

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuja artikkeleita](#)

Passiivitalot

Pekka Tuomaala, TkT
Erikoistutkija, VTT
Pekka.Tuomaala@vtt.fi

Rakennusten energiatehokkuuden parantamisella on monissa yhteyksissä todettu olevan keskeinen merkitys kansallisten ja kansainvälisten energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden täyttämiseksi. Taroituksenmukaisilla energiatehokkaan rakentamisen valinnoilla voidaan samalla edistää myös kansantalouden ja -terveyden myönteistä kehitystä. Kaikin puolin hyvän lopputuloksen saavuttamiseksi energiatehokas rakentaminen edellyttää joka tapauksessa aikaisempaa kokonaisvaltaisempaa suunnittelua ja toteutusta. Tässä artikkelissa esitetäänkin erityisen energiatehokkaiden passiivitalojen suunnitteluun, toteutukseen, elinkaariedullisuuteen sekä ympäristövaikutuksiin liittyviä näkökulmia.

Johdanto

Ilmastonmuutoksen myötä myös kiinteistö- ja rakennussektori tulee kohtaamaan jo lähitulevaisuudessa täysin uusia haasteita. Esimerkiksi jo tällä hetkellä Euroopan unionin jäsenvaltioiden yhteisesti päätettynä tavoitteena on vähentää kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020 mennessä. Edelleen EU:n tavoitteena on muun muassa nostaa uusiutuvien energialähteiden osuus keskimäärin 20 prosenttiin loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä – ja Suomen osalta tämä tavoite on 38 prosenttia. Näiden jo sinänsä varsin kunnianhimoisten tavoitteiden lisäksi EU:n parlamentti on ehdottanut, että vuoden 2020 lopusta alkaen kaikki uudet rakennukset ovat ns. lähes nollaenergiataloja. Tämä tarkoittaa, että taloudellisen optimin kautta suunniteltavan talon energiantarpeesta merkittävä osa katetaan talossa tai sen läheisyydessä tuotettavalla uusiutuvalla energialla. Julkisia rakennuksia se koskee jo vuoden 2019 alusta alkaen.

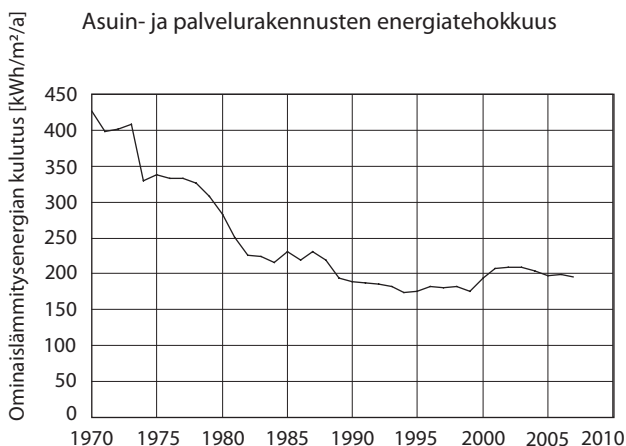
Suomen uudisrakentamisen energiatehokkuusvaatimuksia on tiukennettu vuoden 2010 alussa noin 30 prosenttia. Seuraavan energiamääräysten tiukennuksen on tarkoitus tulla voimaan vuonna 2012, jolloin uusien rakennusten kokonaisenergian tarve pienenee noin 20 %. Rakennusten määräysten mukaisuuden osoittaminen voi nykyisen taseauslaskennan ohella perustua kokonaisenergiatarkasteluun, mikä antaa suunnittelulle enemmän vapausasteita. Samalla määräykset perustuivat primäärienergiaan. Eri energiantuotantovaihtoe-

tojen yksilöllisten primäärienergiakerrointen avulla pyritään arvioimaan ympäristökuormituksia, ja tämän uuden lähestymisen avulla pyritään kannustamaan rakentajia valitsemaan mahdollisimman vähän ympäristöä kuormittavia energialähteitä. Tämän lisäksi myös kansallisella tasolla on odotettavissa jatkossakin huomattavan suuria muutoksia rakennusten energiatehokkuuteen. Suomen hallitus on nimittäin päättänyt asettaa tavoitteeksi pienentää kasvihuonekaasupäästöjä 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä, mikä vastaa 1950-luvun päästötasoa. Lisäksi Suomi pyrkii lisäämään uusiutuvan energian osuuden 60 prosenttiin kaikesta käytettävästä energiasta vuoteen 2050 mennessä.

Kunnianhimoisten kansallisten energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden saavuttaminen on täysin mahdollista energiatehokkaan rakentamisen avulla. Uudisrakentamisen vuosittainen osuus rakennuskannasta on noin 1,5 prosenttia, joten vuoteen 2050 mennessä on uudisrakennettu noin 60 prosenttia nykyisestä rakennuskannasta. Vanhaa rakennuskantaa peruskorjataan tulevana vuosikymmeninä noin 2 prosenttia rakennuskannasta vuodessa, joten nykyinen olemassa oleva rakennuskanta tulee kertaalleen peruskorjatuksi noin vuoteen 2060 mennessä [1]. Energia- ja ilmastopoliittisten tavoitteiden saavuttaminen edellyttää kuitenkin energiatehokkaan rakentamisen aktiivista ja ammattitaitoista käyttöönottoa, ja tässä artikkelissa esitellään passiivitalokonseptia yksittäisen rakennuksen ja tätä kautta koko rakennuskannan energiatehokkuuden hallitukseksi ja systemaattiseksi parantamiseksi.

Energiatehokas rakentaminen

Suomen rakennuskannan lämmitysenergiatehokkuus on koko valtakunnan tasolla parantunut neljän viime vuosikymmenen aikana selvästi. Rakennuspinta-alaa kohti lasketun rakennusten lämmityksen vuotuisen ominaisenergiakulutuksen [kWh/m²/a] avulla arvioituna koko Suomen rakennuskannan ominaisenergiakulutus on puolittunut tällä ajanjaksolla. Lukuisista kansainvälisistä ja kansallisista koerakennuskohteista saatujen kokemusten perusteella tästä jo tapahtuneesta positiivisesta kehityksestä huolimatta rakennusten energiankäyttöä



Kuva 1. Suomen asuin- ja palvelurakennuskannan ominaislämmitysenergian käyttö ajanjaksolla 1970–2007.

voidaan edelleen parantaa kustannustehokkaasti useilla kymmenillä prosenteilla. Tämä edellyttää kuitenkin rakennushankkeiden ammattitaitoista ja kokonaisvaltaista suunnittelua sekä huolellista toteutusta.

Tässä artikkelissa käytetään soveltuvilta osin RIL 249–2009:n mukaisia rakennusten energiatehokkuuteen liittyviä käsitteitä ja määrittelyjä. Esimerkiksi *tilojen lämmityksen nettoenergiamäärällä* ylläpidetään tilassa suunnitellut lämpöolot tietyn ajanjakson aikana ja tilojen *lämmityksen nettoenergiatarve* määritellään laskennallisesti vähentämällä rakennuksen lämpöhäviöenergioista (johtumislämpöhäviö, vuotoilman lämpöhäviö ja ilmanvaihdon

lämpöhäviö) lämpökuormat ihmisistä, valaistuksesta, sähkölaitteista ja ikkunoista tulevasta auringon säteilyenergiasta. *Lämmitysjärjestelmän energiankulutus* koostuu tilojen lämmityksestä, ilmanvaihdon lämmityksestä ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä, jossa otetaan huomioon apulaitteiden (kiertovesipumput) energiankäyttö, järjestelmähäviöt (tuoton, jakelun ja luovutuksen häviöt) sekä mahdollinen energian muuntaminen (lämpöpumput). *Ostoenergia* on energia, joka ostetaan rakennukseen (mm. hankitaan rakennukseen sähköverkosta, kaukolämpöverkosta, polttoaineena tai bioenergiانا). [2]

Taulukko 1. Suomen asuinrakennusten tyypilliset ominaisenergiankulutuksen vaihteluvälit ikäjakaumittain ja energiankulutuslajeittain. [3]

Kulutus	... 1960	1960 ...	1970 ...	1980 ...	2003 ...	*Ekotalo
Energia hyvän sisäilman lämpötilan ylläpitämiseen, kWh/m ² vuodessa						
Lämmitys	160 – 180	160 – 200	120 – 160	100 – 140	80 – 120	40 – 60
Laitteistojen sähkönkulutus, kWh/m ² vuodessa						
Talotekniikka	20 – 30	20 – 30	20 – 40	20 – 40	10 – 30	10 – 30
Asukkaiden energiankulutus, kWh/m ² vuodessa						
Lämmin vesi	20 – 60	20 – 60	20 – 60	20 – 60	20 – 50	20 – 40
Kotitaloussähkö	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 40	20 – 30
Yhteensä, kWh/m ² vuodessa						
Asuminen	220 – 310	220 – 330	180 – 300	160 – 280	130 – 240	90 – 160

* Rakennus jonka suunnittelun lähtökohdaksi on valittu ympäristömyönteisyys ja energiatehokkuus – ja joka voidaan toteuttaa kaupallisesti helposti saatavissa olevilla tuotteilla.

Energiatehokkuuden tasot ja määritelmät

Taulukossa 1 on esitetty Suomen asuinrakennuskannan tyypillisiä ominaisenergiankulutustietoja rakennusten ikäjakauman mukaan ja kulutuslajeittain jaoteltuna. Vaikka eri-ikäisten asuinrakennusten kulutusluvuissa onkin huomattavan suuria rakennuskohtaisia vaihteluja, on kokonaiskulutuslukujen laskeva trendi (huoneistopinta-alaa kohti laskettuna) ollut varsin selvä. Aivan erityisesti lämmityksen ominaisenergiankulutus on ollut viime vuosikymmeninä selvässä laskussa.

Ususimpien (vuoden 2010 alusta voimaan tulleiden) rakennusmääräysten mukaan toteutetun asuinrakennuksen tilojen lämmityksen osuus energiankulutuksesta on noin puolet koko rakennuksen energiankulutuksesta. Kiinteistö- ja huoneistosähkön osuus on noin 30 prosenttia, ja lämpimän käyttöveden osuus on noin 20 prosenttia. Taulukossa 2 on esitetty lukuaroja sekä normitalo 2010:n että tätä energiatehokkaampien rakennusten lämmitysenergian ja ostoenegian ominaistarpeista. Passiivitalon lämmitysenergian kulutus on siis noin neljännes tavanomaisen pientalon energiantarpeesta.

Taulukossa 2 on esitetty yksi rakennusten energiatehokkuusluokittelu [1]. Tätä energiatehokkuusluokittelua voidaan tarkentaa nettoenergiatarpeen osalta suunnittelussa siten, että energiatehokkuusluokkaan liitetään tarkennettu arvo yksiköissä kWh/(m²a). Energiatehokkuusluokat ovat matalaenergiatalolle M-30, M-35, M-40 ja M-50. Esimerkiksi M-40 tarkoittaa sellaista matalaenergiataloa, jonka tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen nettoenergian ominaistarve on 40 kWh/(m²a). Passiivitalojen tarkennetut energiatehokkuusluokat ovat vastaavalla tavalla P-15, P-20 ja P-25. [3]

Taulukko 2. Rakennuksen energiatehokkuus ja tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen nettoenergian ominaiskulutus Jyväskylän ilmastotiedoilla laskettuna. [1]

Tilojen lämmityksen nettoenergian ominaistarve		
Normitalo 2010	Matalaenergiatalo	Passiivitalo
kWh/m ² a	kWh/m ² a	kWh/m ² a
90	26–50	< 25

Toisen yleisesti käytetyn lähestymistavan mukaan passiivitalo määritellään sellaiseksi rakennukseksi, jonka lämmitysenergian kulutus on pieni ja jonka ulkovaippa on tiivis. Etelä-Suomen rannikolla lämmitysenergian tarve on alle 20 kWh/m² vuodessa, Keski-Suomessa alle 25 kWh/m² vuodessa ja Pohjois-Suomessa alle 30 kWh/m² vuodessa. Primäärienergiatarve on vastaavasti 130–140 kWh/m² vuodessa. Ulkovaipan ilmatäivyyttä kuvaava n₅₀-luku on 0,6 l/h tai pienempi. [4]

Vielä toistaiseksi vakiintumattomista määritelmistä riippumatta passiivitalon yleisenä tavoitteena on rakennuksen energiantarpeen taloudellinen minimi ja samalla rakennuksen hyvä sisäilmasto. Passiivitalon ulkovaipan lämmöneristystaso on hyvä, sisäilmasto on ulkovaipan ilmanpitävyyden ansioista vedoton ja ilmanvaihdon lämmön talteenoton korkea vuosihyötysuhde takaa ilmanvaihdon vähäiset lämpöhäviöt. Jäljelle jäävä pieni lämmityksen tehon- ja energiantarve voidaan kattaa pienitehoisella lämmityksellä sekä hyödyntämällä erilaisia ilmaisenergioita (auringon energia sekä laitteista ja muista sisäisistä lämpökuormista vapautuva lämpöenergia).

Passiivitalojen suunnittelu

Energiatehokas passiivitalo toimii lämpötekniisesti eri tavalla kuin perinteinen normitalo. Sisätilojen lämpötilan säätö tapahtuu ensisijaisesti sisäisten lämpökuormien muutosten perusteella – ulkolämpötilan muutosten ollessa vain toissijainen säätötekijä. Auringonsäteilyn hyödyntäminen lämmityskautena ja eliminointi lämpimänä kesäkautena on merkittävä lämmityksen ja jäähdytyksen tarpeen minimoinnin ja hallinnan tekijä. Passiivitalon suunnittelun kaikissa vaiheissa korostuu rakennuskokonaisuuden käsittely, mikä tarkoittaa arkkitehtuurin, rakenne- ja talotekniikan vuorovaikutteisen toiminnan hyödyntämistä. Suunnittelussa pyritään mahdollisimman pitkälle passiiviperiaatteen toteuttamiseen, mikä tarkoittaa rakennuksen lämmitysenergian kulutuksen minimointia niin alhaiseksi, että pääosa lämmitysenergian tarpeesta saadaan rakennuksen sisäisestä lämmöntuotosta ja aurinkoenergian passiivisesta hyödyntämisestä. Passiivienergiata tehokkaasti hyödyntävässä rakennustekniikassa korostuu rakenne- ja talotekniikan yhteistoiminta, minkä takia rakenne- ja talotekniikkaa on välttämätöntä tarkastella teknisessä suunnittelussa yhtenä kokonaisuutena. [1]

Arkkitehtuurin erityispiirteitä

Arkkitehdin keskeisiä keinoja passiivitalon lämpötilojen hallinnassa ovat rakennuksen muoto ja suuntaus, tilojen jaottelu, ikkunoiden koko ja suuntaus, lasituksen laatutekijät ja aurinkosuojaus sekä puskurivyöhykkeet, parvekkeet, räystäät ja lipat, ikkunasyvennykset, ulkopuoliset sälekaihtimet, ikkunarillit, markisit ja ikkunaluukut [1]. Arkkitehti- ja rakennussuunnittelu on tarpeen tehdä tiiviissä yhteistyössä niin, että normitaloa parempi eristystaso voidaan toteuttaa kussakin tapauksessa sopivimmilla materiaaivalinnoilla ja ainepaksuuksilla. Samalla voidaan varmistaa rakenteiden moitteeton rakennusfysiikan toimivuus kaikissa käyttöolo-

suhteissa. Arkkitehti- ja talotekniikkasuunnittelun välisessä yhteistyössä puolestaan voidaan valita sopivimpien talotekniikkaratkaisujen tilatarpeet, reititukset sekä lämmityksen, mahdollisen jäähdytyksen ja ilmanvaihdon siirto-, jakelu- ja päätelaitteiden tilan tarve ja sijoittelu.

Rakennetekniikan erityispiirteitä

Passiivitalon rakennesuunnittelussa korostuvat erityisesti ulkovaipparakenteiden lämpö- ja kosteustekninen yleis- ja detajisuunnittelu. Vaipan optimaalisen eristysratkaisun suunnittelu edellyttää huolellista yleisanalyysiä sopivien materiaaliratkaisujen ja rakennepaksuuksien valitsemiseksi, ja samalla toteutettaviksi suunnitellut rakennedetailit tulee valita niin että vältetään hallitsemattomien kylmäsiltojen syntyminen. Myös rakenteiden kosteustekninen suunnittelu tulee tehdä huolellisesti niin, että varmistetaan rakenteen moitteeton toiminta sisäpuolista kosteuden siirtymistä ja ulkopuolista sadevettä vastaan kaikissa käyttöolosuhteissa. Yksi passiivitalon erityispiirre normitaloon verrattuna on se, että kaikki rakenteiden liitosten ja läpivientien detailit on tarpeen suunnitella erityisen huolellisuudella.

Talotekniikan erityispiirteitä

Lämmön tuotto- ja jakelujärjestelmän suunnitteluun vaikuttaa keskeisesti passiivitalon pieni tehon ja energian tarve. Lämmitysratkaisuna voidaan periaatteessa käyttää mitä tahansa markkinoilla jo olevaa ratkaisua, mutta valittavan järjestelmän mitoittukseen ja säätöön tulee kiinnittää erityistä huomiota. Mitoittukseen erityisiä haasteita tuo tarvittavan lämmitystehotason merkittävä (esimerkiksi 75 prosenttia) pieneneminen, mikä tarkoittaa käytännössä joko normitalojen ratkaisuihin verrattuna pienempien laitteiden valintaa ja lämpötilatasojen hallittua alentamista tai jopa kokonaan uusien lämmityskonseptien kehittämistä.

Passiivitalon lämpimän kauden jäähdytysratkaisun suunnittelu on myös haasteellista. Ensisijaisina jäähdytysratkaisuina tulee passiiviperiaatteen mukaan suosia erilaisia passiivisia keinoja (esimerkiksi ikkunoiden varjostus, ilmanvaihdon yötuuletus, maaperän alhaisen lämpötilatason hyödyntäminen, etc.). Vasta toissijaisesti suositellaan aktiivisten jäähdytysratkaisujen käyttöä, ja näidenkin tehon tarvetta voidaan pienentää ensisijaisilla passiivisilla osaratkaisuilla.

Lämmitystarpeen merkittävän pienenemisen myötä lämpimän käyttöveden tuottamisen suhteellinen osuus korostuu passiivitaloissa. Myös lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutusta voidaan kuitenkin alentaa nykytasoon verrattuna

kerrostaloissa 50 prosenttia ja pientaloissa 30 prosenttia [1]. Suositeltuja toimenpiteitä ovat

- lämpimän käyttöveden putkistojen lämpöhäviöiden pienentäminen tehokkaalla lämmöneristyksellä ja minimoimalla syöttöjohtojen pituudet
- käyttöveden virtaamien pienentäminen paineen alennuksella ja vettä säästävillä kalusteilla
- käyttöveden lämpötilan rajoittaminen 55–60°C lämpötilaan
- käyttöveden lämmitys poistoilmalämpöpumpulla, maa-/kalliolämpöpumpulla tai ilma-/vesilämpöpumpulla
- käyttöveden lämmitys kesäkautena aurinkokehäimillä
- jäteveden lämmön kerääminen lämmönsiirtimellä.

Koska rakennusten energiatehokkuuteen liittyy myös päästöjen minimointi, on energiamuodon (lämmitystavan) valinta tärkeä osa kokonaisuuden optimoinnissa [3]. Yksi passiivitalon talotekniikan erityispiirre on se, että teho- ja energiatarpeen pienentyessä uusiutuvien energialähteiden teknis-taloudellinen hyödyntämispotentiali paranee. Esimerkiksi aurinko- ja tuulienergiaratkaisut voivat toimia jo hieman epäedullisemmissä auringonpaiste- ja tuuliolosuhteissa tai normitaloihin verrattuna samoissa käyttöolosuhteissa pienemmät yksikkökoot riittävät tyydyttämään pienemmät tehon- ja energiantarpeet.

Valitaanpa passiivitaloon mitä tahansa energian tuotto- ja siirto ratkaisuja, tulee säädön ja rakennusautomaation merkitys väistämättä korostumaan energiatehokkuus- ja sisäympäristötavoitteiden saavuttamiseksi kaikissa eri käyttöolosuhteissa. Perimmältään tämä johtuu siitä, että erilaisten sisäisten ja ulkopuolisten lämpökuormien suhteellinen merkitys tulee lisääntymään lämmitysenergian tarpeen pienentyessä. Markkinoilla kuitenkin löytyy toimivia kaupallisia ratkaisuja, ja kysynnän kasvessa tälle markkinasektorille odotetaan voimakasta kasvua ja kehitystä.

Passiivitalojen toteutus

Passiivitalon urakointi on lähtökohtaisesti nykyisen rakennusprosessin kaltaista toimintaa, ja se voidaan toteuttaa kaupallisesti saatavilla olevilla tuotteilla ja ratkaisuilla. Koska passiivitalon hallittu toteutus kuitenkin edellyttää kokonaisvaltaista lähestymistä kaikissa vaiheissa, on rakennusmarkkinoilla odotettavissa myös kehitystä ja joitakin muutoksia.

Yksi lähitulevaisuuden ennakoitavissa oleva muutos tulee olemaan nykyistä systemaattisempien ja ammattimaisempien rakennuttamispalvelujen tarjonnan kehittyminen. Passiivitalon hallittu toteutus nimittäin edellyttää nykyistä suurempien, riittävän

laadukkaasti ja saumattomasti toisiinsa sopivien osakokonaisuuksien toteutusta. Toinen passiivitalojen toteutukseen kiinteästi liittyvä ja koko ajan kehittyvä asia on osaurakoiden laadunhallinnan kehittäminen. Kun osaurakat sovitaan ja otetaan vastaan ominaisuusperustaisesti, voidaan varmistaa passiivitalon kriteerien ja asetettujen teknisten suoritusperustaisten ominaisuuksien tavoittaminen hallitusti. Kolmas passiivitalojen toteutukseen liittyvä ja voimakkaasti kehittymässä oleva näkökulma on tietotekniikan aktiivinen hyödyntäminen. Tietotekniikan avulla voidaan hallita (1) eri suunnitteluosapuolten tiedonvaihto ja lopullisten suunnitteluasiakirjojen hyväksyttävien rakennusvalvonnalla, (2) urakoinnin pohjautuminen rakennusvalvonnan hyväksymiin viimeisimpiin suunnitelmiin, (3) osaurakoiden aikataulutus, (4) rakennustarvikkeiden ja -tuotteiden työmaalogistiikka sekä (5) valmiin passiivitalon sähköinen huoltokirja tilaajalle.

Passiivitalojen elinkaarikustannukset

Passiivitalon energiatehokkuus perustuu perinteisestä rakentamisesta poiketen elinkaarilaadun ja elinkaarikustannusten optimointiin. Elinkaaritaloudessa huomioidaan (1) tuotantokustannukset, (2) käyttökustannukset, (3) huolto- ja kunnossapitokustannukset, (4) mahdolliset rahoituskustannukset sekä (5) rakennuksen käyttöikä. Tässä lähestymässä huomioidaan siis läpinäkyvästi myös käytön aikaiset todelliset kustannukset sekä käyttöikä, mikä joka tapauksessa tulevat vaikuttamaan rakennuksen myynti- ja jäänösarvoon markkinoilla.

Passiivitalo tarjoaa rakennuttajalle normitaloon verrattuna paremman tuoton ja alaisemmat käyttökustannukset. Pieni energiankulutus ja liittymäteho alentavat energiankäytön kiinteitä maksuja ja säästävät lämmityslaitteiden hankintakustannuksia. Suurimmat kustannussäästöt saavutetaan kuitenkin rakentamisprosessin hyvällä hallinnalla ja laatuun perustuvalla kilpailuttamisella. Kun rakennuksen rakennettavuus on hyvä, voi passiivitalon rakentaa hyvin vähäisin lisäkustannuksin joiden takaisinmaksuaika on lyhyt. Matalaenergiatalojen arvoanalyysi [5] osoittaa, että energiatehokkuudesta aiheutuvat lisäkustannukset ovat pienet, mutta samalla hyödyt ovat suuret:

- Hankintakustannus 0–5 prosenttia korkeampi tavanomaiseen verrattuna
- Elinkaarikustannus 10–30 prosenttia matalampi tavanomaiseen verrattuna
- Elinkaarituotto (vuokratulot) 30–50 prosenttia parempi tavanomaiseen verrattuna
- Jälkimmäinen arvo 10–30 prosenttia korkeampi tavanomaiseen verrattuna.

Passiivitalojen hankintakustannusten on eri lähteissä arvioitu olevan 3–6 prosenttia [1] ja 5–10 prosenttia [6] normitaloa korkeammat. Koerakennushankkeista saatujen toteutuneiden kustannustietojen perusteella passiivirakentamisen aiheuttamien lisäkustannusten on arvioitu olevan 50–100 €/m². Passiivirakentamisella voidaan varautua kustannustehokkaasti odotettavissa olevaan energian hinnan nousuun, mutta yksittäisissä rakennuskoh-teissa saavutettavissa olevat säästöt tulee kuitenkin arvioida kohteiden omilla reunaehdoilla (lämmitysenergian kulutuksen ja sisäisten kuormien avulla määritetty ostoenergia, energian hintakehitys, korkotaso ja tarkasteluajanjakson pituus).

Passiivitalojen ympäristönäkökohdat

Energiatehokkaan passiivitalokonseptin aktiivisen käyttöönoton avulla voidaan siirtyä hallitusti kohti vähemmän ympäristöä kuormittavaa rakentamista. Kun vielä hyödynnetään systemaattisesti uusiutuvia energialähteitä, voidaan rakennusten lämmitysenergian osalta siirtyä kohti päästötöntä ja hiilineutraalia rakennuskantaa. Kun arvioidaan passiivitalojen toimintaa osana koko rakennuskantaa, on odotettavissa että keskustelut esimerkiksi syöttötariffeista ja muista ei-teknisistä näkökohdista tulevat lisääntymään voimakkaasti jo lähitulevaisuudessa.

Toteutettuja esimerkkikohteita

Passiivitaloja on eri puolilla maailmaa toteutettu yhteensä muutamia tuhansia, mutta Suomessa on tällaisia hankkeita vasta muutamia. Teknisiä esteitä passiivirakennustusta toteutukselle ei saatujen kokemusten mukaan ole, mutta näin energiatehokkaiden pientalojen toteutuksessa tarvitaan osittain täysin uusia toteutusmalleja ja -tapoja. Energiatehokkaassa rakentamisessa korostuu myös rakenteiden luotettava rakennusfysikaalinen (lämpö- ja kosteustekninen) toimivuus, ja tämän takia kaikki suunnitteludetaljit on syytä tehdä huolellisesti ja tarvittaessa eri suunnitteluosapuolten välisenä tiiviinä yhteistyönä.

Pietarsaaren IEA5-talosta plusenergiatalo

Pietarsaaren asuntomessuille valmistui vuonna 1993 kansainvälisen energiajärjestön (IEA) asiantuntijoiden ohjeiden mukaan toteutettu edistyskellisen energiatehokas pientalo (kuva 2). Tämän esimerkkikohteen ulkovalpaan hyvä lämmöneristys (ks. taulukko 3) – yhdessä koneellisen ilmanvaihdon tehokkaan lämmön talteenottoratkaisun kanssa – pienentää tilojen lämmitysenergian tarvetta niin, että se on 80 % pienempi kuin mitä nykyiset raken-



Kuva 2. IEA5-talo Pietarsaaren asuntomessuilta vuodelta 1993.

tamismääräykset vähimmillään edellyttävät. Lämmitysenergian tarpeen pienentämisen lisäksi tässä IEA5-talossa kiinnitettiin erityistä huomiota uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen, ja kohteeseen valittiin silloisilla kaupallisesti saatavilla tuotteilla maa- ja aurinkolämpö- sekä aurinkosähköjärjestelmät. Seurantamittausten mukaan rakennuksen ostetun lämmitysenergian käyttö on ollut $13 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ ja ostetun kokonaisenergian kulutus $48 \text{ kWh/m}^2\text{a}$ [7].

Taulukko 3. Pietarsaaren IEA5-talon toteutuneet ja nykyisten rakentamismääräysten vertailutapauksen suurimmat sallitut U-arvot [7].

	Pietarsaari 1993	Tavallinen 2008
Komponentti	U-arvo [$\text{W/m}^2\text{K}$]	
Ulkoseinä	0,12	0,24
Katto	0,09	0,15
Lattia	0,1	0,19
Ovi	0,4	1,4
Ikkuna	0,7	1,4

Taulukossa 4 on esitetty seurantamittauksiin perustuen IEA5-talon energiantarve sekä talossa tuotettu, hyödynnetty ja ostettu energia. Samassa taulukossa on esitetty lisäksi (lihavoiduilla luvuilla) nykyisellä markkinoilla löytyvällä uusimmalla tekniikalla saavutettavissa olevat energiantarpeet sekä talossa tuotetut energiamäärät. Mittaus- ja analysointitulosten perusteella nykyisillä tekniikoilla toteutettuna IEA5-talo voisi siis olla jopa energiaposiitiivinen rakennus (so. rakennus tuottaa enemmän energiaa kuin mitä se vuoden aikana käyttää).

Betonielementti-kerrostalo

Heinolaan on valmistunut vuonna 2009 energiatehokas betonielementtikerrostalo, jonka laskennallisesti arvioitu tilojen lämmityksen energiantarve on $25 \text{ kWh/m}^2\text{a}$. Toteutuneet rakennuskustannukset olivat 1,7 prosenttia korkeammat kuin normitalossa 2008 [2]. Tämän esimerkkikohteen ulkovaipan U-arvot olivat ulkoseinässä $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$, yläpohjassa $0,08 \text{ W/m}^2\text{K}$, alapohjassa $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ikkunoissa $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$. Kohteen LTO:n vuosiyötysuhde on yli 65 %, ja lämmönjakotavaksi siihen on valittu ilmanvaihtolämmitys.

Taulukko 4. Pietarsaaren IEA5-talon vuoden 1993 tekniikalla seurantamittausten mukaan toteutuneet ja vuoden 2008 tekniikan mukaiset (luvat taulukossa lihavoituna) vastaavat arvot [7, 8].

Kulutuskohte	Energian tarve $\text{kWh/m}^2\text{a}$	Oma-energia $\text{kWh/m}^2\text{a}$	Osto-energia $\text{kWh/m}^2\text{a}$
Lämmitys	65/55		
– lämpöpumppu		27/ 28	20/ 15
– jälkilämmitys			6/ 0
– aurinkolämpö		12/ 12	
Talotekniikka ja kotitaloussähkö	33/25		
– verkkosähkö			33/ 25
– aurinkosähkö		11/ 45	-11/ -45
Yhteensä	98/80	50/85	48/-5

Passiivitalo-2008

Vantaan Tikkurilaan on valmistunut vuonna 2009 betonirunkoinen paritalo, jonka laskennallinen tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergian ominaistarve on 25/25 kWh/m².a. Rakennuskustannusero normitaloon verrattuna oli 5 prosenttia (75 €/m²) [2]. Tässä kohteessa ulkovaipan U-arvot olivat ulkoseinässä 0,09 W/m²/K, yläpohjassa 0,07 W/m²/K, alapohjassa 0,09 W/m²/K ja ikkunoissa 0,75 W/m²/K. Kohteen ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 80 %, ja lämmönjakotavaksi siihen on valittu ilmanvaihtolämmitys. Huoneistojen mitatut ilmantiveydet (n₅₀-luvut) olivat 0,25 1/h ja 0,33 1/h.

Energiatohokkaan rakentamisen kehitystarpeita

Energiatohokas rakentaminen on yksi parhaista ja kustannustehokkaimmista keinoista Suomen kansainvälisten energia- ja ympäristövelvoitteiden täyttämiseksi. Kun samalla voidaan parantaa myös sisäympäristön laatua (perinteisiä rakentamiskäytäntöjä tasaisemmat lämpöolosuhteet sekä paremmat edellytykset hyvälle sisäilmastolle), tulisi ammattitaitoista energiatohokasta rakentamista tukea erilaisilla käytettävissä olevilla keinoilla.

Yksi keskeinen keino edistää energiatohokkaan rakentamisen käytäntöjä on varmistaa alan riittävä koulutustarjonta suunnittelun, mitoituksen ja toteutuksen sekä laitteiden ja järjestelmien tuotekehityksen tueksi. Lisäksi energiatohokkaiden rakennusten toteutusprosesseja ja alan toimijoiden verkostoituneita toimintatapoja tulisi kehittää eri toteutusosapuolten saumattoman yhteistyön ja hyvin toimivien kokonaisratkaisujen varmistamiseksi. Yhtenä uutena yhteistyön sujuvuutta parantavana keinona voidaan hyödyntää moderneja tietoteknisiä apuvälineitä (esimerkiksi projekteissa eri osapuolten välillä avoimesti jaetut tietomallit).

Yksi konkreettinen este energiatohokkaan rakentamisen yleistymisen tiellä tuntuu olevan alan markkinoiden kehittymättömyys ja aivan erityisesti kysynnän vakiintumattomuus. Vaikka erityistä rakennusten energiatohokkuutta vaativa asiakkuus onkin hiljalleen voimistumassa, tarvitaan aikaisempaa selkeämpää yleistä viestintää sekä viranomaismääräysten kehitysohjelmaa suuntaamaan lisää voimavaroja entistä paremmin kasvaville markkinoille sopivien tuotteiden ja palvelujen tarjoamiseksi. Palvelujen tarjoajat voivat omalta osaltaan edistää kysynnän ja tarjonnan kohtaamista kehittämällä omia palvelutuotteitaan niin, että ne on sekä mahdollisimman sujuva ostaa että liittää osaksi energiatohokasta pientaloratkaisua.

Lähteet

- [1] Sarja A. Energiatohokkaat rakennukset käytännöksi. Rakennustekniikka 1/2010. s. 54–61.
- [2] Matalaenergiarakentaminen – asuinrakennukset. RIL 249–2009. 291 s.
- [3] Tuomaala P. Energiatohokkaiden pientalojen suunnittelu. Rakentajain kalenteri 2009, Rakennustieto. s. 355–361.
- [4] <http://www.passiivi.info/>
- [5] Business From Sustainability. Drivers for Energy-Efficient Housing. VTT Research Notes 2310. Espoo 2005.
- [6] www.motiva.fi
- [7] Hestnes, a. et al. Solar Energy Houses. Strategies, Technologies, Examples. James & James.
- [8] Nieminen, J. Kansainvälinen nollaenergiatalojen kehityshanke. Levi Summit 2010. Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA.