijalanjälki.

7 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN MAANKÄYTÖN SUUNNITTELUSSA

Resilienssi tarkoittaa kykyä sopeutua vahingolliseen muutokseen: joustaa, korjaantua, toipua ja selviytyä ääritilanteista. Resilienssi tuo uusia näkökulmia rakennus- kuin kaupunkisuunnitteluun. Tulevaisuudessa kaupungin eri elementeillä on monta tehtävää, jotka täydentävät toisiaan: esimerkiksi rakennukset ja korttelialueet ovat myös osa kaupunkivihreää ja energiantuotantoa, puistot ja aukiot osa tonttien sadevesien hallintaa ja katupuut suojaavat tuulelta ja asuntoja ylikuumenemiselta sekä puhdistavat ilmaa.

7.1 Äärevöityvä sää

Lämpeneminen korostuu kaupungeissa, ja paahteisuuteen tulee varautua muun muassa lisäämällä kasvillisuutta ja muita viilentäviä elementtejä.

Sateet runsastuvat ja kerralla saattaa vettä tulla paljon. Veden valuntaa viivyttävillä rakenteilla kuten viherkatoilla voidaan vähentää kaupunkitulvien riskiä.

7.2 Tulvariskialueet ja alimmat rakennuskorkeudet

Sade- ja sulamisvesien tulvat yleistyvät sateisuuden ja rankkasateiden lisääntyessä. Vaikutukset varsinkin kaupungeissa voimistuvat. Tulvimisriskiä voidaan vähentää vettä viivyttävillä ratkaisuilla kuten viherkatoilla, painanteilla ja tulva-altailla. Keskeinen sopeutumiskeino on myös vettä läpäisemättömän materiaalin minimoiminen mahdollisuuksien mukaan uudessa rakentamisessa erityisesti kaupunkiympäristössä (esim. parkkipaikat, kevyenliikenteen väylät jne.). Lisäksi tulee huolehtia rumpujen ja muiden virtauskanavien kunnossapidosta niin, etteivät tukkeudu lehtien, roskien ja jäätymisen seurauksena.

Merenpinnan kohoaminen vaikuttaa rantarakentamiseen Suomessa. Merenpinta kohoaa vuosisadan loppuun mennessä Suomenlahdella noin 30...90 cm. Pohjanlahdella nousu on vähäisempää. Lisäksi voimakkaat matalapaineet nostavat meriveden korkeutta, jolloin merenpinta voi hetkellisesti nousta rannalla 1...2 metriä.

Merenpinnan kohoamisen, vedenkorkeuden lyhytaikaisten vaihteluiden ja aallokon yhteisvaikutus tulee ottaa rantarakentamisen lähtökohdaksi. Varovaisuusperiaatteen mukaan lähtökohdaksi valitaan korkein arvo.

7.3 Ilmastopakolaiset ja ravinnontuotanto

Ilmastopakolaisuuden seurauksena Suomen väkiluku saattaa kasvaa huomattavasti. Uusien asuinalueiden sijoittamiseen kannattaa ainakin varautua hyvissä ajoin, jotta asuttaminen on hallittua. Kaavojen joustavuus helpottaa sopeutumista tuleviin muutoksiin.

Nykyisille viljelyalalle rakentamista tulisi harkita tarkoin. Ilmastomuutoksen seurauksena viljelyolot maapallolla heikenevät. Viljelyyn sopivat alueet tulisikin säästää ravinnontuotantoon.

Tiiviissä kaupunkiympäristössä tulisi viheralueet säästää rakentamiselta niiden tarjoamien ekosysteemipalveluiden säilyttämiseksi. Ne lisäävät kaupunkien sopeutumiskykyä ilmastomuutokseen.



Kuva 23. Katupuut viilentävät katutilaa jopa useita asteita. Samalla rakennusten energiaa kuluttava ja ilmakehää lämmittäviä päästöjä aiheuttava viilennystarve vähenee.

RT 89-11196 Hulevesien hallinta

RT 85-11203 Viherkatot.



Kuva 24. Hule- eli sade- ja sulamisvesien viivytysallas luo miellyttävää ja vihreää ympäristöä ja vähentää ilmastomuutosta seuraavien kaupunkitulvien vaikutuksia Vantaan Kartanonkoskella.



Kuva 25. Eko-Viikin vihersormet tuottavat mukavan pienilmaston, tasaavat hulevesiä ja tarjoavat mahdollisuuden palstaviljelyyn.

8 ILMASTONMUUTOKSEEN SOPEUTUMINEN RAKENNUSSUUNNITELUSSA

Rakennusten lämmitystarve vähenee, mutta viilentämisen tarve kasvaa. Kuivuus- ja hellejaksot, myrskyt sekä äkilliset vesi- ja lumisateet rasittavat rakennusta ja sen pihapiiriä uudella tavalla.

8.1 Kuumuus

Helteisyyden lisääntyessä asunnot ja muut rakennusten sisätilat kuumenevat. Kuumuus haittaa ihmisistä erityisesti riskiryhmiä, ja asuntojen lisäksi vanhainkotien ja sairaaloiden viilentämistarve korostuu. Energiaa kuluttavan ilmastoinnin sijaan sisätiloja voi viilentää:

- aurinkosuojuuksella minimoidaan auringonsäteilyn epäedullinen vaikutus sisäolosuhteisiin ja energiankulutukseen.
- viherkatot viilentävät allaan sijaitsevia sisätiloja
- kasvillisuuden avulla voidaan varjostaa rakennusta, pihapiiriä ja muita ulkotiloja
- jäädytyksessä voidaan hyödyntää rakennuksessa tuotettua aurinkosähköä, jolloin ilmastoa lämmittävät päästöt jäävät pieniksi.

8.2 Sade ja tulvat

Rakenteita suunniteltaessa tulee varautua entistä suurempaan kosteusrasitukseen. Sateet voivat olla viistoja ja pitkäaikaisia, jolloin seinäpintojen tulee kestää jatkuvaa märkyyttä.

Suunnittelussa huomioidaan tarvittaessa tulvaturvallisen rakentamisen periaatteet; esimerkiksi alin kerros rakennetaan kosteutta kestäväksi, sähkölaitteet sijoitetaan tavallista ylempään korkeustasoon, käytetään takaiskuventtiilejä jne.

Rankkasateiden aiheuttamien tulvien riskiä pihapiirissä voi pienentää hulevesien paikallisella käsittelyllä:

- viherkatot pidättävät hulevesiä, jolloin ne eivät valu yhdellä kertaa hulevesiviemäriin
- vettäläpäisevät pintamateriaalit päästävät sateen imeytymään maahan
- avo-ojilla ja altailla voidaan ohjata veden tulvimista hallitusti.

Pitkien kuivuusjaksojen varalle hulevesiä kannattaa varastoida säiliöihin pihan kastelua varten.

8.3 Lumi

Vaikka Etelä-Suomessa lunta saadaan tulevaisuudessa vähemmän, saattavat yksittäiset lumipyryt olla runsaita ja lumi voi olla märkää ja painavaa. Tämä tulee ottaa huomioon rakenteiden kantavuuden mitoituksessa. Lisäksi lumelle tulisi varata väli-varastointipaikkoja piha- ja katualueille turhan siirtoajon minimoimiseksi.

8.4 Kosteus

Talvisateet yleistyvät ja sade saadaan enenevissä määrin veteenä. Kuivien pakkassäiden rakenteita kuivattava vaikutus vähenee. Rakenteiden suojaaminen, tuulettuminen ja kosteustekninen toimivuus on varmistettava. Keinoja ovat:

- riittävät räystäät
- yläpohjan ja ulkoverhouksen riittävä tuuletus
- riittävän korkea sokkeli
- osien ja rakenteiden korroosiosuojaus
- katto- ja julkisivurakenteiden tarkastusten tehostaminen.

Kuva 27. Viides ulottuvuus -hankkeen koekatto Helsingin Kaisaniemessä. Viherkatot auttavat sopeutumisessa ilmastomuutokseen muun muassa pienentämällä lämpösaarekeilmiön vaikutusta ja hidastamalla hulevesien päätymistä kaduille. Lisäksi ne lisäävät luonnon monimuotoisuutta. Viherkatto tulisi toteuttaa kaikissa matalissa tai kylmissä rakennuksissa, ja suosia niillä varsinkin ketokasveja, joiden luontaiset kasvupaikat ovat voimakkaasti vähentyneet.

RT 07-11300 Aurinkosuojaus

RT 85-11203 Viherkatot



Kuva 26. Passiivitalon aurinkosuojausta ulkopuolisin automaattisesti säätävin sälekaihtimin.



KIRJALLISUUTTA

RT-kortit

RT 103169 Ilmasto. Perustietoa suunnittelijalle. 2020
 RT 103006 Hulevesirakenteet. 2018
 RT 103076 Verkkoon kytketyt aurinkosähköjärjestelmät. 2019
 RT 103077 Aurinkolämpöjärjestelmät. 2019
 RT 05-10710 Kosteus rakennuksissa. 1999
 RT 07-10912 Päivänvalon hallinta sisätiloissa. 2008
 RT 07-11300 Aurinkosuojaus. 2018
 RT 50-10910 Kesäaikaisten lämpötilojen hallinta asuinkeuhkotalossa. 2007
 RT 81-10590 Routasuojausrakenteet. 1995
 RT 85-11203 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, periaatteet. 2016
 RT 85-11204 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, kasvillisuus ja kasvualusta. 2016
 RT 85-11205 Viherkatot ja katto- ja kansipuutarhat, rakenteet. 2016
 RT 85-11253 Vesikaton kaltevuudet, katteen valinta. 2017
 RT 89-10966 Ulkoleikkipaikat. 2009
 RT 89-11002 Pihojen pohja- ja päällysrakenteet. 2010
 RT 89-11196 Hulevesien hallinta. 2015
 RT 93-10940 Asuntosuunnittelu. Ulko-oleskelu. 2008
 RT 93-10961 Asuntosuunnittelu. Yhteiset ulkotilat. 2009
 Ratu S-1232 Rakennustyömaan sääsuojaus. 2013
 Ratu S-1234 Olosuhteiden vaikutus rakentamisessa. 2017

Ilmastomuutos

Hallitusten välisen ilmastopaneelin IPCC:n raportit, www.ipcc.ch/reports
 Ilmatieteen laitos, ilmatieteenlaitos.fi
 IPCC:n viidennen arviointiraportin osaraporttien yhteenvedot suomeksi, ilmatieteenlaitos.fi/viides-arviointiraportti
 Ilmasto-opas, ilmasto-opas.fi
 CO₂-raportti, www.co2-raportti.fi
 Sää- ja ilmatoriskit Suomessa – kansallinen arvio. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 43/2018, julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161015

Ilmastomuutos ja yhdyskunta

KEKO – kaavoituksen ekolaskuri, www.ymparisto.fi/KEKO
 Ilmastokestävän kaupungin suunnitteluopas, ilmastotyokalut.fi
 GBC Finland – Työkaluja kestävän rakennetun ympäristön suunnitteluun, figbc.fi/alueportaali
 1.5-Degree Lifestyles: Targets and options for reducing lifestyle carbon footprints, Aalto yliopisto 2019, www.aalto.fi/en/departments-of-design/15-degree-lifestyles
 A scenario analysis of the life cycle greenhouse gas emissions of a new residential area. A Säynäjoki, J Heinonen, S Junnila. Aalto yliopisto 2012. [research.aalto.fi/en/publications/a-scenario-analysis-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-a-new-residential-area\(0df12049-eb7c-46a4-8041-851f10703c46\).html](http://research.aalto.fi/en/publications/a-scenario-analysis-of-the-life-cycle-greenhouse-gas-emissions-of-a-new-residential-area(0df12049-eb7c-46a4-8041-851f10703c46).html)
 Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus, Suomen ympäristö 3/2015.
 Ilmastotavoitteita toteuttava asemakaavoitus, Aalto-yliopiston julkaisuja 13/2013. helda.helsinki.fi/handle/10138/154436
 Hiilineutraali Helsinki 2035 -toimenpideohjelma, Helsingin kaupunki 2018. www.hel.fi/static/liitteet/kaupunkiymparisto/julkaisut/julkaisut/HNH-2035-toimenpideohjelma.pdf
 How Does the Construction of a New Residential Area Contribute to Climate Change? Antti Säynäjoki, väitöskirja Aalto yliopisto 2015. aaltodoc.aalto.fi/handle/123456789/14505
 Kestävä kylä pohjoisissa olosuhteissa, Bruno Erat ja Outi Palttala, Ympäristöministeriö 2009. helda.helsinki.fi/handle/10138/38035

Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt, Vehviläinen ym, Sitran julkaisuja 39, 2010. www.sitra.fi/julkaisut/rakennetun-ympariston-energian kaytto-ja-kasvihuonekaasupaaastot
 Vähähiilinen yhteiskunta raportti, Tekes 2014
 Tulviin varautuminen rakentamisessa – opas alimpien rakentamiskorkeuksien määrittämiseksi ranta-alueilla. Antti Parjanne, Mikko Huokuna. Suomen ympäristökeskus 2014

Hiilijalanjälki, materiaalihokkuus

Rakennusmateriaalien ympäristövaikutukset. Ruuska et al. Ympäristöministeriön raportteja 8/2013. [www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_82013_Rakennusmateriaalien_ymparist\(9056\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_82013_Rakennusmateriaalien_ymparist(9056))
 Rakennusten elinkaarimittarit – kahdeksan mittaria kestävään kiinteistöjohtamiseen. figbc.fi/elinkaarimittarit
 SYNERGIA Hiilijalanjälki -työkalu. www.syke.fi/fi-FI/Tutkimus_kehittaminen/Kulutus_ja_tuotanto/Laskurit/Synergia

Energiatohokkuus

Energia- ja ekologiakäsikirja, Markku Lappalainen, Rakennustieto 2010
 Energiämääräykset 2012, Jarek Kurnitski: Suomen rakennusmedia oy 2011
 Matalaenergiarakentaminen, RIL 249-2009
 Motiva. www.motiva.fi
 Rakenteellinen energiatohokkuus, Kimmo Lylykangas et al. Ympäristöministeriö 2015. www.ymparisto.fi/download/noname/%7BE948658B-1010-4308-9880-41B20B3AC9E5%7D/127301

Uusiutuvat energiamuodot

Auringosta sähköä kotiin, kerrostaloon ja yritykseen, Janne Käpylehto, Into 2016.
 Aurinkoenergia Suomessa, Markku Tahkokorpi (toim.), Into 2016.
 Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa, Eino Rantala ym., RIL 265-2014.

Asuminen

Ekologisesti kestävä pientaloasuminen – vertailu tutkimus 13 suomalaisesta ekologisen kestävyteen pyrkivästä pientalosta, Pekka Hänninen, Ympäristöministeriön raportteja 20/2014. [www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_202014_Ekologisesti-kestava_piental\(30923\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YMra_202014_Ekologisesti-kestava_piental(30923))
 Ilmastoviisas asuminen. Helsingin seudun asuntoraportti 2017 Miliza Ryöti. HSY 2017. www.hsy.fi/fi/asiatuntijalle/seututieto/maan-kayttoasuminen/Documents/Ilmastoviisas%20asuminen_net_100.pdf
 Oulun rakennusvalvonnan laatukortteja, ohjeita sekä tulkintoja. www.ouka.fi/oulu/rakennusvalvonta/laatukortit-ja-tulkinnat

Korjausrakentaminen

Asunto-osakeyhtiön energiakirja. Petri Pyly ja Jari Virta. Kiinteistöalan Kustannus Oy, 2011

Muita

Suomen Arkkitehtiliiton kestävän rakentamisen tietosivut. eko-boxi.safa.fi
 Korjaustieto. www.korjaustieto.fi

Kuvaluettelo

Kuva 1, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23, 24, 25, 26 ja 27: Pekka Hänninen

Kuva 3: NOAA/NASA 2018

Kuva 4: Aalto 1.5-degree lifestyles mukaan

Kuva 5 ja 6. Climate Projections for Finland Under the RCP Forcing Scenarios, Kimmo Ruosteenoja, Kirsti Jylhä, Matti Kämäräinen mukaan

Kuva 7. Maanmittauslaitoksen maastotietokanta 3/2018, Suomen ympäristökeskus 12/2018

Kuva 8. Turun Jyrkkälä, Arkkitehtisuunnittelu Kimmo Kuismanen ja Yrjänä Vuojala, Ab CASE consult Ltd 2017. Kuva Kimmo Kuismanen

Kuva 9. Arkkitehtuuri- ja muotoilutoimisto Talli Oy, Rakuunantie, Helsinki. Kuva: Tuomas Uusiheimo

Kuva 18: A scenario analysis of the life cycle greenhouse gas emissions of a new residential area. A Säynäjoki, J. Heinonen, S. Junnila 2012 mukaan

Kuva 19: Innovatalo, Riihimäki, Arkkitehti Kimmo Lylykangas (sanearaus 2011). Kuva Pekka Hänninen

Kuva 20: Matalaenergiarakentaminen, RIL 249-2009 mukaan

Kuva 21: As oy Kellokas, arkkitehti Karin Krokfors, 2011. Kuva Pekka Hänninen

Taulukko 1: Suomen ympäristökeskus SYKE (Rockström ym. 2017, IPCC 2018) mukaan

Taulukko 2. Ilmastotavoitteita edistävä kaavoitus. Irjala ym. 2015 mukaan

Taulukko 3: Liikenne yhdyskunnan suunnittelussa, Kari Ojala, 2003 mukaan

Taulukko 7: Suomen ympäristökeskus SYKE:n mukaan

Ohjeen on laatinut Rakennustietosäätiö RTS:n toimikunta 386 Ilmasto arkkitehti Pekka Hännisen käsikirjoituksen pohjalta:

*Kimmo Lylykangas, Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas Oy, puheenjohtaja
Kimmo Kuismanen, Arkkitehtitoimisto Kimmo Kuismanen / Ab CASE consult Ltd
Simon Le Roux, YM*

Varpu Mikola, Nomaji maisema-arkkitehdit Oy

Kirsti Jylhä, Ilmatieteen laitos

Sari Hartonen, Ilmatieteen laitos

Eero Puurunen, Sitowise Oy

Taina Riekkinen, Turun kaupunki

Suvi Tyynilä, Helsingin kaupunki, Kaupunkisuunnitteluvirasto

Jari Viinanen, Helsingin kaupungin ympäristökeskus

Ranja Hautamäki, Aalto yliopisto

Seppo K. Niiranen, Rakennustieto Oy

Pekka Hänninen, IAH/Rakennustieto Oy; sihteeri

Toimikunnan työtä on asiantuntijana avustanut Mikko Nousiainen, Green Building Council Finland.