

Tiivistelmä

Tämä opas esittelee vähähiilisen rakennuksen suunnittelun periaatteet. Ilmastonmuutos on noussut yhä keskeisemmäksi huolen aiheeksi. Onnistuminen kaikkein vakavimpien ja peruuttamattomien muutosten korjaamisessa riippuu ratkaisevasti lähimpien vuosikymmenien päästökehityksestä.

Rakennettu ympäristö vaikuttaa ilmastoon elinkaarensa eri vaiheissa monin tavoin. Päästöjä aiheutuu raaka-aineiden hankinnasta, tuotteiden valmistuksesta, kuljetuksista, maansiirroista, rakentamisesta ja asennuksista. Suuri osa päästöistä aiheutuu rakennusten käytön aikana energian kulutuksesta, kun sisäympäristön olosuhteet ja rakennuksen muu toimivuus halutaan pitää tietyn tasoisena. Myös rakennuksen purkaminen ja jätteiden käsittely hyödyntämistä tai loppusijoituttua varten vaikuttavat päästöjen kokonaismäärään. Ilmastovaikutuksia on pyritty hillitsemään parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. Tämä keino on edelleen tärkeä, mutta se ei yksin riitä. Jatkossa huomio on kiinnitettävä rakennetun ympäristön koko elinkaareen.

Tarvittavat ilmastoteot eivät kuitenkaan synny pelkästään keskittymällä vähentämään haittoja. Vaikka rakentaminen vaikuttaa hyvin haitallisesti ilmaston tilaan ja planeettamme resurssien käyttöön, sen prosesseja parantamalla voidaan saavuttaa merkittävämpiä edistysaskelia kuin monella muulla alalla. Tällainen lähestyminen auttaa muuttamaan rakennetun ympäristön roolin ongelmasta osaksi ratkaisua.

Opas perustelee, miksi ilmastonmuutokseen on suhtauduttava vakavasti ja arvioi rakentamista päästöjen kannalta. Oppaassa esitellään elinkaariarviomenetelmän perusteet ja sen soveltaminen rakentamisen vähähiilisyyden arviointiin. Erityisesti tuodaan esiin vähähiilisen rakennuksen suunnittelun lähestymistapoja ja vaihtoehtoja. Koko suunnitteluprosessin kulku käydään läpi ohjeistaen eri vaiheita ja ottaen huomioon eri toimijoiden näkökulmia. Lopussa pohditaan tulevaisuuden osaamistarpeita ja esitellään vähähiilisen rakentamisen positiivisia vaikutuksia.

AVAINSANAT

Vähähiilinen rakentaminen, rakennusten ilmastovaikutukset, elinkaariarviointi, suunnittelu, suunnitteluprosessin vaiheet, tuotesidonnaiset päästöt, käyttösidonnaiset päästöt, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, ympäristöseloste, osaamistarpeet

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	8
2	YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA RAKENTAMINEN	11
2.1	Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen liikkakulutus	12
2.2	Rakennetun ympäristön merkitys	18
3	ELINKAARIARVIOINNIN PERUSTEET	39
3.1	Tuotesidonnaiset ja käyttösidonnaiset päästöt	40
3.2	Elinkaariarviointi	52
3.3	Rakennusten elinkaariarvioinnin erityiskysymyksiä	60
3.4	Ympäristömerkinnät	63
4	RAKENNUSTEN VÄHÄHIILISYYDEN ARVIOINTI	69
4.1	Elinkaariarvioinnin soveltaminen rakennuksiin	70
4.2	Rakennusten päästölaskennan käytäntö	74
4.3	Tiedon hallinta rakennuksen ilmastovaikutusten arvioinnissa	84
5	VÄHÄHIILISEN RAKENNUKSEN SUUNNITTELU	91
5.1	Lähestymistavat	92
5.2	Rakennuspaikka ja vähähiilisyys	101
5.3	Käytönaikainen energiankulutus ja vähähiilinen rakentaminen	104
5.4	Uusiutuvan energian ratkaisut vähähiilisessä rakentamisessa	116
5.5	Talotekniset järjestelmät	120
5.6	Rakenteet ja materiaalit	122
5.7	Esivalmistusaste ja toteutustavat	130
5.8	Käyttöikäsuunnittelu	132
5.9	Muuntojoustavuus	138

6	VÄHÄHIILISYYDEN HALLINTA RAKENNUSHANKKEISSA	145
6.1	Roolit ja hankkeen vaiheet	146
6.2	Tarveselvitys	148
6.3	Hankesuunnittelu ja suunnittelun valmistelu	150
6.4	Ehdotussuunnittelu	155
6.5	Yleissuunnittelu	159
6.6	Toteutussuunnittelu	163
6.7	Hankinnat, rakentaminen ja takuu aika	166
6.8	Toteutusmalli vähähiilisessä rakentamisessa	169
7	KOHTI VÄHÄHIILISYYTTÄ	174
	Periaatteet ja osaamistarpeet	174
	Määritelmiä	180
	Lähdeluettelo	182



Johdanto

Ilmastonmuutos on noussut yhä keskeisemmäksi huolen aiheeksi. Rakennettu ympäristö aiheuttaa merkittävän osan kaikista kasvihuonekaasupäästöistä. Toisaalta sitä kehittämällä on mahdollista vähentää päästöjä suhteellisen kustannustehokkaasti.

Rakennuksen hiilijalanjälki syntyy rakennuksen elinkaaren aikaisista materiaali- ja energiamääristä sekä maan käytöstä. Näiden lisäksi valittujen materiaalien ja energioiden omalla hiilijalanjäljellä on olennainen merkitys. Rakennuksen hiilijalanjälkeä voidaan pienentää esimerkiksi parantamalla energiatehokkuutta ja vaihtamalla energian lähde vähäpäästöisempään. Jotta päästöjä saadaan riittävästi vähennettyä, suunnittelijoiden on tiedettävä, mistä ne aiheutuvat. Lisäksi heillä tulee olla tietoa ja ymmärrystä vaihtoehtoisten materiaali- ja energiavirtojen ilmastovaikutuksista. Perustavia valintoja tehdään suunnitteluprosessin kaikissa vaiheissa peruskonseptin valinnasta ja tilakoon suunnittelusta alkaen.

Monilla sijoittajilla, kiinteistöjen omistajilla, käyttäjillä ja yksityisillä ihmisilläkin on ilmastotavoitteita, jotka voivat olla hyvin kunnianhimoisia. Rakentamiseen ryhtyvän strategiset tavoitteet muodostavat hyvän pohjan vähähiiliselle rakentamiselle. Tarvesuunnittelun aikana tilatarpeen ja tilojen vaatimusten määrittelyssä tehdään ensimmäiset päätökset, jotka vaikuttavat rakennuksen vähähiilisyyteen. Kun päädytään tilatehokkaisiin, muunneltaviin tai monikäyttöisiin tiloihin, päästöjä saadaan vähennettyä merkittävästi. Tilaa hankittaessa strategiset tavoitteet tulkitaan hankekohtaisiksi konkreettisiksi vaatimuksiksi. Nämä vaatimukset sekä niiden seuranta ja hallinta koko prosessin aikana ovat vähähiilisen rakentamisen lähtökohta ja edellytys. Hankesuunnittelussa asetetut tarkennetut tavoitteet rakennuksen toimivuudelle, energiatehokkuudelle ja ympäristövaikutuksille luovat perustan ja suuntaviivat suunnitteluratkaisulle ja sen vähähiilisyydelle.

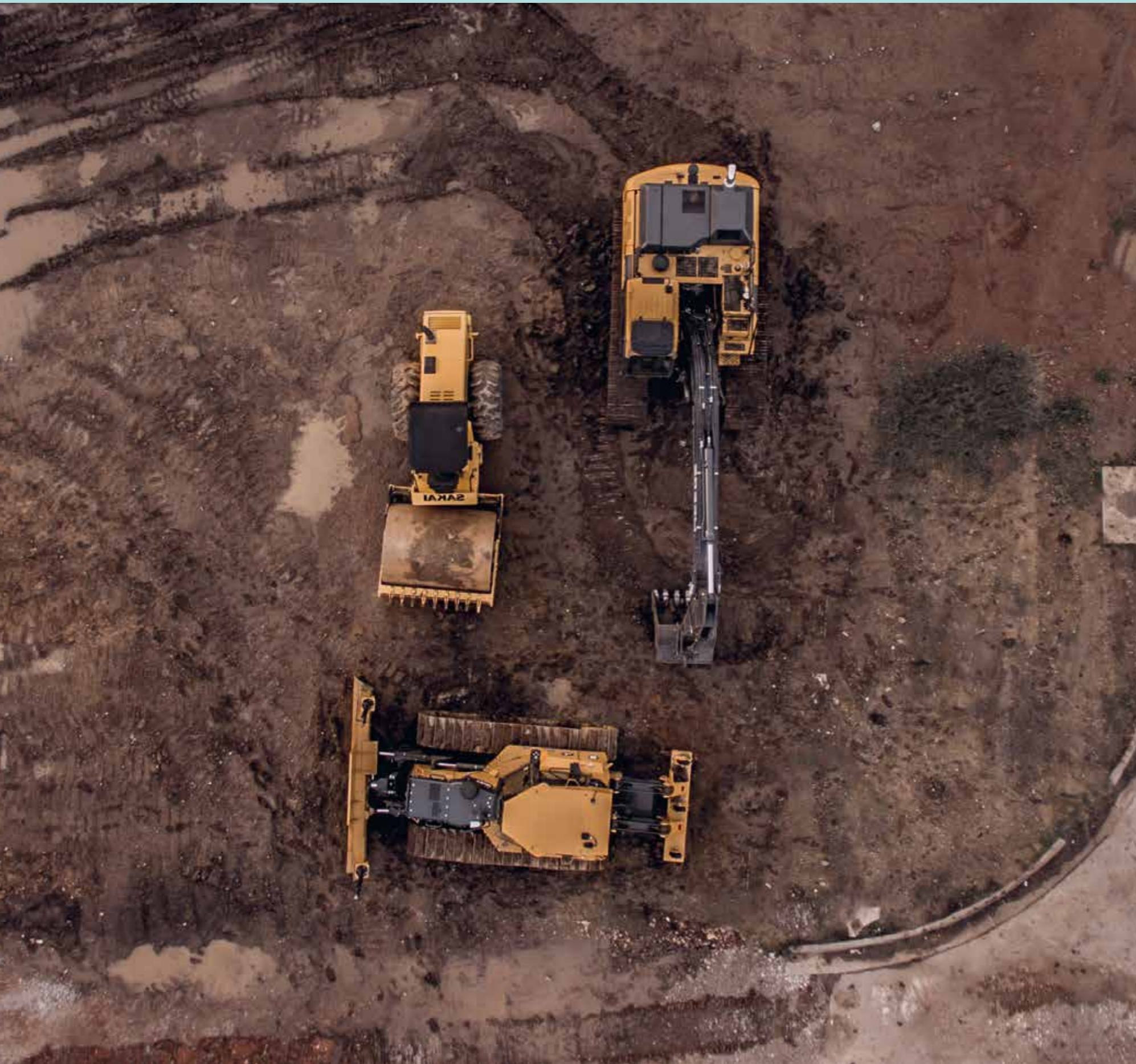
Tilatarpeeseen voidaan vastata joko rakentamalla uutta tai korjaamalla olemassa olevaa. Korjaamisessa joudutaan yleensä käyttämään huomattavasti vähemmän materiaaliressursseja kuin vastaavan uuden tilan rakentamisessa. Näin energiatehokas korjausvaihtoehto voi ilmastovaikutuksien kannalta olla uudisrakentamista selvästi edullisempaa, vaikka sen kustannukset olisivat jopa suuremmat.

Rakennuksen sijainnilla on iso merkitys ympäristövaikutuksien kannalta. Sijainti julkisen liikenteen ja kevyen liikenteen varrella voi vähentää huomattavasti rakennuksen käyttäjien matkustamisesta aiheutuvia päästöjä. Myös rakennuksen sijainti tontilla vaikuttaa materiaali- ja energiamääriin. Hyvä suuntaus auringon suhteen sekä maaston ja valmiiden infrarakenteiden huomioon ottaminen vähentävät olennaisesti lämmitysenergian, jäädytystehon ja keinovalon tarvetta, mahdollistavat hajautetun uusiutuvan energian hyödyntämistä sekä vähentävät louhinta- ja maansiirtotöitä. Lisäksi niillä on vaikutusta perustamistapoihin sekä vesi- ja energialiityntälinjojen pituuteen. Samalla vaikutetaan materiaali- ja energiatehokkuuteen ja sitä kautta hiilijalanjälkeen.

Suunnittelun edetessä rakennuksen toiminnallisuuteen ja tehokkuuteen vaikutetaan sen muodon ja tilasuunnittelun pohjalta. Tilojen suunnitteluratkaisut vaikuttavat olennaisesti rakennuksen lämmitys- ja jäädytystarpeisiin, käyttöikänsä, tuleviin muutos- ja korjaustarpeisiin, rakennettavan tilan määrään sekä näiden perusteella tarvittavien materiaalien ja energioiden kokonaismääriin. Taloteknisten järjestelmien, rakennejärjestelmän, rakenteiden ja materiaalien suunnittelu sekä eri vaihtoehtojen laadinta, vertailu ja valinta vaikuttavat lopulta siihen, saavutetaanko asetetut tavoitteet kustannustehokkaasti ja millainen on suunnitteluratkaisun hiilijalanjälki.

Tuotteiden ja palveluiden hankinnassa tehdään valinnat, jotka vaikuttavat suoraan päästöjen lopulliseen toteutuvaan tasoon. Huolellisella rakentamisella saadaan aikaan suunnitelman mukainen ratkaisu, mutta virheet voivat johtaa esimerkiksi kestävyysongelmiin. Käytön ja ylläpidon ohjeistuksella vaikutetaan huomattavasti käytön aikaiseen energiankulutukseen ja suunniteltujen käyttöikien toteutumiseen. Viime kädessä rakennuksen käyttäjät, omistajat, kiinteistöhuolto-organisaatiot ja isännöitsijät vaikuttavat energiankäyttöön, rakennuksen kunnon ylläpitoon ja toteutuviin käyttöikiin.

Oppaan luvussa 2 selvitetään ilmastonmuutoksen vaikutuksia ja arvioidaan rakentamisen merkitystä päästöjen kannalta. Luvussa 3 esitellään elinkaariarviomenetelmän perusteet. Luvussa 4 selitetään, miten elinkaariarvioita käytännössä sovelletaan vähähiilisen rakentamisen arviointiin. Luvussa 5 käsitellään vähähiilisen rakennuksen suunnittelun lähestymistapoja ja vaihtoehtoja. Luvussa 6 käydään läpi suunnitteluprosessin kulku ja ohjeistetaan vähähiilisuuden hallinta rakennushankkeessa sen eri vaiheissa ja eri toimijoiden näkökulmasta. Lopulta luvussa 7 puhutaan rakentamisen positiivisista vaikutuksista kestävään kehitykseen ja pohditaan tulevaisuuden osaamistarpeita.



KUVA: JACOBY CLARCE

2

YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA RAKENTAMINEN

Tässä luvussa kuvataan, mitä keskeisiä muutoksia ympäristössä tapahtuu tällä hetkellä ja mistä ne johtuvat. Suurin huolenaihe on ilmastonmuutos, jonka vaikutukset tuntuvat pian jokaisen elämässä. Mikä on rakennetun ympäristön osuus tässä kaikessa? Mitä rakentamisessa pitää ottaa erityisesti huomioon, jotta ilmastonmuutosta saataisiin hidastettua?

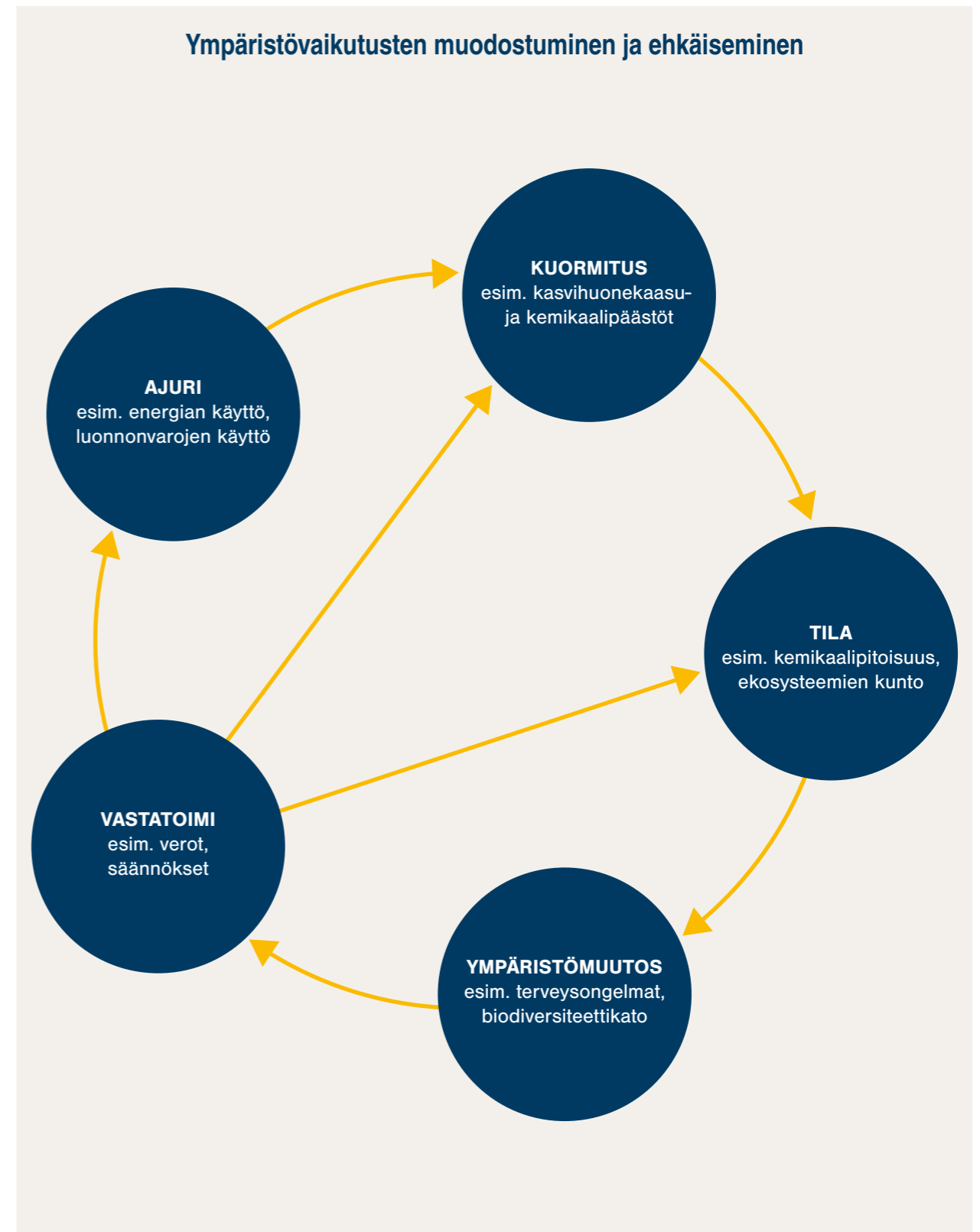
2.1 Ilmastonmuutos ja luonnonvarojen liikakulutus

Ympäristövaikutukset ovat muutoksia ympäristössä. Teollistumisen myötä ihmisen toiminnasta on tullut koko planeettaa ja sen tasapainoa muuttava voima. Modernissa yhteiskunnassa tarvittavien raaka-aineiden hankinta ja fossiilisen energian käyttö ovat ajureita, jotka aiheuttavat erilaisia kuormituksia ympäristöön. Kohonneet saaste- pitoisuudet ja voimakkaasti kasvaneet kasvi- huonekaasujen päästöt johtavat vakaviin ympäristöhaittoihin. Näistä akuuteimmat ovat ilmaston lämpeneminen ja luonnon monimuotoisuuden nopea väheneminen. Kehityksen suunta voidaan kuitenkin kääntää (kuva 1). Vaikka emme kykene muuttamaan luonnon omia reaktioita ihmisten aiheuttamaan kuormitukseen, voimme vaikuttaa omaan toimintaamme ja vähentää luonnon kuormitusta.

Ilmastonmuutoksen voidaan perustelusti sanoa olevan kestävä kehityksen suurin haaste [1]. Kasvihuonekaasupitoi-

suudet nousevat edelleen huolimatta kansainvälisistä sopimuksista. Ilmastonmuutos on tapahtumassa huomattavasti odotettua nopeammin, ja sen vaikutukset näkyvät kaikkialla maailmassa. Vuoden 2018 maailmanlaajuinen keskilämpötila oli noin 1 °C korkeampi kuin teollistumista edeltäneessä lähtötilanteessa.

Viimeiset neljä vuotta ovat olleet seuranta- historian lämpimimmät. Ilmastonmuutos ei merkitse vain keskilämpötilan nousua, vaan sen seurauksena tapahtuu monia konkreettisia muutoksia ympäristössä. Merenpinta nousee kiihtyvällä nopeudella. Lämpenemisen jatkuminen näkyy myös erilaisina ääri-ilmiöinä kuten ennätysellisinä helteinä, kuivuuden lisääntymisenä, runsaina metsäpaloina, jäätiköiden edelleen kiihtyvänä sulamisena, ikiroudan sulamisena ja napa-alueiden kaventumisena sekä runsaina sateina ja myrskyinä [2]. Nämä vaikuttavat monin tavoin talouteen, ruokatuoi-



Kuva 1. Ympäristövaikutusten muodostumisen ja ehkäisemisen mekanismi Euroopan ympäristökeskuksen mukaan [7].

tantoon sekä eri eliölajien ja ekosysteemien selviytymiseen [3].

Ilmaston lämpeneminen tulisi rajoittaa 1,5 Celsius-asteeseen vakavien seurausten ja peruuttamattomien muutosten välttämiseksi [4, 5]. Onnistuminen riippuu ratkaisevasti lähimpien vuosikymmenten päästökäytännöistä. Päästöjen tulee nopeasti pienentyä kaikilla tärkeillä osa-alueilla. Näitä ovat erityisesti rakentaminen, teollisuus, kuljetukset, energiatalous, maa- ja metsätalous sekä muu maankäyttö [2]. Nopeat muutokset ovat välttämättömiä sekä tuotteiden ja palvelujen tuotannossa että kysynnässä, jotta päästöt saadaan pienennettyä hiilineutraaliuden tasolle. Vähähiilisen rakentamisen näkökulmasta tarvitaan tuotannon ja tuotteiden kehittämistä vähä-

hiiliseksi. Tarvitaan toimia, joiden avulla vähennetään kulutuksen päästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta ja kehittämällä keinoja vähähiilisten tuotteiden suosion tueksi [2].

Reaktiona kasvaviin ympäristökuormiin ja luonnon tilan heikentymiseen onkin käynnistetty monia poliittisia, taloudellisia ja teknologisia muutoksia. Suomi ja muut Pohjoismaat pyrkivät toteuttamaan vastuullista ja ennakoivaa ilmastopoliittikkaa. Suomen tavoite on saavuttaa hiilineutraalius vuonna 2035 ja hiilinegatiivisuus 2040-luvulla. Tätä tavoitetta edellä ovat ainoastaan Norja ja Uruguay, jotka tähtäävät hiilineutraaliuteen vuonna 2030. Jotta hiilineutraalius saavutettaisiin, tulee Suomen päästöjen laskea samalla kun hiilinielujen¹ kyky pois-

taa kasvihuonekaasuja ilmakehästä vahvistuu. Tällä hetkellä kasvihuonekaasujen päästöt ovat Suomessa noin 55 miljoonaa tonnia vuodessa [6] (kuva 2). Vastaavasti hiilinielut poistavat vuosittain vajaat 15 miljoonaa tonnia päästöjä. Suomen politiikkana on ollut ensisijaisesti päästöjen vähentäminen, mutta myös hiilinieluja on tarkoitus vahvistaa.

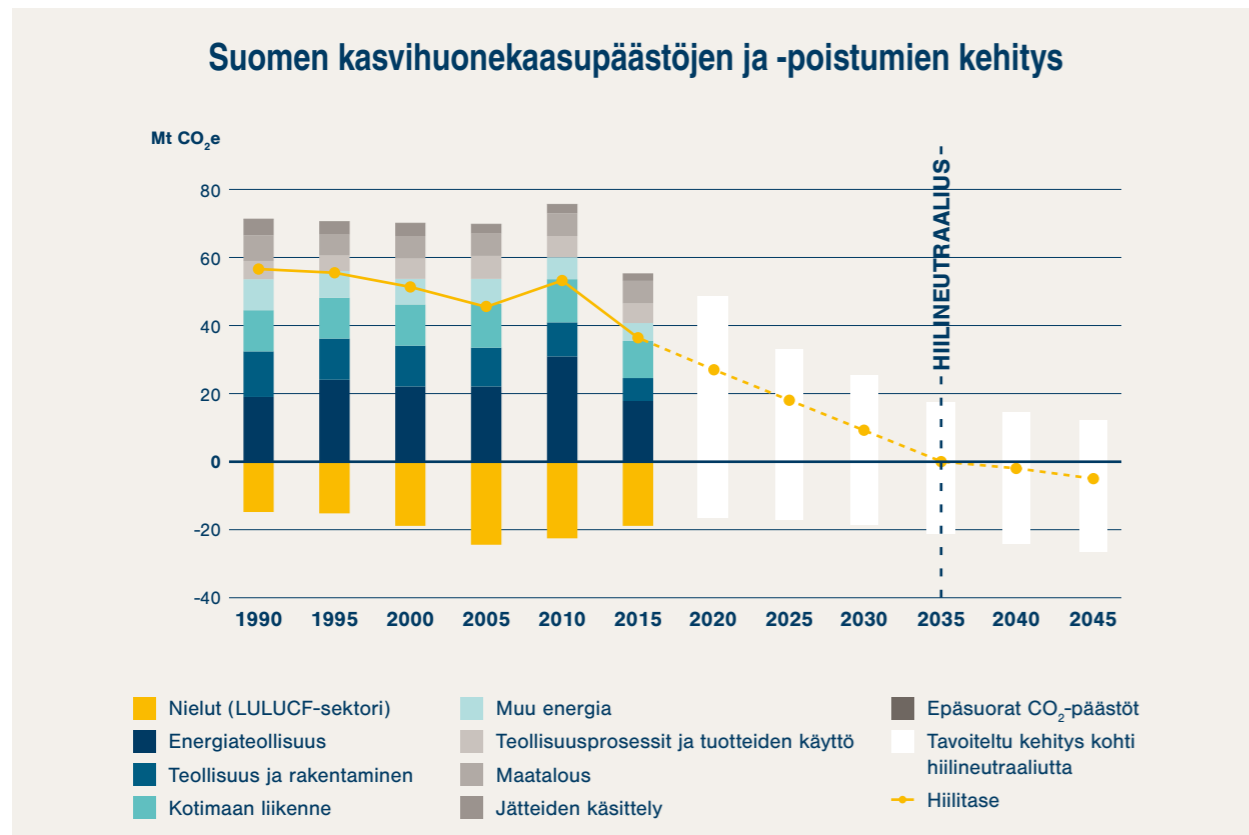
Ihmisen toiminnan vaikutus ilmastonmuutokseen perustuu erityisesti fossiilisten energialähteiden käyttöön. Energia-ala on suurin päästöjen aiheuttaja, mutta sen lisäksi päästöjä aiheuttavat maatalous, metsätalous, maankäyttö ja maankäytön muutokset, teollisuusprosessit ja jätehuolto [6]. Rakentaminen ja rakennusten käyttö ovat merkittävänä tekijänä mukana lähes kai-

kissa näissä. Ilmaston muutosta aiheuttavia kasvihuonekaasuja ovat esimerkiksi hiilidioksidi ja metaani (kuva 3).

Eri tekijöiden vaikutusta avaruuteen heijastuvaan energiaan ja maapallolle jäävään energiaan kuvataan säteilypakotteella [8]. Tasapaino heijastuvan ja maapallolle jäävän energian välillä määrittelee maapallon lämpötilaa.

Hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n mukaan ilmaston lämpeneminen yli 1,5 asteen rajan kiihdyttää lajien sukupuuttoa merkittävästi, muuttaa yhä useampia alueita elinkelvottomiksi sekä uhkaa veden saatavuutta, ruoantuotantoa ja ekosysteemin toimivuutta. Ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät vahvasti myös sosiaalisen ja taloudellisen kestävyuden

¹ Hiilinieluilta tarkoitetaan metsien, maaperän ja vesistöjen kykyä sitoa itseensä ilmakehän hiilidioksidia.



Kuva 2. Suomen kasvihuonekaasupäästöjen ja -poistumien kehitys (MtCO₂e, Tilastokeskuksen mukaan). LULUCF = Land use, land use change and forestry, maankäyttö, maankäytön muutokset ja metsäsektori.

Säteilypakote kuvaa eri tekijöiden vaikutusta ilmaston lämpenemiseen

Teollisen aikakauden hallitseva säteilypakotteen kasvuun vaikuttava tekijä on kasvihuonekaasujen pitoisuuden kasvu ilmakehässä [9]. Tämä on muuttanut maan globaalia energiatasetta aiheuttaen ilmaston muuttumista. Ilmastoa lämmittäviä vaikutuksia on myös pienhiukkasilla ja erityisesti nokea eli mustaa hiiltä sisältävillä hiukkasilla. Toisaalta ihmisten tuottamat pienhiukkaset myös jäädyttävät maapalloa vähentämällä maapallolle tulevan lämpösäteilyn määrää.

Eri kasvihuonekaasuilla on eri suuruinen ilmaston lämpenemispotentiali (*global warming potential, GWP*). GWP:n avulla ilmaistaan kaasupäästön absorptiovaikutusta tietyn aikajakson kuluessa verrattuna samansuuruisen hiilidioksidimäärän vaikutukseen. Yleisesti käytetään 100 vuoden aikajaksoa. GWP on suhteellinen mitta. Hiilidioksidille (CO₂) käytetään GWP-arvoa 1; mitä suurempi GWP, sitä enemmän kaasu lämmittää hiilidioksidin verrattuna valitun aikajakson aikana [10] (kuva 3). Vaikka hiilidioksidilla on pieni kerroin, sillä on suuri merkitys. Tämä johtuu sekä hiilidioksidin suurista päästömääristä että sen hyvin pitkäkestoisesta lämmitysvaikutuksesta ilmakehässä.