



# PASSIIVITALON MÄÄRITELMÄ

[WWW.PASSIVI.INFO](http://WWW.PASSIVI.INFO) - OHJEITA PASSIIVITALON ARKKITEHTISUUNNITTELUUN

## JOHDANTO

Passiivitalo on erittäin vähän energiaa kuluttava rakennus. Passiivitalon kriteerien täyttäminen edellyttää suunnitteluyhteistyötä ja rakennustöiden laadukasta toteutusta. Arkkitehtisuunnittelu vaikuttaa ratkaisevasti rakennuksen energiantarpeeseen.

Passiivitalon suunnitteluohje on suunnattu erityisesti arkkitehtipiskelijoille ja arkkitehdeille. Tarkoituksena on ollut koota arkkitehtisuunnittelun kannalta keskeinen passiivitalorakentamiseen liittyvä tieto ja pilottikohteista saatu kokemus helposti omaksuttavaan muotoon. Ohje ei sisällä pitkälle talotekniikan tai rakenneratkaisujen teknisiin yksityiskohtiin menevää tietoa. Se osoittaa ne uudet asiat, joita passiivitalotavoite tuo rakennuksen arkkitehtisuunnitteluun ja työmaatoteutukseen sekä kuvaa arkkitehtisuunnittelun ratkaisujen vaikutusta rakennuksen energiantarpeeseen. Tekstisisältöä ei ole tarkoitettu työselostuksen, sopimuksen tai muun juridisesti velvoittavan asiakirjan osaksi, eikä sitä voida käyttää tehtäväluettelona tai sopimusviitteenä.

Suunnitteluohje kuvaa ratkaisuja, joilla hyvä energiatehokkuus voidaan saavuttaa. Rakennuksesta ei kuitenkaan tule automaattisesti passiivitaloa suunnitteluohjetta seuraamalla: energiantarve on laskettava jokaisessa rakennushankkeessa tapauskohtaisesti, ja suunnittelussa on jo luonnosvaiheesta saakka tehtävä energiatehokkuutta tukevia valintoja.

Suunnitteluohjeen ovat laatineet Jyri Nieminen ja Kimmo Lylykangas Osuuskunta Suomen Asuntomessujen *Casa Humana* –apurahan rahoittamina.

## PASSIIVITALO - PASSIVHAUS

Passiivitalo on käänös saksankielisestä termistä *Passivhaus*. Passiivitalo-nimeä ei ole suojattu tai rekisteröity, ja tämän johdosta passiivitalolle on olemassa useita erilaisia määritelmiä. Keski-Euroopassa käytetään yleisesti Saksassa toimivan Passivhaus-instituutin käyttöön vakiinnuttamaa passiivitalomääritelmää. Etelä-Eurooppaan sekä Euroopan pohjoisimpiin osiin - Ruotsiin, Norjaan ja Suomeen - on muodostettu omat passiivitalomääritelmänsä, joissa pyritään ottamaan huomioon Keski-Euroopan olosuhteista poikkeava ilmasto.

Passiivitalo ei ole rakennuskonsepti eikä tarkalleen ottaen myöskään standardi, vaan vapaaehtoisesti asetettava energiatehokkuustavoite. *Passivhaus Institutin* perustaja, tohtori *Wolfgang Feist* on kuvannut passiivitaloa lähestymistavaksi.

Eri maissa on kehitetty uusia määritelmiä ja käsitteitä, joiden tavoitteena on ollut osoittaa perusteltu tavoite nykyistä rakennustapaa energiatehokkaammalle ja ympäristöystävällisemmälle rakentamiselle. Tällaisia ovat mm. sveitsiläinen *Minergie*-standardi ja ranskalainen *Effienergie*. Britanniassa uudisrakentamisen tavoite vuodelle 2016 (*zero carbon* tai *carbon neutral*) perustuu energiantarpeen sijasta käytön aikaisten hiilidioksidiemissioiden laskentaan. Passiivitalo on saavuttanut näistä selvästi laajimman tunnettuuden kotimaansa ulkopuolella. Se on osoittautunut helposti omaksuttavaksi, riittävän yksiselitteisesti määritellyksi ja samalla kuitenkin vallitsevaan rakennustapaan nähden merkittäväksi parannukseksi energiatehokkuuden suhteen.

Passiivitalon kriteerien ja ratkaisujen kehittäjä ja Passivhaus Institutin johtaja, tohtori *Wolfgang Feist* sai impulssin passiivitalo-käsitteen kehittämiseen Ruotsissa, keskusteluissaan Lundin yliopistossa professori *Bo Adamssonin* kanssa. Ensimmäinen passiivitalo valmistui Darmstadtin vuonna 1991. Passivhaus Institut perustettiin vuonna 1996. Vuonna 2008 Passivhaus Institutin määritelmän täyttäviä rakennuksia arvioitiin olevan yli 10 000 eri puolilla maailmaa. Passiivitalon kriteerit on saavutettu myös lukuisissa korjaushankkeissa.

Passiivitalossa pieni energiantarve saavutetaan 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 ilmatiiviyys, ikkunoiden ja ovien hyvä lämmöneristävyys sekä varaavan massan ja ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokas hyödyntäminen. Vaikka lämmitystarve on hyvin pieni, passiivitalo tarvitsee lämmitysjärjestelmän.

Passiivitalon määritelmä perustuu kolmeen tunnuslukuun, jotka ilmaisevat tilojen lämmitysenergiantarpeen, rakennuksen kokonaisprimäärienergiantarpeen ja mittaukseen perustuvan ilmapuotoluvun.

Suomalaissa passiivitalohankkeissa on käytetty kahta erilaista määritelmää. Tässä aineistossa niistä käytetään nimitystä *kansainvälinen passiivitalon määritelmä* ja *suomalainen passiivitalon määritelmä*.

# KANSAINVÄLINEN PASSIIVITALON MÄÄRITELMÄ

***A passive house is a building in which thermal comfort (ISO 7730) can be ensured without additional air recirculation simply by heating and cooling the flow of incoming fresh air to ensure sufficient air quality in accordance with DIN 1946.***

*(Feist, Wolfgang: Passive Houses Worldwide – Energy Efficiency Takes Hold. Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. -12. April 2008 Nuremberg. Darmstadt 2008. s. 497)*

Kansainvälinen passiivitalon määritelmä käsittää kolme kriteeriä:

tilojen lämmitysenergiatarve	≤ 15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
kokonaisprimäärienergiatarve	≤ 120 kWh/(m <sup>2</sup> a)
ilmavuotoluku n <sub>50</sub>	≤ 0.6 1/h

Kansainvälisessä passiivitalomääritelmässä käytettävä pinta-ala ei ole huoneistoala tai bruttoala. Laskennassa käytettävä pinta-ala (saks. *wohnfläche* engl. *treated floor area*) on ”nettolattiapinta-ala”, ulkoseinien sisäpinnan mukaan laskettava vapaa lattiapinta-ala, johon ei lasketa kiintokalusteita, väliseiniä, tulisijoja tms. kiinteitä rakenteita. Kansainvälinen passiivitalomääritelmä edellyttää aina energiantarpeen laskentaa Excel-pohjaisella PHPP-laskentaohjelmalla (saks. *Passivhaus Projektierungs Paket*, engl. *Passive House Planning Package*).

Kansainvälisen passiivitalon kriteerit täyttävälle rakennukselle voi hakea sertifikaatin Passivhaus Institutin kouluttamilta ja autorisoimilta tahoilta, joita vuonna 2009 Suomessa toimii vain yksi. Sertifioinnin voi kuitenkin tehdä myös toisesta maasta käsin. Sertifioitavan rakennuksen on täytettävä edellä kuvatut kolme kriteeriä. Energiatarve on laskettava PHPP-laskentaohjelmalla ja riittävä ilmanpitävyys on osoitettava mittauspöytäkirjalla.

Suunnittelija tai energiakonsultti tekee PHPP-laskelman suunnitelmista saatavien tietojen perusteella. Sertifikaatin myöntäjä tarkistaa, että suunnitelman tiedot on siirretty laskentaohjelmaan oikein. Laskelman liitteenä annetaan vakuutus siitä, että rakennus on myös toteutettu suunnitelmien mukaisena.

Kansainvälinen passiivitalomääritelmä perustuu mitoitukseen, joka mahdollistaa lämmön jakamisen ilmanvaihdon välityksellä. Ilmanvaihtolämmityksellä tarkoitetaan sitä, että tilojen lämmitysenergia jaetaan koneellisen ilmanvaihdon välityksellä, ja tavanomaista lämmönjakojärjestelmää, kuten radiaattoreita tai lattialämmitystä ei välttämättä lainkaan tarvita. Ilmanvaihtolämmitys voidaan toteuttaa ilmamääriä lisäämättä, kun tilojen lämmitystehontarve on n. 10 W/m<sup>2</sup> tai vähemmän. Tämä luku puolestaan perustuu siihen, että lämmitykseen käytettävän tuloilman lämpötila ei voi olla n. 50 °C:a korkeampi hyvän ilman laadun varmistamiseksi. N. 10 W/m<sup>2</sup>:n lämmitystehontarve johtaa käytännössä suunnilleen lämmitysenergiatarpeeseen 15 kWh/(m<sup>2</sup>a), joka on yksi passiivitalon kriteereistä. Ruotsissa passiivitalon kriteeri on asetettu nimenomaan lämmitystehontarpeena, ja määritelmän ilmanvaihtolämmityksestä johdettu alkuperä on siten helpommin ymmärrettävissä. Passiivitalossa voidaan kuitenkin käyttää muutakin lämmönjakojärjestelmää kuin ilmalämmitystä. Usein lämmönjakoon käytetäänkin passiivitalossa sekä ilmalämmitystä että esimerkiksi märkätilojen lattialämmitystä tai patterilämmitystä isojen ikkunapintojen lähellä.

Specific Demands with Reference to the Treated Floor Area			
Treated Floor Area:		156,0 m <sup>2</sup>	
	Applied:	Monthly Method	PH Certificate:
Specific Space Heat Demand:	14	kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Pressurization Test Result:	0,2	h <sup>-1</sup>	0,6 h <sup>-1</sup>
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating, Cooling, Auxiliary and Household Electricity):	65	kWh/(m <sup>2</sup> a)	120 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Specific Primary Energy Demand (DHW, Heating and Auxiliary Electricity):	37	kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Specific Primary Energy Demand Energy Conservation by Solar Electricity:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	
Heating Load:	10	W/m <sup>2</sup>	
Frequency of Overheating:	3	%	over 25 °C
Specific Useful Cooling Demand:		kWh/(m <sup>2</sup> a)	15 kWh/(m <sup>2</sup> a)
Cooling Load:	9	W/m <sup>2</sup>	
			Fulfilled?
			Yes
			Yes
			Yes

We confirm that the values given herein have been determined following the PHPP methodology and based on the characteristic values of the building. The calculations with PHPP are attached to this application.

Issued on:

signed:

**KUVA: Ote PHPP-laskentaohjelman tulossivulta.** Passivhaus-institut hyväksyy ainoastaan PHPP-ohjelmalla tehdyt laskelmat osoitukseksi passiivitalon kriteerien täyttymisestä. PHPP on edullinen, Excel-pohjainen ohjelma, johon rakennuksesta syötetään yksityiskohtaiset, suunnitelmiin perustuvat tiedot. Energialaskenta tapahtuu kuukausitasoisesti. (Passive House Planning Package 2007, Passivhaus Institut, Darmstadt)

Passiivitalon määritelmää on kritisoitu siitä, että tilojen lämmitysenergiantarve ei kriteerinä huomioi esimerkiksi lämpöpumpun merkitystä ostoenergiaa merkittävästi pienentävänä ratkaisuna. Passiivitaloajattelu noudattaa strategiaa, jota VTT:n tutkijat ovat kuvanneet ns. energiakolmiolla. Vaikuttavuudeltaan tehokkain energiansäästö saavutetaan rakennuksen lämpöhäviöitä pienentämällä, ilmaisenergiaa hyödyntämällä ja olosuhteet hallitsemalla. Jäljelle jäävä energiantarve muodostuu pieneksi, ja sen voi suurelta osin kattaa uusiutuvalla energialla. Lämmitysenergian tuottamiseen voidaan passiivitalossakin hyödyntää oikein mitoitettuja lämpöpumppuratkaisuja.

Etelä-Euroopan lämpimässä ilmastossa rakennuksen sisätilojen viilennys kuluttaa tyypillisesti enemmän energiaa kuin rakennuksen lämmitys. Eteläisen Euroopan lämpimiin maihin on laadittu omat tavoitetasot IEE-ohjelman projektissa *Passive On - Marketable Passive Homes for Winter and Summer Comfort*. Etelä-Euroopan passiivitaloille on esitetty määritelmä, jossa lämmitysenergiantarve on enintään 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) keskieuropalaisen määritelmän mukaisesti. Tämän lisäksi eteläeurooppalaisen passiivitalon viilennysenergiantarve saa olla enintään 15 kWh/(m<sup>2</sup>a). Kaksi muuta passiivitalon kriteeriä, kokonaisprimäärienergiantarve ja ilmanvuotoluku, ovat samat kuin keskieuropalaisessa passiivitalossa.

Kansainvälisen passiivitalon määritelmän kriteerit johtavat Euroopan pohjoisimmissa osissa kustannuksiltaan ja mitoituksiltaan kohtuuttomiin rakenteisiin sekä ikkunapinta-alan rajoituksiin etenkin pienissä rakennuksissa. Tästä syystä Ruotsissa, Norjassa ja Suomessa on muodostettu omat, kansalliset passiivitalomääritelmät, jotka pyrkivät huomioimaan pohjoisen ilmaston haasteet.



**KUVA: Passiivitalokoulu, Riedberg, Saksa, valm. 2004**

arkkitehtisuunnittelu: Architekten 4a

bruttoala: 8 785 brm<sup>2</sup>

tilavuus: 40 347 m<sup>3</sup>

muotokerroin A/V: 0.35 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>

lämmitysenergiantarve 15 kWh/(m<sup>2</sup>a) PHPP:llä laskettuna

rakenteiden U-arvot:

US 0.16 W/m<sup>2</sup>K

YP 0.11 W/m<sup>2</sup>K

AP 0.34 W/m<sup>2</sup>K

Ikkunat 0.74 W/m<sup>2</sup>K

ilmavuotoluku n<sub>50</sub> = 0.46 1/h

Valokuva: Architekten 4a

Riedbergin koulu käsittää peruskoulun ala-asteen, liikuntasalin ja päiväkodin. Rakennusta käyttää n. 400 oppilasta, 100 - 125 lasta ja n. 50 henkilökuntaan kuuluvaa. Rakennuksessa on keskitetty koneellinen ilmanvaihto, jossa lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 84 %. Lämpö tuotetaan täysautomaattisella pellettilämmityksellä. Sähköä tuotetaan aurinkopaneeleilla. Lämmönjako tapahtuu huonekohtaisilla radiaattoreilla. Riedbergin koulun ja vastaavanlaisten projektien kokemusten perusteella passiivitalokoulun lisäkustannuksiksi arvioidaan 5 – 8 %. Vuonna 2003 Frankfurtin kaupunki päätti toteuttaa kaikki koulut ja päiväkodit passiivitaloina. Vaatimus laajennettiin koskemaan kaikkia kaupungin rakennuttamia kohteita vuonna 2007.

(Bretzke, Axel: Benefits of the Passive House Standard in schools: cost-effectiveness and user convenience. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009. 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009. Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. ss. 233 – 244)

## PASSIIVITALO TANSKASSA, RUOTSISSA JA NORJASSA

Tanskalaiset passiivitalot toteutetaan kansainvälisen passiivitalomääritelmään mukaisina. Alkuvuodesta 2009 Tanskassa valmistui passiivitalon kriteerit täyttävä, n. 3000 m<sup>2</sup>:n opiskelija-asuntola ja rakenteilla on kolme päiväkotia, toimistotalo ja asuinkerrostalo. Kaikkiaan Tanskassa on valmiina tai rakenteilla useita kymmeniä passiivitaloja.

Tanskan ensimmäinen sertifioitu passiivitalo on arkkitehti *Olav Langenkampin* itselleen suunnittelema yksikerroksinen omakotitalo Ebeltoftissa. Bruttoalaltaan 174 m<sup>2</sup>:n rakennus toteutettiin esivalmistetuista puuelementeistä, ja se otettiin käyttöön maaliskuussa 2008. PHPP-laskennassa käytetty nettolattiapinta-ala on 147 m<sup>2</sup>. Sertifiointin suoritti Suomessakin toimiva passiivitaloasiantuntija *Søren Pedersen*.



**KUVA: Villa Langenkamp, omakotitalo, Ebeltoft, valm. 2008**

arkkitehtisuunnittelu: Olav Langenkamp, arkkitehti eth-maa

bruttoala: 174 m<sup>2</sup>

nettolattiapinta-ala: 147 m<sup>2</sup>

puurakennusurakoitsija: Ökologischer Holzbau Sellstedt

lämmitysenergiantarve 11 kWh/(m<sup>2</sup>a) PHPP:llä laskettuna

sertifioitu passiivitalo, Passivhus.dk

rakenteiden U-arvot:

US 0.09 W/m<sup>2</sup>K

YP 0.05 W/m<sup>2</sup>K

AP 0.05 W/m<sup>2</sup>K

Ikkunat ja pääovi 0.62 W/m<sup>2</sup>K

lasipinta-ala 33 % kerrosalasta (45 m<sup>2</sup>)

Valokuva: Olav Langenkamp, arkkitehti eth-maa

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän lämmön talteenotto toimii 92 %:n vuosihyötysuhteella. Tuloilman esilämmitys (kesällä jäähdytys) tapahtuu maalämmönvaihtimessa. Tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen tuotetaan energiaa aurinkokeräimillä ja osittain pienellä ilma-vesi-lämpöpumpulla. Lämmönjako on toteutettu lattia- ja ilmanvaihtolämmityksen yhdistelmänä. (Langenkamp, Olav: The First Certified Passive House in Denmark. Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. -12. April 2008 Nuremberg, Darmstadt 2008. ss. 111–118; Langenkamp, Olav: Passive Houses in Denmark. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009. 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009. Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. ss. 183–187)

Passiivitalorakentamisen pohjoismainen edelläkävijä, Ruotsi, on alusta lähtien käyttänyt lämmitystehontarpeeseen perustuvaa kansallista määritelmää passiivitaloilleen. Ruotsalainen passiivitalomääritelmä on läheisesti kytköksissä alkuperäiseen ajatukseen ilmanvaihtolämmityksen mahdollistavasta mitoituksista. Ruotsissa passiivitalolle on asetettu kaksi vaatimusta, lämmitystehontarve ja ilmatiiviys. Lisäksi passiivitaloille on annettu lämmityksen, lämpimän käyttöveden ja talotekniikan energiankulutusta koskeva suositus.

Ruotsi on jaettu pohjois-etelä-suunnassa kolmeen vyöhykkeeseen, joilla on omat kriteerinsä lämmitystehontarpeelle. Pienissä, alle 200 m<sup>2</sup>:n rakennuksissa tavoite on vaikea saavuttaa, ja sen johdosta määritelmä sallii niissä 2 W/m<sup>2</sup>:n suuremman lämmitystehontarpeen. Energiantarpeen laskentatyökalu voidaan vapaasti valita.

	vyöhyke III	vyöhyke II	vyöhyke I
lämmitystehontarve	≤ 10 W/m <sup>2</sup>	≤ 11 W/m <sup>2</sup>	≤ 12 W/m <sup>2</sup>
lämmitystehontarve	≤ 12 W/m <sup>2</sup>	≤ 13 W/m <sup>2</sup>	≤ 14 W/m <sup>2</sup>
pienet asuinrak. (< 200 m <sup>2</sup> ) ilmavuotoluku n <sub>50</sub>	≤ 0.3 l/s, m <sup>2</sup>	≤ 0.3 l/s, m <sup>2</sup>	≤ 0.3 l/s, m <sup>2</sup>

(Kravspecifikation för Passivhus. Version 2009. Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus. Juni 2009. Forum för Energieffektiva Byggnader 2009 s. 3)

Lisäksi passiivitaloille on annettu suositus tilojen lämmityksen, lämpimän käyttöveden ja talotekniikan yhteenlasketun ostoenergian kokonaismäärälle. Ilmatiiviysvaatimus on ruotsalaisissa passiivitaloissa asetettu yksikössä l/s, m<sup>2</sup>. 50 Pascalin paine-erossa mitattu ilmavuoto saa olla enintään 0.30 l/s, m<sup>2</sup>. (Kravspecifikation för Passivhus. Version 2009. Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus. Juni 2009. Forum för Energieffektiva Byggnader 2009 s. 6)

Ruotsissa on valmistunut ja rakenteilla yhteensä satoja passiivitaloja. Ensimmäinen ruotsalainen passiivitalokohde valmistui vuonna 2001 Lindåsiin, Göteborgin eteläpuolelle. 20 rivitaloa käsittävän kohteen arkkitehtisuunnittelusta vastasivat Arkkitehtitoimisto EFEM ja passiivitaloasiantuntija *Hans Eek*. Lindåsin rivitaloasuntojen pinta-ala on 120 m<sup>2</sup>. Ulkovaipan rakenteiden U-arvot ovat:

- US 0.10 W/m<sup>2</sup>K
- YP 0.08 W/m<sup>2</sup>K
- AP 0.11 W/m<sup>2</sup>K
- Ikkunat 0.85 W/m<sup>2</sup>K
- Ulko-ovet 0.80 W/m<sup>2</sup>K

Ilmavuotoluvuksi on mitattu n. 0.3 l/s, m<sup>2</sup>.



Rakenteilla oleva ensimmäinen passiivitalokorjaus Brogården Alingsåsissa käsittää n. 300 asuntoa, jotka rakennettiin aluperin vuonna 1970 ns. miljoonaohjelman tuloksena. Tilojen lämmitysenergiantarpeen lasketaan korjauksessa pienenevän n. 115 kWh/(m<sup>2</sup>a):sta n. 30 kWh/(m<sup>2</sup>a):iin. (Jansson, Ulla; Wall, Maria: Renovaton to Passive House Standard in Brogården, Sweden. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009 Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. s.194)

Norjassa on toteutettu keskieurooppalaisen passiivitalon kriteerit täyttävä, sertifioitu passiivitalo, ja lukuisia uusia rakennushankkeita on vireillä. Bregenzin passiivitalokonferenssissa 2007 norjalaistutkijat listasivat kaksi valmistunutta passiivitalokohdetta ja 5 suunnittelu- tai rakennusvaiheessa olevaa passiivitalokohdetta, jotka käsittivät yhteenstä lähes 300 omakotitalo-, rivitalo- ja kerrostaloasuntoa. (Andresen, Inger; Dokka, Tor Helge: Passive House Projects in Norway – an Overview. Conference Proceedings. 11<sup>th</sup> International Conference on Passive Houses 2007, 13<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup> of April 2007, Bregenz. Darmstadt 2007. s. 125)

Jo aiemmin norjalaistutkijat olivat osoittaneet, että kansainvälisen passiivitalomääritelmän kriteerien noudattaminen ei ole järkevin kustannuksin mahdollista maan kaikissa osissa. (Dokka, Tor Helge; Andresen, Inger: Passive Houses in cold Norwegian climate. Conference Proceedings. 10<sup>th</sup> International Conference On Passive Houses 2006, 19<sup>th</sup> – 20<sup>th</sup> of May 2006, Hannover. Darmstadt, 2006. s.228)

Tämän johdosta norjalaiselle passiivitalolle on ehdotettu kansallista määritelmää, jossa passiivitalon kriteeri määritellään laskennallisesti rakennuspaikan keskilämpötilan perusteella silloin kun vuotuinen keskilämpötila on alle 5 °C. Norjassa haasteena ovat suuret ilmastolliset erot sisämaan ja rannikon välillä, jotka ovat jopa merkittävämpiä kuin pohjois- ja eteläosien välisen erot.

	paikkakunnan keskilämpötila $T_{a, \text{year}} \geq 5^\circ \text{C}$	paikkakunnan keskilämpötila $T_{a, \text{year}} < 5^\circ \text{C}$
<b>rivi- ja kerrostalot, pientalot &gt; 200 m<sup>2</sup> tilojen lämmitysenergiantarve</b>	$\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$15 + 3.5 \times (5 - T_{a, \text{year}})$
<b>pientalot &lt; 200 m<sup>2</sup> tilojen lämmitysenergiantarve</b>	$\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$	$15 + 3.5 \times (5 - T_{a, \text{year}})$

Toteutetut ja vireilläolevat passiivitalohankkeet noudattavat kansainvälistä passiivitalomääritelmää.

Ensimmäinen Passivhaus-instituutin sertifioima rakennus Norjassa on *Harald Ringstadin* itselleen rakennuttama sivuasunnollinen omakotitalo, joka valmistui vuonna 2007 Sørumsandiin Oslon itäpuolelle. Ilmasto on Helsingin seutua leudompi: paikkakunnan vuotuinen keskilämpötila on 6.2 °C ja mitoituslämpötila talvella on – 20 °C. Arkkitehtisuunnittelusta vastasi saksalainen Passivbau paikallisen yhteistyökumppanin avustuksella. Rakennus on arkkitehtuuriltaan konventionaalinen. Sen Bruttoala on n. 340 m<sup>2</sup> ja muotokerroin A/V on 0.65. Pääosin etelään ja länteen suunnattu ikkuna-ala on 14.4 % lattiapinta-alasta. Tilojen lämmitysenergiantarve on 14 kWh/(m<sup>2</sup>a) ja kokonaisprimäärienergiantarve 85 kWh/(m<sup>2</sup>a) PHPP:llä laskettuna. Ilmavuotoluukuksi ( $n_{50}$ ) mitattiin 0.39 1/h. (Klinski, Michael: The First Certified Passive House in Norway. Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. -12. April 2008 Nuremberg, Darmstadt 2008. ss. 105–110)

## SUOMALAINEN PASSIIVITALO

Pohjois-Suomessa kansainvälisen passiivitalon kriteerit johtavat mitoitukseltaan ja kustannuksiltaan kohtuuttomiin rakenteisiin. VTT:n tutkijat laativat ehdotuksen suomalaisen passiivitalon määritelmästä Eurooppalaisessa IEE-ohjelman projektissa *PEP – Promotion of European Passive Houses*. Ehdotettua määritelmää on käytetty mm. vuonna 2009 valmistuneissa pilottikohteissa Espoossa, Vantaalla ja Valkeakoskella sekä useissa rakenteilla olevissa pientalokohteissa eri puolilla maata. Laskennallisesti määritelmän on osoitettu soveltuvan energiatehokkuustavoitteeksi myös mm. rivitalokohteisiin, koulurakennuksiin ja korjausrakennushankkeisiin.

Suomalaisen passiivitalon kriteerit ovat:

	etelärannikko	maan keskiosat	pohjoisosat
lämmitysenergiatarve	≤ 20 kWh/(m <sup>2</sup> a)	≤ 25 kWh/(m <sup>2</sup> a)	≤ 30 kWh/(m <sup>2</sup> a)
kokonaisprimäärienergiatarve	≤ 130 kWh/(m <sup>2</sup> a)	≤ 135 kWh/(m <sup>2</sup> a)	≤ 140 kWh/(m <sup>2</sup> a)
ilmavuotoluku n <sub>50</sub>	≤ 0.6 1/h	≤ 0.6 1/h	≤ 0.6 1/h

Suomalaisessa passiivitalomääritelmässä käytettävä pinta-ala on lämmitettävä bruttoala, joka lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman (RT 12-10277) esittämällä tavalla. Tämä muodostaa merkittävän eron keskieuropallaiseen määritelmään nähden. Suomalaisen bruttoalan ja saksalaisen *wohnflächen* ero on huomattava erityisesti passiivitaloissa, joissa ulkoseinärakenteet ovat paksuja tavanomaisia lämmöneristeitä käytettäessä.

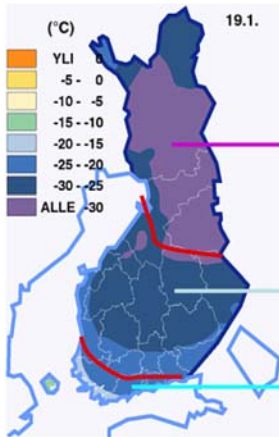
Suomalaisen passiivitalon laskentatyökalu on vapaasti valittavissa, mutta uudisrakennuksen rakennuslupavaiheen energiaselvitys on tehtävä rakennusvalvonnan edellyttämällä tavalla. Kesäkauden viilennystarpeen ja sisäolosuhteiden tarkempi analysointi edellyttää dynaamisen simulointiohjelman käyttöä.

Pilottikohteista saadut kokemukset osoittavat, että suomalaisen passiivitalon kriteerit ovat haastava tavoite ja merkitsevät huomattavaa parannusta rakennuksen energiatehokkuudelle. Passiivitalona toteutetun omakotitalon lämmitystarve on vain n. 1/5 tyypilliseen suomalaiseen omakotitaloon verrattuna. Suomalaisen passiivitalon kriteerit on kuitenkin mahdollista saavuttaa toimivin rakentein ja kohtuullisin kustannuksin koko maassa. Määritelmä jättää myös riittävästi vapauksia rakennuksen arkkitehtisuunnittelulle.

(Lylykangas, Kimmo; Nieminen, Jyri: What is a Passive House in Finland?

Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. – 12. April 2008 Nuremberg, Darmstadt, Saksa 2008, s. 342)

# SUOMALAINEN PASSIIVITALO

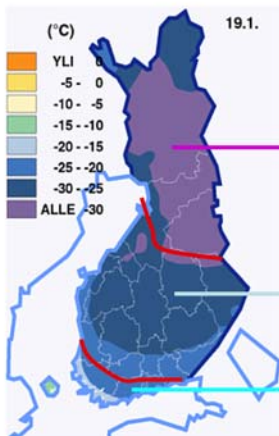


## KRITEERI 1: tilojen lämmitysenergiantarve

Pohjois-Suomi  $\leq 30 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Keski-Suomi  $\leq 25 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Etelä-Suomen rannikko  $\leq 20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

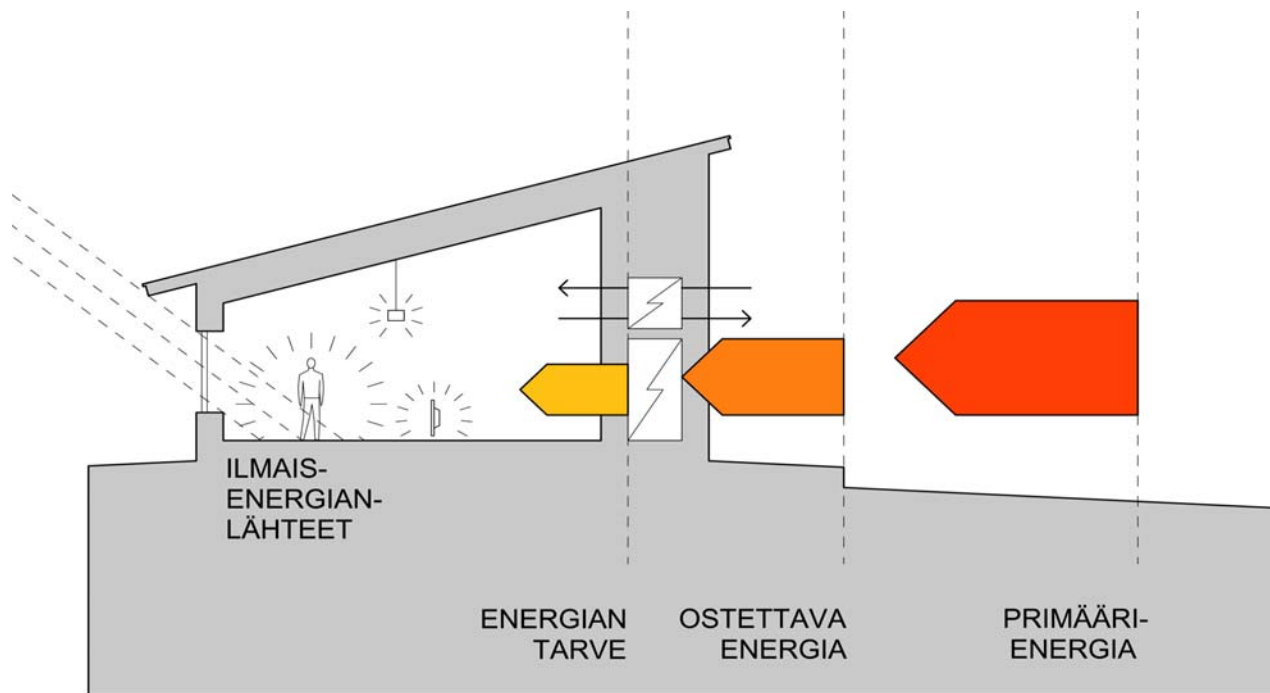


## KRITEERI 2: kokonaisprimäärienergiantarve

Pohjois-Suomi  $\leq 140 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Keski-Suomi  $\leq 135 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

Etelä-Suomen rannikko  $\leq 130 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$



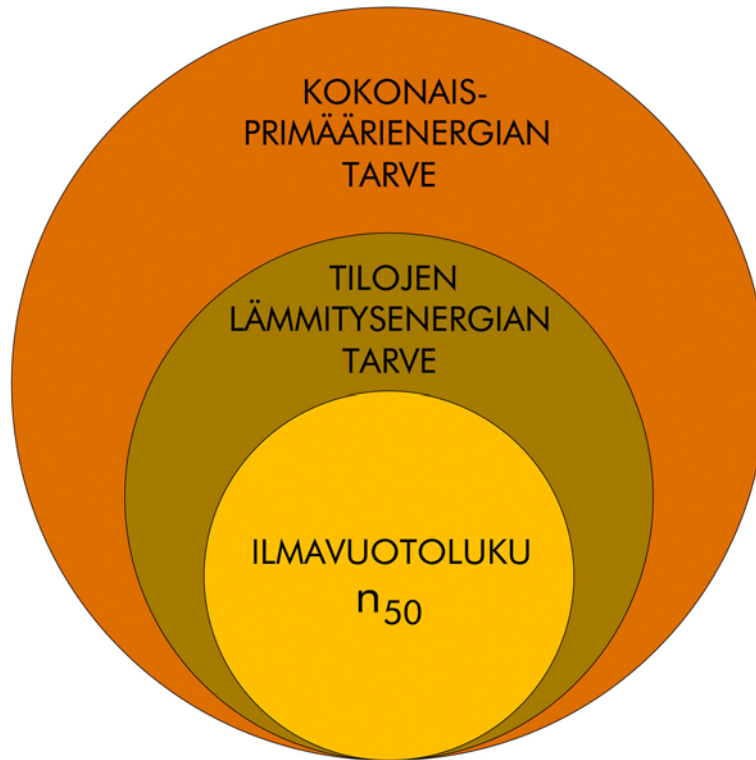
Passiivitaloissa tarkastellaan tilojen lämmitysenergian **tarvetta**, jossa ei huomioida lämmitysjärjestelmän ominaisuuksia. Tilojen lämmitysenergian **kulutuksella** tarkoitetaan toteutunutta energiankäyttöä. Sitä ei käytetä kriteerinä, sillä rakennuksen käyttäjä voi vaikuttaa kulutukseen merkittävästi.

Tilojen lämmitysenergiatarvetta voidaan pienentää ulkovaipan ratkaisulla, tehokkaalla lämmön talteenotolla ja ilmaisenergianlähteitä hyödyntämällä. Ilmaisenergianlähteiksi luetaan ihmisistä ja laitteista tuleva lämpö sekä auringon säteily sisätiloihin lasipintojen kautta. Ilmanvaihtokoneen tai lämmityslaitteen käyttämä energia ei lueta lämmitysenergiatarpeeseen. Lämmitysenergiatarvetta tarkastellaan neliometriä kohden, joten käyttäjämäärä tai rakennuksen koko eivät suoranaisesti vaikuta passiivitalokriteerien saavuttamiseen. Pienessä rakennuksessa lämpöhäviöitä aiheuttavaa ulkovaippaa on kuitenkin suhteessa lämmitettävään tilavuuteen enemmän kuin isossa rakennuksessa, ja tämän vuoksi pieni rakennus on pääsääntöisesti vaikeampaa toteuttaa passiivitalona kuin suuri.

Passiivitalon edellyttämä primäärienergiatarkastelu on useimmissa Euroopan maissa jo kirjattuna rakentamista koskeviin määräyksiin. Myös Suomen Rakentamismääräyskokoelman odotetaan edellyttävän primäärienergiatarkastelua vuodesta 2012 alkaen. Passiivitalohankkeiden primäärienergiatarkastelut ennakoivat siten käytäntöä, jota noudatetaan lähitulevaisuudessa kaikessa rakentamisessa.

Kokonaisprimäärienergiatarve on tunnusluku, johon lasketaan kaikki rakennuksen tarvitsema energia painotettuna energiamuodoittain määritellyllä primäärienergiakertoimella. Pilottihankkeissa primäärienergiälaskentaa on haitannut se, ettei Suomessa toistaiseksi ole määritelty kansallisia primäärienergiakertoimia. Laskelmia on voitu tehdä käyttäen muissa Euroopan maissa määriteltyjä kertoimia tai esimerkiksi Helsingin Energian määrittelemiä primäärienergiakertoimia. Primäärienergiakertoimet voidaan määritellä useammalla eri tavalla laskennallisesti, ja esimerkiksi ydinvoimalla tuotetulle sähkölle asetettava kerroin on myös energiapoliittinen päätös.

Kolmas tunnusluku, ilmavuotoluku, saadaan työmaamittauksella. Ilmavuotoluku  $n_{50}$  mitataan painekokeessa (engl. *blower door test*), jossa sisä- ja ulkotilan välille synnytetään 50 Pascalin paine-ero. Ilmavuotoluku kuvaa rakennuksen ulkovaipan ilmatiiveyttä, ja edellyttää käytännössä huolellista detaljisuunnittelua ja rakennustöiden toteutusta.



Passiivitalon kriteerit ovat keskenään päällekkäiset. Ulkovaipan hyvä ilmanpitävyys on edellytys pienelle lämmitysenergiatarpeelle. Pienen lämmitysenergiatarpeen myötä rakennuksen kokonaisprimäärienergiatarvekin on mahdollista saada pieneksi.

Jokaisella kolmella kriteerillä on kuitenkin oma tärkeä merkityksensä määritelmässä. Määritelmän ydin on tilojen lämmitysenergiatarvetta koskeva kriteeri, joka ohjaa energiansäästön painopisteen ulkovaipan ratkaisuihin. Ilmavuotolukuvaatimus varmistaa toteutuksen laadun ja ehkäisee osaltaan rakennusvirheitten riskiä. Kokonaisprimäärienergiatarvetta koskeva kriteeri varmistaa sen, ettei esimerkiksi laitesähkön tai valaistuksen energiatarvekaan muodostu kohtuuttoman suureksi – ja toisaalta ohjaa tarkastelemaan myös käytettävän energian laatua.

Passiivitaloon olennaisesti liittyvä kokonaisenergiatarkastelu on uusi asia suomalaisessa rakentamisessa ja suunnittelussa. Passiivitaloa ei siis määritellä rakenteiden eristepaksuuksien tai U-arvojen kautta, vaan laskemalla koko rakennuksen energiatarve ja mittaamalla työmaalla rakennuksen ilmavuotoluku painekokeella.



**KUVA: Paroc Passiivitalo Lupaus, omakotitalo, Valkeakoski, valm. 2009**

arkkitehtisuunnittelu: Arkkitehtuuritoimisto Kimmo Lylykangas

bruttoala: 320 m<sup>2</sup>

huoneistoala: 240 m<sup>2</sup>

lämmitysenergiantarve 23.8 kWh/(m<sup>2</sup>a) (dynaaminen simulaatio, VTT Talo)

mitattu ilmavuotoluku  $n_{50} = 0.28$  1/h (paineekoe 14.4.2009, VTT)

rakenteiden U-arvot:

US 0.09 W/m<sup>2</sup>K

YP 0.06 / 0.08 W/m<sup>2</sup>K

AP 0.07 / 0.08 W/m<sup>2</sup>K

Ikkunat 0.78 / 0.84 W/m<sup>2</sup>K

ovet 0.60 / 0.72 W/m<sup>2</sup>K

ikkunapinta-ala 18 % kerrosalasta (45 m<sup>2</sup>)

Paroc Passiivitalo Lupaus on Valkeakosken asuntomessuille 2009 valmistunut omakotitalo. Ulkovaippa on rakennettu kiertopuurunkoisista elementeistä, joiden ulkopintaan on asennettu tuuletettu rappauslevy. Suomalainen passiivitalon määritelmä asettaa tässä ilmastovyöhykkeessä tilojen lämmitysenergiantarpeen vaatimukseksi max. 25 kWh/(m<sup>2</sup>a). Ilmanvaihtolaitteessa on pyörivä lämmönvaihdin, ja sen vuosihyötysuhde on n. 87 %. Lämmönjako on toteutettu alakerrassa lattialämmityksenä ja yläkerran huoneissa ilmanvaihtolämmityksenä. Lämmityksen ja lämpimän käyttöveden energia tuotetaan pääosin ilma-vesi-lämpöpumpulla.

Monet passiivitaloasiantuntijat ovat sitä mieltä, ettei passiivitalomääritelmästä tulisi lainkaan tehdä kansallisia sovelluksia, vaan kaikkialla tulisi noudattaa saksalaisperäistä määritelmää. Tässä tapauksessa on kuitenkin vaikea perustella sitä, miksi pohjoisessa tulisi omaksua leudomman ilmaston kustannusoptimiin perustuva määritelmä. Pohjoismaiden pohjoisimmissa osissa kansainvälinen passiivitalon määritelmä johtaa rakenteisiin, joiden taloudellinen järkevyyden on kyseenalainen. Mikäli passiivitaloja toivotaan rakennettavan keskieurooppalaisen ilmaston ulkopuolellakin, määritelmän tulisi huomioida erilaiset ilmasto-olosuhteet.

Suomalaista passiivitalomääritelmää on kritisoitu myös siitä, että asetetut kriteerit eivät enää tukeudu passiivitalon alkuperäiseen ajatukseen ilmanvaihtolämmityksen mahdollistavasta mitoituksista. Käytännössä passiivitalo kuitenkin toimii pelkästään ilmanvaihtolämmityksen varassa vain poikkeustapauksessa. Laatoitettujen märkätilojen lattiaan suositellaan myös passiivitaloissa lattialämmitystä rakennusfysikaalisista ja mukavuussyistä. Lämmitys edistää käytöstä aiheutuvan kosteuden poistumista peseytymistiloista ja pitää lattiamateriaalin pintalämpötilan miellyttävänä paljaalle jalalle. Ilmanvaihtolämmitystä on syytä arvioida tapauskohtaisesti yhtenä lämmönjakovaihtoehtona suhteessa rakennuksen käyttöön. Esimerkiksi hyvin eristetyssä koulurakennuksessa ilmanvaihdon tarve ja lämmitystarve vastaavat ajoitukseltaan ja mitoitukseltaan toisiaan hyvin, ja ilmanvaihtolämmitys on vakavasti otettava vaihtoehto.

On myös ehdotettu, että kansallista määritelmää ei tulisi kutsua passiivitaloksi, vaan jollain muulla nimellä. Kansallisen passiivitalomääritelmän muodostamisen on kuitenkin tehnyt välttämättömäksi se, että passiivitaloa on esitetty uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimukseksi koko Euroopassa jo lähitulevaisuudessa. Ilman määritelmän lokalisointia tämänkaltainen vaatimus olisi kohtuuton esimerkiksi Pohjois-Suomessa. Toisaalta myös kokonaan uuden käsitteen luominen, lanseeraaminen ja riittävän tunnettuuden saavuttaminen edellyttäisivät erittäin suuria ponnistuksia. On syytä muistaa, että passiivitalojen rakentaminen ei ole itsetarkoituksellista: perimmäisenä tavoitteena ei ole saada kaikille rakennuksille saksalaista sertifikaattia, vaan kuvata rakentajille taloudellisesti ja teknisesti perusteltu vapaaehtoinen energiatehokkuustavoite, jonka yleistyessä rakennuskannan energiankulutus vähenee merkittävästi. Keskimääräistä selvästi vähemmän energiaa kuluttava rakennus toteuttaa tätä tavoitetta, vaikka passiivitalon kriteerit eivät täytyisikään.

Onko suomalaisessa määritelmässä tehty passiivitalon rakentaminen liian helpoksi? Mikäli kansainvälinen passiivitalomääritelmä lokalisoitaisiin suhteessa ilmasto-olosuhteita kuvaaviin tunnuslukuihin, esimerkiksi astepäivälukuun, tuloksena olisivat huomattavasti helpommin saavutettavissa olevat tunnusluvut. Pilottikohteet ovat osoittaneet, että suomalaiselle passiivitalolle asetetut kriteerit edellyttävät huolellista suunnittelua ja toteutusta, mutta ovat saavutettavissa kohtuullisin lisäkustannuksin kaikissa kolmessa vyöhykkeessä. Tekniset ratkaisut, joihin kriteerit käytännössä johtavat, ovat myös toteutettavissa riskittömästi.

Vuonna 2009 julkaistava RIL:in Matalaenergiakäsikirja katsoo tarpeelliseksi esittää uuden määritelmän: se määrittelee passiivitalon rakennukseksi, jonka lämmitys- ja jäähdytysenergian nettokulutuksen ominaiskulutus on alle 30 kWh/(m<sup>2</sup>a). Luokka A++ (passiivitalo) on käsikirjan mukaan rakennus, jonka energiatodistusta varten laskettava, rakennuksen kokonaisenergiankulutusta kuvaava ET- luku on alle 70 kWh/(m<sup>2</sup>a). Ilmatiiviyyttä ei tässä yhteydessä mainita, vaikka ulkovaipan ilmavuodoista johtuva lämpöhäviö voi muodostua merkittäväksi. Matalaenergiakäsikirjan esittämä määritelmä pyrkii latistamaan passiivitalon yhdeksi energiatodistuksen luokaksi ja unohtaa kokonaan kaksi muuta kriteeriä, joilla passiivitaloon on haluttu liittää myös energian ja rakentamisen laatuun liittyviä olennaisia vaatimuksia.

Vuonna 2009 Turun seudulle valmistui Suomen ensimmäinen kansainvälisen passiivitalon kriteerit täyttävä omakotitalo. Kantavat ulkoseinät on rakennettu lämmöneristetyistä valuharkoista, joiden ulkopintaan on kiinnitetty lisälämmöneristeeksi rapattava 200 mm:n EPS-eriste. Maanvaraisen alapohjalaatan alla on 400 mm EPS-eristettä.

Ulkovaipan rakenteiden U-arvot ovat:

US 0.10 W/m<sup>2</sup>K

YP 0.07 W/m<sup>2</sup>K

AP 0.08 W/m<sup>2</sup>K

Ikkunat 0.67 W/m<sup>2</sup>K

Rakennuksen lämmönjako on toteutettu lattialämmityksenä. Lämpö tuotetaan puupellettitulisijalla, saunan kiukaalla ja aurinkokeräimillä.

(Pedersen, Søren; Peuhkuri, Ruut: A real Passive House in Finland. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009. 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009. Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. s. 178, 180)

Riippumatta siitä, noudatetaanko kansainvälistä vai suomalaista passiivitalon määritelmää, passiivitalokriteerien mukainen rakentaminen johtaa huomattavaan energiansäästöön ja alhaisempiin lämmityskustannuksiin kuin tavanomaisissa rakennuksissa.

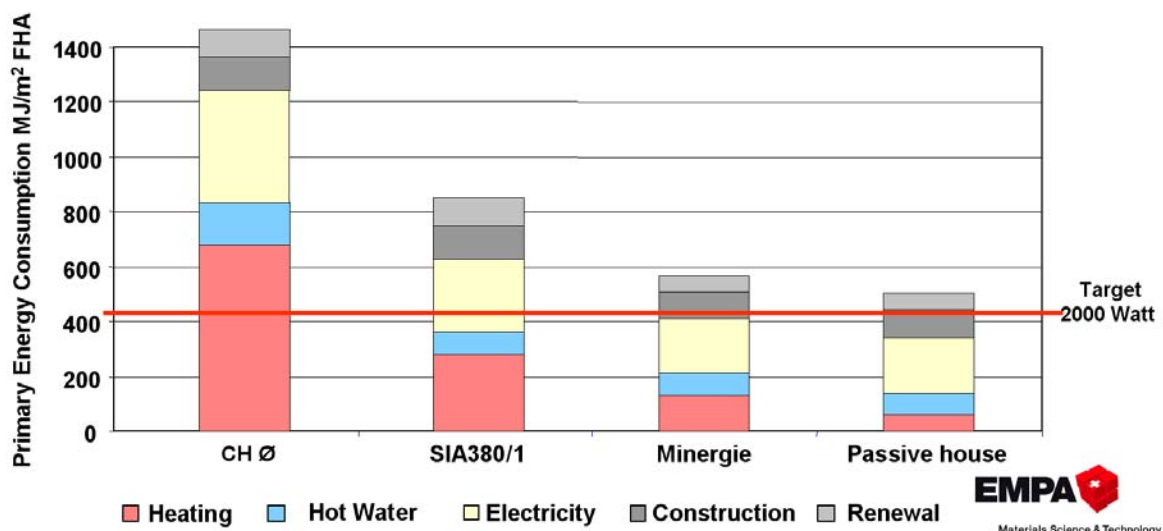
	KANSAINVÄLINEN PASSIIVITALO- MÄÄRITELMÄ	SUOMALAINEN PASSIIVITALO- MÄÄRITELMÄ		
		ETELÄ	KESKI	POHJ.
TILOJEN LÄMMITYS- ENERGIANTARVE kWh/(m <sup>2</sup> a)	max. 15	max. 20	max. 25	max. 30
KOKONAISPRIMÄÄRI- ENERGIANTARVE kWh/(m <sup>2</sup> a)	max. 120	max. 130	max. 135	max. 140
ILMAVUOTO- LUKU 1/h	max. 0.6	max. 0.6	max. 0.6	max. 0.6
KÄYTETTÄVÄ PINTA-ALA	nettolattiapinta-ala	bruttoala		
LASKENTA- MENETELMÄ	PHPP	vapaasti valittavissa		



Sveitsiläistutkijoiden *2000 Watt Society* –visiossa on tarkasteltu maapallon kantokyvyn mukaan mitoitettua yhteiskuntaa ja rakentamista. Sveitsiläistutkimus on osoittanut laskennallisesti, että passiivitalo on visioon nähden riittävän energiatehokas, mikäli uusiutuvan energian osuutta voidaan riittävästi kasvattaa, ja maailman väestö ei kasva yli 10 miljardin. Tutkimuksen lähtökohtana on ollut 2000 Wattin energiankulutus henkeä kohti (vuotuisena energiankulutuksena 17500 kWh/henkilö), jonka arvioidaan riittävän hyvinvoinnin ylläpitämiseen länsimaisessa yhteiskunnassa. Passiivitalo on siis osoittautunut hyväksi tavoitteeksi sekä yksittäisten rakennushankkeiden tasolla että globaaleissa tulevaisuusvisioissa.

(Zimmermann, M; Althaus H.J; Haas, A: Benchmarks for sustainable construction. A contribution to develop a standard. Energy and Buildings. Volume 37, Issue 11, November 2005. ss. 1147–1157)

### Energy Efficiency in Buildings: from 15 to 1 L/m<sup>2</sup> for Heating



**KUVA: Sveitsiläisessä energiavisiossa passiivitalo osoitettu riittävän energiatehokkaaksi ilmastotavoitteisiin nähden, jos uusiutuvan energian osuutta voidaan samalla riittävästi lisätä. (Zimmermann, Mark: The Swiss Concept of a 2000 Watt Society, luento TKK Arkkitehtuurin laitoksella 30.01.2009.)**

Passiivitalorakentamisella rakennuskannan energiankulutusta voidaan merkittävästi pienentää ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Uudet energiatehokkaan rakentamisen käsitteet, kuten *nollaenergiatalo* tai *nollaemissiotalo*, voidaan nähdä vaihtoehtoisina strategioina rakennuskannan aiheuttaman ympäristökuormituksen pienentämiseen. Pilottikohteet ovat osoittaneet, että näissäkin määritelmän toteuttaminen edellyttää käytännössä energiantarpeen pienentämistä passiivitalotasoiseksi. Energiatehokkaan rakentamisen erilaisten määritelmien joukossa passiivitalo painottaa arkkitehtisuunnittelun piiriin kuuluvia energiansäästökeinoja.

# ENERGIATEHOKKAAN RAKENTAMISEN KÄSITTEITÄ

## Energiatehokkuus

Energiatehokkuudella tarkoitetaan energiankäytön hyötysuhdetta. Energiatehokkaassa rakennuksessa tarpeet tyydytetään tavanomaista pienemmällä energiamäärällä, tai samalla energiamäärällä toteutetaan tavanomaista enemmän toimintoja. Energiatehokkuudella viitataan rakennusten käyttöön, sillä olemassa olevassa rakennuskannassa käyttö muodostaa energiankulutuksesta suurimman osan. Laajemmin ymmärrettynä käsitteeseen voidaan sisällyttää myös materiaaleihin sitoutunut ja rakentamiseen käytetty energia. Energiatehokkaalla rakentamisella tarkoitetaan käytännössä myös sitä, että energiankulutusta pienennetään mukavuuksista tinkimättä.

## Kestävä rakentaminen

*Kestävän kehityksen käsitteen ja periaatteen ensimmäisen määrittelyn muotoili ns. Brundtlandin toimikunta vuonna 1987: ”Kestävä kehitys on kehitystä, joka tyydyttää nykyhetken tarpeet viemättä tulevilta sukupolville mahdollisuutta tyydyttää omat tarpeensa.”*

Maaailmanpankin käyttämän määritelmän mukaan ”*jätämme tuleville sukupolville yhtä paljon mahdollisuuksia kuin meillä on ollut, ellei jopa enemmän*”.

Suomen kestävän kehityksen toimikunta määritteli kestävän kehityksen vuonna 1994 seuraavasti: ”*Kestävä kehitys on jatkuvaa, ohjattua yhteiskunnallista muutosta eri aluetasoilla, jonka päämääränä on turvata nykyisille ja tuleville sukupolville hyvät elämisen mahdollisuudet.*”

Kestävän kehityksen ja kestävästi rakennetun yhteiskunnan ominaisuudet kattavat niin aineellisen kuin aineettomankin hyvinvoinnin turvaamisen jälkipolville. Käsitteen laaja-alaisuudesta ja monisyisyydestä johtuen myös *kestävän rakentamisen* hahmottaminen tai kuvaaminen konkreettisella tasolla on haastavaa. Suomalaisissa tutkimuksissa ja strategioissa kestävä yhteiskunta näyttäytyy enemmän suuntana kuin päämääränä, joka voitaisiin saavuttaa. Mikäli englanninkielinen termi ”sustainable” käännetään ”ylläpidettävissä olevaksi”, kestävä rakentaminen voidaan ymmärtää *maapallon kantokyvyn mukaan mitoitetuksi rakentamiseksi*.

## Matalaenergiatalo

Vuonna 2010 voimaan tuleva Suomen Rakentamismääräyskokoelman osa D3 määrittelee *matalaenergiatalon* rakennukseksi, jonka lämpöhäviöt ovat korkeintaan 85 % normitalon (määräysten minimitason mukaisesti toteutetun rakennuksen) ominaislämpöhäviöistä. Energiatohokkaan rakentamisen tavoitteeksi soveltuvista käsitteistä matalaenergiatalo on toistaiseksi ainoa, joka määritellään Suomen Rakentamismääräyskokoelmassa. Matalaenergiatalo on siis määritelmänsä kautta sidottu vallitsevaan määräystasoon.

RIL:in Matalaenergiakäsikirja määrittelee matalaenergiatalon rakennukseksi, jonka lämmitys- ja jäädytysenergian nettokulutuksen ominaiskulutus on välillä 30 - 50 kWh/(m<sup>2</sup>a).

Matalaenergiataloksi on aiemmin kutsuttu rakennusta, jossa lämmitysenergian tarve on puolet siitä mitä se olisi normien asettaman minimitason mukaisilla ratkaisulla toteutettuna. Käsitteitä matalaenergiatalo ja matalaenergiarakentaminen on käytetty myös yleiskäsitteenä kuvaamaan energiatohokasta rakentamista - toisin sanoen rakentamista tai ratkaisuja, jotka johtavat normitasoa pienempään energiankulutukseen.

## Nollaenergiatalo

*Nollaenergiatalon* määritelmä ei ole toistaiseksi täysin vakiintunut, vaan sille on käytössä erilaisia määritelmiä laskentatavasta riippuen. Nollaenergiataloon on integroitu energiantuotantoa, ja erilaiset määritelmät perustuvat rakennuksessa käytön aikana tuotetun ja kulutetun energian taseeseen.

*Nettonollaenergiatalolla (Net Zero Energy)* tarkoitetaan rakennusta, jossa tuotetun ja kulutetun energian vuositaso on nolla. Nettonollaenergiatalo toimii yleensä sähköverkkoon kytkettynä, ja tuottaa yhden vuoden aikana yhtä paljon energiaa verkkoon kuin se ottaa verkosta. Nettonollaenergiatalon yleistyminen edellyttää takaisinsyöttötariffin käyttöönottoa, eli takuuhintaa rakennuksen omistajalle verkkoon tuotetusta sähköstä. Suomessa nettonollaenergiarakentamista palvelevaa syöttötariffijärjestelmää ei toistaiseksi ole, mutta useat asiantuntijat ovat ennakoineet sen käyttöönottoa jo lähitulevaisuudessa. Nettonollaenergiataseen saavuttaminen edellyttää tyypillisesti pientä energiantarvetta eli passiivitalon kaltaisia ratkaisuja. Energiantuotannon integroiminen rakennukseen nostaa rakennuskustannuksia.

Toukokuussa 2009 julkistettu Euroopan Parlamentin esitys Energiatohokkuusdirektiiviksi esittää nettonollaenergiarakentamista kaiken uudisrakentamisen vaatimustasoksi vuodesta 2019 alkaen. Parlamentin kirjaamassa määritelmässä nollaenergiatase lasketaan primäärienergiana.

Nollaenergia- ja plusenergiatalo voidaan määritellä nettoenergian, energian hinnan tai kokonaisprimäärienergian vuositasena. Käytetyistä erilaisista määritelmistä haastavimman tavoitteen asettaa *irti verkosta –nollaenergiatalo (off-the-grid)*. Irti verkosta -nollaenergiatalo toimii vuoden ympäri riippumattomana sähkö- tai lämpöverkoista, toisin sanoen energiaomavaraisena kaiken käyttämänsä energian suhteen. Se edellyttää sähköenergian varastointia esimerkiksi akuissa.

Mikäli käyttöön hyväksytään vain uusiutuvia energialähteitä, energiantuoton vaihtoehtoina jäävät biopolttoaineet sekä tuuli- ja aurinkoenergia. Suomen olosuhteissa esimerkiksi aurinkosähköjärjestelmän vuosituotto on yhtä suuri kuin Pohjois-Saksassa, mutta se painottuu kesäkuukausille. Sähkön varastointi riittävällä hyötysuhteella muodostuu irti verkosta -nollaenergiatalon keskeiseksi tekniseksi haasteeksi etenkin Pohjois-Euroopassa



**KUVA: nollaenergiatoimistotalo, Kempthal, Sveitsi valm. 2007**

arkkitehtisuunnittelu: Beat Kämpfen

bruttoala: 1454 m<sup>2</sup>

lämmitysenergiantarve 7.9 kWh/(m<sup>2</sup>a)

rakenteiden U-arvot:

US 0.10 W/m<sup>2</sup>K

YP 0.08 W/m<sup>2</sup>K

AP 0.09 W/m<sup>2</sup>K

Ikkunat 0.83 / 0.66 W/m<sup>2</sup>K

*Puurunkoinen, kolmikerroksinen toimistotalo on Sveitsin ensimmäinen nettonollaenergiatalo. Aurinkosähköjärjestelmä on integroitu kattoon. Lämmitysenergiantarve on vain n. 1/10 tyyppilliseen toimistotaloon verrattuna.*

*Valokuva: Jouni Koiso-Kanttila*

## Plusenergiatalo

Määritellään kuten nollaenergiatalo, mutta energiantuotto ylittää kulutuksen. Energiaa tuottavia koerakennuksia, joissa koko elinkaaren aikana tapahtuva energiantuotanto kompensoi myös rakentamiseen käytetyn energian, on kutsuttu *aktiivitaloiksi*.

## Nollaemissiotalo

Nollaemissiotalon määritelmä ei ole toistaiseksi Suomessa vakiintunut. Nollaemissiotalolla viitataan yleensä rakennukseen, jonka käytöstä aiheutuvien ilmastopäästöjen vuositaso on nolla.

Iso-Britannia on asettanut kansalliseksi tavoitteekseen hiilineutraalin (*zero carbon* tai *carbon neutral*) uudisrakentamisen vuodesta 2016 lähtien. Määritelmä perustuu rakennuksen käytöstä aiheutuvien hiilidioksidipäästöjen vuositaseeseen. Hiilineutraalien pilottirakennusten ratkaisut vastaavat ulkovaipan osalta passiivitalon ratkaisuja.

Nollaemissiovaatimus voidaan myös laajentaa käsittämään rakentamisen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt. Tämä antaa kattavamman kokonaiskuvan rakentamisen ympäristövaikutuksista, mutta samalla tekee toteutuksesta entistäkin haastavamman.

## **Minergie-standardi**

Sveitsiläisen *Minergie*-standardin mukaan on toteutettu lähes yhtä monta rakennusta kuin passiivitaloja on, mutta *Minergie*-standardoidut rakennukset ovat lähes poikkeuksetta Sveitsin rajojen sisäpuolella. *Minergie* on laatumerkki, standardi ja menetelmä uudisrakennuksille ja korjauskohteille. *Minergie*-nimike on suojattu ja sen käyttö on tarkkaan kontrolloitua. *Minergie*-standardeja on kolmentasoisia: *Minergie*, *Minergie-P* ja *Minergie-P-Eco*. *Minergie*-standardin mukaisen rakennuksen energiankulutus saa olla enintään 75 % normirakennuksen energiankulutuksesta. Fossiilisista lähteistä tuotetun energian kulutus saa olla korkeintaan 50 % normitaloon verrattuna. *Minergie-P*-standardi vastaa passiivitaloa. *Minergie-P-Eco*-standardissa on vielä lisävaatimuksia mm. materiaalien kierrätyskelpoisuudelle, sisäilman laadulle ja ääniolosuhteille.

## LÄHTEET JA KIRJALLISUUS

Andresen, Inger; Dokka, Tor Helge: Passive House Projects in Norway – an Overview. Conference Proceedings. 11<sup>th</sup> International Conference on Passive Houses 2007, 13<sup>th</sup> – 14<sup>th</sup> of April 2007, Bregenz. Darmstadt 2007. ss. 125–130

Dokka, Tor Helge; Andresen, Inger: Passive Houses in cold Norwegian climate. Conference Proceedings. 10<sup>th</sup> International Conference On Passive Houses 2006, 19<sup>th</sup> – 20<sup>th</sup> of May 2006, Hannover. Darmstadt, 2006. ss. 223–228

Bretzke, Axel: Benefits of the Passive House Standard in schools: cost-effectiveness and user convenience. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009. 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009. Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. ss. 233–244

Feist, Wolfgang: Passive Houses Worldwide – Energy Efficiency Takes Hold. Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. -12. April 2008 Nuremberg. Darmstadt 2008. s. 497

Jansson, Ulla; Wall, Maria: Renovaton to Passive House Standard in Brogården, Sweden. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009 Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. ss. 189–194

Klinski, Michael: The First Certified Passive House in Norway. Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. -12. April 2008 Nuremberg, Darmstadt 2008. ss. 105–110

Kravspecifikation för Passivhus. Version 2009. Framtagen inom Energimyndighetens program för Passivhus och lågenergihus. Juni 2009. Forum för Energieffektiva Byggnader 2009.

Langenkamp, Olav: The First Certified Passive House in Denmark. Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. -12. April 2008 Nuremberg, Darmstadt 2008. ss. 111–118

Langenkamp, Olav: Passive Houses in Denmark. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009. 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009. Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. ss. 183–187

Lylykangas, Kimmo; Nieminen, Jyri: What is a Passive House in Finland? Conference Proceedings. 12th International Conference on Passive Houses 2008. 11. – 12. April 2008 Nuremberg, Darmstadt, Saksa 2008, ss. 337–342

Pedersen, Søren; Peuhkuri, Ruut: A real Passive House in Finland. Conference Proceedings. 13th International Passive House Conference 2009. 17<sup>th</sup> – 18<sup>th</sup> April 2009. Frankfurt am Main. Darmstadt 2009. ss. 177–182

Zimmermann, M; Althaus H.J; Haas, A: Benchmarks for sustainable construction. A contribution to develop a standard. Energy and Buildings. Volume 37, Issue 11, November 2005. ss. 1147–1157

## **PASSIIVITALO INTERNETISSÄ**

[passiivitalo.vtt.fi](http://passiivitalo.vtt.fi)

<http://www.passivhus.dk/fi/>

[www.passivhuscentrum.se](http://www.passivhuscentrum.se)

[passiv.no](http://passiv.no)

[www.passiv.de](http://www.passiv.de)

[www.passivhausprojekte.de](http://www.passivhausprojekte.de)

[www.passivhaustagung.de](http://www.passivhaustagung.de)

*piirustukset, kaaviot ja valokuvat, ellei erikseen mainittu: Kimmo Lylykangas*

## **KIITOKSET**

Kiitämme Osuuskunta Suomen Asuntomessuja, jonka myöntämä *Casa Humana* – apuraha on tehnyt tämän aineiston laatimisen mahdolliseksi.

Kiitämme avusta aineiston laatimisessa

**Anders Linde, Passivhuscentrum**  
**Kuisma Aalto**  
**Jari Kiuru**

Kiitämme kuva-aineiston luovuttamisesta käyttöömmme

**4a Architecten**  
**Arkkitehtitoimisto Juhani Romppainen Oy**  
**Walter Unterrainer, arkkitehti**  
**Mark Zimmermann, arkkitehti**  
**Olav Langenkamp, arkkitehti eth-maa**  
**Jouni Koiso-Kanttila, arkkitehti, professori**  
**Essi Käppi, arkkitehti**  
**Juha Lehto, arkkitehti**  
**Paroc Oy Ab**  
**SPU Systems Oy**  
**TA-Asumisoikeus Oy**  
**TKK Arkkitehtuurin laitos, Puurakentaminen**

Heinäkuussa 2009

Jyri Nieminen  
Kimmo Lylykangas