

Matalaenergiarahkotalo

Yleissuunnitteluohje

Matalaenergiaharkkotalo

Yleissuunnitteluohje

Juhani Laine ja Mikko Saari
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka



Copyright © VTT 2002

JULKAISIJA

VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, Lämpömiehenkuja 3, PL 1804, 02044 VTT
puh. vaihde (09) 4561, faksi (09) 455 2408

RAPORTIN JAKELU

Suomen Betonitieto Oy

PL 11, (Unioninkatu 14), 00131 HELSINKI

puh. (09) 696 2360

faksi (09) 651 145

Raportin viimeistely Auli Rautakivi

Espoo 2002

Tiivistelmä

Tässä raportissa esitetään perusteita ja yleisiä suunnitteluohjeita matalaenergiarahkko-talon rakentamiseen. Suunnittelun ja toteutuksen lähtökohtana on puhdas sisäilma, vedoton ja lämmin talo sekä tutkitusti toimivat ja kestävät rakenne- ja talotekniikkaratkai-sut.

Nykyisten normien mukaan rakennetun pientalon lämmittämiseen kuluu 160 kWh/m² energiaa vuodessa. Pientalot rakennetaan usein normeja paremmin ja tyypillinen läm-mitysenergiankulutus on noin 120 kWh/m² vuodessa. Matalaenergiarahkkotalon läm-mittämiseen kuluu energiaa vain 60 kWh/m² tai 40 kWh/m² vuodessa ratkaisumallista riippuen.

Alkusanat

Suunnitteluohjeen tilaaja oli Suomen Betonitieto Oy.

Projektin johtoryhmään kuuluivat Seppo Petrow, Suomen Betonitieto Oy:stä, puheenjohtaja, Heikki Korhonen, Reikäbetoni Oy:stä, Tuomo Kovanen, Rakennus-betoni ja elementti Oy:stä, Jouko Partanen ja Mikko Pöysti, Optiroc Oy:stä, Jukka Parviainen ja Pekka Tikkanen, HB-Betoniteollisuus Oy:stä sekä Tuomo Sahlsten, Lakan betoni Oy:stä.

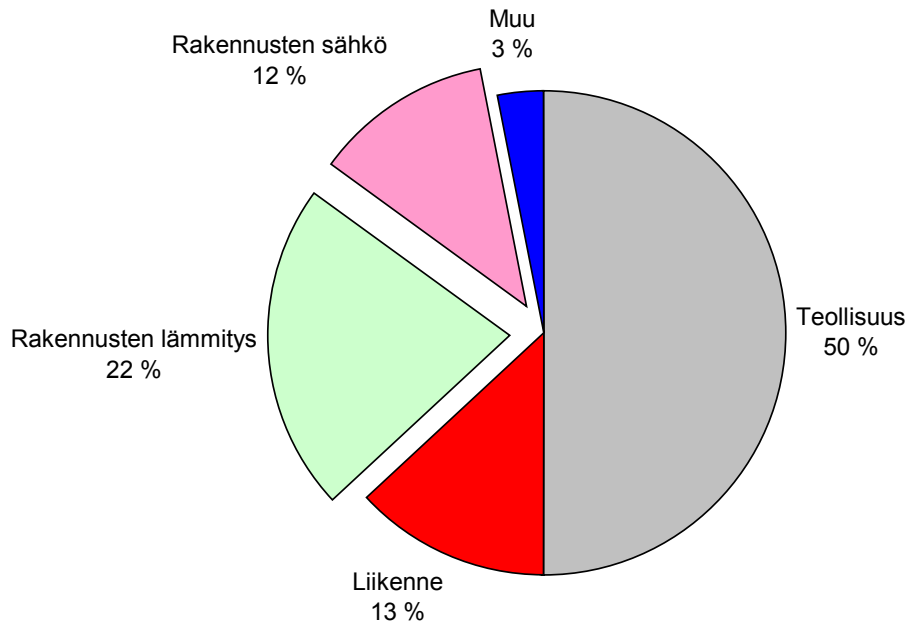
Suunnitteluohjeen ovat laatineet Juhani Laine ja Mikko Saari VTT:stä.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä.....	3
Alkusanat.....	4
1. Tausta.....	7
2. Matalaenergiarahkkoalo9	
3. Terveellinen sisäilmasto12	
3.1 Ilmanvaihto on tärkein.....12	
3.2 Sisäilmaston voi suunnitella etukäteen.....12	
3.3 Puhtaiden ja kestävien pintamateriaalien valinta13	
4. Suunnittele ennen rakentamista13	
4.1 Talon sijainti tontilla13	
4.2 Toimivat tilaratkaisut15	
4.3 Järkevä talotekniikka.....18	
5. Hyvien rakenteiden ominaisuudet19	
5.1 Matalaenergiatalon rakenteiden valinta.....19	
5.1.1 Ulkoseinät19	
5.1.2 Alapohja19	
5.1.3 Yläpohja20	
5.1.4 Ikkunat.....20	
5.1.5 Auringonsuojat.....21	
5.2 Rakenteiden ilmanpitävyys22	
6. Matalaenergiatalon lämmitysjärjestelmä24	
7. Tulisija matalaenergiatalossa26	
8. Matalaenergiatalon ilmanvaihtojärjestelmä29	
9. Vesi- ja viemärijärjestelmä31	
10. Sähköjärjestelmä.....31	
Lähdeluettelo32	
Liite 1 Matalaenergiarahkkoalon tekniset tiedot	
Liite 2 Energiatodistus	

1. Tausta

Rakennukset käyttävät vuodessa yli kolmanneksen Suomessa kulutetusta energiasta (kuva 1). Se on enemmän kuin liikenne. Rakennusten kuluttamasta energiasta kaksi kolmannesta on lämmitysenergiaa ja yksi kolmannes laitteiden ja valaistuksen käyttämää sähköenergiaa (Savolainen et al 2001).

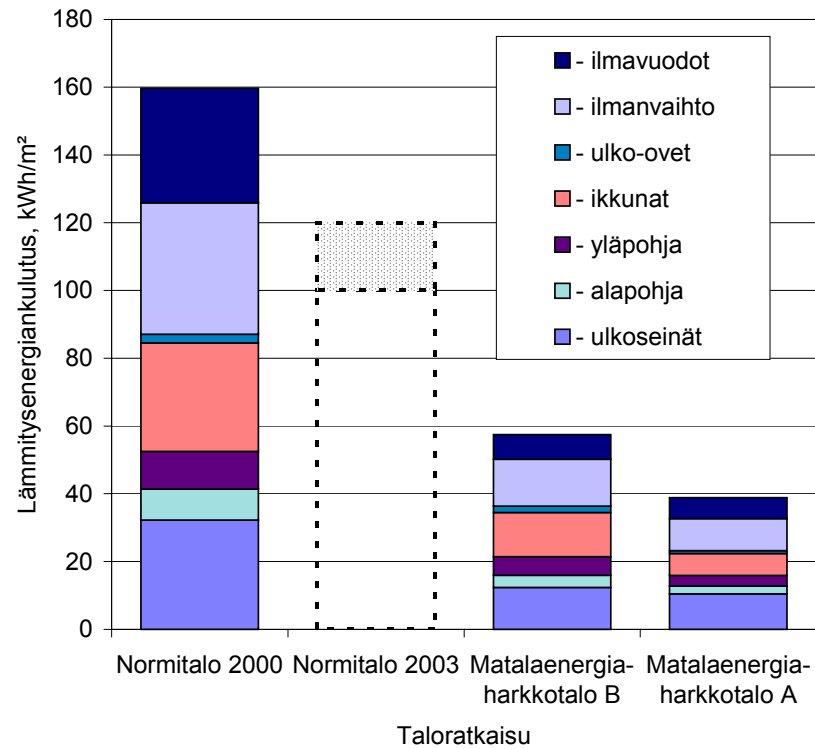


Kuva 1. Kaiken Suomessa vuodessa kulutetun energian jakautuminen käyttökohteittain. Rakennuksissa kuluu 34 % energiasta.

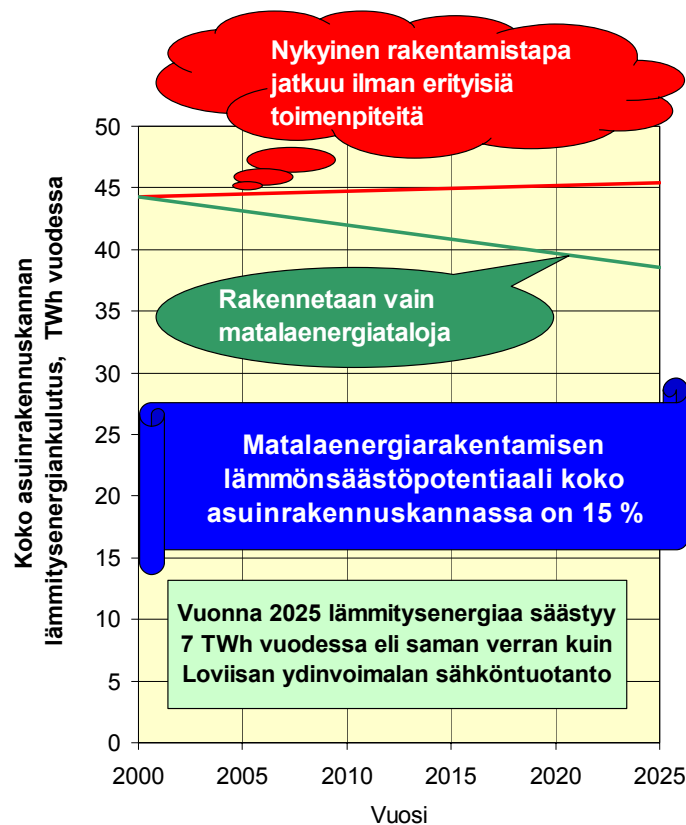
Uusienkin pientalojen energiankäyttöä voidaan tehostaa monilla tavoilla. Uutta rakennettaessa energiatehokkuuden parantaminen on helpompaa ja halvempaa kuin vanhaa korjattaessa. Kun uusi talo rakennetaan alusta saakka vähän energiaa tarvitsevaksi, ei myöhemmin tarvitse tinkiä asumismukavuudesta eikä puhtaasta ja terveellisestä sisäilmasta, vaikka energian hinta nousikin.

Rakennusten energiatehokkuuden paraneminen pienentää paitsi energialaskua niin myös raaka-aineiden kulutusta, hiilidioksidipäästöjä ja muita haitallisia päästöjä. Kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen pyritään ympäristöministeriön uusilla (voimassa 1.10.2003 alkaen) rakennusten energiamääräyksillä (Suomen RakMK C3, C4 & D2 2002). Niillä vähennetään noin 30 % uusien rakennusten energiankulutusta nykytasoon verrattuna. Lisäksi tuleva EU:n direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta edellyttää nykyistä pienempää energiankulutusta (Direktiivi 2001). Direktiivi tuo energiatehokkuuden parantamispainetta myös olemassa oleviin rakennuksiin.

Tulevaisuutta ajattelevan pientalon rakentajan kannattaa rakentaa matalaenergiatalo (kuva 2). Uudella matalaenergiäharkolla myös kivirakenteisen talon rakentaja voi siirtyä energiatehokkaampaan aikakauteen (kuva 3). (Laine et al 2002)



Kuva 2. Vuonna 2000 voimassa olleiden rakentamismääräysten mukaan rakennetun normipientalon tilojen lämmitysenergiakulutus on 160 kWh/krs-m². Uusien määräysten (voimassa 1.10.2003 alkaen) mukaisesti rakennetun normipientalon lämmitysenergiakulutus on noin 100 - 120 kWh/krs-m². Matalaenergiäharkkotalon ostettavan tilojen lämmitysenergian tarve on 60 kWh/krs-m² (energialuokka B) tai 40 kWh/krs-m² (energialuokka A) ratkaisumallista riippuen.



Kuva 3. Jos vuonna 2000 olisi siirrytty rakentamaan ainoastaan energiatehokkuudeltaan matalaenergiatalon tasoisia asuinrakennuksia, niin kaikkien asuinrakennusten, uusien ja vanhojen, yhteenlaskettu lämmitysenergiakulutus olisi lähtenyt alenemaan. Nykyisin kulutus nousee hitaasti, mutta varmasti.

2. Matalaenergiatotalo

Matalaenergiatalon lämmittämiseen kuluu energiaa alle puolet tavanomaiseen taloon verrattuna. Rakennuksen energiankulutusta voidaan pienentää lämmitystavasta tai energiantuotantotavasta riippumatta.

Matalaenergiatotalossa käytettyjä yksinkertaisia matalaenergiaratkaisuja ovat nykyistä parempi ulkoseinien, alapohjan, yläpohjan, ovien ja ikkunoiden lämmöneristys sekä ilmanpitävyys ja ilmanvaihdon energian lämmöntalteenotto. Lisäksi huolellisella rakentamisella vältetään rakenteiden lämpövuodot ja kylmäsillat. Samalla saadaan aikaan hyvä ääneneristävyys.

Koska matalaenergiatotalossa lämmitysenergian tarve on pieni, voidaan lämmitysjärjestelmää yksinkertaistaa ja siten lisätä laitteiden toimintavarmuutta. Esimerkiksi lämmityspatterit voidaan jättää pois ikkunoiden alta. Ikkunavettoa ei synny, koska ikkunapintojen lämpötila on lähes sama kuin huonelämpötila.

Seuraavalla sivulla matalaenergiarakentamisen tietoruutu sinulle, joka mietit, että miksi rakentaisiin matalaenergiatalon ja miksi rakentaisiin matalaenergiatalon harkoista.

MATALAENERGIARAKENTAMISEN TIETORUUTU

Onko matalaenergiaharkkotalo turvallinen ja terveellinen talo ?

Onko siinä hyvä sisäilmasto ?

Energiansäästö on syyppää hometaloihin ?

Koneellinen ilmanvaihto vie paljon sähköä ja aiheuttaa melua ?

Miksei talossa ole painovoimaista ilmanvaihtoa ?

Liika eristäminen aiheuttaa kosteusvaurioita ?

Tuleeko talosta tule liian tiivis ?

Matalaenergiaharkkotalo on lämmin ja vedoton talo alusta lähtien

- lattiat, seinät, nurkat ja ikkunat ovat viihtyisän lämpimiä
- nurkissa ja liitoksissa ei ole vetoa ja mahdollisia kosteusongelmia aiheuttavia ilmapuotoja
- raitista ilmaa ei oteta suoraan venttiilien kautta ulkoa kylmänä sisään meluineen ja pölyineen vaan sisään tuotu ulkoilma suodatetaan puhtaaksi ja lämmitetään vedottomaksi

Matalaenergiaharkkotalossa on puhdas sisäilma

- äänetön, vedoton ja tarpeen mukaan säädettävä ilmavaihto tarjoaa raikkaan sisäilman kelillä kuin kelillä ja kaikkina kellonaikoina
- oikein suunniteltu ja toteutettu ilmanvaihto kuluttaa vähän sähköä ja lämmitysenergiaa
- hyvä ilmanvaihtojärjestelmä on avain hyvään sisäilmastoon

Onko matalaenergiaharkkotalon tekniikka liian monimutkaista ?

Matalaenergiaharkkotalon tekniset ratkaisut ovat yksinkertaisia ja toimintavarmoja, tekniikkaa on helppo huoltaa

- ratkaisut on todettu toimiviksi useissa koerakentamiskohteissa

Hyvällä suunnittelulla matalaenergiaharkkotalon pieni energiankulutus voidaan muuttaa yksinkertaisiksi teknisiksi ratkaisuisiksi

- rakentamisvaiheessa on helppo ja halpa tehdä talosta energiatehokas
- lämmitysjärjestelmä yksinkertaistuu, lisää toimintavarmuutta ja kustannustehokkuutta
- takan hyötykäyttö helpottuu
- harkkotalon kivirakenteet toimivat lämmön varastoina ja sisälämpötilan vaihtelun tasaajina esimerkiksi kesähelteillä
- matalaenergiatalo voidaan lämmitellä tulevaisuudessa millä tahansa energiamuodolla edullisesti (pienet tehot ja energiankulutus)

Onko matalaenergiaharkkotalo liian kallis meille ?

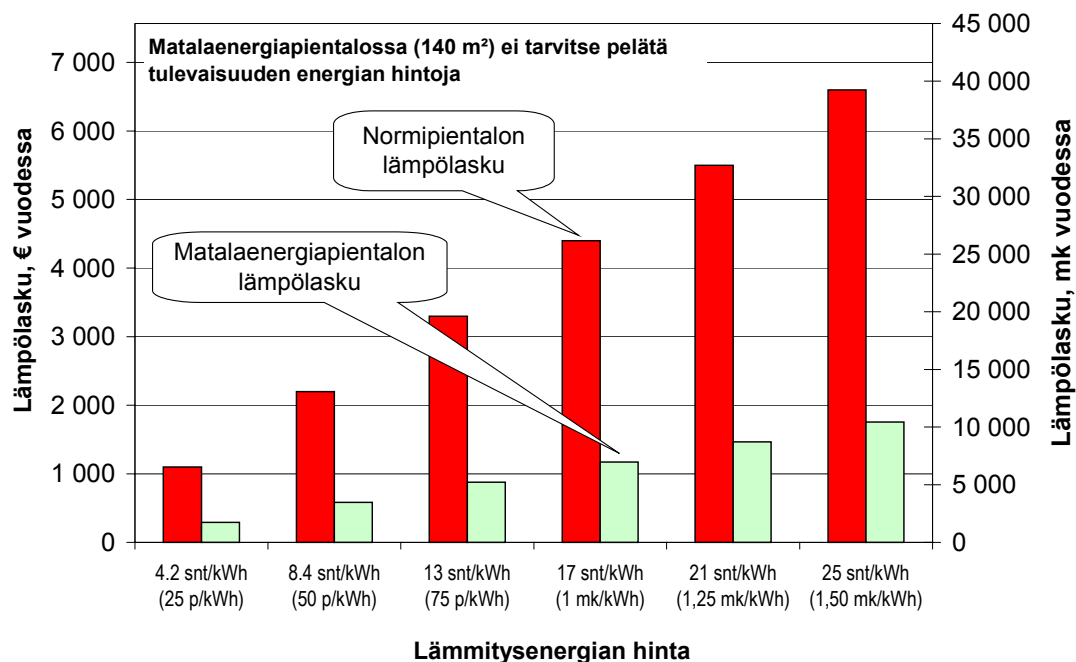
Maksaako energiansäästö koskaan itseään takaisin ?

Mitä matalaenergiatalon rakentaminen maksaa

- energiatehokkuuden parantaminen on edullisinta rakentamisvaiheessa
- rakentamisvaiheessa tehdään paljon päätöksiä taloudellisin perustein (rakennusmateriaalit, lattian pinnat, kaapistot, kodinkoneet tms.)
- ei ole kuitenkaan samantekevää mihin rahansa rakentamisvaiheessa pistää
- pääsääntö on, että pitkäikäiset ja vaikeasti korjattavat tai uusittavat asiat pitää tehdä mahdollisimman hyvin (myös piiloon jäävät rakennusosat)
- helposti uusittavissa tai pintaremontoitavissa kohteissa voi helposti säästää kustannuksia rakentamisvaiheessa
- merkittävä osa rakennuskustannuksista on työkustannuksia, kannattaa harkita muutamaan kertaan, kannattaako energiatehokkaista ratkaisuista edes tinkiä
- käyttökustannukset pienenevät
- energian hinta nousee tulevaisuudessa (kuva 4), energiaverot kiristyvät, uusiutuvien energialähteiden käyttö lisääntyy ja se nostaa energian hintaa

Onko matalaenergiaharkkotalo turvallinen hankinta meille ?

- jälleenmyyntiarvo säilyy, turvallinen ja kannattava sijoitus, myös tulevaisuudessa (perusrakenteet säilyvät energiatehokkaina, pinnat on helppo remontoida)
- tulevaisuudessa on näköpiirissä paineita rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi. Haluatko jättää ne kustannukset lapsillesi ?



Kuva 4. Normipientalon ja matalaenergiapientalon lämpölasku eri energianhinnoilla. Matalaenergiapientalon rakentajan ei tarvitse varautua ylliraskailla "muunneltavilla" lämmitysratkaisuilla mahdollisiin hinnanmuutoksiin eri lämmönlähteiden välillä tulevaisuudessa. Eri energiamuotojen saatavuus, tariffipolitiikka ja järjestelmäinvestoinnit vaikuttavat eniten matalaenergiatalon lämmönlähteen valintaan. Lämmitysenergian hintaeroilla sinne tai tänne rakentamisvaiheessa ei ole mitään käytännön merkitystä matalaenergiatalossa. Esimerkiksi sähkölämpö ja kaukolämpö ovat molemmat matalaenergiataloon sopivia ja koerakentamiskohteissa toimiviksi havaittuja ratkaisuja.

3. Terveellinen sisäilmasto

Pienentyneen energiankulutuksen lisäksi matalaenergiatalo tarjoaa korkealuokkaisen sisäilmaston, mikä tarkoittaa raikasta ja puhdasta ilmaa, sopivia lämpötiloja, vedottomuutta ja meluttomuutta. Matalaenergiatalossa ulkomelun ääneneristys on luonnostaan erittäin hyvä. Hyvä sisäilmasto perustuu hallittuun koneelliseen ilmanvaihtoon, hyvään ilmansuodatukseen, hyvin lämmöneristettyihin ja tuulenpitäviin rakenteisiin sekä puh-taisiin materiaaleihin. Lisäksi hyvä sisäilmasto varmistetaan huolellisella suunnittelulla ja rakentamisella. Matalaenergiarahkkoalossa käytettyjen rakenneratkaisujen ja teknisten järjestelmien turvallisuus ja toimivuus on varmennettu useissa koerakentamistutkimuksissa.

3.1 Ilmanvaihto on tärkein

Ilmanvaihto on toteutettu hallitulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä, jossa on poistoilman lämmöntalteenotto-laite. Lämmöntalteenotossa talosta ulospuhallet-tavan ilman lämpö otetaan talteen ja sillä lämmitetään sisäänotettavaa kylmää ulkoilmaa ilmaiseksi. Näin ilmaa voidaan vaihtaa energiataloudellisesti. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltu ja toteutettu niin, että sen sähkönkulutus on mahdollisimman alhainen.

Hallitussa ilmanvaihdossa olohuoneeseen ja makuuhuoneisiin puhalletaan talvella esi-lämmitettyä ja kesällä yöaikaan viileää suodatettua ulkoilmaa vedottomasti ja melutto-masti. Vastaavasti ilmaa poistetaan keittiöstä, pesutiloista, WC:stä ja vaatehuoneesta. Ilmanvaihto on asukkaan säädettävissä. Eri tilanteissa (ruoanlaitto, pyykinpesu, sauno-minen, vieraat, poissaolo) voidaan käyttää normaalia suurempaa tai pienempää ilman-vaihtoa tarpeen mukaan.

Tehokkailla ilmansuodattimilla ulkoa otettavasta ilmasta poistetaan epäpuhtaudet (mm. siitepölyt), jotta sisäilmaa on helppo hengittää. Suodatuksen ansiosta myös ilmanvaihto-laitteisto pysyy puhtana ja turvallisena. Oikealla mitoituksella ja tehokkaalla äänenvai-mennuksella ilmanvaihtojärjestelmästä on saatu käytännössä äänetön.

3.2 Sisäilmaston voi suunnitella etukäteen

Matalaenergiarahkkoaloston sisäilmasto on suunniteltu hyväksi ja toteutetaan laadukkaas-ti. Sisäilmaston osalta tavoitearvot ovat sisäilmastoluokitus 2000 mukaista hyvää tasoa (S1 - S2) (LVI 05-10318 2001). Tutkitusti turvallinen sisäilma toteutetaan seuraavilla kei-noilla:

- valitaan hallittu ilmanvaihto (=koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä)

- rakennetaan huolellisesti (esim. ilmakehän pesu ja puhtaana pitäminen rakentamisen aikana)
- huolehditaan ilmakehän riittävästä lämmön- ja kosteudeneristämisestä
- estetään kosteusvauriot ja homeongelmat
- suunnitellaan sisäilmasta vedoton, meluton ja puhdas
- mahdollistetaan tarpeenmukainen käyttö, yksilöllisesti tarpeiden mukaan säädettävä lämpötila ja ilmanvaihto

3.3 Puhtaiden ja kestävien pintamateriaalien valinta

Pintamateriaalien valinnassa tärkeimpiä ominaisuuksia ovat:

- käytön aikaiset epäpuhtauspäästöt ja niiden sisäilmastovaikutukset
 - materiaalien epäpuhtauspäästöt eivät saa johtaa ilmanvaihdon tehostamistarpeeseen ja sitä kautta energiankulutuksen kasvuun
- kestävyys
- päästöt valmistuksen aikana

4. Suunnittele ennen rakentamista

Talo pitää suunnitella paitsi tarpeiden mukaan niin myös tontin mukaan. Suunnittelu- vaiheessa lyödään lukkoon noin 90 % lopullisista rakennuskustannuksista.

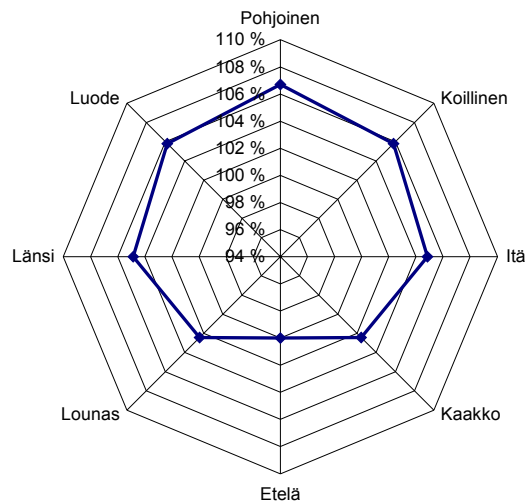
4.1 Talon sijainti tontilla

Hyvä tontti toimii kesällä ja talvella. Parasta on, jos talon voi rakentaa mahdollisimman vähällä louhinta- ja maansiirtotyöllä. Pihan ja suojaisen julkisivun suuntaus tulisi olla etelä-länsisuuntaan, jos mielihän nauttia iltapäiväauringosta ja kukoistavasta puutarhasta. Itäpuolella nautitaan aamuauringosta. Talvella hanget hohtavat valoa myös pohjoisesta. Tiiviisti kaavoitetuilla alueilla talon sijoittamiselle ja suuntaamiselle on rajoituksia. Joskus maisemat voivat määrätä talon sijainnin ja suuntauksen. Myös naapuritalojen ja tieliittymän sijainti voivat vaikuttaa talon paikan ja suuntauksen valintaan. Pintavesien ja pohjavesien poisjohtamisen kannalta tontin korkein kohta on yleensä paras rakennuspaikka.

Talon ja aputilojen sijoittaminen tontille vaikuttaa välittömästi rakentamisen energiankulutukseen ja kustannuksiin. Näitä ovat muun muassa mahdolliset louhinta- ja maansiirtotarpeet. Näiden lisäksi sijainnin valinnalla lyödään lukkoon jatkorakentamisen reunaehdot ja siten vaikutetaan tuleviin ratkaisuihin, mm. putkireitityksiin. Samalla saateen aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia.

Hyvään lopputulokseen pyrittäessä kannattaa seuraavat asiat panna korvan taakse:

- otetaan huomioon saastelähteiden sijainti (tiet, pysäköinti) ja ulkoilman sisäänotto- paikat
- pyritään minimoimaan ulkomelun haitat
- pyritään välttämään tarpeetonta louhintaa (louhittuun kallioperään ja kaivettuun sora- maastoon liittyy aina radonriski)
- huolehditaan perustusten lämpö-, routa- ja kosteuseristyksestä sekä salaojituksesta
- suunnitellaan sadevesien johtaminen tontilla ja mahdollisuudet vesien hyödyntämi- seen
- tutkitaan, voidaanko kesäaikaisen yllämmön vähentämiseksi jättää varjostavaa puus- toa tontille (lehti- ja havupuuta etelässä ylhäältä tulevaa, idässä ja lännessä matalalta tulevaa auringon säteilyä vastaan)
- ulkopuoliset energia- ja vesiliitynnät tehdään lyhyiksi ja yksinkertaisiksi
- rakennetaan mahdollisuuksien mukaan kellaritiloja (maan alle voidaan rakentaa ener- giataloudellista lisätilaa)
- tehdään riittävän suuret kylmät tai puolilämpimät varastotilat (kylmää varastotilaa esimerkiksi polkupyörille, jotka eivät tarvitse lämpöä talvella)
- rakennusten suuntauksella voidaan vaikuttaa päivänvalon hyödyntämiseen ja lämmi- tysenergiankulutukseen (kuva 5)
 - rakennuksissa suuntauksella voidaan vaikuttaa myös kesäajan yllämpöön ja jääh- dytystarpeeseen
 - pihasuunnittelu, valoisuus ja näköala ovat usein ahtailla tonteilla käytännössä ener- giatehokasta suuntausta tärkeämpiä tekijöitä

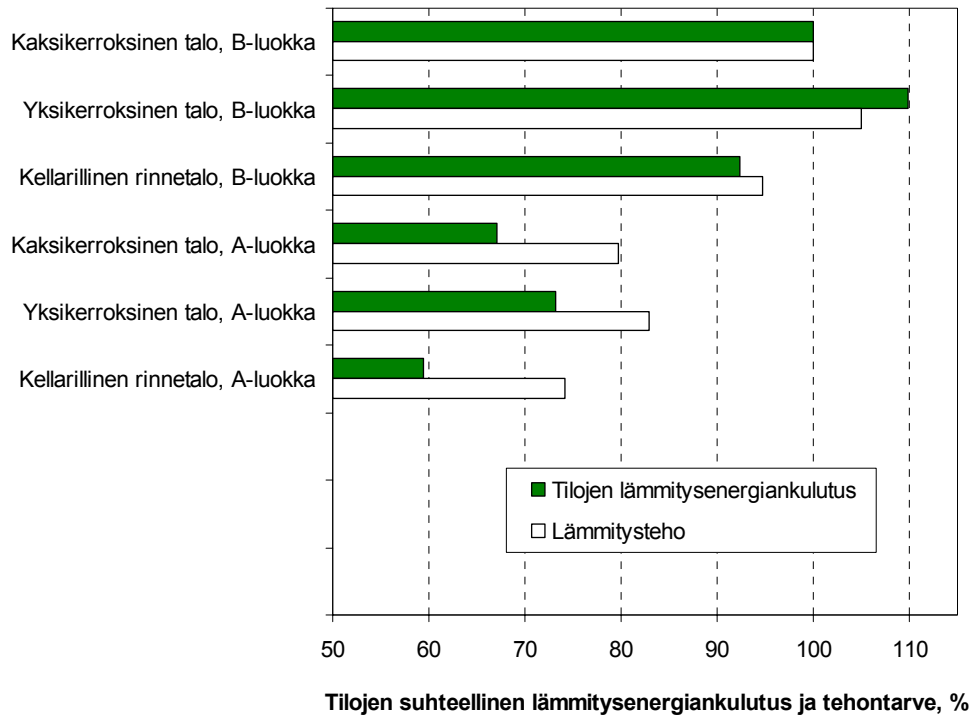


Kuva 5. Matalaenergiaharkkotalon suuntaamisen vaikutus tilojen lämmitysenergiankulutukseen. Perustilanteessa (100 %) pääilmansuunta on etelään ja eteläikkunoiden osuus on 40 % ikkunoista. Ikkunoiden kautta tuleva auringon lämpö vähenee hieman käännettäessä taloa muihin ilmansuuntiin. Suuntauksella ei ole vaikutusta lämmityksen mitoitustehontarpeeseen.

4.2 Toimivat tilaratkaisut

Talon ulkomuodolla voidaan vaikuttaa rakennuksen ulkovaipan pinta-alan ja kerrosalan suhteeseen. Toisaalta tilaratkaisuista ja huonejärjestyksestä riippuu, kuinka hajautettua tai keskitettyä tekniikka on ja minkälaisiksi talotekniikan reititykset tulevat. Kuvassa 6 esitetään harkkotalon ulkomuodon ja talotyypin vaikutus tilojen lämmitysenergiankulutukseen. Perusratkaisuna on B-energialuokan kaksikerroksinen harkkotalo.

Yleensä rakennukselle kannattaa valita suhteellisen yksinkertainen *ulkomuoto*, jossa on mahdollisimman vähän kulmia ja nurkkia. Esimerkiksi rakennuksen kulman sisäänvetäminen pienentää asuinpinta-alaa, mutta lisää yleensä lämmitysenergiankulutusta. Samoin tilojen kalustettavuus ja käyttökelpoisuus yleensä heikkenevät. Rakennuksen kantavan ulkoseinän toiminnallisesti tarpeettomat kulmat ja nurkat lisäävät energiankulutusta ja rakennuskustannuksia. Pientalossa yhden nurkan lisähinta on 500 - 2 000 € ! Osaava arkkitehti osaa tehdä ulkomuodoltaan suhteellisen yksinkertaisenkin talon ilmeikkääksi, kauniiksi ja toimivaksi.



Kuva 6. A- ja B-energialuokan matalaenergiarahkotalon ulkomuodon laskennallinen vaikutus tilojen lämmitysenergiankulutukseen ja lämmitystehontarpeeseen. Eri vaihtoehdoissa pinta-ala ja rakennustilavuus on pidetty samana. Kellarillinen ratkaisu on energiataloudeltaan edullisin.

Rakennuksen rakenne- ja talotekniset ratkaisut pitäisi valita jo ennen arkkitehtisuunnittelua, jotta tila- ja reititystarpeet voidaan ottaa rakennusta suunniteltaessa huomioon. Jo luonnossuunnitteluvaiheessa tehdään ratkaisuja, jotka vaikuttavat koko rakennuksen elinkaareen. Seuraavassa luetellaan arkkitehtisuunnitteluun liittyviä asioita, joilla pystytään keskeisimmin vaikuttamaan rakennuskustannuksiin ja energiankulutukseen käytön aikana.

Tilaratkaisut pitää suunnitella tehokkaiksi ja tarkoituksenmukaisiksi:

- asukkaiden tarpeita ja toiveita vastaaviksi
- mahdollisimman vähän hukkaneliöitä
- pyritään tehokkaaseen tilankäyttöön, jolloin huoneistoalan ja rakennustilavuuden suhde tulee suureksi

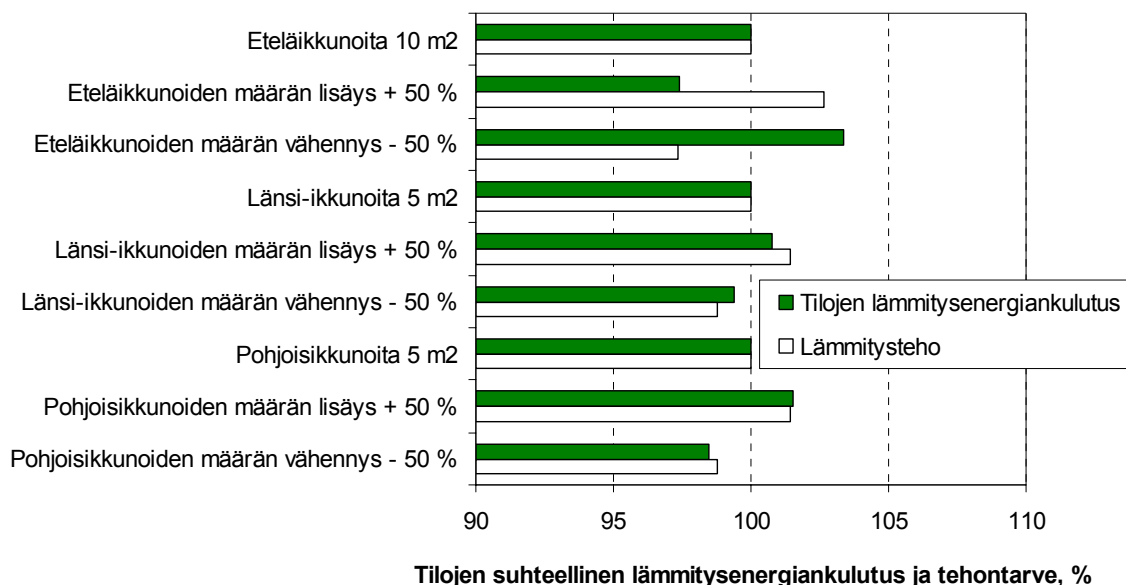
Energiatehokkuutta ja taloudellisuutta tukevat *pohjaratkaisut*:

- sijoitetaan varastot ja puolilämpimät tilat rakennuksen ulkopuolelle kiinni rakennuksen seiniin
- valitaan sisätiloiltaan muunneltava pohjaratkaisu
- keskitetään LVIS-järjestelmät huoneistossa yhteen paikkaan

- varataan jo suunnittelun ensivaiheessa riittävät tilat LVIS-järjestelmille ja talotekniikan reitityksille
- pyritään keskittämään rakennuksen kaikki vesi- ja viemäripisteet lähelle toisiaan
- pyritään välttämään märkätilojen sijoittamista kevytrakenteisten välipohjien päälle, jotta vältytään välipohjan vesieristysongelmilta
- minimoidaan vesikaton ja seinän liitokset sekä jiirien ja lävistysten määrä (vesikaton lävistys mieluiten harjan kohdalta)

Ikkunat

- Lämmitysenergiankulutusta pienennetään hyvin lämpöä eristävillä ikkunoilla. Tavanomaisten kolmilasisten ikkunoiden määrän lisääminen, vaikka ne sijoitettaisiin eteläseinälle, lisää Suomessa lämmitysenergiankulutusta. Matalaenergiatasoisten ikkunoiden lisääminen eteläseinälle ei välttämättä lisää lämmitysenergiankulutusta (kuva 7), mutta lämmitystehon tarvetta se lisää.
- Ikkunapintaa pyritään sijoittamaan mahdollisimman paljon etelään, kaakkoon tai lounaaseen kuitenkin niin, ettei ikkunoiden kokonaispinta-ala tämän vuoksi oleellisesti kasva (kuva 7). Valon saanti on turvattava myös muihin ilmansuuntiin avautuvissa tiloissa



Kuva 7. Tehokkaiden matalaenergiainkunnoiden määrän lisäämisen ja vähentämisen (ikkunoiden kokonaispinta-ala muuttuu) vaikutus suhteelliseen lämmitysenergiankulutukseen ja tehontarpeeseen on melko pieni (perustapauksessa 40 % ikkunoista on etelään ja ikkunan U-arvo on 0.7 W/m²K). Ikkunoiden määrä voidaan valita tarpeiden ja mieltymysten mukaan. Matalaenergiainkunnoiden lisääminen eteläseinälle jopa pienentää laskennallista lämmitysenergiankulutusta, mutta lisää tietysti lämmityksen tehontarvetta.

Lasikuistien, lasitettujen parvekkeiden ja lasiulkovaippon vaikutus energiankulutukseen ja sisäilmastoon:

- lasitettujen tilojen rakentamista tulisi perustella toiminnallisilla ja käytännöllisillä asioilla: saadaan tarkoituksenmukaista lisätilaa edullisemmin, voidaan rakentaa tilaa, joka ei kuulu rakennusoikeuteen, muotivirtaukset, jälleenmyyntiarvo nousee
- lasitettujen tilojen vaikutus energiansäästöön riippuu tilojen käytöstä
 - jos tila lämmitetään ostoenergialla tai avaamalla ovi sisältä lasitettuun tilaan, niin koko rakennuksen lämmitysenergiankulutus kasvaa: lämmitetty lasitettu tila on rakennuksen varsinainen energiasyöppö. Lasitilan ilman lämpötila määrää sen energiankulutuksen.
- energiansäästöä voi taas syntyä siitä, että lasikuori parantaa ulkoseinän lämmönläpäisykerrointa eli U-arvoa
 - säästö on korkeintaan muutamia prosentteja

4.3 Järkevä talotekniikka

Seuraavassa luetellaan LVIS-suunnittelun asioita, jotka vaikuttavat talotekniikan toteutukseen ja toimivuuteen:

- suunnitellaan LVIS-järjestelmien tilantarve ja sijainti
- sijoitetaan märkätilat, keittiö ja erillinen WC vierekkäin tai päällekkäin
- suunnitellaan tekniset tilat ja laitteiden sijaintipaikat
- suunnitellaan mahdollisimman lyhyet ja yksinkertaiset reititykset (vesijohdot, viemärit, ilmekanavistot ja sähköjohdot)
- suunnitellaan vesijohtojen ja viemärien reitit mielellään yhteen paikkaan rakennuksessa
- suunnitellaan taloteknisten järjestelmien esivalmistusaste
- sovitaan, kuka vastaa taloteknisten järjestelmien toiminnasta, jos ne koostuvat usean suunnittelijan, laitetoimittajan laitteista ja usean urakoitsijan (esimerkiksi putki, ilmanvaihto, sähkö, automaatio ja rakennus) työstä

5. Hyvien rakenteiden ominaisuudet

5.1 Matalaenergiatalon rakenteiden valinta

Matalaenergiatalossa kaikkien rakenteiden lämpöhäviöitä on pienennettävä. Tässä ohjeessa ei oteta kantaa rakenteiden lujuus- ja kestävyysominaisuuksiin. Seuraavassa käydään lyhyesti läpi matalaenergiatalon rakenteiden valintaan ja lämmöneristävyyteen sekä muutamiin muihin tärkeisiin ominaisuuksiin vaikuttavia asioita. Uusilla rakentamismääräyksillä tarkoitetaan 1.10.2003 voimaan tulevia rakennusten energiamääräyksiä (Suomen RakMK osat C3, C4 ja D2 2002).

5.1.1 Ulkoseinät

Uusien rakentamismääräysten mukaan ulkoseinien lämmönläpäisykerroin eli U-arvo saa olla korkeintaan $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, vastaten mineraalivillaisen lämmöneristeen paksuutta 170 mm. (aikaisemmin $0.28 \text{ W/m}^2\text{K}$, 150 mm). Matalaenergiaharkoista tehdyn seinän U-arvo on harkkotyypistä riippuen $0.15 - 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Matalaenergiaharkoista tehdyssä seinässä ei ole paikallisia lämpövuotoja eli kylmäsiltoja, koska kantavat seinärakenteet eivät kulje eristekerroksen läpi. Ulkoseinien sisäpinnat pysyvät lämpiminä kovillakin pakkasilla. Huoneilmassa oleva kosteus ei tiivisty ulkoseinään. Uusi matalaenergiaharkkorakenne toimii tutkimusten mukaan myös kosteusteknisesti hyvin.

5.1.2 Alapohja

Alapohjan lämmöneristystarve riippuu alapohjan rakenteesta. Ryömintätalallinen alapohja tuuletettu alapohja pitää eristää paremmin kuin maanvastainen alapohja, jos tavoitteena on sama lämpöhäviö. Lämmitetty lattiarakenne pitää eristää lämmittämättömpää paremmin. Tutkimusten mukaan lattialämmitystalossa alapohjan eristystä pitää lisätä 20 - 100 %, jotta lämpöhäviöt eivät kasvaisi. Maanvastainen alapohja eristetään yleensä EPS-eristeellä ("styrox"). Alapohjan eristeenä voidaan käyttää myös kevytsoraa.

Uusien rakentamismääräysten mukaan maanvastaisen alapohjan U-arvo saa olla korkeintaan $0.25 \text{ W/m}^2\text{K}$, ulkoilmaan rajoittuvan $0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ryömintätilaan rajoittuvan $0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$ (aikaisemmin maanvastainen $0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$ ja ulkoilmaan tai ryömintätilaan rajoittuva $0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$). Matalaenergiaharkkotalon maanvastaisen alapohjan U-arvo on ratkaisumallista riippuen $0.15 - 0.20 \text{ W/m}^2\text{K}$. Se vastaa EPS-eristeen paksuutta 200 ... 250 mm ja kevytsoraeristeen paksuutta 600 ... 800 mm. Hyvin eristetty lattia on lämmin ilman lattialämmitystäkin. Kevytsoraharkoista oikein tehdyt perustukset eivät aiheuta kylmäsiltoja tai ilmavuotoja. Maanvastaisten rakenteiden ilmatiiviys on oleellista etenkin radonalueilla. Maanvastaiset ulkoseinät eristetään aina ulkopuolelta, jotta ei seinään synny kosteusteknisiä ongelmia. Seinien eristystaso on sama kuin alapohjankin.

5.1.3 Yläpohja

Matalaenergiarahkottalon yläpohja voidaan tehdä betoni- tai kevytrakenteisena. Betonirakenteinen yläpohja eristetään yläpuolelta. Eristämiseen soveltuvat EPS-, polyuretaani-, levyvilla- ja puhallusvillaeristeet ja näiden yhdistelmät. Raskasrakenteinen yläpohja eristää hyvin ulkomelua.

Kevytrakenteinen yläpohja voidaan eristää ja tiivistää esimerkiksi polyuretaanilla. Yläpohjan ja ulkoseinän liittymä on suunniteltava hyvin. Kaikissa yläpohjaratkaisut voidaan toteuttaa niin, että ulkoseinän ja yläpohjan liitos on ilmatiivis. Lisäksi yläpohjan lävistyksiä tulee mahdollisuuksien mukaan välttää. Lävistysten ilmatiiviuden varmistaminen on kokemusten mukaan erittäin hankalaa. Lävistykset suunnitellaan huolellisesti ja niihin käytetään tehdasvalmisteisia lävistyskappaleita.

Uusien rakentamismääräysten mukaan yläpohjan U-arvo saa olla korkeintaan 0.16 W/m²K (aikaisemmin 0.22 W/m²K). Matalaenergiarahkottalon yläpohjan U-arvo on ratkaisumallista riippuen 0.10 - 0.15 W/m²K. Se vastaa polyuretaanieristeen paksuutta 200 ... 250 mm ja puhallusvillaeristeen paksuutta 400 ... 600 mm. Jos eristämiseen käytetään puhallusvillaa, sen painuminen on otettava huomioon. Rakenteellisesti ja tuuliohjaimia käyttämällä varmistetaan, ettei tuuli pääse puhaltamaan villaa pois paikaltaan.

5.1.4 Ikkunat

Ikkunat ovat rakennuksen ulkovaipan heikoimmin lämpöä eristäviä rakennusosia. Ikkunoiden valintaa ei kuitenkaan pidä tehdä vain yhden ominaisuuden perusteella. Ikkunoiden valinnassa energiatekniikan kannalta tärkeitä ominaisuuksia ovat rakenteen ilmanpitävyys, lämmöneristävyys ja sisäpinnan pintalämpötila, valon läpäisy, auringon säteilyn läpäisy eli auringonsuojausominaisuudet, ikkunan koko ja ruudutus, karmin syvyys, karmin ja puitteiden lämpötekniinen rakenne sekä niiden osuus ikkuna-aukon pinta-alasta. Muita ikkunan ominaisuuksia ovat säänkestävyys, ääneneristävyys, avattavuus, hinta, lasien väri, karmien ja puitteiden materiaali.

Lämmöneristävyydeltään hyvä ikkunaratkaisu on kahdesta umpiolasielementistä koostuva ikkuna. Molemmissa elementeissä on selektiivipinnoite ja lasivälissä argonkaasu. Lasiosan U-arvo on tällaisessa ratkaisussa 0.6 - 0.8 W/m²K.

Koska perinteisen puukarmin ja puitteiden U-arvo on noin 1.4 W/m²K, matalaenergiakikkunassa myös näiden osien lämmöneristävyyttä pitää parantaa. Puite- ja karmiosien osuus ikkuna-aukon pinta-alasta on tyypillisesti 30 %, pienissä ikkunoissa jopa enemmän. Keinoja ovat puite- ja karmiosien minimointi ja rakenteen eristäminen. Suuriruutuiset ikkunat ovat energiataloudeltaan (kuva 8) ja valonsaannin kannalta parempia kuin pieniruutuiset. Erillisiä tuuletusikkunoita tai -luukkuja ei tarvita, koska matalaenergiak-

talossa on hallittu tulo- ja poistoilmanvaihto. Muutama helposti avattava tavallinen ikkuna on parempi ratkaisu.

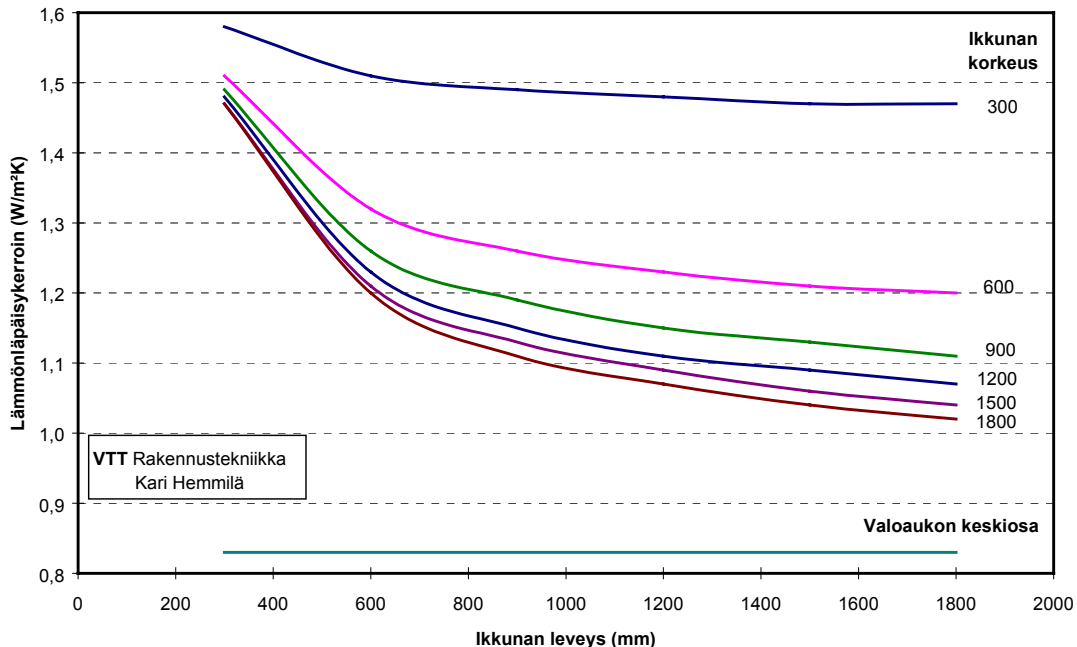
Uusien rakentamismääräysten mukaan ikkunan U-arvo saa olla korkeintaan 1.4 W/m²K (aikaisemmin 2.1 W/m²K).

Oviratkaisuihin pätee pääosin samat säännöt kuin ikkunoihinkin. Ovien lämmönläpäisykerroin on 0.4 - 0.7 W/m²K. Oven tulee kestää käyttöä sekä säilyttää muotonsa eri vuodenaikoina ja pysyä käytössä ilmanpitävänä.

Uusien rakentamismääräysten mukaan ovien U-arvo saa olla korkeintaan 1.4 W/m²K (aikaisemmin 0.7 W/m²K).

5.1.5 Auringonsuojat

Kesäaikainen auringonsuojaus pitää suunnitella. Puutteellinen aurinkosuojaus johtaa epämiellyttävän korkeisiin sisälämpötiloihin. Hallitsematon yllämpö lisää koneellisen jäähdytyksen tarvetta ja lisää merkittävästi sähköenergiankulutusta. Suunnitteluvaiheessa voidaan vaikuttaa rakenteelliseen auringonsuojaukseen, joita ovat reilunkokoiset räystät, parvekkeet, varsinaiset aurinkosuojat (sälekaihtimet, lipat ja markiisit) tai auringonsuojaikkunat (heijastavat tai absorboivat ulkolasit).

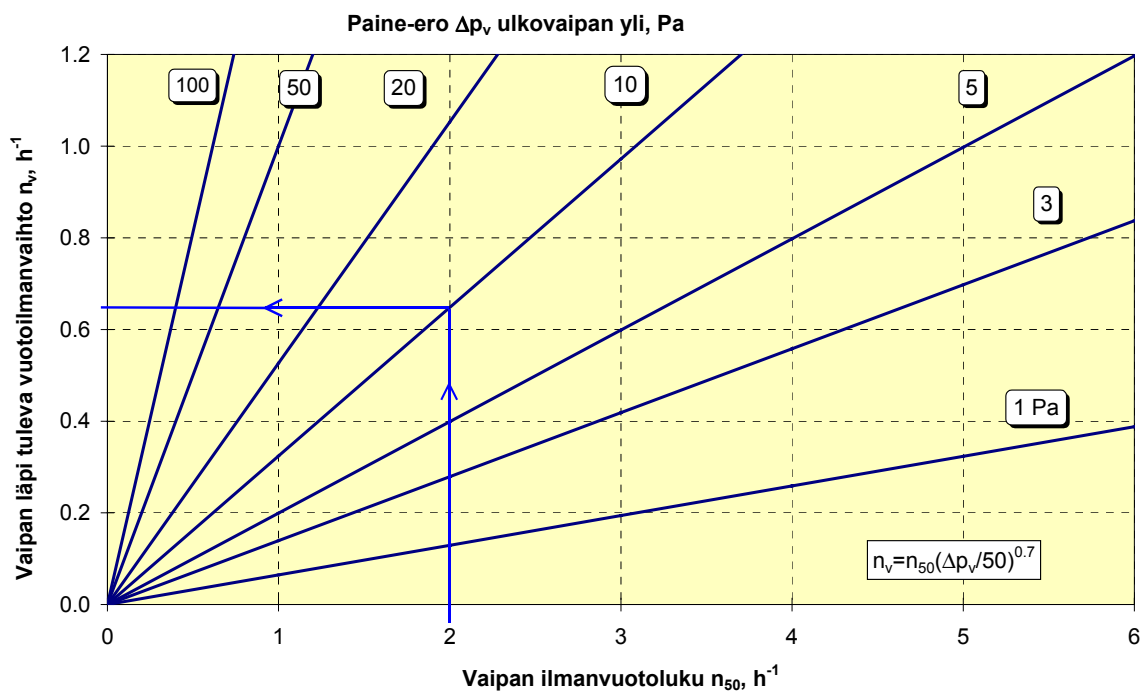


Kuva 8. Matalaenergiatalossa kannattaa käyttää mahdollisimman suuriruutuisia ikkunoita. Kuvassa esitetään erään kaupallisen matalaenergiakikunan laskennallisia U-arvoja (Hemmilä 1999). Kuvan mukaan pieniruutuisten ikkunoiden lämmönläpäisykerroimet (U-arvot) ovat huomattavasti suurempia kuin suuriruutuisten.

5.2 Rakenteiden ilmanpitävyys

Taulukossa 1 on rakenteiden ilmanpitävyyttä kuvaavan ilmanvuotoluvun tavoitearvoja. Ilmanpitävyys ei ole itseisarvo, mutta se vaikuttaa viihtyisyyteen, lämmitysenergiankulutukseen sekä ilmanvaihdon ja rakennuksen paine-erojen hallintaan ja ilmankosteu- den kulkeutumiseen rakenteisiin. Hyvä ilmanpitävyys estää tuulen puhaltamasta raken- teiden läpi.

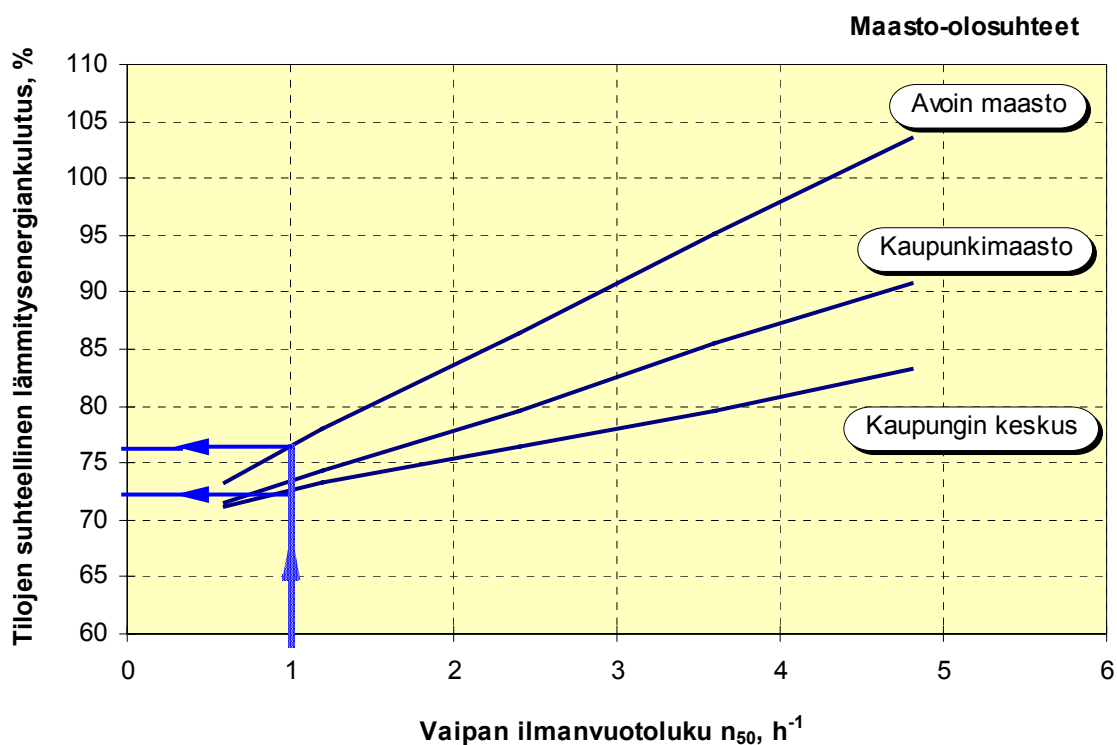
Kuvassa 9 esitetään, miten talon ulkovaipan ilmanvuotoluku vaikuttaa talon alipainei- suuteen ja sisään tulevaan vuotoilmavirtaan. Mitä hatarampi rakennus on, sen vaikeampi vuotoilmavirtoja ja paine-eroja on hallita, vaikka kyseessä olisi koneellinen poistoil- manvaihtojärjestelmä. Kuvassa 10 esitetään, miten maasto-olosuhteet ja ilmanvuotoluku vaikuttavat tilojen lämmitysenergiankulutukseen. Kun ilmanpitävyys on hyvä, ei maas- to-olosuhteilla ole enää ratkaisevaa merkitystä rakennuksen energiankulutuksen kan- nalta. Toisaalta avoimella paikalla olevien hatarien talojen ilmanvaihdon energiankulu- tusta ei voida oleellisesti pienentää ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla.



Kuva 9. Talon ulkovaipan (rakenteiden) läpi tuleva vuotoilmanvaihto riippuu vaipan yli vaikuttavasta paine-erosta ja rakennuksen ilmanvuotoluvusta. Jos vaipan ilmanvuotoluku on $2 h^{-1}$ ja alipaine sisällä on $10 Pa$, niin rakenteiden läpi tulee $0.65 h^{-1}$ vuotoilmanvaihto. Vuotoilmanvaihto on suurempi kuin vaadittu vähimmäisilmanvaihto $0.5 h^{-1}$ eli rakennuksen ilman tulee vaihtua vähintään kerran kahdessa tunnissa. (Pallari et al 1995)

Taulukko 1. Rakennuksen ulkovaipan ilmanvuotoluvun tavoitearvoja. Ilmanvuotoluku (h^{-1}) on vuotoilmavirta (m^3/h) 50 Pa:n koepaineella ilmatilavuutta (m^3) kohti laskettuna. Jo rakennetuissa matalaenergiapientaloista mitatut ilmanvuotoluvut ovat olleet 0.8 - 1.6 h^{-1} .

Rakenneosa	Ulkovaipan ilmanvuotoluku n_{50} , h^{-1}	
	Vertailuarvoja	Matalaenergiaharkkotalo, tavoite
Ulkovaippa, yhteensä	Hatara yli 5 Normaali 3 - 4 Hyvä 1 - 2	alle 1



Kuva 10. Asuinrakennuksen tilojen lämmitysenergiankulutus riippuu maasto-olosuhteista ja rakennuksen ilmanvuotoluvusta. Ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla (hyötysuhde 65 %). Vertailukohdiana (energiankulutus on 100 %) on tiiviin talon poistoilmanvaihtojärjestelmä ilman lämmöntalteenottoa. Kun vaipan ilmanvuotoluku on alle 1 h^{-1} , ei maasto-olosuhteilla ole enää ratkaisevaa merkitystä energiankulutuksen kannalta. Painovoimaisen ilmanvaihdon tapauksessa tilojen suhteellinen lämmitysenergiankulutus on 100 - 120 %. (Pallari et al 1995)

6. Matalaenergiatalon lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän tai lämmönlähteen valinnassa ei kannata ensisijaisesti vertailla eri lämmönlähteiden ekologisuutta tai varautua kalliisti lämmönlähteen muuttamiseen. Pitkällä aikavälillä maksajan ja ympäristön kannalta on parasta, että lämmöntarve on lämmönlähteestä riippumatta mahdollisimman pieni. Kun talon lämmöntarve on pieni, kovin monimutkaisia ja kalliita lämmöntuottoratkaisuja ei kannata rakentaa. Koska rakennukset liitetään aina sähköverkkoon, pitää erityisesti harkita, kannattaako pientä lämmöntarvetta varten valita muuta ulkoista energialähdettä kuin sähkö. Tähän vaikuttaa lähinnä eri energialaitosten tariffipolitiikka.

Matalaenergiatalo tarvitsee vain vähän lämmitystehoa. Tehontarve on kovimmillakin pakkasilla vain 15 - 25 W/m². Talvikuukausina tarvitaan keskimäärin vain noin 5 W/m² lämmitysteho. Sen tuottamiseen ei kovin monimutkaista lämmitysjärjestelmää ole järkevää rakentaa. Esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmä (kuva 11) riittää lämmön jakamiseen huoneisiin. Yhdistämällä lämmöntalteenotolla varustettuun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään huonelämmitys lämmittävällä tuloilmalaitteella saadaan yksinkertainen, edullinen ja tehokkaasti säädettävä lämmitysjärjestelmä.

Ilmanvaihtolämmitystä on tutkittu käytännössä useissa koerakennuksissa. Tutkimustulosten mukaan asukkaat olivat tyytyväisiä sisäilman puhtauteen, ilmanvaihtolämmitysjärjestelmät toimivat hyvin ja lämmitysenergiaa kului jopa 70 % vähemmän kuin tavanomaisissa taloissa.

Seuraavassa esitetään lämmöntuottojärjestelmän valintaan liittyviä asioita:

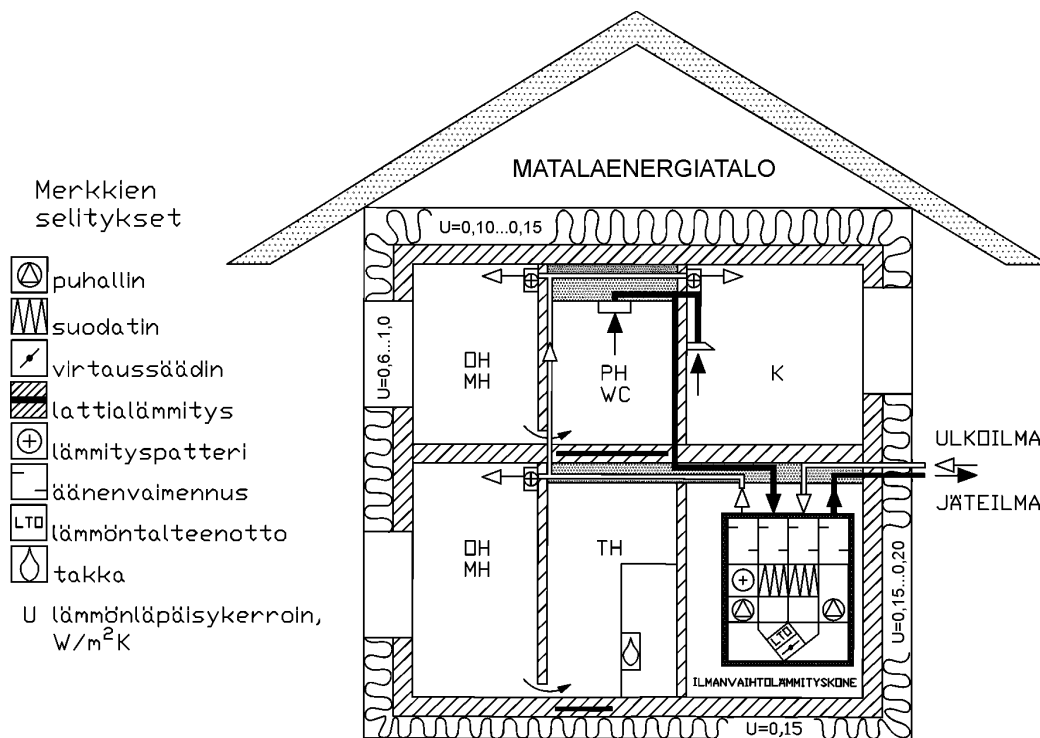
- lämpö voidaan tuottaa
 - kaukolämmöllä
 - öljyllä/kaasulla
 - sähköllä (yösähkön hyödyntäminen)
 - puulla
 - hyödyntämällä lämpökuormat lämmityksessä
- pienentynyttä energiankulutusta ja tehontarvetta hyödyntävä ja yksinkertaistettu lämmöntuottojärjestelmä
- matalalämpötilajärjestelmä ja/tai korkealämpötilajärjestelmä
- lämpöhäviöiden minimointi putkistojen nykyistä paremmalla lämpöeristyksellä

Lämpöä voidaan varastoida aktiivisesti ja passiivisesti. Seuraavassa esitetään käytännössä toteuttamiskelpoiset varastointiratkaisut:

- tilojen lämmitysenergian ja lämpökuormien vuorokausivarastointi rakenteisiin
- lämpimän käyttöveden vuorokausivarastointi hyvin lämmöneristettyyn vesivaraajaan

Lämmönjakojärjestelmän valinnassa ja suunnittelussa on otettava huomioon lämmöntuottojärjestelmän vaatimukset. Seuraavassa on lueteltu ohjeita ja esimerkkejä vähän energiaa kuluttavan talon lämmönjaon toteuttamiseksi:

- pientä energiankulutusta ja tehontarvetta hyödyntävä ja yksinkertaistettu järjestelmä
- lämpö voidaan jakaa huoneisiin ilmanvaihtoilman mukana (ilmanvaihto tarvitaan aina)
- yksinkertaistettu lattialämmitys (paluuvesikierukka, harva putkitus koko lattiassa, varaava sähkökaapeli)
- lattialämmitys märkätiloissa (toiminnassa myös kesällä)
- suunnitellaan lämmönjaon toiminta, lasketaan esisäädetyt vesivirrat/ilmavirrat/paineerot ja esitetään ne suunnitelmissa
- kiertopumppujen paineiden minimointi/säätö/mitoitus
- sähkölaitteilla pieni ominaissähköteho

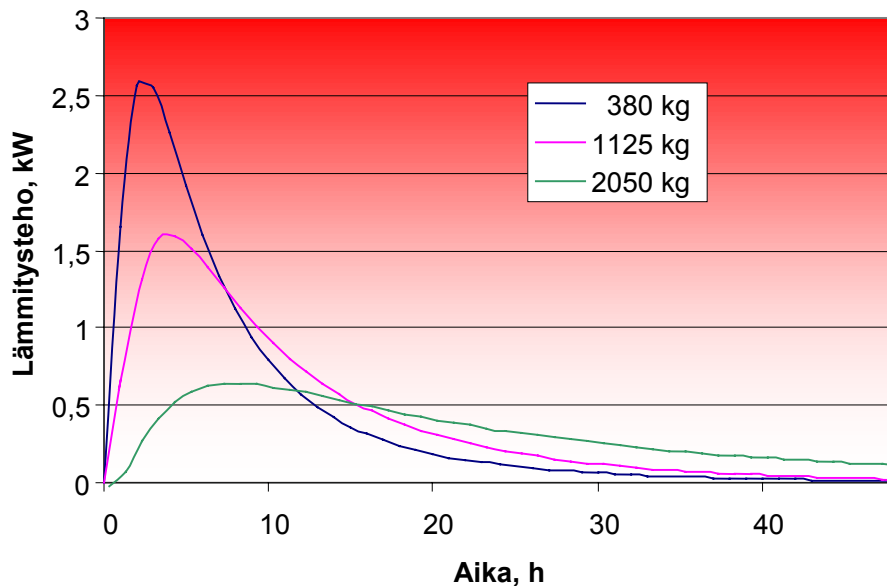


Kuva 11. Ilmanvaihtolämmitysjärjestelmän periaatekuva.

7. Tulisija matalaenergiatalossa

Matalaenergiatalon lämmitystarve on talvellakin pieni, joten tulisijan tulisi luovuttaa lämpöä hitaasti ja pitkään pienellä teholla (kuva 12). Varaavassa uunissa tulee olla riittävän paljon lämpöä varaavaa massaa ja alhainen pintalämpötila. Pintalämpötilan alentaminen voidaan toteuttaa kuorirakenteilla tai muilla lämmönsiirtoa hidastavilla rakenneratkaisuilla. Kevyt tulisija saattaa antaa matalaenergiataloon liian suuren hetkellisen lämpötehon, joka nostaa sisälämpötilan tarpeettoman korkeaksi.

Oikein mitoittettua varaavaa tulisijaa voidaan käyttää matalaenergiatalon lämmittämiseen. Tutkimustulosten mukaan varaavalla uunilla voidaan tuottaa pienellä vaivalla jopa 40 % matalaenergiatalon lämmitysenergiasta (Laine & Saari 1998). Kuukausittain uunilla tuotettiin 300 - 500 kWh lämmitysenergiaa. Tulisijaa lämmitettiin talvella 15 - 20 kertaa kuukaudessa. Tyypillisesti poltettiin 5 - 10 kg puuta kerralla eli yhdestä kahteen pesällistä. Uunin pintalämpötila oli alle 40 °C. Huoneilman lämpötila pysyi lämmityksen aikana hyvin hallinnassa. Lämpötila nousi lämmityksen aikana vain 1 - 2 °C.

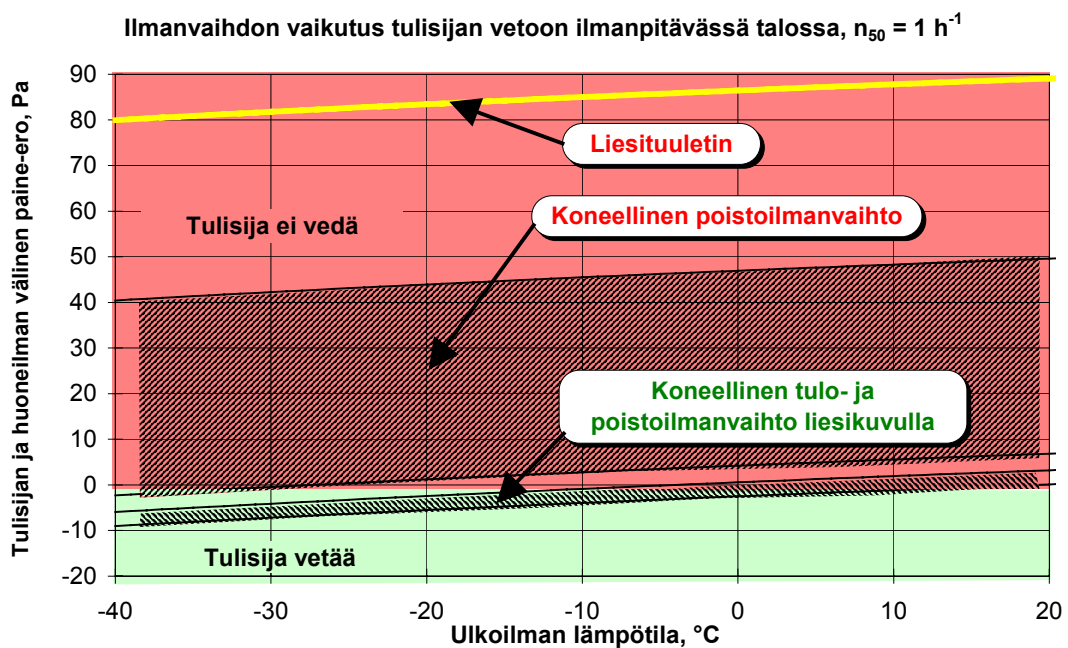


Kuva 12. Massiivinen varaava tulisija luovuttaa matalaenergiataloon lämpöä tasaisesti usean päivän ajan yhdellä poltolla. Tulisijan lämmönluovutusta kuvaava keskiarvoaika tulisi olla vähintään 12 tuntia. Kevyt tulisija antaa matalaenergiataloon liian suuren hetkellisen lämpötehon, joka nostaa sisälämpötilan tarpeettoman korkeaksi ja lämpö on tuuletettava ulos (Tuomaala et al 2001, LVI 10-40045 2000).

Usein tulisijan suunnittelussa unohdetaan, että tulisijan toimintaan vaikuttavat myös talon ilmanpitävyys ja ilmanvaihto. Tulisijassa puun polttamiseen tarvitaan palamisil-

maa ja savukaasut tulee johtaa hallitusti pois rakennuksesta. Menneinä aikoina ja vielä nykyisin toissijaisissa rakennuksissa tulisijan savupiippu voi toimia myös ilmanvaihdon virtausreitteinä. Nykyisin asuinrakennusten ilmanvaihtojärjestelmä rakennetaan erillisenä tulisijasta. Tulisijan ja ilmanvaihdon hallittu toiminta on kuitenkin varmistettava erilaisissa käyttötilanteissa.

Talon sisälle suuren alipaineen aiheuttavien ilmanvaihtojärjestelmien rakentaminen ja käyttö on merkittävä syy tulisijojen savupiipun huonoon vetoon (kuva 13). Veto-ongelmia esiintyy etenkin sytytysvaiheessa savupiipun ollessa kylmä. Suuri alipaine talossa heikentää toisaalta myös palamisilman saantia, vaikka tuli olisi saatu syttymään ja savupiippu vetämään. Suuri alipaine voi syntyä myös liesituulettimen tai keskuspölynimurin käytöstä.



Kuva 13. Ilmanvaihdon vaikutus tulisijan vetoon sytytysvaiheessa ilmanpitävässä pientalossa. Kun savupiipun ilmanpaine on alempi kuin huoneilman paine (paine-ero on kuvassa -merkkinen), tulisija lähtee vetämään jo silloin, kun savupelti avataan. Jos taas savupiipun ilmanpaine on korkeampi kuin huoneilman paine (paine-ero on kuvassa +merkkinen), tulisijan kautta saattaa alkaa virrata ilmaa sisäänpäin, kun savupelti avataan. Jos tulisijaan sytytetään tuli tässä tilanteessa, savukaasut virtaavat sisälle taloon. (Tuomaala et al 2001)

Tulisijan ja ilmanvaihdon moitteettoman yhteistoiminnan varmistamiseksi palamisilma tulisi johtaa tulisijaan ulkoa pienipainehäviöisellä ja lämpöeristetyllä ilmakehällä suuluukkuun ja siitä tulipesään. Tarvittavat ilmavirran säätölaitteet

voivat olla esimerkiksi suuluukussa. Lisäksi tarvitaan toimiva ja tiivis sulkuventtiili. Tällöin tulisijan vedossa ei ole ongelmia oli ilmanvaihtoratkaisu tai talon ilmanpitävyys mikä tahansa.

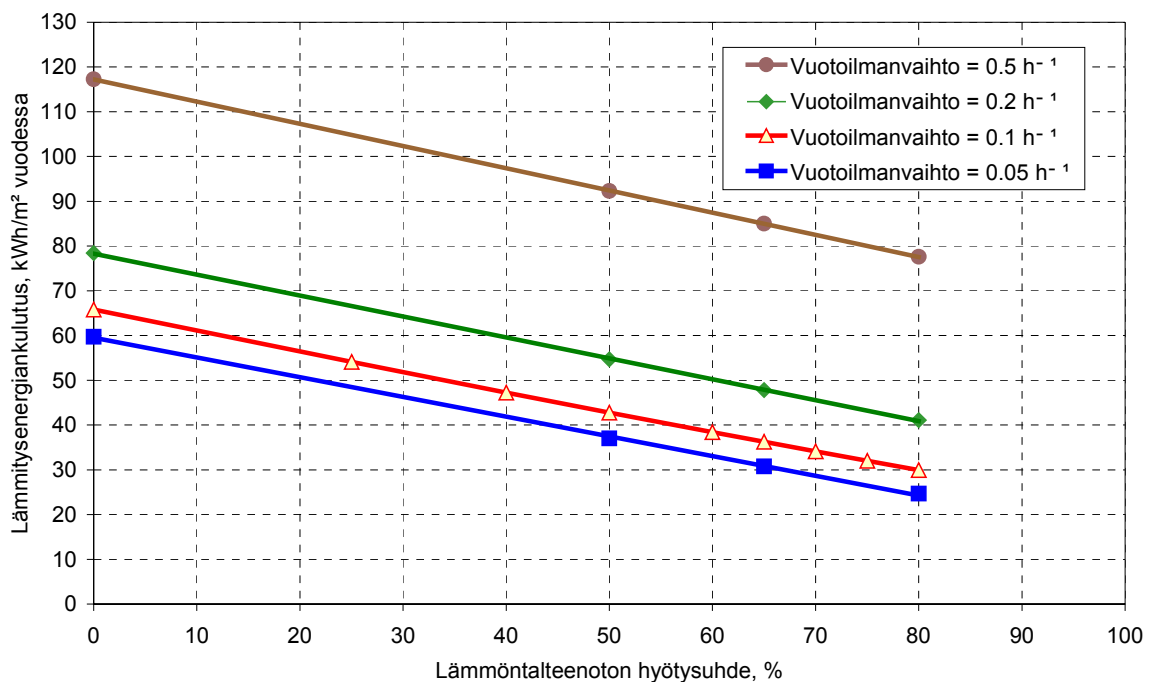
Jos talossa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä, jonka tuloilman ja poistoilman ilmavirtasuhde on 90 %, ei tulisijan vedon kanssa tule ongelmia, vaikka paloilma otettaisiinkin talon sisältä. Ilmanpitävässä talossa tulisijan veto voidaan varmistaa ja sitä voidaan tehostaa ylipaineistamalla talo tilapäisesti ilmanvaihtojärjestelmällä.

8. Matalanenergiatalon ilmanvaihtojärjestelmä

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä lämmöntalteenotolla on tällä hetkellä paras ilmanvaihtoratkaisu matalaenergiapientaloon. Energiansäästöä ei missään tilanteessa saa toteuttaa sisäilman laadusta tinkimällä. Energiaa tuhlaavilla ilmanvaihtoratkaisuilla näin saattaa käydä, jos ilmanvaihdosta ryhdytään tinkimään.

Lämmöntalteenottolaitteena levylämmönsiirrin on toimintavarmin. Markkinoille on tullut myös vastavirtaperiaatteella toimivia levylämmönsiirtimiä, joiden lämmöntalteenoton hyötysuhteet ovat oleellisesti nykyistä parempia.

Kuvassa 14 esitetään poistoilman lämmöntalteenoton hyötysuhteen vaikutus lämmitysenergiankulutukseen.



Kuva 14. Poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) hyötysuhteen ja rakennuksen vuotoilmanvaihdon laskettu vaikutus rakennuksen lämmitysenergiankulutukseen. Pieneen lämmitysenergiankulutukseen tarvitaan sekä hyvä rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys että tehokas LTO. Ilmanvuotoluku $n_{50} = 3 \text{ h}^{-1}$ vastaa vuotoilmanvaihtoa 0.2 h^{-1} . Matalaenergiatalon tavoiteilmanvuotoluku 1 h^{-1} vastaa vuotoilmanvaihtoa 0.05 h^{-1} . (Laine et al 2002)

Seuraavassa käydään läpi ilmanvaihtojärjestelmän valinta-, suunnittelu- ja toteutusperusteet.

Hallittu ilmanvaihto takaa hyvän sisäilmaston ja energiatalouden:

- koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä
- hyvä lämmöntalteenoton vuosienergiahyötysuhde (nykyisin 50 % yhdellä levylämmönsiirtimellä, 65 % kahdella lämmönsiirtimellä tai pyörivällä lämmönsiirtimellä ja jopa 75 % tehokkailla vastavirtalämmönsiirtimillä)
- tehokas ilmansuodatus
- lämmöntalteenoton jäätyminen esto ja/tai luotettava jään sulatusmenetelmä
- tulo- ja poistopuhaltimen pieni ominaissähköteho (tavoite on alle $2 \text{ W}/(\text{dm}^3/\text{s})$)
- matala äänitaso (tavoite asuintiloissa korkeintaan 23 - 25 dB(A))

ilmanvaihtojärjestelmä (ilmanvaihtokone ja kanavisto) tulee mitoittaa painehäviöiltään väljäksi virtaus-, ääni- ja energiateknisen toimivuuden takia

9. Vesi- ja viemärijärjestelmä

Tavanomaisissa rakennuksissa vesikustannukset ovat suuruudeltaan jopa puolet energiakustannuksista. Matalaenergiarahkotalossa energiakustannusten pienentyessä vesikustannusten osuus on vieläkin merkittävämpi. Tarpeettoman vedenkulutuksen vähentämisellä saadaan aikaan merkittäviä käyttökustannussäästöjä. Samalla pienennetään puhdistettavien jätevesien määrää ja sitä kautta ympäristökuormitusta. Keinoja vesi- ja viemärijärjestelmän toimivuuden parantamiseen, vedenkulutuksen hallintaan ja energiankulutuksen pienentämiseen ovat muun muassa vesijohtoverkoston paineenalennus ja vakio-painesäätö, vettäsäästävät vesikalusteet, korjattavuuden suunnittelu, suojaputkien käyttö vuotovahinkojen välttämiseksi, vesi- ja viemärimelun hallinta, pumppujen ja putkiston oikea mitoitus sekä putkiston ja pumppujen lämmön- ja kosteudeneristys.

10. Sähköjärjestelmä

Sähköjärjestelmässä rakennus- ja käyttökustannuksia voidaan pienentää yksinkertaistamalla järjestelmiä ja valitsemalla vähän sähköä kuluttavia laitteita. Toimenpiteitä ovat muun muassa sähkökeskuksen yksinkertaistaminen, valaistus pienteholampuilla ja joustavan asennusjärjestelmän käyttäminen. Lämmityksen ja ilmanvaihdon oikealla ja tarpeenmukaisella käytöllä voidaan sisäilman laatu pitää hyvänä ja samalla alentaa energiankulutusta. Sääto- ja ohjausjärjestelmän suunnitteluun liittyviä asioita ovat huonelämpötilan säätö, ilmanvaihdon säätö- ja tehostusmahdollisuus, sähkölämmityksessä yösähköä hyödyntävä lämmönsäätöjärjestelmä ja tarpeenmukainen ulkovalaistus. Sähkölämmityksessä tavoitteena on, että yösähkön osuus lämmityksestä on yli 90 %.

Lähdeluettelo

Direktiivi. 2001. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. Bryssel, 11.5.2001. KOM(2001) 225 lopullinen. 2001/0098 (COD).

Feist, W. 1998. Das Niedrigenergiehaus. 5. Auflage. Hamburg: Die Deutsche Bibliothek. 217 s. ISBN 3-7880-7638-0

Hemmilä, K. 1999. Ikkunat ja niiden korjaaminen. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 20 s. (VTT Rakennustekniikan raportti).

Hyvä ja taloudellinen talo. 2000. Rakennutan energiaa säästävän pientalon. Motiva Oy, Helsinki. 23 s.

Häkkinen, T., Saari, M., Vares, S., Vesikari, E. & Leinonen, J. 1999. Ekotehokkaan rakennuksen suunnittelu. Helsinki: Rakennustieto Oy. 94 s. + liitt. 15 s. (Ekotieto) ISBN 951-682-576-1

Kauppinen, T. & Rantamäki, J. 1999. Suomalaisten pientalojen ilmanpitävyys mittaus-ten perusteella. Teoksessa: Säteri, J. & Hahkala, H. (toim.) Sisäilmastoseminaari 17. - 18.3.1999. Espoo: Sisäilmayhdistys ry ja Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. S. 329 - 334. (SIY raportti 13). ISBN 952-5236-03-X

Kouhia, I., Heimonen, I., Ojanen, T. & Nieminen, J. 1997. Massiivinen matalaenergiatalo. Koerakentamisvaiheen loppuraportti. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. VTT Rakennustekniikan moniste. 24 s. + liitt. 2 s.

Laine, J. & Saari, M. 1998. ESPI-matalaenergiapientalot. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 76 s. + liitt. 44 s. (VTT Tiedotteita 1924). ISBN 951-38-5332-2 (URL: <http://www.inf.vtt.fi/pdf/>)

Laine, J. & Saari, M. 2001a. Matalaenergiateknologialla laadukas sisäilmasto ilmaiseksi. Rakennustekniikka., vol. 57 (2001) 5, s. 10 - 16.

Laine, J. & Saari, M. 2001b. Pientalon kivirakenteet toimivat edullisena lämpövarastona. Betoni, kivirakenteiset pientalot. Suomen Betonitieto Oy, vol. 71 (2001) 3, s. 22 - 25. (lehtiartikkeli) ISSN 1235-2136

Laine, J., Salonvaara, M. & Saari M. 2002. Matalaenergiatalo harkoista - energiankulutustasot ja ratkaisumallit. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 51 s. (Tutkimusraportti NRO RTE2183/02)

Leppänen, P. 1994. Rakennan energiaa säästävän pientalon. Helsinki: Rakennustieto Oy. 62 s. ISBN 951-682-315-7

LVI 05-10318. 2001. Sisäilmastoluokitus 2000. Helsinki, Sisäilmayhdistys ry. Rakennustieto Oy. 19 s. (LVI-ohjekortti, RT-kortti 07-10741)

LVI 10-40045. 2000. Tulisijälämmitys. Helsinki, Rakennustieto Oy. 19 s. (Tiedonjyväkortti)

Nieminen, J., Kouhia, I., Haakana, M. & Pulakka, S. 1994. Matalaenergiapientalon energiankulutus ja säästötoimenpiteiden kannattavuus. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 19 s. + liitt. 9 s. (VTT Tiedotteita 1589). ISBN 951-38-4704-7

Pallari, M.-L., Heikkinen, J., Gabrielsson, J., Matilainen, V. & Reisbacka, A. 1995. Kerrostalojen ilmanvaihdon korjausratkaisut. Espoo: Valtion teknillinen tutkimuskeskus. 107 s. + liitt. 6 s. (VTT Tiedotteita 1654). ISBN 951-38-4809-4

Pulakka, S. et al. 2000. Kustannustehokkaat matalaenergiarakennukset. LVI-kortisto: LVI 02-400046. Rakennustietosäätiö ja LVI-keskusliitto. 2 s. (tiedonjyväkortti)

RIL 216-2001 Rakenteiden elinkaaritekniikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto r.y. 301 s. (ISBN 951-758-414-8)

Romo, I. 1996. Energiaa säästävät koetalot, ratkaisut ja tulokset. Helsinki: Rakennustieto Oy. 46 s. ISBN 951-682-394-7

Saari, M. 1999. Matalaenergiarakennukset käytäntöön. Rakennustekniikka-lehti 3/1999. S. 24 - 28. (Lehtiartikkeli) ISSN 0033-913X

Savolainen, I., Tuhkanen, S. & Lehtilä, A. (toim.). 2001. Teknologia ja kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen : Taustatyö kansallista ilmasto-ohjelmaa varten. Helsinki, Kauppa- ja teollisuusministeriö, 2001. 198 s. (Kauppa- ja teollisuusministeriön julkaisu; 1/2001) ISBN 951-739-585-X

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa C3 määräykset ja C4 ohjeet. 2002. Ympäristöministeriön asetus rakennusten lämmöneristyksestä. Helsinki: ympäristöministeriö. 7 s. (voimassa 1.10.2003 alkaen)

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa C3. 1985. Lämmöneristys. Määräykset. Helsinki: ympäristöministeriö. 3 s. (voimassa 30.9.2003 saakka)

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D2. 1987. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: ympäristöministeriö. 21 s. (voimassa 30.9.2003 saakka)

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D2. 2002. Ympäristöministeriön asetus rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. Määräykset ja ohjeet. Helsinki: ympäristöministeriö. 36 s. (voimassa 1.10.2003 alkaen)

Suomen rakentamismääräyskokoelma. Osa D5. 1985. Rakennusten lämmityksen tehon ja energiantarpeen laskenta. Ohjeet. Helsinki: ympäristöministeriö. 14 s.

Tuomaala, P. & Klobut, K. 2001. COMBI - tutkimuksen tulisijojen mittaustuloksia. Tulisijan, lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmän yhteiskäyttö. Espoo: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka.

Matalaenergiarahkotalon tekniset tiedot

A. Hyvä sisäilmasto

Sisäilmaston tavoitetaso	S1 tai S2	Lisätietoja: LVI 05-10318. 2001. Sisäilmastoluokitus 2000. Helsinki, Sisäilmayhdistys ry. Rakennustieto Oy. 19 s.
Pintamateriaalien päästöluokka	M1	
Rakennustöiden puhtausluokka	P1	

B. Toimiva ilmanvaihto

Ilmavirrat	Pienin ulkoilmavirta talvella = 0,33 dm ³ /s/m ² Suurin ulkoilmavirta kesällä = 1,5 dm ³ /s/m ²
Ilmanvaihtokanaviston tiiviys	Ilmanvaihtokanavien vuotoilmavirta koepaineella 50 Pa : 0,04 dm ³ /s/m ² (tiiviyoluokka C)(Suomen RakMK, osa D2 2002)
Lämmöntalteenotto	Poistoilman lämpötilahyötysuhde ≥ 60 %
Ilmanvaihtolaitteiden äänitaso	Makuuhuoneet, olohuone ≤ 2 dBA Keittiö ≤ 25 dBA Kylpyhuone, WC, kodinhoitotila ≤ 5 dBA

C. Hyvä ulkovaippa

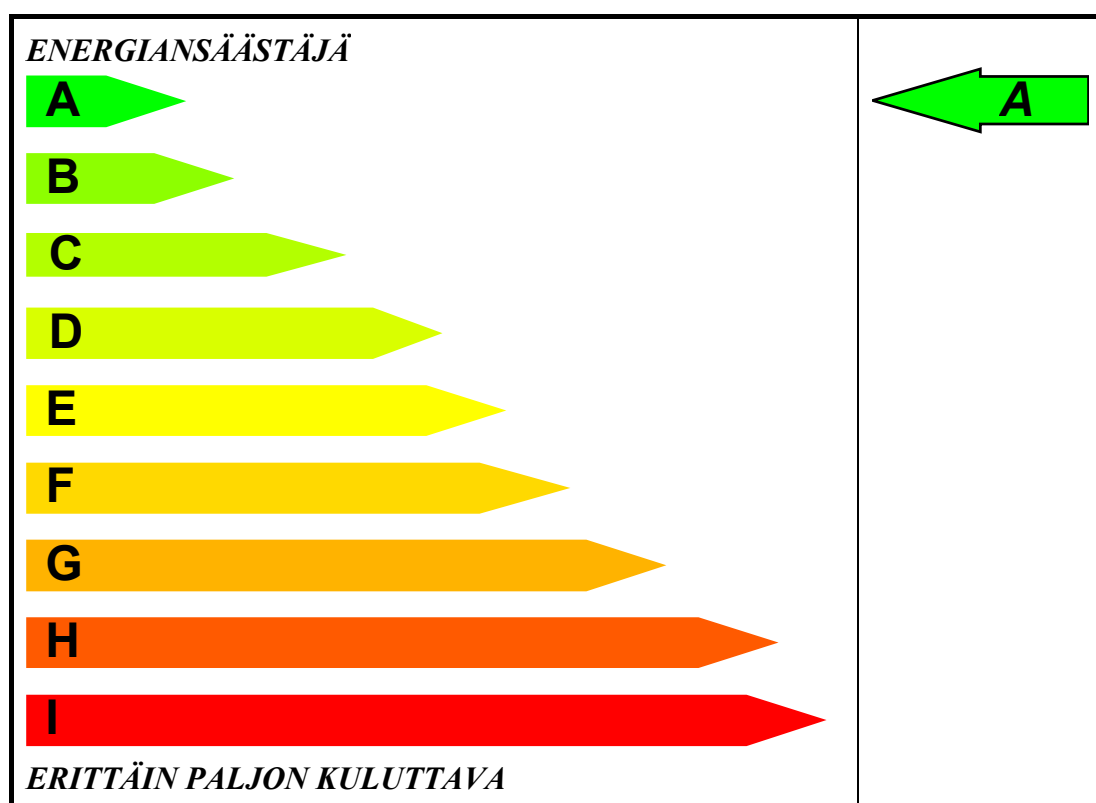
Ilmanpitävyys	Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyyttä mittaa ilmanvuotoluku n ₅₀ . Se kertoo, montako kertaa talon tilavuuden verran ilmaa vuotaa vaipan kautta ulos tunnissa, kun talon sisällä on 50 Pa:n ylipaine.
Ulkovaipan ilmanvuotoluku	n ₅₀ ≤ 1,0 1/h
Lämmöneristys	Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo (W/m ² K) ilmaisee, kuinka suurella teholla (W) lämpö karkaa 1 m ² :n kokoisen rakenteen läpi, kun sisällä on 1 aste lämpimämpää kuin ulkona.
Ulkoseinät	U = 0,15 - 0,20 W/m ² K Matalaenergiarahkkoseinä, paksuus 300 - 380 mm .
Maanvastaiset ulkoseinät	U = 0,15 - 0,20 W/m ² K Harkkoseinä ulkopuolisella lisäeristekerroksella esim. EPS, XPS tai kevytsora.
Alapohja	U = 0,15 W/m ² K Eristekerros esim:
HUOM. Eristemateriaalin valinta riippuu alapohjan rakenteesta.	- 250 mm polystyreeniä - 800 mm kevytsoraa
Yläpohja	U = 0,10 - 0,15 W/m ² K Eristekerros esim:
	- 300 mm polyuretaania - 500 mm mineraalivillaa
Ikkunat	U = 0,6 - 1,0 W/m ² K Ikkunavaihtoehdot esim:
HUOM. Muista tarkistaa koko ikkunan, ei ainoastaan lasiosan U-arvo.	- kahdesta eristyslaselementistä koostuva ikkuna, molemmissa 1 tai 2 selektiivilasia + argonkaasutäyte - 4-lasinen MSE-ikkuna - 3-lasinen MSE-ikkuna, jossa 1 tai 2 selektiivilasia sekä jalo-kaasutäyteinen eristyslaselementti - 3-lasinen MSK-ikkuna, jossa 2 selektiivilasia
Ulko-ovet	U = 0,4 - 0,7 W/m ² K Parvekeovet ja terassinovet ovat kaksilehtisiä.

ENERGIATODISTUS

Pientalot



Yhteyshenkilö	Harri Harkko	Kiinteistötunnus	
Rakennuksen sijaintiosoite	2-kerroksinen mallitalo	Kunta	Laukaa
		Kaupunginosa/kylä	
		Kortteli	
		Tontti	
Valmistumisvuosi	2002	Lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä	
Huoneluku	5	• Sähkölämmitys	
Huoneistoala	140 m ²	• Ilmanvaihtolämmitys	
Rakennustilavuus	500 m ³	• Koneellinen ilmanvaihto LTO:lla	
Energiatodistus perustuu	<input type="checkbox"/> energiakatselmukseen	<input type="checkbox"/> rakennuksen kuntoarvioon	
	<input checked="" type="checkbox"/> suunnitteluasiakirjoihin	<input type="checkbox"/> muuhun:	



Pientalon energialuokitus perustuu todistuksen kääntöpuolella esitettyyn energiankulutuslaskelmaan.

Todistuksen laatija: VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka Päivämäärä: 15.11.2002

Yhteystiedot: PL 1804 Uusittava viimeistään: 1.1.2006
02044 VTT

Allekirjoitus: _____ Leima: _____

ENERGIALUOKITTELUN PERUSTEET

Pientalon energiankulutusluokittelu perustuu alla esitettyyn energiankulutuslaskelmaan. Arviointiperusteena on viimeisellä rivillä näkyvä "energiankulutus yhteensä", joka sisältää tilojen ja käyttöveden lämmityksen sekä arvion LVI-laitteiden sähkönkäytöstä. Vertailutaso 204 kWh/m²/vuosi vastaa vuoden 1984 rakentamismääräysten mukaisesti lämmitetyn, sähkölämmitetyn, koneellisella poistoilmanvaihdolla varustetun pientalon laskennallista kulutustasoa.

LÄMMÖNERISTYS	Osuus ulkovaipan pinta-alasta (%)	Lämmönläpäisykerroin (W/m²K)	Vertailutaso (W/m²K)
Ulkoseinät	50 %	0,16	0,28
Ikkunat	7 %	0,70	1,80
Yläpohja	22 %	0,10	0,22
Alapohja	22 %	0,15	0,36
POISTOILMAN TALTEENOTTO	LÄMMÖN	Lämmön talteenoton hyötysuhde (%)	Vertailutaso (%)
Ilmanvaihtojärjestelmä		60 %	Ei lämmön talteenottoa
<input type="checkbox"/> Painovoimainen ilmanvaihto			
<input type="checkbox"/> Koneellinen poistoilmanvaihto			
<input checked="" type="checkbox"/> Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto			
ENERGIANKULUTUSLASKELMA	Energiamäärä huoneistoneliometriä kohti vuodessa (kWh/m²/vuosi)	Vertailutaso (kWh/m²/vuosi)	
Lämmitysenergian kulutus yhteensä	78	200	
+ tilojen lämmitys	45	160	
+ käyttöveden lämmitys	33	35	
+ lämmitysjärjestelmän häviöt	0	5	
josta uusiutuvia energiamuotoja yhteensä	- 0	- 0	
- aurinkoenergia			
- maalämpö			
- puu ja muut biopolttoaineet			
LVI-laitteiden sähkönkulutus	6	4	
ENERGIANKULUTUS YHTEENSÄ	84	204	
TOTEUTUNUT ENERGIAN JA VEDEN KULUTUS			
ENERGIAN KULUTUS	Kokonaiskulutus	Ominaiskulutus	Kustannukset
Polttoöljy <input type="checkbox"/> kevyt <input type="checkbox"/> raskas	l/vuosi	kWh/m ²	mk/vuosi
Kaukolämpö	kWh/vuosi	kWh/m ²	mk/vuosi
Polttopuu	p-m ³ /vuosi	kWh/m ²	mk/vuosi
Sähkö <input type="checkbox"/> sis. myös lämmitys­sähkön	kWh/vuosi	kWh/m ²	mk/vuosi
ENERGIA YHTEENSÄ		kWh/m²	mk/vuosi
VEDEN KULUTUS	m³/vuosi	l/hlö/vrk	mk/vuosi
Kulutustiedot vuosilta:			
VÄLITTÖMÄT TOIMENPIDESUOSITUKSET			