



Energiatehokkuuden edistäminen Helsingin kaupungin asuntotuotannossa



Sisällysluettelo

Esipuhe	3
Tiivistelmä	4
1. Energiankulutus ja päästöt	5
1.1 Energiankulutus rakennuksissa	5
1.2 Energiankulutuksesta aiheutuvat CO ₂ -päästöt	6
1.3 Yhdyskuntien energiatehokkuus ja päästöt	6
2. Energiatehokkuuskonseptit	9
2.1 Matalaenergiatalo	9
2.2 Passiivitalo	11
2.3 Passiivitalo eri ilmastoissa	14
2.4 Muut energiatehokkuuskonseptit	16
3. Passiivikerrostalo Helsingissä	17
3.1 Saksalaiset passiivikerrostalot	17
3.2 Saksalainen passiivi-kerrostalo Suomen rakentamismääräysten valossa	19
3.3 Saksalainen passiivikerrostalo Helsingin ilmastossa	19
3.4 Saksalaisen passiivitalo-määritelmän käyttö Helsingissä	21
4. Energiatehokkaan rakentamisen edistäminen	22
4.1 Asuinkerrostalon energiatehokkuuskonseptit	22
4.2 Energiatehokkuuden vaikutukset	23
Lähdeluettelo	26

Julkaisija: Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus

Tiedustelut: Talous- ja suunnittelukeskus, kehittämisosasto, puh. (09) 310 32293

Taitto: Innocorp Oy
Paino: Painotalo Auranen Oy

Painettu versio: ISBN 978-952-223-603-6
Verkkojulkaisu: ISBN 978-952-223-604-3

Helsinki 2010

Maankäytön ja asumisen toteutusohjelman, MA-ohjelman 2008–2017 yhtenä tavoitteena on edistää tonttien luovutusehtojen avulla energiatehokkuutta ja uusiutuvien energiamuotojen käyttöä. Energiatehokkaan rakentamisen vaatimus nousee sekä kansainvälisten sopimusten velvoittamana että yleisestä asenneilmastosta yhä voimakkaampana. Erilaiset käsitteet kuten matalaenergiatalo, passiivitalo ja nollaenergiatalo sekä käsitys energiatehokkuuden jälkeenjääneisyydestä suomalaisessa asuntorakentamisessa aiheuttavat hämmennystä.

Tällä raportilla haluttiin selvittää energiatehokkaan rakentamisen malleja Suomessa ja ulkomailla, erilaisten määritelmien suhdetta toisiinsa ja ulkomaisten määritelmien soveltamismahdollisuuksia Suomessa. Tavoitteena oli laatia helsinkiläiseen uudistuotantoon soveltuvat energiatehokkuusluokitukset, joita edelleen kehittämällä voitaisiin muotoilla kaupungin tontinluovutuksissa sovellettavat asuinrakennusten energiatehokkuusvaatimukset.

Selvitys osoittaa, että energiatehokkaan rakentamisen tekniset ratkaisut ovat eri maissa pääpiirteittäin samankaltaiset. Tärkeitä tekijöitä ovat rakennusten tiiviys, hyvä lämmöneristys sekä ilmanvaihdon lämmöntalteenotto. Suomen ilmasto on ankarampi kuin Keski-Euroopassa. Siitä huolimatta voidaan myös Suomen ilmastoon määritellä passiivitalovaatimukset, joiden mukaan rakennettujen talojen lämmitysenergian tarve vastaa saksalaisten passiivitalojen lämmitysenergian tarvetta.

Selvityksen on tehnyt asiakaspäällikkö Jyri Nieminen VTT (Valtion teknillinen tutkimuskeskus). Tilaajan edustajana toimi kehittämisinsinööri Ifa Kytösaho.

Markus Härkäpää
kehittäispäällikkö

Rakennusten energiatehokkuus tarkoittaa energian vähäistä käyttöä hyvän, terveellisen ja viihtyisän sisäympäristön ylläpitämiseksi. Rakentamisessa tulee edistää ensisijaisesti energiatehokkuutta. Vaikka uusiutuva energia on päästötöntä verrattuna fossiilisiin polttoaineisiin ja tukee riippumattomuutta tuontienergiasta, on yhdyskuntien kehittämisen kannalta energian tarpeen pienentäminen keskeistä. Mitä pienempi energiantarve on, sitä suurempi voi uusiutuvan energia osuus kokonaisuudesta olla.

Projektissa laadittiin olemassa olevaan tietoon perustuva taustaselvitys rakennusten ja rakennetun ympäristön energiatehokkuuden kehitysnäkymistä ja mahdollisuuksista Helsingissä. Taustaselvitys

perustuu eurooppalaisiin energiatehokkaan rakentamisen lähestymistapoihin tai vapaaehtoisesti asetettaviin energiatehokkuusvaatimuksiin.

Kansainvälisen passiivitalomäärittelyn soveltuvuutta Helsingin ilmastossa arvioitiin Saksassa toteutetuista passiivikerrostaloista saatavilla olevan tiedon perusteella. Tarkastelu tehtiin Suomen rakentamismääräysten antamien energiantarpeen laskentakriteerien perusteella.

Energiatehokkaiden rakennusten kehittämisessä on tärkeää löytää ratkaisuja, jotka ovat monistettavissa. Tähän tarkoitukseen laadittiin alustavat konseptiratkaisut Helsingin kaupungin kerrostalotuotannon energiatehokkaiksi rakennusmalleiksi.



MARTTI TALLILA

1. Energiankulutus ja päästöt

1.1 Energiankulutus rakennuksissa

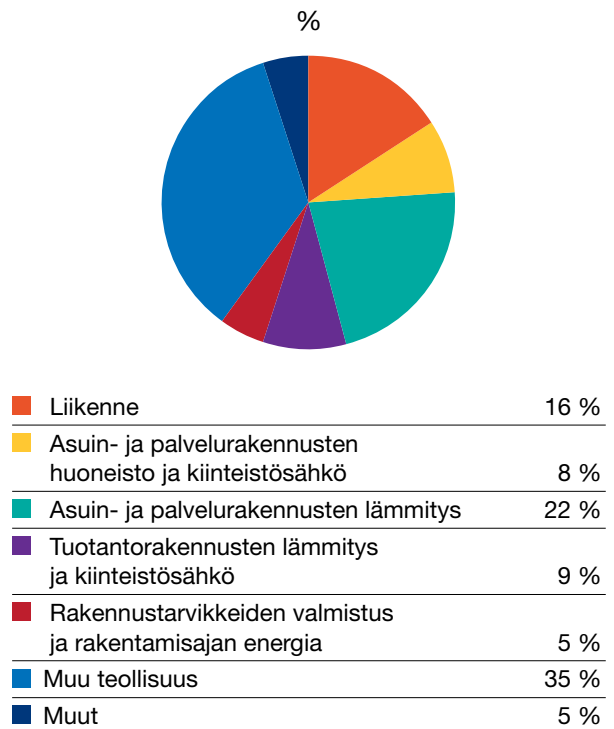
Rakennusten energiankulutus on noin 40 % Suomen kokonaisenergian kulutuksesta, kuva 1. Rakennusten energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt ovat noin 30 % kaikista päästöistä. Ilmastonmuutoksen aiheuttaman ilmaston lämpötilan nousun rajoittaminen 2 °C vuoteen 2050 mennessä edellyttää hiilidioksidipäästöjen pienentämistä 90 % nykytasosta [1]. Euroopan unioni on esittänyt tavoitteeseen 60–80 prosentin vähennyksen vuodelle 2050.

Talouden bruttokansantuotteella mitattua laajuutta ja samalla energiankulutusta pyritään kaikissa maissa kasvattamaan. Kasvu painottuu etenkin kehittyneissä maissa yhä enemmän vähän energiaa kuluttaville aloille kuten palveluihin, mutta juuri mikään sektori ei absoluuttisesti supistu. Energian tuotantoa ja käyttöä eri tarkoituksiin koskevat tekniset ratkaisut ovat siksi merkittävässä osassa päästöjen rajoittamisessa.

Ilmaston muutokseen vaikuttavia päästöjä voidaan vähentää muuttamalla kulutusta vähemmän päästöjä aiheuttavaan suuntaan tai ottamalla käyttöön teknisiä ratkaisuja, jotka aiheuttavat vähemmän päästöjä energian, tuotteiden ja palvelujen tuotamisessa. Rakennuksen tavoitteellista ympäristösuorituskykyä on kuvattu erilaisin käsittein ja määritelmien, joita ovat mm. matalaenergiatalo, passiivitalo, nollaenergiatalo, plusenergiatalo ja nollaemissiotalo. Määritelmät perustuvat hieman erilaisiin lähestymistapoihin ja strategioihin kestäväen rakennuksen ominaisuuksien saavuttamisessa.

Energiatehokkuus kokonaisuutena on tärkein keino hidastaa ja pysäyttää ilmastonmuutos. Rakennusten ja rakennetun ympäristön rooli on siinä keskeinen. Jo nyt tiedetään keinot, joilla energiankulutusta rakennuksissa voidaan pienentää neljäsosaan nykytasolta. Samalla on kuitenkin pystyttävä vaikuttamaan myös rakentamisen ja rakennustuotteiden valmistuksen energiankäyttöön. Vaikka rakennus-

Kuva 1. Energian loppukäyttö Suomessa 2003
Yhteensä 308 TWh



*Energian loppukäyttö Suomessa vuonna 2003 [2].
Asuin- ja palvelurakennusten lämmityksen osuus oli noin 22 % myös vuonna 2005 [3].*

tuotannon energiankäyttö on viime vuodet ollut suuruusluokalleen noin 5 % Suomen kokonaisenergiankäytöstä, muodostuu siitä uusien nolla- tai plusenergiatalojen myötä merkittävin rakennusten energiankäytöstä aiheutuva ympäristökuorma.

Rakentamisen ja rakennustuotteiden valmistuksen tuottavuuden on noustava tuotannon aiheuttamaa päästöyksikköä kohden 5–7 % vuodessa [4]. Tuotannon optimointi edellyttää tuotannon energiatehokkuuden lisäämistä, laajaa uusiutuvan energian käyttöön ottoa sekä prosessien ja tuotantoketjujen tehostamista. Tämän kehityksen tavoitteena tulee olla uudet energiatehokkaat uudis- ja korjausrakentamisen kokonaisratkaisut.

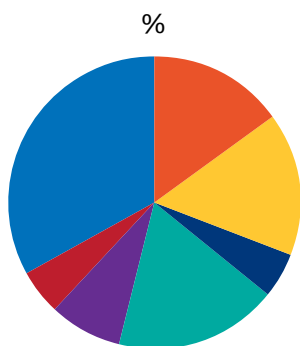
Päästöjen vähentämistavoitteet eivät toteudu vähäisillä muutoksilla tuotantorakenteissa, vaikka muutosten vaikutuksesta kokonaisenergiankulutus kääntyisikin laskuun. Vanhan rakennuskannan energiatehokkuuden parantaminen on merkittävä keino pienentää rakennusten energiankäytöstä aiheutuvia päästöjä ensi vuosikymmenien aikana. Vaikka uudisrakentamisessa siirryttäisiin passiivitalojen rakentamiseen välittömästi, näkyy uuden rakentamisen merkitys vasta 2030-luvulla merkittävänä.

1.2 Energiankulutuksesta aiheutuvat CO₂-päästöt

Rakennuskannan osuus Suomen kasvihuonekaasujen päästöistä on arvioitu olevan noin 31 % kokonaispäästöistä, kuva 2. Arvio perustuu Ekoremallilla laskettuun päästömäärään [2]. Koko rakennuskannassa suurin CO₂-päästöjen säästöpotentiaali on pientalojen lämmityssähkön ja kerrostalojen kaukolämmön aiheuttamien päästö-

Kuva 2. Arvio kasvihuonekaasupäästöistä Suomessa 2003 loppukäyttäjittäin

Yhteensä 85,6 Mt CO₂-ekv



Maatalous, teollisuusprosessit, jätteet ym.	14,6 %
Kotimaan liikenne	16 %
Asuin- ja palvelurakennusten huoneisto- ja kiinteistö-sähkö	5 %
Asuin- ja palvelurakennusten lämmitys	18 %
Tuotantorakennusten lämmitys ja kiinteistö-sähkö	8 %
Rakennustarvikkeiden valmistus ja rakentamisajan energia	5 %
Muu teollisuus	33 %

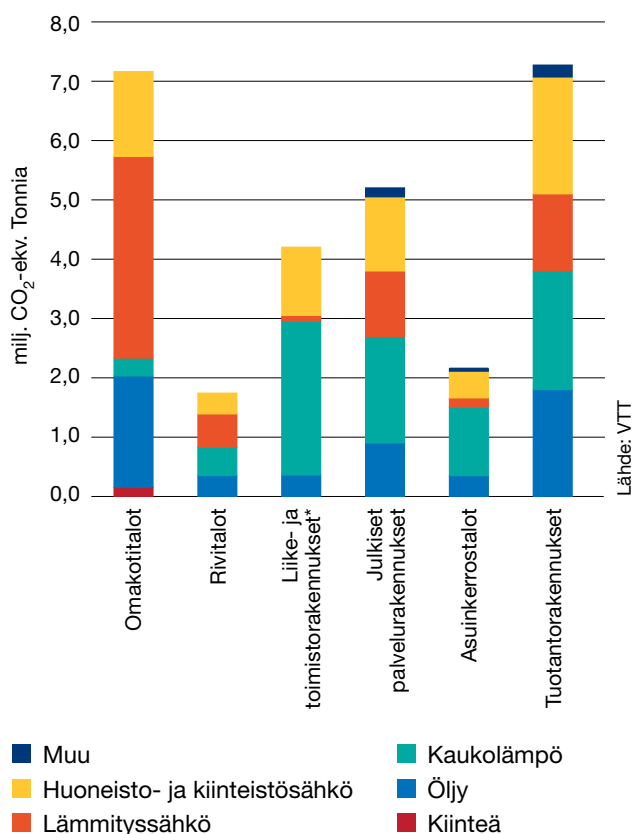
Arvio energiankäytön aiheuttamasta kasvihuonekaasupäästöosuudesta Suomessa vuonna 2003 [2].
Teollisuuden osuutta ei ole eritelty, koska varmuutta osuuksien tarkasta suuruudesta ei ole käytettävissä.

jen pienentämisessä. Tulevaisuudessa kuitenkin kotitalouksien sähköenergian kulutus ja liike- ja toimistorakennusten kiinteistö-sähkön kulutus kasvavat lisääntyvän kodin elektroniikan, laitteiden, tilojen ilmastoinnin ja viilentämisen johdosta, jolloin myös tämä osa muodostaa merkittävän CO₂-päästöjen pienentämisen kohteen. Kuvassa 3 on rakennusten CO₂-päästöt jaettuna energian kulutuskohteiden mukaan. Kuvissa 4 ja 5 on asuntokannan ikäjakauma sekä asuinkerrostalojen lämmitysenergian tarve vuodessa rakentamisvuosikymmenen mukaan eriteltyä.

1.3 Yhdyskuntien energiatehokkuus ja päästöt

Rakennuskannan (asuin-, palvelu- ja tuotantorakennusten) lämmitysenergian ja kiinteistö-sähkön

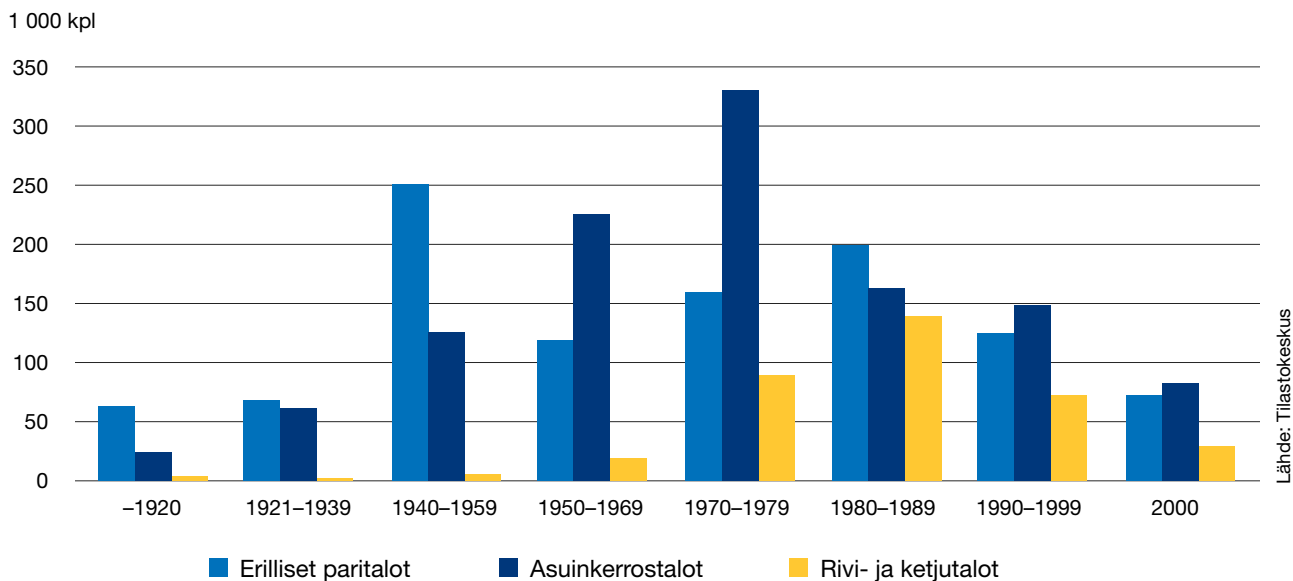
Kuva 3. Rakennuskannan energiankäytön päästöt 2010



Rakennuskannan energiankäytön arvioidut kasvihuonekaasupäästöt talotyypeittäin v. 2010 [2].

* Liike- ja toimistorakennukset: kaupat, ravintolat, hotellit, toimistot, liikenteen rakennukset ja muut rakennukset

Kuva 4. Suomen asuntokannan ikäjakauma [5].



Lähde: Tilastokeskus

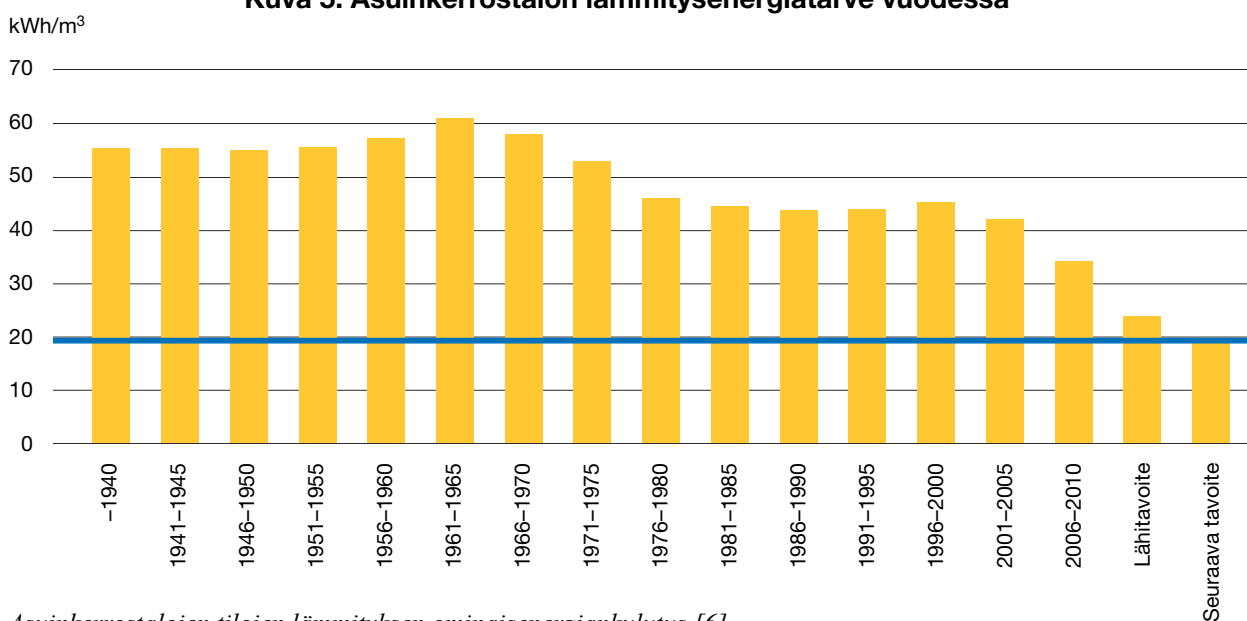
yhteenlaskettu osuus Suomen energian loppukäytöstä vuonna 2003 oli 39 %. Rakennustarvikkeiden valmistus ja rakentamisen energia vievät sen lisäksi yhteensä 5 % energian loppukäytöstä. Yhdyskuntien ja muun rakennetun ympäristön toiminnan olennainen osa on liikenne, jonka osuus energian käytöstä on noin 18 %. Rakennetun ympäristön merkitys energiankäytön ja kasvihuonekaasujen vähentämisessä on siten merkittävä, noin 60 %.

Asuinympäristön energiatalous muodostuu rakentamisen sekä käytön ja kunnossapidon aikana käytettävistä materiaaleista, energian tuottamisen polttoaineista. Samalla syntyy erilaisten prosessien (esimerkiksi liikenne, palvelut) sivutuotteena päästöjä ja jätteitä. Polttoaineiden käyttö voidaan muuntaa myös energiankäytön yksiköiksi. Tämä rakennetun ympäristön materiaali- ja energiavirtojen kokonaisuus muodostaa rakennetun ympäristön ekotaseen.

Asuinympäristö sisältää asuinrakennukset, niiden edellyttämän infrastruktuurin eli liikenneverkon, vesi-, energia- ja jätehuollon verkot sekä muut palvelut. Asuinympäristön fyysisen rakenteen toteut-

Asuinympäristö sisältää asuinrakennukset, niiden edellyttämän infrastruktuurin eli liikenneverkon, vesi-, energia- ja jätehuollon verkot sekä muut palvelut. Asuinympäristön fyysisen rakenteen toteut-

Kuva 5. Asuinkerrostalon lämmitysenergiatarve vuodessa



Asuinkerrostalojen tilojen lämmityksen ominaisenergiankulutus [6].

taminen edellyttää noin 95 tonnin materiaalivirtoja asukasta kohti. Asumisväljyyden kasvusta johtuu, että asuinympäristöön sitoutuvat materiaalivirrat kasvavat.

Asumiseen liittyvät myös asuinpaikan sijainnista oleellisesti riippuvat työ-, asiointi-, koulu- ja vapaa-ajan matkat ja niiden toteuttamisen edellyttämät materiaali- ja energiavirrat. Asuinaluesidonnaisen henkilöliikenteen polttoaineiden kulutus on noin 440 kg eli noin 5,4 MWh asukasta kohti vuodessa.

Asuinympäristön energiankulutus on yhteensä noin 20 MWh eli noin 2300 W asukasta kohti vuodessa, kun teollisuuden energiankäyttöä ei oteta huomioon. Liikenteen osuus tästä on asuinympäristössä 27 %. Asuinrakennusten lämmityksen ja sähkön käytön osuus noin 61 % ja asuinympäristön tuotantovaiheen osuus noin 12 %. Läntisessä Euroopassa keskimääräinen tehonkulutus henkeä kohti on noin 6 000 Wattia, Suomessa 9 000 Wattia ja USA:ssa 12 000 Wattia, kun koko maan energiankäyttö otetaan huomioon.

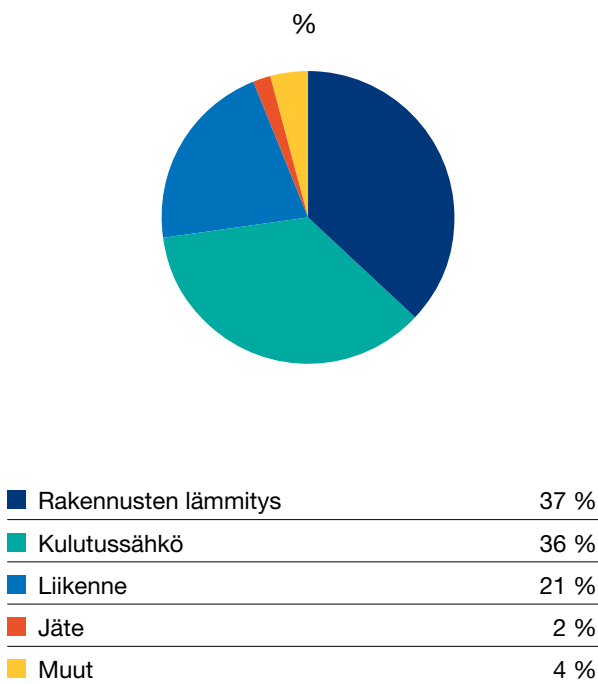
Keskimääräisen nykYTEKNOLOGIOIDEN JA -KÄYTÄNTÖJEN mukaisen suomalaisen asuintalon rakentamisessa (ml. tarvittavan energian ja rakennusmateriaalien

valmistus ja kuljetus työmaalle) sitoutunut energiamäärä on noin 1 500 kWh/kerros-m². Tavanomaisen kerros- ja toimistotalojen ominaisenergiasisältö on noin 30 % suurempi kuin pientaloissa [7].

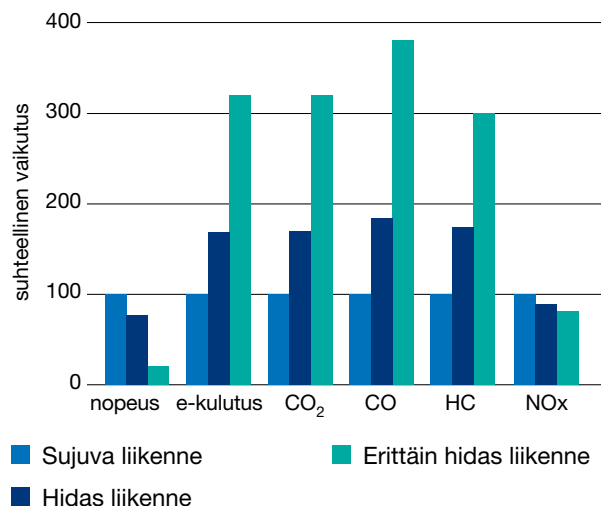
Asuinympäristön tuottaminen ja käyttäminen (lämmitys ja muu sähkön käyttö) aiheuttavat elinkaarensa aikana (50 vuotta) noin 143 tonnia päästöjä asukasta kohti. Tästä noin 99 % on CO₂-päästöjä. Suomessa tiiviitkään kaupunkialueet eivät erotu edukseen hiilidioksidipäästöjen suhteen. Hajaantunut yhdyskuntarakenne lisää asuinympäristössä syntyvien päästöjen määrää. Erilaisten ekokylien rakentaminen kauas työpaikoista ja palveluista ei vähennä kokonaispäästöjä, sillä vaikka rakennusten energiantarve olisikin muita alueita pienempi, lisääntyvä liikkuminen työpaikoille ja palveluihin kasvattaa liikenteen aiheuttamia päästöjä.

Pääkaupunkiseudun CO₂-päästöt ovat muun maan taajamia suurempia, kuva 6. Helsingillä on tämän vertailun perusteella suuri päästöjen vähentämispotentiaali, ja siitä valtaosa on rakennuskannassa ja sen lämmityksessä ja sähkönkäytössä. Seuraavaksi suurin päästölähde on liikenne, jossa on myös suuri säästöpotentiaali. Liikeneruuhkat vaikuttavat liikenteen päätöihin, kuva 7.

Kuva 6. CO₂-päästöt pääkaupunkiseudulla (vrt. kuva 2) [8].



Kuva 7. Kasvukeskuksen ruuhkaliikenteen vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin [9].



Kasvukeskusten ruuhkaliikenteen vähentäminen samalla kun henkilöautoliikenteeseen perustuvaa liikennesuoritetta vähennetään vaikuttavat merkittävästi lyhyellä aikavälillä liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin [9].

2. Energiatehokkuuskonseptit

2.1 Matalaenergiatalo

Matalaenergiatalo käsitteenä määriteltiin kauppa- ja teollisuusministeriön energiatutkimusohjelmassa energiataloudelliset rakennukset ja rakennusosat 1989–1994 [10]. 1990-luvun alun määritelmän mukaan matalaenergiatalon tilojen lämmitysenergiankulutus on vähintään 50 % pienempi kuin rakentamisen aikana voimassa olevan Suomen rakentamismääräyskokoelmassa esitetyn vähimmäisvaatimukset täyttävän ns. normitalon kulutus. Tilojen lämmitys oli matalaenergiarakentamisen kehittämisen tärkein kohde, sillä sen osuus talojen kokonaisenergiankulutuksesta on selvästi suurin. Tässä raportissa esitetyt matalaenergiatalojen kulutukset perustuvat ETRR-ohjelman määrittelemään matalaenergiataloon.

Vuoden 2010 rakentamismääräyskokoelman osassa D3 esitetään, että matalaenergiatalon suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on korkeintaan 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä. Tämä ei kuitenkaan kuvaa rakennuksen tilojen lämmityksen energiankulutusta. Vertailu tehdään Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D3 [11] mukaisessa tasaaslaskennassa, jolla esitetään suunnitteluratkaisun määräysten mukaisuus. Ominaislämpöhäviö ei kuvaa rakennuksen tilojen lämmityksen energiantarvetta, sillä ominaislämpöhäviö perustuu puhtaasti rakennuksen suunnit-

teluominaisuuksiin, eikä se sisällä rakennuksen sisäisiä lämpökuormia tai lämmityslaitteiden hyötysuhteiden vaikutusta.

1990-luvulla rakennettiin huomattava määrä pientaloja, jotka täyttävät yllä mainitun matalaenergiatalon määritelmän. Pietarsaaren 1993–1994 rakennettun IEA5-talon (kuva 8) tilojen lämmitysenergiankulutus on vain noin 20 % tavanomaisten talojen kulutuksesta. Ostoenergian kokonaiskulutus on neljännes tavanomaisesta, taulukko 1. Rakennuksessa on hyvin eristetty ja ilmanpitävä ulkovaippa, matalaenergiakkinat ($U = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$) ja lämmön talteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Tilojen lämmitys tapahtuu maalämpöpumpulla.

IEA5-talon käyttöveden lämmitys perustuu kesällä aurinkolämpöön. Lisäksi talossa on 2 kW aurinkosähköjärjestelmä. Taulukkoon 1 on myös laskettu talon energiantarve, jos talo toteutettaisiin vuoden 2008 teknologialla. Uusi teknologia mahdollistaisi nollaenergiataloratkaisun. Myös matalaenergiakerrostaloja rakennettiin jo 1990-luvulla. Esimerkiksi Helsingin Malmilla sijaitsevassa asuinkerrostalossa (kuva 9) tutkittiin erilaisten lämmitystapojen soveltuvuutta rakennuksen tilojen lämmityksessä. Rakennuksen tilojen lämmityksen energiankulutus on noin puolet ajankohdan tavanomaisten talojen kulutuksesta.

Kuva 8. Pietarsaaren IEA5-Aurinkotalo ja sen rakenneratkaisut.



	Pietarsaari 1993	Tavallinen 2010
Komponentti	U-arvo ($\text{W/m}^2\text{K}$)	
Ulkoseinä	0,12	0,17
Katto	0,09	0,09
Lattia	0,1	0,16
Ovi	0,4	1,0
Ikkuna	0,7	1,0

Taulukko 1. IEA5-talon energiatase

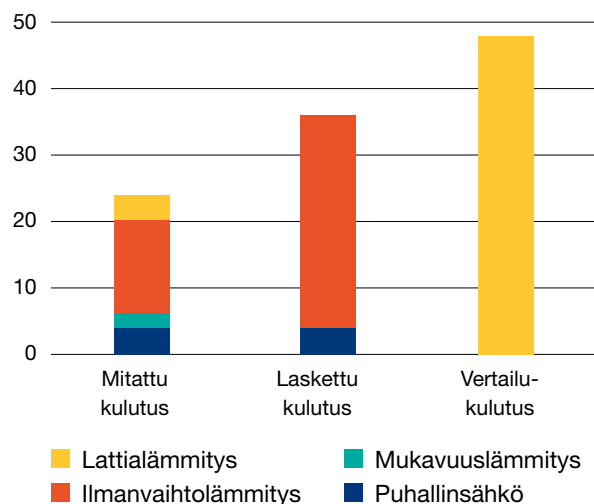
Kulutuskohde	Energian tarve kW/h/m ²	Talossa tuotettu kW/h/m ²	Hyötyenergia kW/h/m ²	Ostettu energia kW/h/m ²
Lämmitys - lämpöpumppu - jälkilämmitys - aurinkolämpö	65/55	-12/-12	-27/-28	19/15 6/0
Talotekniikka ja kotitaloussähkö - verkkosähkö - aurinkosähkö	33/25	-11/-45		33/25
Yhteensä	98/80	-23/-57	-27/-28	48/-5

Lihavoituna vuoden 2008 teknologiaa vastaavat arvot. Suurimmat erot vuosien 1993 ja 2008 välillä saavutetaan passiivitaloperiaatteella ja uudella aurinkosähkö- ja lämpöpumpputeknologialla. Talossa tuotetun energian määrä ylittää ostetun energian määrän, joten nettoenergiatarkastelun perusteella talo olisi vuoden 2008 teknologialla tarkasteltuna nollaenergiatalo.

Rakentamisen ympäristövaikutuksiin ja niiden vähentämiseen kohdistuvaa tutkimus- ja kehitystyötä suunnattiin myös rakentamisen ympäristöystävällisyyteen energiatehokkuutta laajemmin. Helsingin Eko-Viikin alueelle laadituilla ekologisen rakentamisen kriteereillä pyrittiin kokonaisvaltaiseen ympäristötekijöiden huomioon ottamiseen. Kriteerit mittaavat rakennushankkeiden ekologisuutta saastumisen, luonnonvarojen käytön, rakennusten terveellisyyden, luonnon monimuotoisuuden ja ravinnon tuotannon suhteen.

Eko-Viikin asuntojen kokonaismäärä on 784. Näistä 627 asuntoa valmistui ennen vuotta 2002, ja tämä otos on ollut Eko-Viikin arvioinnin [12] perusteena. Vaikka Eko-Viikissä haettiin kriteereitä ekologisen asuntorakentamisen edistämiseksi, ovat kokeilun tulokset energiatehokkuuden osalta vaatimattomat. Seurantaotoksessa ei ole yhtään rakennusta, jotka olisivat täyttäneet matalaenergiatalolle esitetyn vaatimuksen tilojen lämmityksen energiankulutuksen osalta. Osa Eko-Viikin taloista täyttää kuitenkin vuoden 2003 määräystason.

Kuva 9. Tilojen lämmitysenergian kulutus



Asuinkerrostalo Malmin Soidintie. Seurantamittaukset ovat heti rakennuksen valmistumisen jälkeiseltä vuodelta [13]. Rakennuksen vuoden 2007 myös käyttöveden sisältävä normeerattu kulutus oli 44,4 kWh/m³.

2.2 Passiivitalo

2.2.1 Kansainvälinen passiivitalon määritelmä

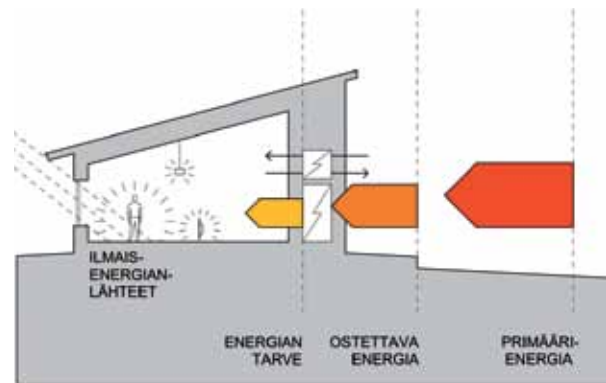
Passiivitalo määritellään viidellä tunnusluvulla, jotka kertovat tilojen lämmityksen energiantarpeen, tilojen lämmityksen tehontarpeen, rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen, mitaamalla saatavan ulkovaipan ilmavuotoluvun sekä sisäilman laatua kuvaavan yllämpötilanteen keston vuoden aikana. Vuonna 2009 Euroopassa arvioidaan olevan yli 10 000 passiivitaloa, joiden joukossa on pientaloja, rivitaloja, kerrostaloja, toimistoja, kouluja, päiväkoteja ja jopa kirkkoja. Passiivitalo voidaan rakentaa mistä materiaalista tahansa. Passiivitalotaso on saavutettu myös lukuisissa korjaushankkeissa.

Passiivitalossa pieni energiantarve saavutetaan yleensä ulkovaipan ominaisuuksien avulla sekä ilmanvaihdon tehokkaalla lämmön talteenotolla. Passiivisuus viittaa siihen, että energiansäästökeinojen pääpaino ei ole teknisissä laitteissa. Passiivitalon tyypillisiä ratkaisuja ovat mm. hyvä lämmöneristys, ulkovaipan ilmatiiviys, ikkunoiden ja ovien hyvä lämmöneristävyys sekä varaavan massan ja ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokas hyödyntäminen. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että passiivitalossa ei olisi lämmityslaitteita. Passiivitalon lämmitystarve on niin pieni, että perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä ei välttämättä tarvita.

Passiivitalo määriteltiin Saksassa jo vuonna 1991, ja määritelmää on täydennetty myöhemmin. Toiminnallisen yksikkönä määritelmässä on käytävissä olevan lattiapinta-alan (treated floor area) neliometri. Passiivitalon perustuu seuraaviin ominaisuuksiin [14]:

- Tilojen lämmityksen laskennallinen energiantarve 15 kWh/m^2 , **tai**
- Rakennuksen tilojen lämmityksen laskennallinen tehontarve 10 W/m^2
- Rakennuksen kokonaisprimäärienergian laskennallinen tarve 120 kWh/m^2
- Rakennuksen ulkovaipan mitattu ilmavuotoluku $n_{50} \leq 0,6 \text{ l/h}$

Kuva 10. Passiivitalorakentamisessa käytettävien energiantarpeiden riippuvuudet [16]



- Rakennuksen sisäilman laskennallinen lämpötila $\geq 25 \text{ °C}$ korkeintaan 10 % vuoden tunteista

Saksassa sertifioidun passiivitalon energia-analyysi tulee tehdä PassivHaus Institutissa kehitetyllä laskentatyökalulla [15]. Passiivitalo ei ole rakennuskonsepti eikä tarkalleen ottaen myöskään standardi, vaan vapaaehtoisesti asetettava energiatehokkuustavoite tai lähestymistapa energiatehokkaaseen rakentamiseen.

Passiivitalon tilojen lämmityksen energian- ja primäärienergian tarpeita on havainnollistettu kuvassa 10. Lämmityksen energiantarve tarkoittaa sitä energiaa, joka tarvitaan sisäilman mitoituslämpötilan ylläpitämiseen. Siinä otetaan huomioon ns. ilmaisenergian lähteet (passiivinen auringon energia, ihmisistä ja laitteista saatava lämpöenergia). Lämmityslaitteiden hyötysuhteen vaikutusta energiantarpeeseen ei oteta huomioon, eli energiantarve on rakennuksen suunnitellusta lämmönkehittäimestä riippumatta sama.

Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden, käyttöveden lämmityksen, kotitalouskoneiden ja valaistuksen energiantarve lasketaan primäärienergiana. Primäärienergialla tarkoitetaan jalostamatonta luonnon energiaa siinä muodossa, kuin se on ennen muunnosprosessia. Primäärienergia jaetaan uusiutuvaan ja uusiutumattomaan energiaan. Primäärienergiatarkastelu perustuu eri energialähteille määritettyihin primäärienergiakertoimiin. Primäärienergiakertoimella tarkoitetaan primäärienergian suhdetta energialähteestä käytettäväksi jalostettuun energiaan.

2.2.2 Passiivitalo Suomessa

Pohjoismaisessa Tanskassa sovelletaan edellä esitettyä kansainvälistä määritelmää. Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa on ilmaston kylmyyden johdosta nähty tarpeelliseksi hakea omat määrittäytävät, joiden perusteella rakennettujen talojen energiantarve on ilmastoon suhteutettuna vähintään yhtä pieni kuin saksalaisissa passiivitaloissa.

Suomen ilmastoon rakennettava passiivitalo määritellään sen tilojen lämmitysenergian tarpeen, primäärienergiatarpeen ja rakennuksen ulkovaipan lämpöteknistä laatua käytännössä kuvaavan ulkovaipan ilmanpitävyyden (n_{50} -arvo) perusteella seuraavasti (kuva 11). Toiminnallisena yksikkönä on rakennuksen bruttoalan neliömetri:

- Tilojen **laskennallinen** lämmityksen energiantarve 20–30 kWh/m²
- Rakennuksen **laskennallinen** primäärienergian kokonaistarve 130–140 kWh/m²
- Rakennuksen **mitattu** ilmavuotoluku $n_{50} \leq 0,6$ 1/h

Koska eri energialähteiden primäärienergiakertoimia ei ole määritelty riittävästi, on primäärienergiavaatimuksen todentaminen toistaiseksi hankalaa. Suomalaiseen passiivitalon määrittelyyn perustuvia kerrostaloja on rakenteilla tai valmistunut 5–10 kappaletta. Kuopioon ja Järvenpäähän rakennettavat nollaenergiatalot perustuvat passiivitalokonseptista kehitettyyn kokonaisratkaisuun, kuva 6. Tässä kon-

septissa kaikki energiahäviöt on minimoitu siten, että passiivitalon määritelmä alitetaan. Kuopion asuinkerrostalon tilojen lämmityksen energiantarve erilaisia toiminnallisia yksiköitä kohden on:

- Bruttoala 2120 m²
 - Lämmityksen energiantarve 12 kWh/m²
- Huoneistoala 1670 m²
 - Lämmityksen energiantarve 15 kWh/m²
- Passivhaus Institutin määrittelemä pinta-ala ‘treated floor area’ ~ 1500 m²
 - Lämmityksen energiantarve 17 kWh/m²

Mikäli Kuopion nollaenergiatalo rakennettaisiin Darmstadtin Saksaan, olisi sen tilojen lämmityksen energiantarve Suomen Rakentamismääräyskokoelman edellyttämällä suunnitelluilla vaatimuksilla 8 kWh/m² PassivHaus Institutin määrittelemää laskentapinta-alaa kohti. Suomalaisen passiivitalojen eroja tarkastellaan alla olevassa taulukossa 3.

Suomen Rakennusinsinöörien liiton matalaenergiakäsikirjassa [17] passiivitalo määritellään Jyväskylän ilmastossa siten, että paikkakuntaan korjaus voidaan tehdä annettujen astepäivälukukertoimien avulla. Perusmääritelmä on:

- Tilojen **laskennallinen** lämmityksen energiantarve 25 kWh/m²
- Rakennuksen **mitattu** ilmavuotoluku $n_{50} \leq 0,6$ 1/h.

Kuva 11. Suomalaisen ja saksalaisen passiivitalon määrittely /16/

	PassivHaus institut	Suomi		
		Etelä	Keski	Pohjois
Lämmitystarve, kWh/m ²	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30
Lämmitystehon tarve, W/m ²	10			
Primäärienergian tarve, kWh/m ²	≤ 120	≤ 130	≤ 135	≤ 140
Yliämpötunnit vuodessa sisälämpötila > 25°C, %	10		-	
Ilmavuotoluku n_{50} 1/h	0,6		≤ 0,6	
Toiminnallinen yksikkö m ²	Treated floor area		Bruttoala	
Laskentamenetelmä	PHP		Valinnainen	

Kuva 12. Kuopion nollaenergiatalon julkisivukuvat



Rakennustiedot		
Bruttotilavuus/sisätilavuus, m ³	6882 / 5367	
Korkeus/ keskimääräinen kerroskorkeus, m	16,2 / 3,24	
Lämmitettävä bruttoala/huoneistoala, m ²	2124 / 1945	
Huonekorkeus, m/ 1 krs. huonekorkeus, m	2,7 / 3,0	
Asuntojen lukumäärä/asukkaiden määrä	45 / 45	
Rakenteet	m ²	W/m ² K
Ulkoseinä (umpiosa)	1147	0,08
Yläpohja	425	0,07
Alapohja	425	0,10
Ikkunat:		
- etelä	30,6	
- pohjoinen	42,2	
- itä	50,1	0,75
- länsi	47,3	
Ovet	10	0,4
Ilmanvaihto		
Ilmanvaihto, m ³ /s	0,746	
Ilmavuotoluku n ₅₀ , 1/h	0,4	
Vuotoilmavirta, m ³ /s	0,016	
Ilmanvaihdon lämmön talteenotto, %	75	

Taulukossa on esitetty energialaskennassa käytetyt suunnittelutiedot.

Taulukko 2. Energiatehokkuuskonseptien vertailu

Rakennusosa	C3/D3 2010	Matala-energiatalo 2010	MERA Heinola	Passiivikerrostalot yleensä	Paroc Passiivitalo Vantaa	Nollaenergia-kerrostalojen tavoitearvot
US W/m ² K	0,17	0,12–0,16	0,16	0,1–0,15	0,09	0,08
YP W/m ² K	0,09	0,09–0,12	0,08	0,9–0,12	0,08	0,07
AP W/m ² K	0,15	0,15–0,20	0,15	0,09–0,15	0,1	0,1
IKK W/m ² K	1,0	0,8–1,1	0,9	0,7–0,9	0,8	0,76
OVI W/m ² K	1,0	0,8–1,0	0,4	0,7–0,9	0,8	0,74
IV LTO %	50	>60	65	> 70	80	> 75
Ilmanvaihto	1)	1)	2)	2)	2)	2)
Ilmavuotoluku n ₅₀ 1/h	2	<1	0,4	< 0,6	0,32	< 0,4
Maalämmönvaihdin ³⁾	ei	ei	ei	ei	ei	on
Tilojen lämmitystarve, kWh/m ²	70	35	25	20 - 30	18	12
Veden lämmitystarve, kWh/m ²	30	30	25	20	17	14
Kiinteistösähkön tarve, kWh/m ²	15	15	15	15	10	12
Huoneistosähkön tarve, kWh/m ²	30	30	25	25	25	16
Aurinkosähkö, paneeli-m ²	ei	ei	ei	ei	ei	185 / 435 ⁴⁾
Aurinkosähkön tuotto, kWh/m ²						12 / 28
Aurinkolämpökeräin, m ² ⁵⁾	ei	ei	ei	ei	ei	210
Aurinkolämmön tuotto, kWh/m ²						26
Nettoenergian tarve, kWh/m ²	145	110	90	< 85	< 70	16 / 0

1) keskitetty

2) huoneistokohtainen, ilmanvaihtolämmitys tai osittainen lattialämmitys + ilmanvaihtolämmitys

3) raitisilman esilämmitys maapiirin avulla

4) kiinteistösähkö / kokonaissähkö

5) aurinkolämmön tuotto = rakennukseen ostettu kaukolämpö

Energiantarpeet ja -tuotot on ilmoitettu bruttoneliötä kohti.

2.3 Passiivitalo eri ilmastoissa

Taulukkoon 3 on koottu eurooppalaiset passiivitalon määritykset. Ruotsissa kehitettävänä oleva määrittely perustuu ostetun kokonaisenergian kulutukseen ja tilojen lämmityksen tehontarpeeseen. Näillä on oletettu olevan ohjaava vaikutus aurinkolämpö-

järjestelmien käyttöön ostoennergian pienentämisessä ja ilmanvaihtolämmityksen hyödyntämiseen tilojen lämmityksessä. Norjan määrittelyn perustana on maan eri osien suuret lämpötilaerot. Tähän vaikuttavat maan pituus ja korkeuserot.

Taulukko 3. Passiivitalon määritelmien vertailu

Kriteeri	Suomi ¹⁾	Ruotsi ²⁾	Norja ³⁾	Ranska ⁴⁾	Kansainvälinen ⁵⁾	Etelä-Eurooppa ⁶⁾
Tilojen lämmityksen energiantarve [kWh/m ²]	Etelä-Suomi ≤ 20 Keski-Suomi ≤ 25 Pohjois-Suomi ≤ 30	--	--	≤ 15	≤ 15	≤ 15
Tilojen viilennyksen energiantarve [kWh/m ²]	--	--	--	--	--	≤ 15
Tilojen lämmityksen energiantarve [kWh/m ²] paikkakunnan keskilämpötilan T _a perusteella	--	--	ks. 3)	--	--	--
Ostetun kokonaisenergian tarve [kWh/m ²]	--	Etelä-Ruotsi ≤ 45 Pohjois-Ruotsi ≤ 55 A < 200 m ² : +10	--	--	--	--
Primäärienergian tarve [kWh/m ²]	Etelä-Suomi ≤ 130 Keski-Suomi ≤ 135 Pohjois-Suomi ≤ 140	--	--	≤ 120	≤ 120	≤ 120
Ilmavuotoluku, n ₅₀ [1/h]	≤ 0,6	--	≤ 0,6	≤ 0,6	≤ 0,6	≤ 0,6
Ilmavuotoluku n ₅₀ [dm ³ /m ² s] SS-EN 13829 7)	--	< 0,3	--	--	--	--
Tilojen lämmityksen tehontarve [W/m ²]	--	Etelä-Ruotsi ≤ 10 Pohjois-Ruotsi ≤ 14 A < 200 m ² : +2	--	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Minimi-ilmanvaihto [l/m ² s]	0,35	0,35	N/A	--	--	N/A
Minimi-ilmanvaihto [m ³ /asukas]	--	--	--	30 (DIN 1946)	30 (DIN 1946)	--
Ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde [%]	--	--	--	75	--	--
Ikkunan U-arvo [W/m ² K]	--	≤ 0,9	--	--	--	--
Ulkoseinän U-arvo [W/m ² K]	--	--	--	≤ 0,15	--	--

1) PEP Promotion of European Passive Houses. IEE EIE/04/030/SO7.39990

2) Kravspecifikation för passivhus i Sverige – Energieffektiva bostäder. Version 2008:1, LTH rapport EBD-R--08/21. IVL rapport nr A1548

3) Kriterier for lavenergi- og passivhus – Boligbygninger. prNS 3700:2009

Passivhus	Lämmitysenergiatarve kWh/(m ² a)	
	T _a ≥ 5°C	T _a < 5°C
Lattia-ala A < 200 m ²	15 + 3 x (200-A)/100	15 + 3 x (200-A)/100 + 3 x (5-T _a)
Lattia-ala A ≥ 200 m ²	15	15 + 3 x (5-T _a)

4) www.maison-passive.fr/

5) PassivHaus Institut

6) Passive On - Marketable Passive Homes for Winter and Summer Comfort IEE EIE

7) Ilmavuotoluku lasketaan ulkovaipan sisäpintojen neliometriä kohden. Ilmavuotoluku lasketaan mittaustuloksena (EN 13829) 50 Pa paine-erolla saadusta ilmanvaihtokertojen määrästä.

Taulukko 3. Passiivitalon määritelmien vertailu. Perusvaatimukset ovat tummennettuina, muut kriteerit ovat suosituksia. Vertailupunta-alana käytetään Suomessa bruttoneliometriä, kansainvälisessä määritelmässä erikseen määriteltäviä käytettävissä olevan lattiapinta-alan neliometriä, Ruotsissa yli 10°C lämmitettävien tilojen lattiapinta-alan neliometriä ja Norjassa käyttötarkoituksesta riippumatta kaikkien sisätilojen lattian neliometriä.

2.4 Muut energiatehokkuuskonseptit

Sveitsiläinen **Minergie-standardi** on vapaaehtoinen energiatehokkuusstandardi uudisrakentamiseen ja saneeraukseen. MINERGIE® sertifikaatti on (8/2008) 9907 rakennuksella. Standardin kriteerit ovat:

- Minergie:
 - kokonaisenergiankulutus ≤ 75 % keskimääräiseen rakennukseen verrattuna
 - fossiilisten polttoaineittenkulutus ≤ 50 % keskimääräiseen rakennukseen verrattuna
- Minergie –P:
 - vastaa PassivHaus-tasoa
- Minergie-P-Eco
 - vaatimuksia mm. materiaalien kierrätettävyydelle ja sisäilman laadulle.

Nollaenergiatalolle useita erilaisia määritelmiä. Primäärienergian perusteella (net zero primary energy use) määriteltynä rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian määrä on vähintään yhtä paljon kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä kerrottuna primäärienergiakertoimella. Euroopan parlamentti on lisännyt vuonna 2009 valmisteilla olevaan uuteen rakennusten energiatehokkuusdirektiiviin primäärienergiaan perustuvan nollaenergiatalon määritelmän uudisrakentamisen vaatimustasoksi vuodesta 2019 alkaen.

Energian kokonaiskulutuksen perusteella (net zero site energy use) määriteltynä rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian määrä on vähintään saman verran kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä. Määritelmä soveltuu Suomen ilmastoon, ja sitä käytetään mm. Kuopion ja Järvenpään nollaenergiatalojen ratkaisussa sekä Aalto-yliopiston Solar Decathlon -kilpailutalossa.

Nollaenergia- ja **energiapositiivisissa taloissa** tuotetaan energiaa. Yleisimmin käytetty määritelmä perustuu verkkoon kytketyn rakennuksen vuotuisen energiataseen laskentaan. Haastavin tapa määrittellä nolla- ja plusenergiatalo asettaa tavoitteeksi toimimisen off-grid-periaatteella, jolloin

rakennus on verkosta riippumaton ja käytännössäkin täysin energiaomavarainen. Off-the-grid-rakennuksessa tuoton ja tarpeen on vastattava toisiaan ajallisesti energian varastointitarpeen ja häviöitten minimoimiseksi.

Nollaemissiotalo toimii hiilineutraalisti. Rakennuksen käytön ympäristökuorman mittayksikkönä käytetään energian sijasta merkittävintä ilmaston lämpenemistä aiheuttavaa yhdistettä, hiilidioksidia. Tämä lähestymistapa nostaa tarkastelujen keskiöön erilaiset energiamuodot sekä niistä aiheutuvat päästöt. Energiantarve on nollaemissiotalossakin tarpeen minimoida, jotta jäljelle jäävä tarve voidaan tyydyttää hiilidioksidiemissioita aiheuttamatta. Hiilineutraaleiksi energianlähteiksi lasketaan mm. aurinko- ja tuulienergia sekä puu, joka on kasvun aikana sitonut vastaavan määrän hiilidioksidia, joka poltettaessa vapautuu ilmakehään.

2000 W yhdyskunta perustuu kestäväan energiankäyttöön. Swiss Federal Institute of Technologyn visio 2000-Watt-Gesellschaft (engl. 2000-Watt-Society) kuvaa energihuolloltaan kestävästi toteutettua ja kestävästi toimivaa yhteiskuntaa. Sen mukaan kehittyneen maailman energiankulutus asettuu kestäväälle tasolle, mikäli asukkaiden energiakäyttö on enintään 2000 wattia henkeä kohti eli 17 520 kWh vuodessa kokonaisenergiankulutuksena. Tästä kulutuksesta fossiilisilla polttoaineilla tuotetun energian osuuden tulisi laskea korkeintaan 500 wattiin henkeä kohti 50–100 vuodessa. Vision mukaan tämä taso saavutettaisiin vuoteen 2050 mennessä alentamatta kehittyneen maailman ihmisten elintasoja.

2000 wattia henkeä kohti on tällä hetkellä maailman väestön energiankulutuksen keskiarvo. Läntisessä Euroopassa energiankulutus henkeä kohti on n. 6000 wattia, USA:ssa n. 12 000 wattia ja alle 500 wattia kehittyvissä maissa kuten Intiassa. Sveitsissä, jossa konsepti kehitettiin, energian keskimääräinen kulutus henkeä kohti on n. 5000 wattia. Tavoitteellisella 2000 watin tasolla energiankulutus oli Sveitsissä vuonna 1960. Suomessa energiakulutus oli 2007 noin 9000 W henkeä kohden. Teollisuuden rakenne vaikuttaa merkittävästi saavutettavaan tasoon. Erityisesti paperi- ja terästeollisuus vaikuttavat Suomen energiankulutukseen.

3. Passiivikerrostalo Helsingissä

3.1 Saksalaiset passiivikerrostalot

Taulukkoon 4 on koottu esimerkkejä Saksaan rakennetuista passiivikerrostaloista. Ratkaisujen arviointia vaikeuttaa se, että projektipankissa [18] esitetään vain ylimalkaiset tiedot rakennusten suunnitteluarvoista. Esimerkiksi rakennustilavuutta, kerroskorkeutta, ikkunapinta-aloja, ilmanvaihdon ilmanvaihtomäärää, poistoilmavirtaa tai lämmön talteenoton hyötysuhdetta ei esitetä. Samoin rakennuksesta esitetään vain energialaskennassa käytetty vertailupinta-ala (treated floor area).

Taulukossa 5 on PassivHaus Institutin laskelmia passiivitalon soveltamisesta eri maissa. Taulukon lähtökohtana on ilmanvaihtolämmityksen käyttö rakennusten lämmityksen energiantarpeen kattamisessa. Ilmanvaihtolämmityksessä sisään puhallettavan ilman maksimilämpötila on 50 °C. Tämä raja-arvo on asetettu siksi, että pölyn palaminen lämmityslaitteissa ei aiheuttaisi sisäilmaan epämiellyttävää tuoksua. Kuvassa 13 on ilmanvaihtolämmityksen periaatteet.

Taulukko 4. Saksalaisia passiivikerrostaloja [18].

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
U-arvo [W/m ² K]						
- Seinä	0,122	0,1	0,107	0,126	0,11	0,133
- Yläpohja	0,098	0,09	0,105	0,082	0,1	0,111
- Alapohja	0,122	0,12	0,113	0,152	0,13	0,149
- Ikkuna	0,873	0,8	0,87	0,81	0,8	0,82
Ilmanvaihtotapa ¹⁾	HK	K	OH	--	OH	HK
Ilmanvaihdon oletusarvo [1/h] ²⁾	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
IV LTO hyötysuhde [%]	--	82	--	--	--	--
Ilmavuotoluku n ₅₀ [1/h]	0,3	0,39	0,3	0,3	0,4	0,6
Vertailupinta-ala [m ²]	1927	1267			3820	3607
Asuntojen lukumäärä [kpl]	19	14	18	19	46	45
Lämmönlähde	kaasukattila	--	kaasukattila	--	pellettikattila	kaasukattila
Lämmityksen energiantarve [kWh/m ²]	13	15	15	14	15	15
Primäärienergian tarve [kWh/m ²]	--	119	101	96	--	--

- 1) HK = huoneistokohtainen ilmanvaihtokone
K = keskitetty ilmanvaihto
OH = osittain hajautettu ilmanvaihto asuntoryhmittäin
2) Oletusarvo PHPP-laskentatyökalussa

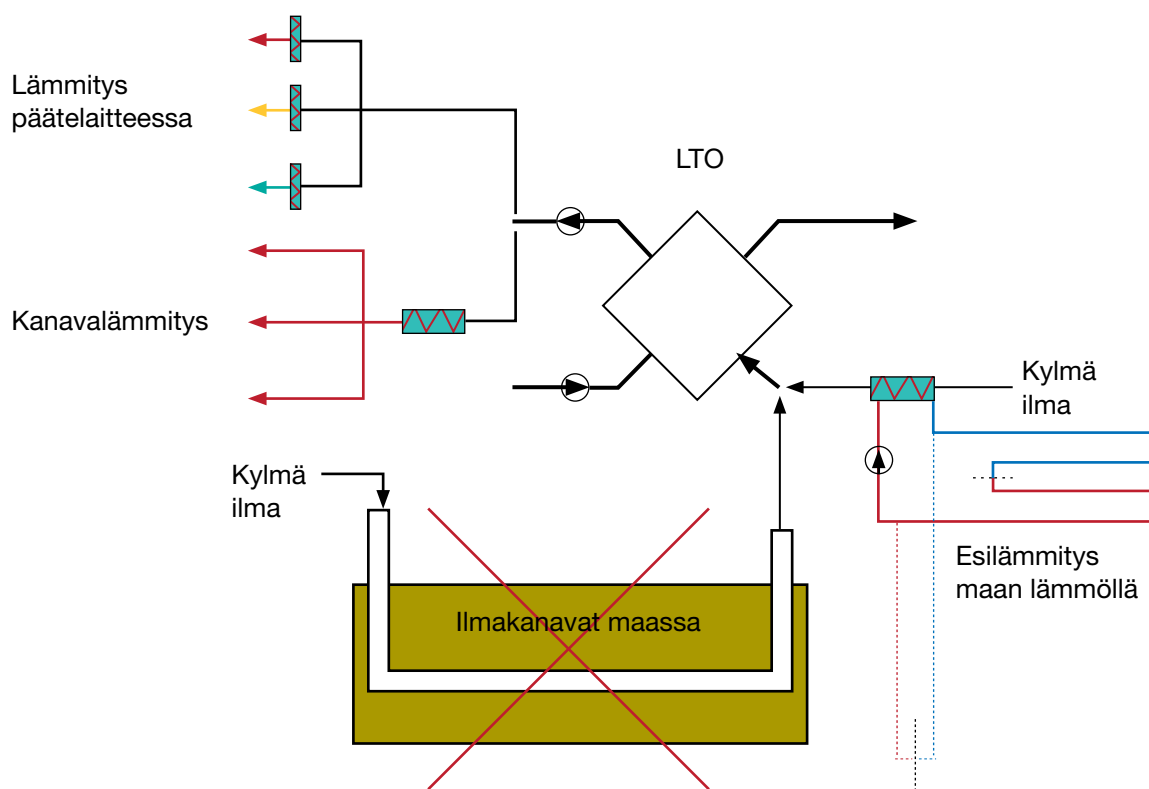
Rakennusten vertailupinta-alana on käytettävissä oleva lattiapinta-ala eli treated floor area. Bruttoalaa tai rakennustilavuutta ei tunneta. Ilmanvaihdolle on käytetty PHPP-laskentatyökalun oletusarvoa 0,4 ilmanvaihtokertaa tunnissa.

Taulukko 5. PassivHaus Institutin arvioita passiivitalon konseptin toteutumisesta eri maissa.

Ohjeellisia arvoja	Mannheim	Kiiruna	Helsinki	Almaty	Moskova
Ulkoseinä (mm)	200	600	500	500	500
Yläpohja (mm)	300	1000	600	600	800
Alapohja (mm)	150	400	400	400	400
Ikkunakarmi (W/m ² K)	0,72	0,36	0,72	0,72	0,72
Lasi (W/m ² K)	0,7	0,35	0,49	0,7	0,7
Lämmitystarve (kWh/m²)	21	30	22	12	22
Lämmitystehon tarve (W/m ²)	10	10	10	9	10

Lämmöneristävyys on annettu eristyspaksuutena, joten kylmäsiltojen käsittelystä ei ole tietoa. Laskennassa ilmanvaihto on 0,4 l/h ja ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde 92 %. Korkea hyötysuhde saavutetaan käyttämällä maalämmönvaihdinta (kuva 7). Tavoitteeksi laskennassa on asetettu lämmitysteholle asetetun tavoitearvon saavuttaminen tilojen lämmityksen energiantarpeen sijasta (vrt. luku 2.2.1)

Kuva 13. Ilmanvaihtolämmityksen periaatteet



Ilmanvaihtolämmityksessä raitisilman esilämmitys/viilentäminen tapahtuu saksalaisissa passiivitaloissa usein maahan asennettujen ilmanvaihtokanavien avulla. Maakanavien aiheuttamia pitkäaikaisia terveysriskejä ei tunneta. Suositeltavampi tapa on käyttää maalämmönvaihdinta, jossa maan lämpö tai viileys siirretään nestekiertoisen maaputkiston ja lämmönvaihtimen avulla raitisilmaan.

Taulukko 6. Saksalaisen passiivikerrostalon ja Suomen rakentamismääräyskokoelman [11] mukaisen kerrostalon keskeiset erot.

	Passiivikerrostalot	Srmk 2010
U-arvo [W/m ² K]		
- Seinä	0,10–0,13	0,17
- Yläpohja	0,08–0,11	0,09
- Alapohja	0,12–0,15	0,16
- Ikkuna	0,80–0,90	1,0
Ilmanvaihtotapa	huoneistokohtainen/ keskitetty	huoneistokohtainen/ keskitetty
Ilmanvaihdon oletusarvo [1/h]	0,4 ¹⁾	0,5 ²⁾
IV LTO hyötysuhde [%]	> 80	50
Ilmavuotoluku n ₅₀ [1/h]	0,3–0,6	4
Lämmönlähde	tyypillisesti kattilalaitos	--
Lämmityksen energiantarve [kWh/m ²]	13–15	--
Primäärienergian tarve [kWh/m ²]	96–119	--

1) HK = huoneistokohtainen ilmanvaihto; K = keskitetty ilmanvaihto; OH = osittain hajautettu ilmanvaihto asuntoryhmittäin

2) Oletusarvo PHPP-laskentatyökalussa

3.2 Saksalainen passiivikerrostalo Suomen rakentamismääräysten valossa

Suomen rakentamista koskevat energiamääräykset muuttuvat vuoden 2010 alusta. Muutosten tavoitteena on tehostaa uudisrakentamisen tilojen lämmityksen energiatehokkuutta asettamalla tiukemmat vaatimukset rakennusten lämpöhäviöille. Esimerkiksi asuinrakennuksille tämä merkitsee lämmitystarpeen pienentymistä noin 30 % ja palvelurakennuksille 20–30 %.

Edellisessä luvussa esitettyjen saksalaisten passiivikerrostalojen erot Suomen vuoden 2010 määräystasoon verrattuna ovat taulukossa 6.

3.3 Saksalainen passiivikerrostalo Helsingin ilmastossa

Saksalaisen passiivikerrostalon perusratkaisujen toimivuutta Helsingin ilmastossa arviointiin käyttämällä rakenteilla olevan kolmikerroksisen asuinkerrostalon tilavuus-,

bruttoala- ja ikkunapinta-alatietoja, taulukko 7. Rakennuksessa oletettiin olevan 17 huoneistoa, jolloin keskimääräinen asuntopinta-ala on 52 m². Lisäksi rakennuksessa on varastotilaa 62 m². Tarkastelu tehtiin VTT Talo-ohjelmiston kuukausitaselaskennalla.

Rakennus on kaukolämpötalo. Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmänä on huoneistokohtaiset lämmön talteenotolla varustetut ilmanvaihtokoneet. Porrashuoneella ja varastotiloilla on yhteinen lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihtokone. Huoneistokohtaisen ilmanvaihtokoneen etuna on korkeampi vuosihyötysuhde verrattuna keskitettyyn ratkaisuun. Keskitetyn ilmanvaihtokoneen käyttö edellyttää rakennuksen ulkovaipan pienempiä lämpöhäviöitä eli ulkovaipan osien jonkin verran parempia lämmönläpäisykertoimia. Lisäksi oletettiin, että talossa on talosauna. Tulokset ovat taulukossa 8.

Rakennuksen kaikkien sähkölaitteiden on oletettu olevan energialuokituksestaan A. Laskennassa talotekniikan puhaltimet ja pumput ovat kokoajan käytössä. Kodinkoneiden ja valaistuksen energiankulutus perustuvat tyyppitalolle laskentaohjelmassa oletettuihin kulutuslukemiin.

Taulukko 7. Vertailulaskennassa käytetyn rakennuksen tiedot

Rakennustiedot	
Rakennustilavuus, m ³	4287
Kerroskorkeus, m	3,3
Lämmitettävä bruttoala, m ²	1219
Lämmitettävä huoneistoala, m ²	942 ¹⁾

Rakenteet	m ²	W/m ² K
Ulkoseinä (umpiosa)	795	0,15
Yläpohja	433	0,09
Alapohja	433	0,14
Ikkunat kaakko koillinen luode lounas	82 8 51 16	0,85
Ovet kaakko koillinen luode lounas	13 3 17 6	0,9

Ilmanvaihto	
Ilmanvaihto, m ³ /s	0,595
Ilmavuotoluku n ₅₀ , 1/h	0,6
Vuotoilmavirta, m ³ /s	0,016
Ilmanvaihdon lämmön talteenotto, %	80

1) Sisältää porrashuoneet ja varastot

Taulukko 8. Vertailulaskennan tulokset

Kulutuskohde	Energiantarve [kWh/m ²]	Primäärienergia [kWh/m ²]
Tilojen lämmitys	20	8
Käyttöveden lämmitys	29	12
Huoneistosähkö	25	53
Kiinteistösähkö	11	25
Yhteensä	84	98

Primäärienergian tarpeen arvioinnissa kertoimina on käytetty 0,4 kaukolämmölle ja 2,2 sähköenergialle. Toiminnallisena yksikkönä on käytetty bruttoalan neliometriä. Vedenkulutukseksi on arvioitu 137 l vettä asukasta kohden vuorokaudessa.

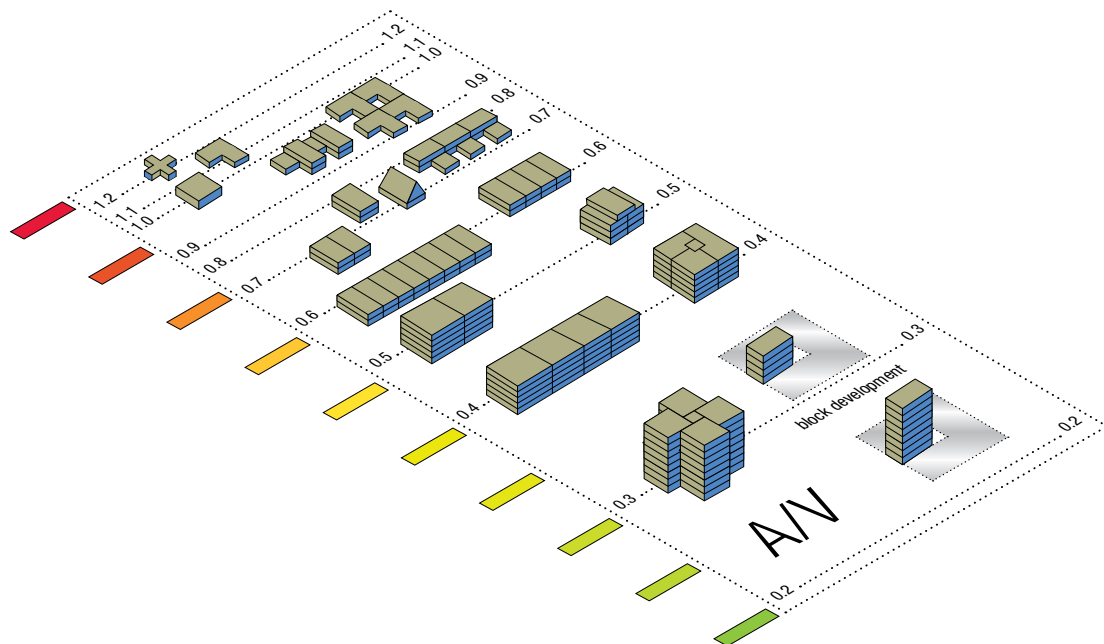
3.4 Saksalaisen passiivitalomääritelmän käyttö Helsingissä

Saksalaisen passiivitalomääritelmän soveltaminen Helsingissä vaikuttaa kaupunkikuvaan ja rakennetun ympäristön laatuun. Passiivitalojen rakentaminen ohjaa arkkitehtisuunnittelua, sillä muodon merkitys korostuu etenkin pienissä rakennuksissa. Pientaloissa passiivitalon vaatimukset on helpompi toteuttaa suurissa taloissa kuin pienissä. Myös rakennusten toiminnalliset ominaisuudet voivat muuttua, sillä esimerkiksi ikkunapinta-alaa pienentämällä ja huonekorkeutta laskemalla voidaan pienentää energiantarvetta. Jos ikkunapinta-alaa pienennetään rakentamismääräysten vertailutasoon 15 %:sta kerrosneliöltä PassivHaus Institutin 16 %:iin käytettävissä olevaa lattiapinta-alaa kohti, pienenee ikkunoiden kokonaispinta-ala 20–30 %.

Jotta määritelmän mukaisia rakennuksia voitaisiin toteuttaa, on mm. seuraavia suunnitteluperiaatteita noudatettava:

- Toiminnalliseksi yksiköksi suunnittelussa valitaan käytettävissä olevan lattiapinta-alan neliometri (treated floor area). Porrashuoneita ei lasketa pinta-alaan.
- Ilmanvaihdon käyttö on tarveperustaista. Kokonaisilmanvaihdon määrän tulee olla korkeintaan 0,4 1/h.
- Ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhde on suurempi kuin 85 %. Tämä tarkoittaa huoneistokohtaisia ilmanvaihtokoneita ja raitisilman esilämmitystä maalämmönvaihtimella
- Rakenteiden U-arvot ovat pienempiä kuin 0,09 W/m²K.
- Ikkunapinta-ala saa olla korkeintaan 16 % käytettävissä olevasta lattiapinta-alasta. Ikkunalta (1,2 x 1,2 m²) vaadittava U-arvo on alle 0,7 W/m²K.
- Rakennuksen muodon tulee olla mahdollisimman kompakti. Ulkovaipan pinta-alan ja rakennuksen tilavuuden suhteen tulee olla $A/V = 0,2-0,4$, kuva 14.

Kuva 14. Rakennuksen muotokerroin [19].



Muotokerroin kuvaa rakennuksen muodon vaikutusta tilojen lämmityksen energiantarpeeseen. Saksalaisen passiivitalomääritelmän soveltaminen Helsingissä tarkoittaa rakennusten arkkitehtuurin ja muotokielen yksipuolistumista.

4. Energiatehokkaan rakentamisen edistäminen

4.1 Asuinkerrostalon energiatehokkuuskonseptit

Helsingin kaupungin asuinkerrostalotuotannolle laadittiin energiatehokkuuskonseptit, joiden rakentamiskustannukset ovat korkeintaan 5 % tavanomaista tuotantoa korkeammat. Tähän kustannushaarukkaan kuuluvat mm. Rakennusliike Reposes MERA-kerrostalot sekä TA-Asumisoikeus Oy:n passiivikerrostalo, joka rakennetaan 2009–2010 Ouluun. Jälkimmäinen rakennusratkaisu on kaukolämmitteinen kerrostalo.

Energiatehokkuuskonsepteja vastaavien asuinkerrostalojen tulee perustua Suomen rakentamismääräyskokoelman edellyttämiin suunnitteluratkaisuihin ilmanvaihdon, luonnonvalon hyödyntämisen ja ikkunapinta-alojen suhteen. Rakennukset liitetään kaukolämpöön aina, kun kaukolämpöverkko on taloudellisesti järkevällä etäisyydellä rakennuksesta.

Kaukolämpötaloissa ei tuoteta aurinkolämpöä, mutta rakennuksissa voidaan tuottaa aurinkosähköä tai tuulivoimaa. Uusiutuvan energian hajautetun tuotannon tavoitteena on ensisijaisesti kattaa koko kiinteistösähkön tarve kesäkaudella sekä tavoitteesta riippuen osa kuluttajasähköstä. Nyrk-

kisääntönä on, että tuulivoiman tehon mitoituksella 1 kW saadaan 2000–3000 kWh energiaa. Taulukossa 9 on arvioitu Helsingissä sijaitsevaan rakennukseen integroidun aurinkosähkö- ja tuulivoimajärjestelmän energiantuottopotentiaaleja.

Kaukolämpöalueen ulkopuolella kiinteistössä voidaan tuottaa myös aurinkolämpöä. Aurinkolämmön mitoitusperiaate on 350–450 kWh/keräin-m² vuodessa. Ensisijainen tavoite on kattaa mahdollisimman suuri osa rakennuksen käyttöveden lämmitystarpeesta kesäkaudella.

Taulukkoon 10 on laskettu vuosien 2008 ja 2010 määräystasoa vastaavien ja 3 energiatehokkuuskonseptin mukaiset tilojen ja käyttöveden lämmitysenergian ja kiinteistösähkön tarpeet. Konseptien ensisijaiset vaatimukset ovat tilojen lämmityksen energiantarve, ET-luokka ja uusiutuvan energian osuus kiinteistösähkön tarpeesta. Kaikki konseptiratkaisut perustuvat kaukolämmitykseen. Käyttöveden kulutus mitataan huoneistokohtaisesti. Tällä oletetaan olevan lämpimän veden kulutusta pienentävä vaikutus, joka suuruusluokalleen on 15–20 %. Lisäksi on tehty oletus, että kodinkoneet ja kiinteistön sähkölaitteet ovat kaikki energialuokitukseltaan A.

Taulukko 9. Aurinkosähkön ja pientuulienergian tuotannon tuottopotentialit ja tarvittava paneelipinta-ala ja tuuliturbiinin mitoitus-teho

Sähköntarve [kWh]	Aurinkosähköpaneelien pinta-ala [m ²]	Tuulivoimalan mitoitus-teho [kW]
10 000	65	4
20 000	130	8
50 000	325	20

Aurinkosähköpaneelien (yksikiteinen piikkenno) energiamuuntohyötysuhteeksi on oletettu 15–17 %. Tarkastelussa on otettu huomioon invertterillä varustetun, hyvän asennustavan mukaisen aurinkosähköjärjestelmän häviöt: kaapeli-häviöt, paneelit peittävän lumen vaikutus, ja asennuksesta (= paneelien lämpenemisestä) johtuvat häviöt.

Taulukko 10. Asuinkerrostalojen energiatehokkuuskonseptit

Suunnittelukohde	SRMK 2008	SRMK 2010	HelsinkiWatti40	HelsinkiWatti30	HelsinkiWatti20
	Vertailuratkaisu		Energiantarpeen tavoitetasot [kWh/brutto-m ²]		
Tilojen lämmitys [kWh/m ²]	90	62	≤ 40	≤ 30	≤ 20
Veden lämmitys [kWh/m ²]	30	30	≤ 25	≤ 25	≤ 20
Kiinteistösähkö [kWh/m ²]	18	18	≤ 15	≤ 15	≤ 10
ET-luku / ET-luokka	171 / D	136 / C	99 / A	87 / A	62 / A
Primäärienergia [kWh/m ²]	88	77	≤ 59	≤ 55	≤ 38
Uusiutuva energia [%]	-	-	25	≥ 50	≥ 80

	SRMK		Suuntaa-antavia suunnitteluaroja		
U-arvot [W/m ² K]					
Ulkoseinä	0,24	0,17	0,17	0,14	0,10
Yläpohja	0,15	0,09	0,09	0,09	0,08
Alapohja	0,24	0,16	0,16	0,14	0,12
Ikkuna	1,4	1,0	1,0	0,9	0,8
Ulko-ovi	1,4	1,0	1,0	0,9	0,8
Ikkunat [% bruttoalasta]	15	15	15–20	15–20	15–17
Ilmanvaihto [1/h]	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ilmavuotoluku n ₅₀ [1/h]	4	4	1,0	0,6	0,6
IV lämmön talteenoton vuosihyötysuhde [%]	30	50	65	70	80
Huoneistokohtainen käyttöveden mittaus	ei	ei	on	on	on

Wattitalojen konseptit perustuvat laskennalliseen tarkasteluun, ja annetut suunnitteluarvot ovat vain suuntaa-antavia. Uusiutuva energia tarkoittaa aurinkosähkön tuotantoa rakennuksessa ja sen prosenttiosuutta kiinteistösähkön tarpeesta. Kun prosenttiosuus on yli 100, katetaan aurinkosähköllä osa huoneistosähköstä. Primäärienergian kertoimena on käytetty sähkölle 2,2 ja kaukolämmölle 0,4. Koska yhteistuotannolla tuotetun sähkön ja kaukolämmön primäärienergiakertoimia ei ole vahvistettu, primäärienergia on toistaiseksi konseptien toissijainen vaatimus.

4.2 Energiatehokkuuden vaikutukset

4.2.1 Ympäristö ja kustannustehokkuus

Asuinkerrostalojen uusien energiatehokkuusratkaisujen tavoitteena on merkittävästi nykytasoa pienempi rakennuksen lämmitysenergian kokonaiskulutuksen pienentäminen. Tämä edellyttää suunnitteluyhteistyötä ja rakennustöiden laadusta toteutusta. Arkkitehtisuunnittelu vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen energiantarpeeseen. Rakennuksesta ei tule automaattisesti energiateho-

kas: energiantarve on laskettava jokaisessa rakennushankkeessa tapauskohtaisesti, ja suunnittelussa on jo luonnosvaiheesta saakka tehtävä energiatehokkuutta tukevia valintoja.

Rakentamismääräysten mukaista rakentamista paremman energiatehokkuuden saavuttaminen on joko vapaaehtoista tai paikallisilla määräyksillä tai toimenpiteillä ohjattavaa rakentamista. Energiatehokkuuden tavoitteet voidaan lisätä tontinluovutussopimukseen. Energiatehokkuustavoite edellyttää rakennuttajan, kaikkien suunnittelijoiden sekä rakennushankkeen toteutuksesta vastaavien taho-

jen yhteistyötä ja sitoutumista tavoitteen toteuttamiseen. Arkkitehti- tai pääsuunnittelija voi tuoda esille energiatehokkuustavoitteen vaatimukset jo hankesuunnitteluvaiheessa.

Energiatehokasta rakentamista voidaan perustella etenkin ympäristönäkökulmasta. Rakennusten energiankulutusta olisi vähennettävä merkittävästi, jotta ilmastonmuutoksen aiheuttama maapallon lämpötilanousu pystytään rajoittamaan kahteen asteeseen 2050 mennessä. Asuinkerrostaloille laaditut alustavat energiatehokkuusratkaisut johtavat vuoden 2010 rakentamismääräyksiä parempaan energiatehokkuuteen aina passiivitalon energiatehokkuustasolle asti, pienempään ympäristökuormaan ja parempaan asumisen laatuun parantuvan sisäilmaston avulla.

Taloudellinen argumentointi energiatehokkaan rakentamisen puolesta perustuu yleensä siihen, että energiatehokkaan talon rakentaminen aiheuttaa vain pienen lisäkustannuksen rakennusvaiheessa, mutta tuottaa käytön aikana säästöjä lämmityskustannuksissa joka vuosi. Esimerkit uusista kerrostalokohteista osoittavat, että energiatehokkuuden parantaminen esitettyä suomalaista passiivitaloa vastaavalle tasolle maksaa 2–5 % enemmän kuin tavanomainen rakentaminen.

4.2.2 Suunnittelu ja rakentaminen

Energiatehokas talo on myös osoitus rakentamisen laadusta. Vain hyvin rakennettu talo on energiatehokas. Suunnittelun puutteet ja huolimaton rakentaminen kasvattavat rakennukset tilojen lämmityksen energiantarvetta jopa neljänneksellä. Passiivitalon ulkovaipan ilmanpitävyyden puutteet voivat lisätä rakennuksen lämmitystarvetta merkittävästi, eli ilmapuodot voivat mitoitaa tilojen lämmitystarpeen.

Suunnittelu- ja rakennusprosessiin energiatehokkuustavoitteet tuovat uusia näkökulmia [13]:

- Energiantehokkuus määritellään kokonaisenergiatarkastelun kautta yksittäisten rakenteiden tai rakennusosien U-arvojen sijasta.
- Hankkeeseen tarvitaan energialaskennasta vastaava taho.

- Jo luonnossuunnitteluvaiheessa tarvitaan suunnittelua ohjaavaa energialaskentaa; ellei tämä ole mahdollista, luonnossuunnittelun aikana valmiin rakennuksen energiantarvetta arvioidaan muiden tunnuslukujen (esim. muotokerroin, ikkunapinta-ala) avulla.
- Työmaalla toteutetaan kahdessa vaiheessa painekoe, jolla varmennetaan ulkovaipan ilmanpitävyys ja ilmapuotolukutavoitteen täytyminen.
- Rakennushankkeen energiatehokkuustavoite on sovittava jo hankesuunnitteluvaiheessa. Rakennuttaja sitoutuu toteuttamaan asetetun tavoitteen ja sitouttaa edelleen pääsuunnittelijan ja muut suunnittelijat yhteiseen tavoitteeseen.
- Rakennushankkeeseen osallistuvien tahojen on oltava tietoisia hankkeen tavoitteista ja ymmärrettävä käytettävät käsitteet samalla tavalla.
- Rakennushankkeen kaikissa keskeisissä asiakirjoissa (hankesuunnitelmassa, sopimuksissa, työselostuksissa ym.) tulisi olla liite, jossa energiatehokkuuteen liittyvät käsitteet ja määritelmät täsmennetään ja niille annetaan lukuarvot, jotka valmiin rakennuksen tulee täyttää.
- Yksiselitteisyyden vuoksi asiakirjoihin tulee merkitä arvoineen ne kriteerit, mitkä rakennuksen on määrä täyttää ja miten tämän todentaminen tapahtuu.
- Asiakirjoissa ja sopimuksissa on määriteltävä, mikä taho vastaa energialaskennan ja ilmapuotoluvun mittauksen kustannuksista sekä menettelytapa, jota noudatetaan jos tavoitteeseen ei jostain syystä päästä.

4.2.3 Energiantehokkuuden varmistaminen

Helsingin kaupunki voi seurata oman auditointiprosessinsa kautta rakennusten vaatimusten mukaisuuden täyttymistä. Kaupunki tarkastaa tontinluovutusehtojen toteutumisen tapauskohtaisesti

rakennuslupahakemuksen yhteydessä ja tarkastuskäynneillä kohteissa rakentamisen aikana tai lopputarkastusvaiheessa.

Energiatehokkaan rakennuksen toimivuuden varmistaminen tapahtuu kahdessa vaiheessa. Rakennuslupavaiheessa annettavassa energiaselvityksessä tulee esittää rakennuksen laskennallinen lämpö- ja sähköenergian kulutus sekä menetelmä, jolla kulutus on arvioitu. Suositeltavaa on, että etenkin HelsinkiWatti30 ja 20 -taloissa käytetään dynaamista simulointia energiankulutuksen laskennassa. Simuloinnin tavoitteena on varmistaa, että rakennuksen energiankulutus vastaa tavoitetasoa ja, että rakennuksen sisälämpötilat eivät edellytä koneellista viilennystä kesäkaudella. Rakennuksen valmistumisvaiheessa mitataan rakennuksen ulkovaipan ilmavuotoluku. Mittauksella varmennetaan että valitun talokonseptin edellyttämä ulkovaipan tiiviysvaatimus toteutuu.

Energiatehokkaan asuinkerrostalon suunnittelu perustuu ominaislämpöhäviöiden ja lämmityksen tehontarpeen määrittämistä tarkempaan energialaskentaan. Laskentatyökalu voidaan vapaasti valita. Oleellista on arvioida energiantarpeiden lisäksi myös asumisviihtyvyyteen vaikuttava sisäilman lämpötila ja sen vaihtelut lämmityskauden ulkopuolella sekä toimenpiteet, joilla lämpötilataso pysyy annetuissa esimerkiksi sisäilmastoluokitukseen perustuvissa rajoissa. Tarkimmat tiedot energiantarpeesta ja mm. lämpöolosuhteista sisätiloissa saadaan dynaamisilla simulaatio-ohjelmilla. Laskijan toimeksiantoon kannattaa sisällyttää:

- Tilojen lämmitysenergiantarpeen laskenta
- Rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen laskenta
- Sisälämpötilojen tarkastelu viilennystarpeen selvittämiseksi
- Energiatodistuksen laadinta
- Laskelmien päivitys suunnitteluprosessin aikana

Energialaskenta on osa vuorovaikutteista suunnitteluprosessia, jossa suunnittelijat voivat hyödyntää energialaskennan tuloksia ja energialaskijan asiantuntemusta päästökseen asetettuihin tavoitteisiin. Laskennan suunnittelua ohjaava vaikutus jää kokonaan hyödyntämättä, jos energialaskenta tehdään vasta valmiista suunnitelmista energiatodistusta varten.

Pääsuunnittelijan tehtävänä on koota suunnittelijoilta energialaskentaa varten tarvittavat tiedot. Etenkin laskennan alkuvaiheessa joudutaan joittenkin arvojen kohdalla käyttämään arvioita. Laskennassa on käytettävä realistisia arvioita, ja tavoitteena on alittaa energiantarpeelle asetettu tavoite riittävällä marginaalilla (mielellään esim. n. 1–2 kWh/(m²a):lla). Mikäli suunnitteluratkaisuja joudutaan myöhemmässä vaiheessa muuttamaan, energialaskelma on päivitettävä. Pääsuunnittelija vastaa siitä, että energialaskenta on ajan tasalla ja että valmis suunnitelma täyttää asetetun energiatehokkuustavoitteen.

Valmiin suunnitelman energialaskelman lähtötietoja käytetään urakkalaskentavaiheen kriteereinä. Energialaskennassa tulee siis käyttää ratkaisuja, joita vastaavat tuotteet ja ratkaisut ovat saatavilla ja mielellään myös kilpailutettavissa. On syytä huomata, että energialaskenta voi yleensä alkaa vasta arkkitehdin ensimmäisten luonnosten valmistuttua.

Arkkitehtisuunnitelmissa energiantarpeeseen vaikuttavia ratkaisuja ovat erityisesti rakennuksen sijoittelu, suuntaus, lämmöneristetyin ulkovaipan muoto ja ikkunapinta-ala. Ensimmäinen luonnos voi siten tarjota paremman tai huonomman lähtökohdan energiatavoitteen täyttymiselle. Luonnosvaiheen valinnoilla on mahdollisuus vaikuttaa valmiin rakennuksen energiantarpeeseen enemmän kuin missään muussa myöhemmässä suunnittelun vaiheessa.

- IPCC 2008
- Heljo, J., Nippala, E., Nuutila, H. Rakennusten energiankulutus ja CO₂-ekv päästöt Suomessa. Ympäristöklusterin tutkimusohjelma. Rakennuskannan ekotehokkaampi energiankäyttö (EKOREM) -projekti. Loppuraportti, Tampere 2005
- Tilastokeskus 2008. www.stat.fi/til/khki/2006/khki_2006_2008-04-18_tie_001_fi.html
- Enkvist, P., Naucér, T., Riese, J. What countries can do about cutting carbon emissions. McKinsey Quarterly April 2008.
- Tilastokeskus. www.stat.fi/
- Pajakkala, P., Vainio, T., Esitys 6.11.2008 ROTI – Rakennetun ympäristön tila seminaarissa.
- Lahti, P., Halonen M. & Wahlgren I. Metropolialueen aluerakennevaihtoehtojen ekotehokkuus. VTT TutkimusraporttiVTTR0134308. Espoo 6.5.2008. 92 s.
- Lund, P. 2006. Pääkaupunkiseudun ilmastostrategialuonnos 2030. Vaikutusten arviointi. Solpros 2.12.2006. 28 s.
- Lipasto. www.vtt.fi
- Energiataloudelliset rakennukset ja rakennusosat tutkimusohjelma 1989–1994. kauppa- ja teollisuusministeriö.
- Eko-Viikki, seurantaprojektin loppuraportti. Helsingin Kaupunkisuunnitteluvirasto 2004.
- Suomen Rakentamismääräyskokoelma. Osa D3. Ympäristöministeriö 2008.
- Senewa Oy
- www.passiv.de
- Passive House Planning Package. PassivHaus Institut 2007.
- www.passiivi.info.
- RIL 249-2009 Matalaenergiarakennukset. Asuinrakennukset. Luonnos.
- www.passivhausprojekte.de
- International Passive House Summer School for students



Julkaisija

Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskus

Tekijät

Jyri Nieminen

Toimintayksikkö

Kehittämisosasto

Nimeke

ENERGIATEHOKKUUDEN EDISTÄMINEN
HELSINGIN KAUPUNGIN ASUNTOTUOTANNOSSA

Sarjan nimeke

Helsingin kaupungin talous- ja suunnittelukeskuksen julkaisu

Sarjan numero

7/2009

Julkaisuaika

2009

Sivuja, liitteet

28

Kieli

suomi

ISBN

978-952-223-603-6

ISBN, verkkojulkaisu

978-952-223-604-3

ISSN

1459-8779

Avainsanat

Rakentaminen, energiaratkaisut, energiatehokkuus

Tiivistelmä

Projektissa laadittiin olemassa olevaan tietoon perustuva taustaselvitys rakennusten ja rakennetun ympäristön energiatehokkuuden kehitysnäkymistä ja mahdollisuuksista Helsingissä. Taustaselvitys perustuu eurooppalaisiin energiatehokkaan rakentamisen lähestymistapoihin tai vapaaehtoisesti asetettaviin energiatehokkuusvaatimuksiin.

Kansainvälisen passiivitalonmäärittelyn soveltuvuutta Helsingin ilmastossa arvioitiin Saksassa toteutetuista passiivikerrostaloista saatavilla olevan tiedon perusteella. tarkastelu tehtiin Suomen rakentamismääräysten antamien energiantarpeen laskentakriteerien perusteella.

Energiatehokkaiden rakennusten kehittämisessä on tärkeää löytää ratkaisuja, jotka ovat monistettavissa. Tähän tarkoitukseen laadittiin alustavat konseptiratkaisut Helsingin kaupungin kerrostalotuotannon energiatehokkaiksi rakennusmalleiksi.

Hinta

Jakelu/myynti

Helsingin kaupunki, Talous- ja suunnittelukeskus,
kehittämisosasto, p. 09 310 32293



Helsingin kaupunki
Talous- ja suunnittelukeskus

