

Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet

**Mari Sepponen, Jyri Nieminen,
Pekka Tuominen, Ilpo Kouhia,
Jari Shemeikka, Meri Viikari,
Kari Hemmilä & Veijo Nykänen**



ASUMISEN RAHOITUS- JA KEHITTÄMISKESKUKSEN
RAPORTTEJA 2 | 2013

Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet

**Mari Sepponen, Jyri Nieminen,
Pekka Tuominen, Ilpo Kouhia,
Jari Shemeikka, Meri Viikari,
Kari Hemmilä & Veijo Nykänen**

LAHTI 2013

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus



ASUMISEN RAHOITUS- JA KEHITTÄMISKESKUS
Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus raportteja 2 | 2013

Taitto: Tarja Puumalainen, Edita Prima Oy
Kansikuva: Lahden vanhusten asuntosäätiö / YIT

Julkaisu on saatavana internetistä:
www.ara.fi/julkaisut > Raportit

Edita Prima Oy, Helsinki 2013

ISBN 978-952-11-4123-2 (PDF)
ISSN 1979-5514 (verkköj.)

ESIPUHE

Rakennusten ikääntyessä joutuvat omistajat väistämättä tilanteeseen, jossa on harkittava korjausten suhteen erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Ottaen huomioon teknisiä, taloudellisia, esteettisiä, kulttuurisia ja monia muita mahdollisia näkökulmia ja seikkoja voidaan päätyä mm. seuraaviin ratkaisuihin: rakennukset "ajetaan alas" mahdollisin välttämättömin korjauksin, rakennukset perusparannetaan ja mahdollisesti laajennetaan tai rakennukset puretaan ja korvataan uusilla. Viime vuosina edellä mainittuihin näkökulmiin ja seikkoihin on liittynyt erittäin voimakkaasti tavoitteet rakennusten energiatehokkuuden parantamisesta sekä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisen lisäämisestä.

Lahden vanhusten asuntosäätiö päätyi omissa harkinnoissaan Lahdessa sijaitsevien Paulinpolku 1-4 sekä Harjulankatu 5:ssä kahden 1970-luvun lopulla ja yhden 1980-luvun alussa rakennetun, vanhuksille tarkoitettun asuinrakennuksen kohdalla ratkaisuun, että ne puretaan ja korvataan uusilla. Valitun ratkaisun keskeisiä erityisperusteita olivat kiinteistön sijainti Lahden kaupungin keskusta-alueen välittömässä läheisyydessä, hyvien palvelujen äärellä sekä uuden asemakaavan mahdollistama merkittävä lisärakentamismahdollisuus.

Ratkaisuun liittyen omistaja asetti erääksi keskeiseksi tavoitteeksi uusien rakennusten toteuttamisen energiatehokkuudeltaan voimassa olevia määräyksiä tiukemmiksi, ns. passiivi-/nollaenergiatasoisiksi. Nämä omistajan tekemät päätökset olivat ennakkoluulottomia ja rohkeita – erityisesti siksi, että vastaavanlaista, yhtä mittavaa hanketta energiatehokkuuden parantamiseksi ei ollut aiemmin Suomessa toteutettu. Hankkeen haasteellisuuteen oman lisänsä toi myös väistöasumisen järjestäminen.

Tämä "Onnelanpoluksi" nimetty hanke hyväksyttiin ARAn kehityshankkeeksi työnimellä "Energiatehokas elinkaariasuminen erityisryhmille". Tavoitteena oli tuottaa tietoa hankkeesta hyödynnettäväksi kyseisessä hankkeessa sekä myöhemmin vastaavanlaisia hankkeita toteutettaessa. Hanke on yksi ARAn Asumisen uudistaminen 2009–2012 -projektin pilottihankkeista.

Kehityshankkeen sisällöllisenä painopisteenä oli rakennusten energiatehokkuus: millaisilla suunnitteluratkaisuilla ja millaisin hankintamenettelyin tavoiteltu taso olisi saavutettavissa. Selvityksen kohteeksi otettiin myös rakennusten purkamiseen liittyvien seikkojen ja ongelmakohtien kartoittaminen sekä väistöasumisen järjestäminen.

Energiatehokkuusteeman ohjaavana tahona hankkeessa oli VTT, joka on vastannut myös kehityshankkeen raportoinnista. Osana hankintamenettelyä hyödynnettiin RAKLI:n hankintaklinikkakäytäntöä työpajoineen ja seminaareineen.

ARAn verkkosivuilla julkaistavat kolme raporttia liittyvät Onnelanpolku-hankkeen suunnitteluun, rakentamisen valmisteluun ja ensimmäisen rakennuksen purkuvaiheeseen. Tämä raportti käsittelee hankkeen suunnittelua energiatehokkuuden näkökulmasta. Kaksi muuta raporttia käsittelevät betonirakenteisen kerrostalon purkamista (*ARAn raportteja 1/2013*) ja hankkeen energiatehokasta hankintamenettelyä (*ARAn raportteja 3/2013*).

Hanketta on ARAn lisäksi rahoittanut Sitra, joka toivoo käytännön esimerkkien kannustavan suunnittelemaan ja toteuttamaan hankkeita, jotka tähtäävät energiatehokkuuden parantamiseen ja hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen.

Tämän raportin ovat laatineet VTT:n asiantuntijat Mari Sepponen, Jyri Nieminen, Pekka Tuominen, Ilpo Kouhia, Jari Shemeikka, Meri Viikari, Kari Hemmilä ja Veijo Nykänen. Omine kommentteineen raporttien sisältöihin ovat olleet vaikuttamassa erityisesti Lahden vanhusten asuntosäätiön puolelta kiinteistöjohtaja Markku Tyrväinen ja ARAn puolelta allekirjoittaneen ohella kehittämispäällikkö Marianne Martinlassi, kehittämisinsinööri Lauri Paronen sekä kehittämisarkkitehti Sampo Vallius.

Tammikuussa 2013

Martti Polvinen
Rakennuttamisjohtaja, ARA

SISÄLLYS

Esipuhe	3
1 Johdanto	7
2 Lähes nollaenergiapalvelutalon konseptikuvaus	8
2.1 Lähes nollaenergiatalo.....	8
2.2 Netto- ja lähes nollaenergiatalon määritelmät.....	8
2.3 Onnelanpolun lähes nollaenergiapalvelutalon konsepti	9
3 Lähes nollaenergiapalvelutalon energiaratkaisu	11
3.1 Energiaratkaisun vaatimukset ja tavoitteet	12
3.2 Mahdollisia vaihtoehtoja uusiutuvan energian tuotantoon rakennuksessa.....	13
3.2.1 Aurinkosähköjärjestelmän erityisvaatimukset	14
3.3 Energiasimulointi suunnittelun tukena	15
4 Arkkitehtuurin suunnitteluohjeet	16
4.1 Asemointi	16
4.2 Muoto	17
4.3 Pohjaratkaisu ja tilat	18
4.4 Ikkunat	18
4.5 Talotekniikan huomiointi	19
5 Rakennetekniset suunnitteluohjeet	21
5.1 Lämmöneristys.....	21
5.2 Tiiveys.....	22
5.3 Kosteussuoja ja rakentamisen laatu	23
6 LVISA-suunnitteluohjeet	24
6.1 Lämmitys.....	24
6.2 Ilmanvaihto.....	24
6.3 Ilmanvaihtokoneen energiatehokkuus.....	25
6.4 Jäähdytys	26
6.5 Melu.....	26

7	Valaistuksen suunnitteluohjeet	27
7.1	Yleistä palvelutalon valaistuksesta	27
7.2	Valaistuksen suunnittelussa huomioitavat vanhusten erityistarpeet ...	27
7.3	Valaistuksen energiankulutukseen liittyvät suositukset	28
7.4	Ulkovalaistus.....	29
8	Energiankulutuksen seurantasuunnitelma	30
8.1	Automaatiojärjestelmän arvostelun periaatteet.....	32
9	Onnelanpolun lasikaton eli atriumin rakenteet	33
9.1	Yleistä.....	33
9.2	Ohjeet ja määräykset.....	33
9.3	Suunnittelukriteerit	34
9.4	Lasikaton kantavat rakenteet.....	35
9.5	Tiivisteet ja kiinnitysjärjestelmät.....	36
9.6	Savunpoistoluukut.....	36
9.7	Huolto ja puhtaanapito	36
10	Muita näkökohtia	38
10.1	Suunnitelma käyttö- ja huoltokirjasta	38
10.2	Suunnittelun ja rakentamisen seuranta	38
	Lähteet	39
	Liitteet	40
	Liite 1. Aurinkosähköjärjestelmän vaatimuksia.....	40
	Liite 2. Alustavan energialaskennan tulokset IDA ICE:lla L1-piirustusten pohjalta	44
	Kuvailulehti	47
	Presentationsblad	48

1 Johdanto

Tässä raportissa esitetään suunnitteluohje vanhusten palvelutalon toteuttamiseen lähes nollaenergiatalona. Raportissa kuvataan lähes nollaenergiapalvelutalon yleiskonsepti sekä annetaan yksityiskohtaisempaa ohjeistusta lähes nollaenergiapalvelutalon arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-suunnitteluun. Valaistusratkaisut käsitellään omana kokonaisuutenaan. Näiden lisäksi on tuotu esille myös muita Onnelanpolku-hankkeessa esille tulleita erityiskysymyksiä muun muassa lasisen atriumin ja aurinkopaneelien suunnittelusta.

Ohjeet on koottu muun muassa Lahden vanhusten asuntosäätiön rakennuttaman Onnelanpolku-palvelutalon suunnitteluprosessista saatujen kokemusten pohjalta. Luvut 4–6 sisältävät päivitettyjä tietoja aiemmin julkaistusta ohjeesta [Nieminen, Lylykangas 2009]. Lahden vanhusten asuntosäätiö rakennuttaa uuden palvelutalon Lahden keskustaan. Rakentaminen perustuu erityisasumisen hyvään laatuun: tasainen vedoton lämpötila, valoisuus, liikkumisen mahdollisuudet talon tiloissa, turva- ja esteettömyysratkaisut ja lähipalvelut. Erityisenä tavoitteena on rakennuksen hyvä energiatehokkuus. Hanke alkoi vuonna 2010, ja talo valmistuu vuoden 2014 aikana.

2 Lähes nollaenergiapalvelutalon konseptikuvaus

2.1

Lähes nollaenergiatalo

Euroopan parlamentin hyväksymän rakennusten energiatehokkuusdirektiivin [Euroopan neuvosto 2010] linjauksena on, että kaikki uudisrakennukset ovat vuoden 2021 alusta lähtien ns. lähes nollaenergiataloja. Julkisten rakennusten tulee täyttää tämä vaatimus jo vuonna 2019. Lähes nollaenergiatalolla tarkoitetaan minimienergiataloa, jonka energiantarpeesta merkittävä osa katetaan rakennuksessa tai sen lähistöllä tuotetulla uusiutuvalla energialla.

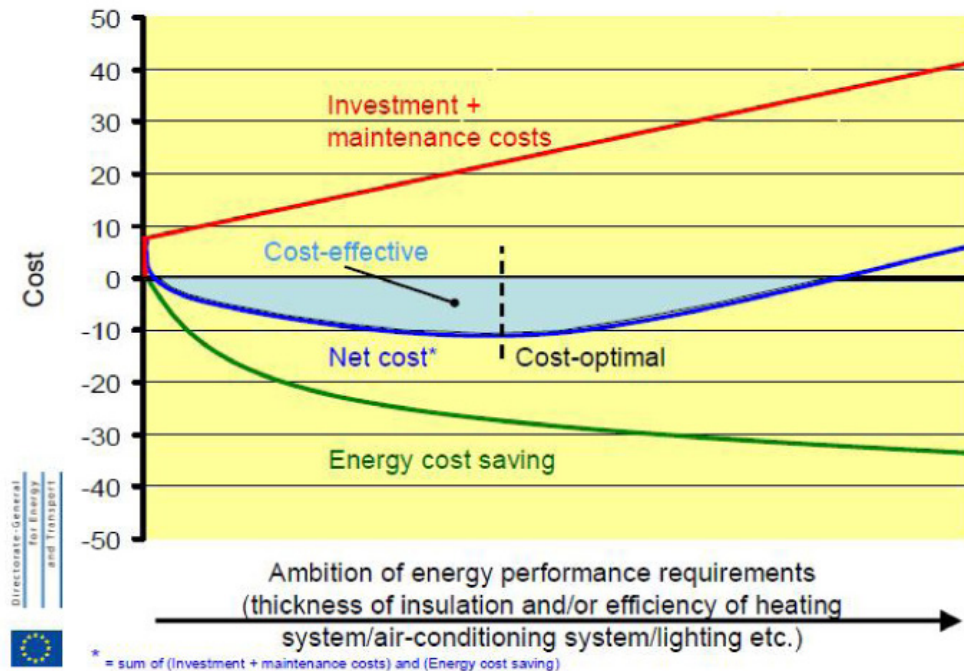
2.2

Netto- ja lähes nollaenergiatalon määritelmät

Nettonollaenergiatalolla tarkoitetaan rakennusta, jossa tuotetaan paikan päällä uusiutuvaa energiaa syötettäväksi verkostoihin yhtä paljon, kuin rakennuksessa käytetään verkostoista tai talon ulkopuolelta tuotua energiaa. Nettoenergiatase lasketaan vuositason kulutuksesta ja tuotannosta. Nettonollaenergiatalon rakentaminen edellyttää kaiken energiakäytön – kulutussähkön, kiinteistösähkön, tilojen ja käyttöveden lämmityksen – minimointia. Nettonollaenergiataloista on saatu jo käyttökokemuksia myös Suomessa Kuopion, Järvenpään ja Mäntyharjun nettonollaenergiataloista.

EU:n parlamentin hyväksymässä energiatehokkuusdirektiivissä [Euroopan Neuvosto 2010] todetaan, että EU-maissa otetaan käyttöön ”lähes nollaenergiatalo” uudisrakentamisen perusratkaisuksi vuodesta 2021 alkaen ja julkisen rakentamisen perusratkaisuksi vuoden 2019 alussa. Termillä *lähes nollaenergiatalo* tarkoitetaan kustannusoptimin (kuva 1) kautta saatavaa minimienergiataloa, jonka energiantarpeesta merkittävä osa katetaan rakennuksessa tai sen lähistöllä uusiutuvan energian tuotantona. Direktiivi ei suoraan määritä absoluuttista lukuarvoa lähes nollaenergiatalolle (esim. kWh/m²,a), vaan jäsenmaiden tulee itse määritellä kansallinen direktiivin sovellus, koska ilmasto, kansalliset rakentamiskäytännöt kustannuksineen ja uusiutuvien energialähteiden saatavuus paikallisesti vaikuttavat kustannusoptimiin.

Energiatehokkuusdirektiivin perusteella kaukolämpö lasketaan kuuluvaksi rakennuksen lähellä tuotetuksi uusiutuvaksi energiaksi, jos se perustuu yksinomaan uusiutuviin energialähteisiin. Huippuenergiatehokkaan suuren rakennuksen energiankäyttöä tunnetaan yhä varsin vähän. Huippuenergiatehokkaan kaukolämpötalon ratkaisuja on tutkittu Energiateollisuus Ry:n, energia- ja rakennusalan yritysten ja VTT:n rahoittamassa hankkeessa [Klobut et al., 2009].



Kuva 1. Lähes nollaenergiatalo perustuu rakentamiskustannusten optimointiin siten, että rakennuksen elinkaarikustannuksissa saavutetaan merkittävä säästö ilman, että investointikustannukset kasvavat kohtuuttomasti. (Lähde: EACI Executive Agency for Competiveness and Innovation, Towards zero energy building.)

2.3

Onnelanpolun lähes nollaenergiapalvelutalon konsepti

Onnelanpolku-palvelutalon päätavoitteena on toteuttaa elämänkaariasumiseen ja erityisryhmien asumiseen soveltuva palvelutalo. Elämänkaariasumisella tarkoitetaan ikääntyneen mahdollisuuden asua samassa osoitteessa toimintakyvyn muutoksista huolimatta, mahdollisuuksien mukaan vaikka loppuun asti (ns. kolmannesta iästä kuolemaan). Tämä tavoite saavutetaan, kun ikääntyneiden asumisympäristöjen kehittämisessä lähdetään siitä, että palvelut liikkuvat ihmisten sijaan. Hankkeessa rakennetaan myös samaan avoimeen palvelutaloympäristöön erityisasumista kolmella tavalla: vanhusten vuokra-asumista, vanhusten palveluasumista ja vanhusten tehostettua palveluasumista. Kohteeseen suunnitellut palvelut perustuvat kuvaan 2. Yhtenä pääteemana oli elinkaariasuminen, jolloin asukas pystyy asumaan samassa ympäristössä kunnon muuttuessa. Valtaosa asukkaista on heikkokuntoisia vanhuksia, joille voidaan tarjota tarvittaessa myös tehostettua palveluasumista. Lisäksi dementiapotilaille on varattu kaksi asuinkerrosta, joihin liittyy muun muassa oma, turvallinen sisäpiha.

Palvelutalon energiatehokkuuden tavoitteeksi asetettiin lähes nollaenergiatalo. Lähes nollaenergia -palvelutalon energiaratkaisu perustuu energiankäytön minimointiin hyvästä laadusta ja olosuhteista tinkimättä. Energiaratkaisun osalta Onnelanpolulle asetettiin seuraavat tavoitteet:

- vuoden 2012 rakentamismääräysten mukaisilla energiamuuntokertoimilla laskettu primäärienergiankulutus korkeintaan 60 kWh/br-m²
- erinomainen ilmatiiveys (n_{50} -luku korkeintaan 0,4 1/h)
- energiatehokas valaistus (valaistustehon tarve korkeintaan 8 W/m²).

Nollaenergiatalon konseptiin kuuluu myös rakennuksessa tapahtuva uusiutuvan energian tuotanto, esimerkiksi aurinkosähkö ja -lämpö, tuulivoima ja maaperän hyödyntäminen esilämmitykseen ja viilennykseen. Tehokkaan energiankulutuksen ja paikallisen energiantuotannon lisäksi on tärkeää huomioida kohteen ja järjestelmien osaava käyttö ja ylläpito, joiden vaikutus energiakokonaisuuteen on merkittävä.



Kuva 2. Palvelutarjonnan tavoitteet. (Lähde: FWBC Finland Oy)

3 Lähes nollaenergiapalvelutalon energiaratkaisu

Huippuenergiatehokkaan kohteen toteuttaminen vaatii panostusta läpi koko rakennusprosessin. Jo esisuunnitteluvaiheessa energiatehokkuustavoitteiden on oltava selkeitä. Eri osapuolien kesken täytyy selkeästi määritellä projektin tavoitteet, varmistaa niiden tuleminen ymmärretyksi, sitouttaa osapuolet tavoitteisiin ja määritellä vastuut.

Kriittisin vaihe on rakennuksen varsinainen suunnittelu, sillä silloin päätetään suurin osa rakennuksen energiankulutuksesta koko sen elinkaaren ajalla. Toisaalta kustannukset, joita suunnitteluvaiheessa syntyy, edustavat vain hyvin pientä osaa koko elinkaaren kustannuksista. Siksi suunnitteluprosessissa tehtävät pienet lisäpanostukset selvityksiin ja huolelliseen suunnitteluun voivat olla koko rakennusprojektin kustannustehokkaimpia investointeja.

Suunnitteluvaiheessa tehtäviä valintoja on syytä punnita niiden käytönaikaisten kumulatiivisten vaikutusten mukaisesti. Kustannuksiltaan kalliimpi suunnitteluratkaisu voi rakennuksen elinkaaren tai valitun investointijakson aikana muodostua edullisemmaksi. Monesti lisäkustannusta ei edes muodostu, vaan riittää, että energiaasiat on pidetty mielessä ja otettu huomioon läpileikkaavasti kaikessa suunnittelussa. Lähes nollaenergiatalon suunnittelussa korostuu kokonaisuuden hallinta, jolloin pääsuunnittelun ja erikoissuunnittelun tulee liittyä saumattomasti toisiinsa.

Suomen olosuhteissa erityisen kriittisiä ovat lämpöhäviöt talvella. Rakentamismääräysten mukaan rakennetussa asuinrakennuksessa suurin osa energiankulutuksesta on lämmitysenergiaa. Tätä kuluerää on mahdollista pienentää nykyaikaisilla rakennusratkaisuilla ja tekniikalla.

Käytön aikana käyttäjän toiminta määrittää saavutettavan energiatehokkuuden. Hyväkin rakennus kuluttaa paljon energiaa, jos käyttäjä ei välitä rakennuksen oikeasta käytöstä eikä huolla sitä oikein. Lähes nollaenergiatalo tuottaa suunnitelman mukaisella käytöllä sisäolosuhteet mahdollisimman vähällä energiankulutuksella.

Rakennuksen energiankulutusta on syytä seurata, jotta voidaan varmistua suunniteltuvaiheessa sovittujen tavoitteiden täyttymisestä. Mahdolliset poikkeamat kulutuksessa johtuvat joko rakennuksen suunniteltua alemmasta suorituskyvystä tai virheellisestä käytöstä. Kummassakin tapauksessa seuranta mahdollistaa ongelman syyn selvittämisen ja korjaavat toimenpiteet. Seurannan toteuttaminen tulee suunnitella ja vastuut ja mahdolliset korjausvelvoitteet määritellä jo tarjouspyyntövaiheessa.

Energiaratkaisun vaatimukset ja tavoitteet

Tulevaisuuden huippuenergiatehokkaan palvelutalon energiaratkaisu perustuu monipuoliseen paikallisten energialähteiden hyödyntämiseen, rakennuksen sähkönkulutuksen minimointiin laite- ja valaistusratkaisuin sekä ilmais- ja hukkaenergiavirtojen tehokkaaseen hyödyntämiseen. Rakennuksen lämmitys ja viilennys perustuvat matalaexergiaperiaatteeseen, eli lämmitys ja viilentäminen tuotetaan lähellä sisäilman lämpötilatasoa olevilla ratkaisuilla.

Esimerkkikohde Onnelanpolussa asetettiin energianmuutokertoimien avulla lasketuksi primäärienergian tavoitteeksi 60 kWh/brm²/a eli 62 kWh/netto-m², johon lasketaan mukaan tilojen lämmitys, lämmin käyttövesi, järjestelmien jakeluhäviöt, käyttäjän sähkön kulutus ja kiinteistösähkö. Rakennuksen ulkopuolista sähkönkulutusta, kuten ulkovaloja ja atriumin valaistusta, talon ulkopuolisia saattolämmityksiä ja piha-alueiden sulana pidettäviä alueita, ei oteta huomioon rakennuksen energiantarpeen tavoitteessa. Primäärienergian laskennassa käytettävä nettoala lasketaan Suomen Rakentamismääräyskokoelman osan D3 Energiatehokkuus mukaisesti.

Yllä olevista luvuista voidaan arvioida Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 2012 mukaisilla energianmuutokertoimilla (kaukolämpö 0,7 ja sähkö 1,7) lämmityksen laskennalliseksi kokonaisenergiaksi yhteensä 23 kWh/m² ja sähkö 37 kWh/m². Näiden lisäksi asetettiin tavoitteiksi erinomainen ilmatiiveys (n₅₀-luku korkeintaan 0,4 l/h) sekä energiatehokas valaistus (valaistustehon tarve korkeintaan 8 W/m²).

Onnelanpolun tarjousvaiheessa määriteltiin ostoenergian laskenta seuraavasti: *Rakennuksessa tuotettu uusiutuva energia voidaan vähentää rakennuksen ostoenergian tarpeesta ennen energianmuutokertoimilla laskettavaa primäärienergiälaskentaa. Alla on laskentaesimerkki kaukolämmitetylle rakennukselle, jossa on kompressorijäähdytys: (kulutettu sähkö – tuotettu uusiutuva sähkö)*1,7 + (kulutettu kaukolämpö – tuotettu uusiutuva lämpö)*0,7 + (kulutettu jäähdytys – tuotettu uusiutuva jäähdytys)*1,7 = primäärienergia*

Lähes nollaenergiapalvelutalon energiaratkaisu perustuu energiankäytön minimointiin tinkimättä hyvästä laadusta ja olosuhteista. Sisäolosuhteiden laatutasoksi voidaan asettaa S2. Rakennuksen ja sen käytön energiatehokkuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi seuraavin keinoin:

- sähkönkulutuksen minimointi rakennuksessa
- sähkölaitteet mahdollisimman energiatehokkaita (luokka A++)
- kiinteä ja energiatehokas LED-valaistus
- saunojen ohjaus, käyttö ja uuden saunaratkaisut (infrapunasaunat yms.)
- lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon ohjaus ja automatiikka
- lämmöneristys ja lämmön talteenotto
- ikkunat
- aurinkokuormien hallinta ikkunoiden varjostuksella
- lämpimän veden kulutuksen minimointi.

Primäärienergiatavoitteen saavuttamiseksi voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia ohjearvoja:

- valaistustehon tarve on maksimissaan 8 W/m²
- lämpimän veden kulutus korkeintaan 40 l/asukas,vrk
- kokonaisveden kulutuksen tavoitteena on 90–95 l/hlö,vrk
- tilojen lämmitystarve yhteensä (sisältäen ilmanvaihdon ja tilojen lämmityksen) tulee olla ilman jakelujärjestelmähäviöitä alle 15 kWh/brm²,a tai 15,4 kWh/netto-m²
- sähköenergian kulutus alle 20 kWh/brm²,a tai 20,5 kWh/netto-m² (sis. käyttäjän sähkön ja kiinteistösähkön; poislukien rakennuksen ulkopuolinen sähkönkulutus).

Lisäksi on suositeltavaa asettaa ohjearvomaksimi jäähdytyksen ja lämmityksen tehontarpeelle. Sen tärkeys korostuu yhä enemmän tulevaisuudessa.

Kesäajan viilennystarvetta voidaan tehokkaimmin pienentää riittävällä ikkunoiden ulkopuolisella varjostuksella. Sälekaihtimien avulla suurin hyöty saavutetaan kiiltävillä, tiiviisti sulkeutuvilla metallikaihtimilla. Varjostusta voidaan yhdistää myös aurinkoenergiantuotantoon asentamalla aurinkolippoihin aurinkopaneeleja, kuten Kuopion nettonollaenergiatalossa [<http://www.nollaenergia.fi>]. Mikäli rakennukseen on suunniteltu atriumtiloja, niiden ilmanvaihtoa tehostamalla voidaan vaikuttaa viilennystarpeeseen.

Energiavaatimusten lisäksi hankkeessa on myös muita vaatimuksia tilojen palvelutasosta ja laadusta. Vanhusten palveluasumisen erityistavoitteena on varmistaa sisäolosuhteiden terminen viihtyisyys (sisälämpötilojen tasaisuus eri vuodenaikoina, vedottomuus ja käyttäjien kannalta miellyttävä lämmönjakotapa) ja sisäilman hyvä laatu.

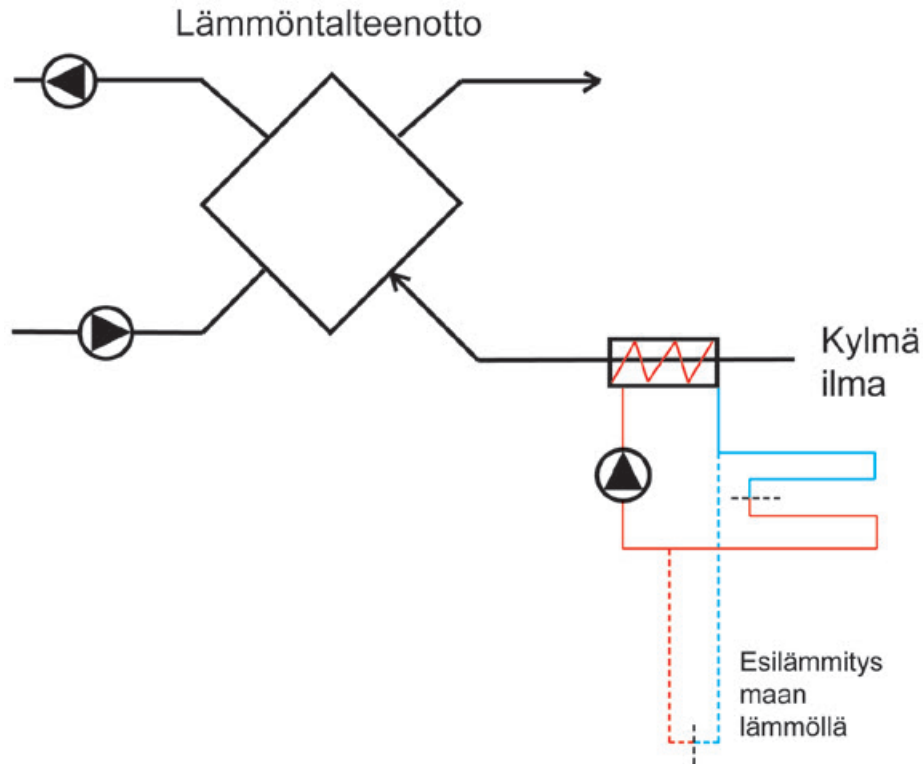
3.2

Mahdollisia vaihtoehtoja uusiutuvan energian tuotantoon rakennuksessa

Lähes nollaenergiatalon konseptiin kuuluu rakennuksessa tapahtuva uusiutuvan energian tuotanto. Energianlähteenä voidaan käyttää esimerkiksi aurinkoa sähkön ja lämmön tuotantoon. Myös rakennukseen integroitu tuulivoima on vaihtoehto. Lisäksi maan lämpöä voidaan käyttää esilämmitykseen sekä maan viileyttä kesäajan viilennykseen. Energiaa voidaan ottaa talteen eri lähteistä, kuten hissien jarrutusenergiasta ja viemäriveden lämmöstä (esimerkiksi viemäriputkien ympäriltä). Suurissa rakennuskokonaisuuksissa, jotka eivät ole kaukolämpöverkoston piirissä, voidaan harkita myös rakennuksen omia biopolttoainekattiloita tai sähkön ja lämmön yhteistuotantolaitoksia.

Aurinkopaneeleja voidaan asentaa katoille sekä etelään suuntautuville seinille. Aurinkoenergian tuotantopotentiali kannattaa hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, mikä varmistetaan paneelien optimaalisella asennolla etelään suuntautuen ja paikkakunnan sijainnista riippuvalla kallistuskulmalla vaakatasoon nähden (esimerkiksi Lahdessa noin 41° [PVGIS]).

Ilmanvaihdon esilämmityksessä ja -viilentämisessä voidaan hyödyntää maan lämpöä talvella ja viileyttä kesällä. Nestekiertoon perustuva hyödyntäminen toimii pelkällä pumppauskustannuksella kuvan 3 mukaisesti. Ilmanvaihdon reitittämisestä maahan upotettujen kanavien kautta ei ole riittäviä selvityksiä menetelmän terveydellisyydestä, joten menetelmän käyttö ei ole suositeltavaa.



Kuva 3. Ilmanvaihdon esilämmityksessä ja -viilentämisessä voidaan hyödyntää maan lämpöä talvella ja viileyttä kesällä. Nestekierto on perustuva hyödyntäminen toimii pelkällä pumppauskustannuksella.

Maalämpöratkaisujen suunnittelussa tulee ottaa huomioon tontin sijainti. Pohjavesialueilla maalämmön hyödyntäminen on luvanvaraista. Kiertonesteiden valintaan tulee kiinnittää huomiota, sillä myös ympäristön kannalta vaarattomiin nesteisiin voidaan sekoittaa järjestelmän korroosionkestävyyttä parantavia myrkyllisiä inhibiittoreita.

Suurissa kohteissa kaukolämmön käyttö päälämmön lähteenä on perusteltua. Maalämpöratkaisuihin on otettava huomioon kaivojen sijoitus ja mahtuminen tontille.

Lisäksi lähes nollaenergiataloon voi yhdistää asetettujen tavoitteiden mukaan muita uusiutuvan energian tuotantoratkaisuja. Tehokkaan energiankulutuksen ja paikallisen energiantuotannon lisäksi on tärkeää huomioida kohteen ja järjestelmien osaava käyttö ja ylläpito, joiden vaikutus energiakokonaisuuteen on merkittävä.

Uusiutuvan energian minimituotantotavoite voidaan asettaa rakennuksen E-luvun perusteella. Jos ostoenergiaan perustuva E-lukutavoite on esimerkiksi 60 kWh/m², uusiutuvan energian tuottotarve voidaan arvioida energiasimulointien avulla siten, että ostoenergiaan perustuva tavoite saavutetaan. Tarkasteluissa on syytä huomata, että yksinomaan uusiutuviin energialähteisiin perustuva kaukolämpö lasketaan energiatehokkuusdirektiivin [Euroopan neuvosto 2010] mukaisesti rakennuksen lähistöllä tuotetuksi uusiutuvaksi energiaksi.

3.2.1

Aurinkosähköjärjestelmän erityisvaatimukset

Aurinkosähköjärjestelmien suunnitteluvaatimuksille laadittiin Onnelanpolku-hankkeessa erilliset ohjeet, liite 1. Aurinkoenergian laskennasta on myös laadittu opas, jossa käsitellään Suomen rakentamismääräyskokoelman D5 2012 mukaista aurinkolämpö- ja aurinkosähköjärjestelmien laskentaa [Heimonen, 2011].

Energiasimulointi suunnittelun tukena

Suunnittelukohteesta on syytä tehdä ensimmäinen energiasimulointi L1-arkkitehtisuunnitelmien ja energiatavoitteiden asettamisen jälkeen jo ennen mahdollista tarjouskilpailua. Alustavan energiasimuloinnin tulokset voidaan liittää tarjouspyyntö-materiaaliin. Energiasimulointia päivitetään suunnittelun edetessä.

Energiasimulointia varten tarvitaan muun muassa seuraavia lähtötietoja:

- Rakennuksen arkkitehtipiirustukset.
- Energiasimulointia helpottaa, jos rakennuksen malli voidaan syöttää simulointiohjelmaan suoraan arkkitehtien käyttämästä suunnitteluohjelmasta. Esimerkiksi IDA ICE ohjelmistoon voidaan syöttää suoraan IFC-tiedostona rakennuksen muoto ja perusrakenne (mukaan lukien mitat sekä seinien, ikkunoiden ja ovien sijainnit).
- Rakenteiden U-arvot.
- Ikkunoiden U- ja g-arvot.
- Ilmanvuotoluku n_{50} .
- Tiedot kylmäsilloista (yksikkönä [W/K/m joint] tai ulkoseinälle: [W/K/m m²]), valitut aurinkosuojausratkaisut (millaiset sälekaihtimet ja/tai aurinkolipat).
- Mahdollisen atriumin savunpoisto/ilmanvaihtoluukkujen kuvaus.
- Lämpimän käyttöveden kulutus (l/asukas/vrk).
- Suunnitellut ilmanvaihtomäärät.
- Kuvaus ilmanvaihtojärjestelmästä ja lämmöntalteenoton hyötysuhteesta.

4 Arkkitehtuurin suunnitteluohjeet

Pyrkimys alhaiseen energiankulutukseen voi ilmentyä rakennuksen arkkitehtuurissa monilla eri tavoilla. Ensimmäisiä suunnittelussa päätettäviä asioita ovat talon asema, mitat ja muoto. Käytännössä lähes nollaenergiatalon luonnossuunnittelussa on vältettävä valitsemasta ratkaisumallia, joka johtaa erittäin monimuotoiseen rakennukseen tai poikkeuksellisen suuriin ikkunapinta-aloihin. Näitäkin vaihtoehtoja voidaan tutkia, jos voidaan osoittaa tekniset ratkaisut epäedullisen muodon tai suuren ikkunapinta-alan vaikutuksen kompensoimiseksi.

Lisäksi arkkitehtuurissa tulee ottaa huomioon rakennuksen ulkovaippaan sijoitettavan aktiivisen aurinkoenergian tuotannon (aurinkopaneeleilla tuotettu sähkö ja aurinkolämpö) tilavaraukset, suuntaus ja esteettinen sijoittelu siten, että aurinkoenergian tuotantopotentiaali on mahdollisimman hyvä. Käytännössä tämä tarkoittaa etelään avautuvaa suuntausta ja kohteen sijainnin kannalta optimaalista katon kulmaa (eli kattojen kaltevuus olisi noin 41–45 astetta Etelä-Suomesta Keski-Suomeen ja 45–49 astetta Keski-Suomesta Pohjois-Suomeen. [PVGIS])

4.1

Asemointi

Kaupunkimaiseen ympäristöön rakennettaessa kaava antaa harvoin mahdollisuuden merkittävässä määrin erilaisiin sijoitusvaihtoehtoihin. Etelärinteiden suosiminen sekä rakennuskannan ja puuston varjostavan vaikutuksen huomioiminen tarjoavat kuitenkin joitakin lähtökohtia energiatehokkuutta tukeville valinnoille rakennuksen sijoittelussa.

Passiivisen aurinkoenergian tehokas hyödyntäminen edellyttää eteläsuuntausta. Toisaalta mitä paremmin lämmöneristetty rakennuksen ulkovaippa on, sitä vähäisempi suhteellinen merkitys rakennuksen sijoittelulla on sen lämmitysenergiantarpeeseen. Joka tapauksessa rakennusten sijoittelulla on hyvä pyrkiä luomaan edullinen pienilmasto ulko-oleskelualueille. Passiivisen aurinkoenergian hyödyntäminen on tehokasta, kun

- rakennuspaikka on aurinkoinen tasamaan tai etelän puoleisen rinteiden tontti, jolloin myös aktiivisesta aurinkolämmöstä saadaan suurin hyöty
- rakennuksen suuntaaminen etelään on luontevaa
- rakennuksen tyyli ja kattomuoto sallivat aurinkokeräinten käytön
- rakennuksen etäisyys muista rakennuksista on riittävä estämään varjostuksen
- tontilla on lehtipuita kesäaikaiseksi aurinkosuojaiksi
- tontti ei ole laaksossa, johon kertyy kylmää ilmaa talvisin.

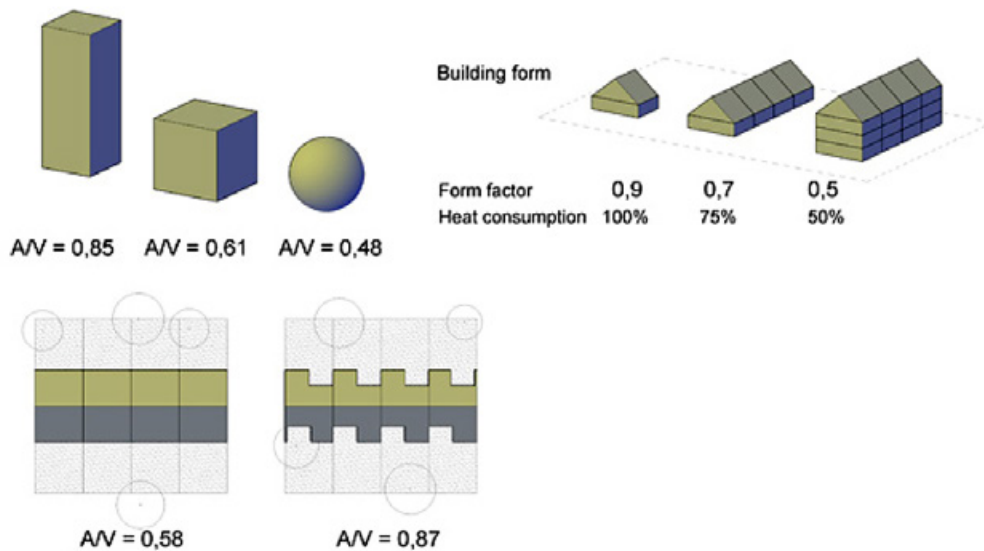
Erilaisia sijoitteluvaihtoehtoja voidaan tutkia varjostustarkasteluilla, joissa osoitetaan varjoon jäävät piha-alueet ja julkisivupinnat eri vuodenaikoina. Tämä on hyödyllistä erityisesti silloin, kun suunnitellaan rakennusryhmää tai sijoitetaan uutta rakennusta olemassa olevan rakennuskannan keskelle.

4.2

Muoto

Rakennuksen muodon määrittely on merkittävin energiantarpeeseen vaikuttava yksittäinen suunnitteluratkaisu. Rakennuksen muodon kompaktius luo edellytykset energiatehokkuudelle. Monimuotoisen ulkovaipan aiheuttama lisäys lämpöhäviöihin voidaan jossain määrin kompensoida muilla suunnitteluratkaisuilla. Kompaktiustavoite ei saa johtaa epätarkoituksenmukaisiin tilaratkaisuihin tai luonnonvalon puutteeseen sisätiloissa. Monimutkaisia rakenteita välttämällä vähennetään osaltaan myös työvirheen riskiä rakennusvaiheessa.

Lähes nollaenergiatalon muodon kompaktiutta kuvataan usein ns. muotokerroimella (saks. *form faktor*, engl. *shape factor*), joka lasketaan yleisimmin ulkovaipan lämmöneristekerroksen ulkopinta-alan ja lämmitettävän tilavuuden suhdelukuna A/V . Geometrisista muodoista esimerkiksi pallo, sylinteri ja kuutio ovat kompakteja ja niiden muotokerroin on siten pieni, mitä havainnollistaa kuva 4. Muotokerroin on riippuvainen myös rakennuksen koosta. Pienten rakennusten muotokerroin muodostuu huonoksi, sillä lämpöhäviöitä aiheuttavaa ulkovaippaa on verrattain paljon suhteessa lämmitettävään tilavuuteen. Kooltaan pieni rakennus onkin haastavaa suunnitella lähes nollaenergiatalon kriteerit täyttäväksi.



Kuva 4. Esimerkkejä rakennuksen muotokerroimista. (Lähde: Heiduk, Ernst: Passive House Standard, luentoaineisto, Passive House Summer School 2008, Spittal a.d. Drau, Itävalta)

Pohjaratkaisu ja tilat

Tehottomalla pohjaratkaisulla lisätään tarpeettomasti lämmitettävää tilavuutta ja menetetään muilla suunnitteluratkaisuilla saavutettuja energiansäästöjä. Jo suunnittelua aloitettaessa tulisi myös arvioida, käsittääkö tilaohjelma tiloja, joita ei tarvitse sijoittaa lämmitettävän ulkovaipan sisään. Esimerkiksi varastotilojen lämmityksen tarpeellisuus kannattaa lähes nollaenergiatalo -hankkeessa kyseenalaistaa. Kompaktiustavoite koskee ainoastaan lämmitettävää tilaa. Muodoltaan kompakteissa rakennuksissa julkisivuun liittyvien rakenteiden, kuten parvekkeiden, kuistien ja katosten, merkitys julkisivun jäsentelykeinona korostuu.

Alas lasketut katot eteis- ja käytävätiloissa, vaatehuoneissa, kylpyhuoneissa ja kodinhoito- ja tekniikkatiloissa soveltuvat reititykseen. Osa lähes nollaenergiatalon lämmöntarpeesta katetaan sisäisten lämpökuormien avulla. Siksi saunan, keittölaitteiden tai muiden lämmönlähteiden sijainti talon keskiosissa on lämmityksen kannalta edullista.

Rakennuksen terminen massa auttaa säilyttämään asukkaista ja laitteista syntyvää lämpöä sekä auringon energiaa. Hyödyntämisen tasoon vaikuttavat mm. massan määrä, pinta-ala, lämmönsiirtokertoimet massan pinnalla, massan ja massaa peittävien pinnoitteiden lämpötilanjohtavuudet, matot, seinävaatteet yms. Massan hyödyntäminen on tehokkainta, kun se sijaitsee lämmöneristyksen sisäpuolella.

Tarvittava termisen massan määrä ei kuitenkaan ole suuri. Esimerkiksi kevytrakenteisen talonmassiivinen lattia on riittävä. Termisen massan hyödyt saadaan, kun lämmityksen säätö on liukuva. Sisäilman lämpötila voi vaihdella liukuman rajojen sisällä. Silloin rakenteet voivat sitoa ja luovuttaa lämpöä lämpötilaerojen perusteella. Terminen massa on keino sisäilman lämpötilan hallitsemiseksi kesällä. Passiivinen jäähdytys tai yöaikainen jäähdytys ilmanvaihdolla ovat myös käyttökelpoisia tapoja yllilämmön ehkäisemiseksi.

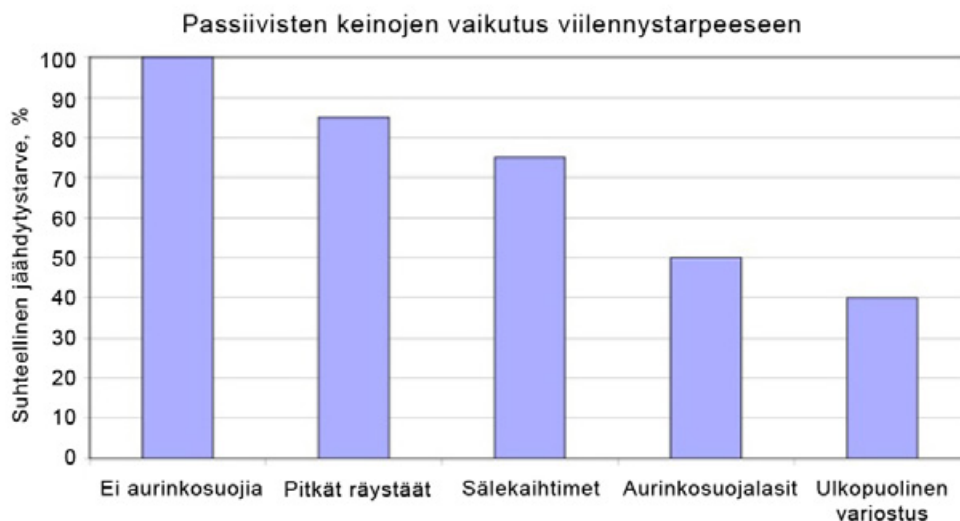
Ikkunat

Ikkunapinta-alaksi sopii tavallisesti noin 15–20 % kerrosalasta. Parhaatkin markkinoilla olevat ikkunaratkaisut ovat lämmöneristävyydeltään tyyppillistä seinärakennetta huomattavasti huonompia. Kohtuullinen ikkunapinta-ala on eduksi energiatehokkuudelle, mutta lähes nollaenergiatalon lämmitysenergiatarve voidaan saavuttaa myös hieman suuremmalla ikkunapinta-alalla. Ikkunapinta-alan pienentäminen tai kompaktiustavoitteesta johtuva rakennusrungon syveneminen eivät saa johtaa valotomiin tiloihin tai sähkövalaistustarpeen lisääntymiseen. Sähköenergiankulutuksen leikkaaminen on nousemassa yhä suuremmaksi haasteeksi rakennusten energian käytölle.

Vaikka ikkunat olisivatkin hyvää matalaenergiatasoa, ikkunat eivät saa olla liian korkeita. Hyväkään ikkuna ei estä liian korkeista ikkunoista syntyvää vedontunnetta, eikä kylmässä ilmastossa ikkunan pitäisi olla lattian tasossa termisen viihtyvyyden ja rakennedetaljin ilmapitävyyden varmistamiseksi. Erityisen tärkeää tämä on jos lämmönjako hoidetaan lattialämmityksellä.

Aurinkoiseen ilmansuuntaan suunnatut ikkunat lisäävät asumisviihtyvyyttä. Lisäksi niiden avulla voidaan passiivisesti hyödyntää aurinkoenergiaa tilojen lämmitystarpeen pienentämiseksi. Saavutettu energiansäästö voidaan kuitenkin menettää, jos esimerkiksi suuret eteläikkunat aiheuttavat yllilämpenemistä kesäkuukausina, ja sisäilman lämpötila joudutaan pitämään sopivana koneellisen viilennyksen avulla.

Suomen ilmastossa koneellisen viilennyksen tarve on useimmissa rakennustyy-
peissä kokonaan vältettävissä suunnittelun keinoin. Ylilämpeneminen voidaan estää
esimerkiksi ikkunaluukuin, kaihtimin, auringonsuojalasein tai kiinteillä varjostavilla
rakenteilla, jotka voivat olla osa rakennuksen arkkitehtuuria. Näiden tehokkuutta on
vertailtu kuvassa 5. Pääsääntöisesti lasin ulkopuolelle sijoitetut varjostavat rakenteet
toimivat tässä tarkoituksessa tehokkaammin kuin lasin sisäpuolelle sijoitetut. Hyviä
esimerkkejä arkkitehtuuriin kiinteästi liittyvistä varjostavista rakenteista löytyy mm.
toimistorakennuksista, joissa sisälämpötilojen hallinta on ollut keskeinen suunnitte-
lukysymys jo pitkään ennen energiatehokkuuskysymysten painottumista.



Kuva 5. Passiivisten ikkunoiden varjostamisen keinojen vaikutus viilennystarpeeseen.

Ikkunoiden eteläsuuntauksen hyöty pohjoisessa ilmastossa ei ole niin suuri kuin
esimerkiksi Keski-Euroopan ilmastossa. Tämä johtuu siitä, että lähes nollaenergia-
talossa lyhyeksi muodostuva lämmityskausi ajoittuu valottomaan vuodenaikaan.
Lähes nollaenergiatalon ikkunat voivat olla jopa pohjoiseen suunnatut, jos tämä on
muusta syystä perusteltua.

4.5

Talotekniikan huomiointi

Talotekniikkajärjestelmien reititys on huomioitava jo luonnossuunnittelussa.
Arkkitehtisuunnittelussa kannattaa varata tila ilmanvaihtolaitteelle suunnilleen sen
alueen keskeltä, jonka ilmanvaihto koneella hoidetaan. Välipohjarakenteissa ja kaa-
pistojen yläpuolella voi olla sopivia tiloja kanaville. Huonetilojen päätelaitteet voivat
olla seinäasennuksia, jolloin yläpohjassa ei ole kanavia. Kanavistolle suunnitellaan
riittävä asennustila, jotta puhallinteho voidaan pitää alhaisena ja korkean virtausno-
peuden aiheuttamilta ääniongelmilta vältytään.

Ulkovaipan läpivientien määrä minimoidaan ilmatiiveyden saavuttamiseksi. Lä-
hes nollaenergiatalo on tiivistä ja hyvin eristetystä ulkovaipasta johtuen ääniolosuh-
teiltaan hyvin hiljainen, joten äänenvaimennukseen ja teknisen tilan ääneneritykseen
on syytä kiinnittää huomiota. Ilmanvaihtojärjestelmän kanavien tulee myös sijaita
ilman- ja höyrönsulun lämpimällä puolella siten, että vain raitisilma- ja jäteilmaka-
navat läpäisevät sulkukerrokset. Kanavia ei tule sijoittaa ullakkotiloihin edes läm-
möneneristettyinä.

Suunnittelun edetessä viimeisten energiantarpeen kilowattituntien leikkaaminen tavoitetasoon on usein työlästä ja siihen päästään useiden pienten muutosten summa-vaikutuksena, jossa käytössä on niin arkkitehtisuunnittelun kuin valittujen teknisten ratkaisujen keinovalikoima. Valmiin suunnitelman energialaskelma toimii toteutuksen ohjenuorana: laskelmassa käytettyjä U-arvoja ja lämmön talteenoton hyötysuhdetta on noudatettava toteutuksessa, ja näitä arvoja kannattaa käyttää rakennuksen vähimmäisvaatimustasona.

5 Rakennetekniset suunnitteluohjeet

Useimmat erittäin energiatehokkaan rakennuksen rakenneratkaisut ovat tavanomaisia, mutta niiden suunnittelussa on vain huolellisesti otettu huomioon kokonaisuuden energiatehokkuus. Mikäli suunnittelussa päädytään syystä tai toisesta rakenteellisiin ratkaisuihin, joista ei ole riittävää tutkimustietoa tai kokemusta, pääsuunnittelijan tulee vaatia asiantuntijaselvitys rakenteiden kosteusteknisestä toimivuudesta suunnitelmien liitteeksi. Selvityksen tarpeellisuus tulee harkita tapauskohtaisesti. Pilotikohteissa toteutetuista rakenteista tarvittavat selvitykset ovat jo olemassa, ja nämä ovat saatavilla materiaalivalmistajilta tai suoraan selvityksen laatineilta tahoilta. Yleiseensä rakenteiden yksinkertaisuus helpottaa kohteen toteutettavuutta.

5.1

Lämmöneristys

Tarvittava lämmöneristys määritellään hankekohtaisesti kokonaisenergiatarkastelun kautta. Kun parempaa lämmöneristystä halutaan käyttää kompensoimaan muita ratkaisuja, on syytä huomata, että erittäin suurissa eristepaksuuksissa lämmöneristävyys ei enää kasva lineaarisesti lämmöneristekerroksen paksuuden kanssa.

Energiansäästötavoitteet johtavat paksuihin lämmöneristyskerroksiin. Seinän rakennepaksuus voi olla 300–600 mm rakenneperiaatteesta ja materiaaleista riippuen. Yläpohjissa, missä eristäminen on suhteellisesti helpompaa, eristyspaksuus voi olla jopa 700 mm. Tuuletettujen lattioiden eristys voi olla 500 mm, mutta maanvaraisissa rakenteissa routasuojaus tehdään lattiaeristyksen mukaan. Erityisesti nurkat ovat herkkiä. Suomessa on kokemuksia 250–300 mm:n maanvaraisen lattian lämmöneristyksistä. Nykyiset routasuojausohjeet kattavat eristyspaksuuden noin 200 millimetriin saakka. Perustusten jäätyminen riski riippuu rakennuspaikasta sekä maaperän laadusta ja olosuhteista. Hyvin eristetyn lattian lämpöhäviö on niin pieni, että se ei pysty estämään maan jäätymistä perustusten alla ilman mitoitettua routasuojausta matalaperusteisissa rakenteissa. Energiatehokkaiden talojen routasuojausta on tutkittu Airaksisen ja Heikkisen raportissa¹

¹ [Airaksinen ja Heikkinen, 2012:
http://www.eps-eriste.fi/fin/ammattilaiselle/rakennusten_routasuojaus/].

Hyvin eristettyjen rakenteiden lämmönläpäisykertoimet ja siten myös lämpöhäviöt ovat pieniä. Sopivia rakenteiden lähtökohtaisia U-arvoja ovat esimerkiksi seuraavat, joskin lopullinen taso tulee määrittää laskelmilla tai mallinnuksella:

- ulkoseinä 0,08–0,14 W/m²K
- alapohja 0,1–0,15 W/m²K
- yläpohja 0,06–0,09 W/m²K
- ikkuna 0,7–0,9 W/m²K
- kiinteä ikkuna 0,6–0,8 W/m²K
- ulko-ovi 0,6–0,8 W/m²K.

Rakenteiden kylmäsilat sisältyvät U-arvoihin. Hyvin eristetyssä rakennusvaiheessa kylmäsiltojen merkitys korostuu. Lähes nollaenergiatalon suunnittelua koskevassa aineistossa kylmäsilat jaotellaan usein kolmeen kategoriaan: rakenteellisiin kylmäsiltoihin, geometrisiin kylmäsiltoihin sekä näiden yhdistelmiin. Rakenteellinen kylmäsilta on rakenteen kohta, jossa lämmönjohtavuus on ympäröivää rakennetta huomattavasti suurempi. Tällainen on tyypillisesti esimerkiksi lämmöneristekerroksen läpi ulottuva runkotolppa. Geometrisena kylmäsilta pidetään mm. ulkonurkkaa.

Rakenteiden massiivisuuden merkitys riippuu rakennuksen sijainnista sekä ulkovaipan lämmöneristävyydestä. Suomen ilmastoon toteutettavassa, erittäin hyvin eristetyssä rakennuksessa rakenteiden massiivisuudella on selvästi vähäisempi merkitys rakennuksen energiantarpeelle kuin esimerkiksi Keski-Euroopan ilmastossa. Toisaalta jo maanvaraisen alapohjan betonilaatta tuo rakennukseen varaavaa massaa, jolla on lämpötilavaihteluita tasaava vaikutus.

5.2

Tiiveys

Rakennuksen vaipan ilmatiiveys on tärkeää, ja tavoitetasona on, että ilmanvuotoluku n_{50} on korkeintaan 0,4. Lasiatriumin ei kuitenkaan tarvitse täyttää tätä ilmatiiveyden tavoitetta. Ilmatiiveys mitataan siinä vaiheessa rakentamista, kun rakennuksen vaippa on ilmatiiveyden kannalta valmis.

Detaljisuunnittelulla ilmatiiviin kerroksen toteuttaminen tehdään helpoksi. Eri-tyistä huomiota on kiinnitettävä alapohjan ja seinärakenteen liitokseen, välipohjan liittymiseen seinärakenteeseen sekä ovi- ja ikkunadetaljeihin. Ilmansulkukerroksen lävistävien asennusten määrä on minimoitava ja ilmanvaihtokanavisto asennettava kokonaisuudessaan ilmansulkukerroksen sisäpuolelle. Alapohjan läpi tuotavat asennukset voidaan keskittää.

Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyydellä on yllättävän suuri suhteellinen vaikutus lähes nollaenergiatalon energiankulutukseen. Yksinkertaiset ja hyvin suunnitellut rakenteet ja rakennedetaljit ovat avainasemassa ilmanpitävyyden parantamisessa. Ilmansulkukerroksen yhtenäisyys varmistetaan juuri detaljien suunnittelulla ja huolellisella toteutuksella. Ilmansulkukerroksen materiaali ja toteutustapa riippuvat rakenteesta. Kevyissä rakenteissa yhtenäinen muovikalvo tai rakennuspaperi tiivistetyin (teippaus tai liimaus) saumoin on riittävä. Paras pitkäaikaiskestävyys saumojen tiiveydelle saavutetaan, kun teippauksen ja liimauksen lisäksi liitos on mekaaninen. Ilmansulun läpiviennit on kuitenkin tiivistettävä huolellisesti ja käytettävä mahdollisuuksien mukaan läpivienteihin suunniteltuja mansetteja. Välipohjan ja ulkoseinän liitos on usein vaikeasti tiivistettävä detaljirakenne.

Harkkorakenteissa ilmasulku saavutetaan sisäpinnan käsittelyllä ja sisäpinnan läpivientien tiivistämisellä. Raskaissa elementtirakenteissa saumat ja elementeissä olevat sähkövedot ovat tiivistettäviä detaljeja. Yläpohjan vaikeimmat kohdat ovat ilmanvaihtokanavien, viemärien tuuletusputkien ja savupiipun tiivistäminen ilmasulkukerrokseen. Kevyissä rakenteissa kaikki sähkövedot on syytä tehdä ilmansulun sisäpuolelle.

5.3

Kosteussuoja ja rakentamisen laatu

Energiatehokkaaseen rakentamiseen liittyy julkisuudessa käytävä keskustelu paksumien lämmöneristyskerrosten kosteusriskeistä. Ulkovaipan kosteusvaurioiden ylivoimaisesti suurin aiheuttaja on sadeveden tunkeutuminen rakenteisiin. Myös märkätilojen virheelliset vedeneristykset ja jopa uusienkin talojen putkistojen tai viemäröintien vuodot, maan kosteuden pääsy rakenteisiin, rakentamisen aikainen kosteus, väärät rakenneratkaisut sekä rakennustuotteiden ja -tarvikkeiden varastointi ilman asiallista sääsuojasta ovat aiheuttaneet vaurioita.

Asuinhuoneiden sisäilman kosteuden aiheuttamat kosteusvauriot ovat huomattavasti harvinaisempia. Rakennusten kosteusvaurioihin ei yleensä ole yhtä selkeää syytä, vaan ne ovat useimmiten monen vaikuttavan tekijän summa. Siksi paksu lämmöneristys ei yksinään aiheuta kosteusriskin kasvua. Nämä tekijät koskevat kaikkea rakentamista. Huolimattomuus ja asenteet yhdessä väärin työtapojen tai työjärjestyksen kanssa aiheuttavat aivan liian paljon kosteusvaurioihin johtavia virheitä.

Pääsuunnittelijan vastuulla on varmistaa suunnittelun laatu siten, että suunnitelman toteuttaminen on vaihtelevissa työmaaolosuhteissa mahdollista. Työmaan vastaavan mestarin tulee varmistaa, että talo rakennetaan suunnitelmien mukaisesti. Iso osa uudistalojen kosteusongelmista voitaisiin välttää pitämällä huolta rakentamisen perusasioista – suunnittelun ja toteutuksen laadusta. Energiatehokas rakentaminen perustuu juuri laatuajatteluun.

6 LVISA-suunnitteluohjeet

Talotekniikan, erityisesti IV:n energiatehokkuuteen, säädettävyyteen, automaatioon sekä kanavamitoitukseen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Rakennuksen vaipan ilmatiiveys on tärkeää, ja tavoitetasona on, että ilmanvuotoluku n_{50} on korkeintaan 0,4. Lasiatriumin ei kuitenkaan tarvitse täyttää tätä ilmatiiveyden tavoitetta. Ilmatiiveys mitataan siinä vaiheessa rakentamista, kun rakennuksen vaippa on ilmatiiveyden kannalta valmis.

6.1

Lämmitys

Lähes nollaenergiatalon ulkovaippa on hyvin lämmöneristettyjä ilmanpitävä. Ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen tavoitearvo on vähintään 70 %. Talon lämpöhäviöt ovat pienet, jolloin lämmönjako voidaan hoitaa ilmanvaihtolämmityksellä, eikä talossa välttämättä tarvita perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä, kuten radiaattoreita tai lattialämmitystä. Toisaalta myös perinteiset lämmitystavat ovat edelleen mahdollisia vaihtoehtoja. Ilmanvaihtolämmityksessä on kiinnitettävä erityisesti huomiota termisen viihtyvyyden hallintaan. Energiasuunnittelijan tehtävänä on esittää vaatimukset talon lämpötekniselle toimivuudelle kokonaisuutena, jotta lämmöntarve voidaan kattaa kaikissa olosuhteissa tehokkaasti. Suunnittelun tavoite on hyvä, viihtyisä ja vedoton sisäilmasto.

Eri huoneiden lämpötila voi vaihdella aurinkokuorman, käytön ja muiden sisäisten kuormien johdosta. Lämpötilan säätö tulee olla huonekohtainen.

Ilmanvaihtolämmitykselle on kaksi periaatevaihtoehtoa. Tuloilmaa voidaan lämmittää joko keskitetysti heti ilmanvaihtokoneen jälkeen tai huonekohtaisesti ilmanvaihdon päätelaitteissa. Ensimmäinen vaihtoehto tuottaa jokaiseen huoneeseen samanlämpöistä ilmaa. Huonekohtainen lämpötilan säätö edellyttää tuloilman lämmitystä joko päätelaitteissa tai kanavissa päätelaitteiden edessä. Tässä tapauksessa ilman lämpötila voidaan säätää halutuksi. Ilmanvaihtolämmityksen toimivuus tulee varmistaa energia- ja olosuhdesimuloinnin suunnitteluprosessin aikana.

6.2

Ilmanvaihto

Ilmatiivis talo tarvitsee toimivan ja oikein mitoitettun ilmanvaihtojärjestelmän. Ilmanvaihdon oikean mitoituksen tarkoituksena on välttää liian suuria, tarpeettomia

ilmanvaihtomääriä. Toisaalta energiatehokkuuden varjolla ei pidä pienentää aidosti tarvittavaa ilmanvaihtoa.

Rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt ilmanvaihdon suunnitteluperusteet edustavat minimi-ilmanvaihtoa. Sisäilmastoluokitus 2000:n perusteella paras luokitus edellyttää määräysten minimitasoa suurempaa ilmanvaihtoa. Rakentamismääräysten perusteella minimi-ilmanvaihto on usein keskimäärin hieman yli 0,5 ilmanvaihtokertaa tunnissa. Ilmanvaihdon tavoitetaso riippuu huoneen käyttötarkoituksesta.

Ilmanvaihtolämmityksessä tuloilma jaetaan kaikkiin huonetiloihin. Lattialämmitys on perusteltua kosteissa tiloissa lattian kuivumisen nopeuttamiseksi. Lattian lämpötila tulee mitoittaa tavanomaista lattialämmitystä alemmalle tasolle siten, että lämpötila on 1–4 °C ilmanlämpötilaa korkeampi. Suurempi lämpötilataso voi aiheuttaa ylikuumenemista.

Tuloilman päätelaitteet voivat sijaita väliseinissä. Kattoon sijoitetut päätelaitteet voivat palvella koko tilaa paremmin kuin seinäasennukset, mutta kyse on kuitenkin päätelaitteen valinnasta ja mitoituksesta. Koska ilmanvaihtokanavien tulee katossa sijaita ilmansulun alapuolella, on kattoasennuksia varten varattava riittävä tila kanaville.

Lämpöviihtyvyys ja sisäilman laatu edellyttävät tuloilman hyvää sekoittumista sisäilmaan. Sekoittuminen pienentää huonetilan ilman korkeussuuntaista lämpötilaeroa. Sekoittuminen on tärkeää erityisesti keskitalven kovien pakkasten aikana, sillä tuloilman lämpötila voi mitoitusolosuhteissa olla lähes 50 °C.

Korkealla sijaitsevista päätelaitteista tulevan ilman nopeuden tulee olla riittävän suuri, jotta sekoittuminen on tehokasta. Oleskelu vyöhykkeellä ilman nopeuden tulee taas olla matala, korkeintaan 0,15–0,20 m/s, jotta ilmavirtaus ei heikennä viihtyvyyttä.

Huonetilan korkeussuuntaisen lämpötilaeron tulee olla alle 2 °C istuvan ihmisen nilkan ja niskan välillä (0,1–1,1 metrin korkeudella). Korkeissa huonetiloissa (kahden kerroksen korkuinen huone) hyvä terminen viihtyvyys on hankalampi saavuttaa. Ulkovaipan lämpötekniiset ominaisuudet ovat hyvät, joten pienten lämpötilaerojen ylläpitämien on helppoa. Ilman johtaminen huoneisiin lattiassa olevien päätelaitteiden kautta auttaa saavuttamaan hyvän sekoittumisen, mutta alhaalta puhallettava ilma nostattaa pölyä.

6.3

Ilmanvaihtokoneen energiatehokkuus

Uusien lämmöntalteenottolaitteiden vuosihyötysuhteet ovat jo yli 70 %. Siten laitevalinnassa on erilaisia vaihtoehtoja. Oleellisin valintakriteeri on koneen soveltuminen koko järjestelmän osaksi. Jäätymisenestön energiantarve ohjaa silloin valintaa: mitä pienemmällä energialla selvitetään, sen parempi. Vuosihyötysuhde riippuu toki myös koko järjestelmän suunnittelusta, laitteiden ja kanavien mitoituksesta. Perusilmanvaihtoa suuremmalle ilmamäärälle mitoitettu ilmanvaihtokone takaa pienen ominaissähkötehon koko ilmanvaihdon käyttöalueelle. Sertifioitujen koneiden ominaissähkötehon ja vuosihyötysuhteen riippuvuus on mitattu.

Esilämmityksen ansiosta ilmanvaihtolaitteen jäätymisongelmat vältetään ja koneen vuosihyötysuhde pysyy korkeana. Käytännön kokemukset maalämmönvaihtimeen perustuvasta tuloilman esilämmityksestä pohjoisessa ilmastossa ovat kuitenkin vähäisiä, ja ratkaisun hygieenisuus tulee selvittää ja suunnitella huolella. Tuloilman esilämmitys voidaan järjestää myös esimerkiksi nestekiertoisen lämmönvaihtimen avulla, jolloin maalämmönvaihtimen riskeiltä vältytään. Pyörivällä lämmönvaihtimella varustettu ilmanvaihtokone ei välttämättä tarvitse tuloilman esilämmitystä.

Jäähdytys

Samat energiatehokkaat ominaisuudet, jotka pitävät talon lämpimänä talvella auttavat myös pitämään sen viileänä kesällä. Toisaalta on vaarana, että kesäaikainen aurinkokuorma voi aiheuttaa lähes nollaenergiataloon yllilämpöä. Suunnittelijan on syytä arvioida yhdessä arkkitehdin kanssa yllilämmön mahdollisuutta ja samalla passiivisia keinoja ongelman ehkäisemiseksi. Keinoja ovat esimerkiksi ikkunoiden varjostaminen, yöjäähdytys ilmanvaihdon avulla ja päiväaikainen ilmanvaihdon tehostaminen. Ilmanvaihdon korvausilma voidaan tuoda talon pohjoispuolelta.

Nestekiertoisessa järjestelmässä on lämmönvaihdin, ja järjestelmässä on pumppu ja lämpönieluna esimerkiksi porakaivo. Porakaivon syvyys on mitoitettava tarvittavan jäähdytystehon perusteella. Suunnittelussa on kuitenkin syytä hakea jäähdytysratkaisu passiivisista keinoista.

Melu

Ihminen on herkkä melulle, vaikka esimerkiksi ilmanvaihtokoneen melutaso olisikin normimääräyksiä matalampi. Koettu äänitaso voi olla häiritsevää jo alhaisellakin tasolla. Erityisesti hiljaisilla alueilla standardien mukaiset maksimitasot (D2) melulle voivat olla häiritsevän korkeita. Ilmanvaihtojärjestelmästä melua syntyy itse koneen käynnistä ja putkistoista. Koneen käyntiäänet läpäisevät laitteen koteloinnin. Siksi erillinen tekniikkatila voi olla tarpeen, kun talvella lämmitys edellyttää tavanomaista suurempia ilmamääriä. Putkistoista aiheutuvaa melua voidaan ehkäistä avarilla putkilla, jolloin ilman virtausnopeudet ovat alhaisia. Myös suora reititys laskee äänitasoa. Putkistoihin voidaan lisätä ylimääräiset äänenvaimentimet, jolloin laitteen tilan tarve kasvaa jonkin verran. Tekniikkatilassa asennustilaa on lattiasta kattoon.

7 Valaistuksen suunnitteluohjeet

7.1

Yleistä palvelutalon valaistuksesta

Palvelutalon asukkaiden erityistarpeet huomioiden valaistuksen suunnittelu vaatii erityistä huomiota. Hyvässä valaistuksessa on oleellista, että vaaditun valaistusvoimakkuuden ohella myös laadulliset tarpeet tyydytetään. Pääasialliset vaatimukset optimaaliselle valaistukselle sisätiloissa ovat terveys, turvallisuus, näkötehtävistä suoriutuminen, estetiikka ja henkilökohtainen viihtyvyys. Lähes nollaenergiatalossa valaistusasennuksen tulee täyttää tilalle asetetut valaistusvaatimukset energiaa tuhlaamatta. Tämä edellyttää sopivan valaistusjärjestelmän, laitteiden ja ohjaustavan sekä luonnonvalon hyödyntämistä.

7.2

Valaistuksen suunnittelussa huomioitavat vanhusten erityistarpeet

Ihmisen vanhetessa silmän verkkokalvolle pääsevän valon määrä vähenee ja silmän sopeutumiskyky huononee. Lisäksi vanhemmat ihmiset ovat herkempiä häikäisylle ja heidän adaptaatiokykynsä äkillisiin kirkkausvaihteluihin on heikentynyt. Hyvin suunnitellun valaistuksen, joka huomioi riittävän valon määrän, tarkoituksenmukaisen valon suuntauksen, hyvän kontrastin ja valon häikäisemättömyyden, on todettu korreloivan ikääntyneiden ihmisten elämänlaadun kanssa. Hyvällä valaistuksella voidaan parantaa ikääntyneen ihmisen fyysistä kuntoa, ruokahalua, yleistä terveyttä ja mielialaa.

Koska ikääntyneiden ihmisten silmän adaptaatiokyky on heikentynyt, tulee palvelutalon yleisvalaistuksen olla tasaista ja suuria valotasojen muutoksia tulee välttää. Erityistä huomiota tulee kiinnittää sisä- ja ulkotilojen erilaisten valotasojen tasapainottamiseen eteistilassa ja ikkunoiden läheisyydessä.

Sisäpintojen tulee olla pääsääntöisesti hajaheijastavia ja vaaleita. Vanhusten turvallisen kulkemisen takaamiseksi tulee visuaalisen ympäristön kuitenkin tarjota riittävästi kontrasteja esimerkiksi ovien, portaiden ja huonekalujen erottamiseksi.

Kirkkaita kohteita ja valonlähteitä vanhusten näkökentässä tulee välttää huomioiden vanhusten elämäntyyli (esim. sängyssä makuulla vietetty aika). Valaistuksen aiheuttaman häikäisyn välttäminen on erityisen tärkeää vanhusten asuinympäristössä. Epäsuoran ja suoran valon yhdistelmä on suositeltava valaistusratkaisu tiloihin, joissa vanhukset viettävät paljon aikaa.

Työtasoilla ja esimerkiksi lukemiseen tarkoitetuilla alueilla tulee huolehtia vanhusten näkötehtävistä suoriutumisen kannalta riittävän korkeista valotasoina. Optimaalinen työalueen valaistusratkaisu mahdollistaa valon määrän ja suuntauksen käyttäjäkohtaisen ja tarpeenmukaisen säädön. Vertikaaliseen valaistukseen ja valon tulosuuntiin tulee kiinnittää huomiota alueilla, joilla kasvojen tunnistus on oleellista (esim. kylpyhuoneen peilin ja huoneiston ulko-oven edessä).

Erilaisissa tiloissa ja tilanteissa tarvitaan eri määrä valoa. Taulukossa 1 on listattu vanhuksille suositeltavia valotasoina palvelutalon eri tiloissa. Valaistussuositukset ovat minimivaatimuksia ylläpidettävälle yleisvalaistusvoimakkuuden keskiarvolle 76 cm korkuisella horisontaalisella tasolla. Suositukset perustuvat standardissa ANSI/IESNA RP-28-07 annettuihin suosituksiin. Niiltä osin kuin suositukset parantavat valaistusolosuhteita niiden tarkoituksena on vanhusten erityistarpeet huomioiden täydentää eurooppalaisia standardeja, ei korvata niitä. Rakennuksen muissa tiloissa noudatetaan standardin SFS-EN 12464-1 mukaisia valaistussuosituksia.

Taulukko 1. Valaistussuosituksia yli 60-vuotiaiden asumiseen. Suositukset ovat minimivaatimuksia ylläpidettävälle yleisvalaistusvoimakkuuden keskiarvolle 76 cm korkuisella horisontaalisella tasolla (ANSI/IESNA RP-28-07).

	Tila	Yleisvalaistusvoimakkuuden keskiarvo (lx)	Työalueen valaistusvoimakkuus (lx)
Yhteiset tilat	Sisäänkäynti ulkopuolella (yöllä)	100	
	Sisäänkäynti sisäpuolella (päivällä)	1000	
	Sisäänkäynti sisäpuolella (yöllä)	100	
	Portaat ja porrastasanteet	300	
	Hissien odotustilat ja hissit	300	
	Ulkotilojen kävelyväylät	50	
	Yleiset tilat (päivällä)	300	500
	Käytävät (päivällä)	300	
	Käytävät (yöllä)	100	
	Ruokailutila (päivällä)	500	
	Kuntoilutila	500	
	Pukuhuone	300	
	Kylpyhuone/WC	300	600
Huoneistot	Sisäänkäynti	300	
	Olohuone/oleskelutila	300	750
	Makuuhuone/makuutila	300	750
	Vaatehuone/vaatekaapin edusta	300	
	Kylpyhuone/WC	300	600
	Keittiö	300	500

7.3

Valaistuksen energiankulutukseen liittyvät suositukset

Valaistuksen kuluttaman energian määrä pyritään minimoimaan valaistuksen laadusta tinkimättä. Valaistuksen kuluttaman tehon tavoitearvo on enintään 8 W/m².

Vanhusten asuintiloissa käytetään manuaalista valaistuksen ohjausta. Valokatkaisijoiden paikat tulee suunnitella tarkoituksenmukaisesti ja niiden käytettävyyteen tulee kiinnittää erityistä huomiota.

Käytävillä, portaikoissa ja yleisissä oleskelutiloissa valaistusta ohjataan vakiovalaistus-, päivänvalo- ja läsnäolotunnistimin. Tilojen valaistusohtausalueet tulee suunnitella energiatehokkaasti, huomioiden kuitenkin myös, että liian pienet alueet aiheuttavat käyttäjälle turvattomuuden tunnetta. Päivänvalon hyödyntäminen sisäänkäynneillä on suositeltavaa ulko- ja sisätilojen valaistuserojen tasaamiseksi siirtymäalueella.

Valaistuksen säädön (himmennys) tulee olla mahdollista tiloissa, joissa se on tarkoituksenmukaista. Esimerkiksi yöllä voidaan käytävillä ja yleisissä tiloissa käyttää matalampia valotasojia kuin päivällä, valoja tulee voida himmentää. Matalampien valotasojen ajankohdat määritellään aikaohjauksella.

Palvelutalon valaistus toteutetaan kokonaisuudessaan LED-valaisimilla. LED-valaisimien tulee olla hyvälaatuisia, pitkäikäisiä ja energiatehokkaita. Valonlähteiden tulee olla värilämpötilaltaan miellyttäviä (CCT < 4 000 K) ja värinöisto-ominaisuuksiltaan hyviä (Ra > 80). Valaisinten huollon ja vaihdon tulee olla kohtuullisin kustannuksin toteutettavissa myös LEDien eliniän jälkeen tai ennenaikaisen rikkoutumisen sattuessa.

7.4

Ulkovalaistus

Atriumpihan ulkovalaistuksen kuluttaman tehon tavoitearvo on enintään 2 W/m² ja valaistusvoimakkuuden keskiarvon suositeltu tavoitearvo 50 lx. Ulkovalaistuksessa tulee käyttää hyvälaatuisia LED-valaisimia, joiden värilämpötila on noin 4 000 K ja värinöistoindeksi Ra > 70. Energiankulutuksen minimoimiseksi ulkovalaistuksen ohjauksen atriumpihan käyttöaikojen (aikaohjaus) ja pimeän vuorokaudenajan (päivänvalo-ohjaus) mukaan tulee olla mahdollista.

Läsnäolotunnistimiin perustuva valaistuksen ohjaus sytyttää valaisimet täyteen tehoonsa asukkaan astuessa pihalle ja hitaasti himmentää valaistuksen matalammalle valotasolle (n. 10 lx) pihan ollessa tyhjillään. Atriumpihan käyttöaikojen ulkopuolella pihan valaistus on syytä sammuttaa kokonaan, jotta turhalla häiriövalolta asuntojen ikkunoihin ja ympäristöön vältyttäisiin. Valaistuksen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota valaistuksen aiheuttaman häikäisyn ja häiriövalon minimoimiseen sekä valon tasaisuuteen.

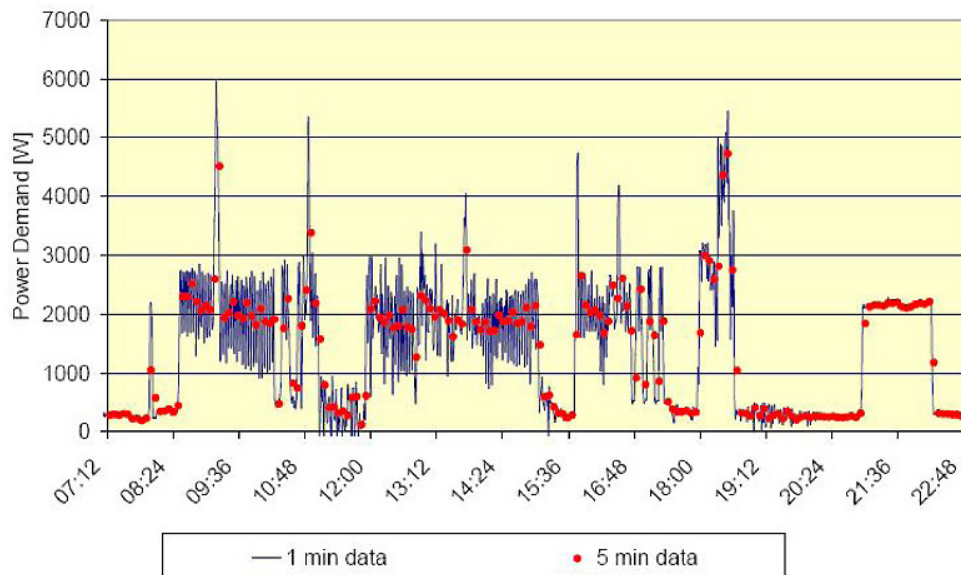
Palvelutalon muissa ulkotiloissa tulee huomioida kävelyväylien, risteyskohtien ja portaiden riittävä, turvallinen ja tasainen valaistus. Puolisylinterivalaistusvoimakkuuden 1,5 metrin korkeudella tulee olla riittävä (> 5 lx) vastaantulijan kasvojen tunnistamiseksi. Ulkotilojen valaistuksessa suositellaan käytettävän valaisimia, joiden valonlähteen näkyminen suoraan on estetty häikäisyn välttämiseksi.

8 Energiankulutuksen seurantasuunnitelma

Energiankulutuksen seurannan tavoitteena on tuottaa tietoa rakennuskokonaisuuden energiakäytön dynamiikasta. Rakennuksen energiakäytön seurantamittauksille laaditaan ohjelma, jonka avulla voidaan tarkastella energiankulutuksen ja tehontarpeen lyhyt- ja pitkäaikaisia vaihteluita suhteessa rakennuksen toimintoihin ja sisäolosuhteisiin. Tavoitteena on samalla:

- edistää palveluasumisen energiatehokkuutta ottamalla samalla huomioon sisäolosuhteet, terminen viihtyvyys ja turvallisuus
- tunnistaa energian turha kulutus ja löytää keinot turhan kulutuksen poistamiseksi
- kehittää uusia energiankulutuksen hallintapalveluita
- vertailla suunniteltua ja toteutunutta energiankulutusta.

Jotta rakennuksen energiakäytön dynamiikka pystytään selvittämään, tarvitaan hyvin lyhytaikaista (1–5 minuuttia) mittaussäilyä (kuva 6).



Kuva 6. Mittausjakson merkitys. Jos kulutusta käsiteltäisiin keskimääräisenä tuntitasolla, se voisi johtaa yli 100 %:n eroon tehonkulutuksessa.

Onnelanpolussa energiankulutuksen seurantajärjestelmä kuului mukaan KVR-urakkaan. Seuranta varten tarvitaan tarkoituksenmukainen mittaus. Taulukossa 2 on alustava mittaussuunnitelma. Huoneistokohtaista mittausta ei tehdä 2. ja 3. kerroksesta (dementiapotilaiden tilat), näissä on vain kerroskohtainen mittaus. Seurantasuunnitelma on huomioitava sähköjärjestelmän suunnittelussa.

Taulukko 2. Onnelanpolun alustava mittaus suunnitelma tarjouspyyntövaiheessa (huoneistokohtaista mittausta ei tehdä 2. ja 3. kerroksesta).

Kulutuskohde	Mittauskohde	Mittaus
Sähköenergia	Kiinteistösähkö, kulutus taloissa	Kokonaissähkö
		Ilmanvaihtokoneiden puhallinsähkö
		Maalämmönvaihtimen pumppu
		Yleisten ja palvelutilojen valaistus
		Yleisten palvelutilojen pistorasiat, automaattiovet
		Kiertovesipumput
		Lämmitysjärjestelmän pumput
		Saunat
		Pesula
		Jakelukeittien laitteet
		Hissi
	Kiinteistösähkö, talon ulkopuolinen	Valaistus, pistorasiat
		Autonlämmitys
		Sulanapitolämmitykset
		Muu ulkopuolinen sähkö (atriumin saattolämmitykset)
	Huoneistosähkö (asunnot yhteensä)	Pistorasiat + sähkölaitteet
Valaistus		
Huoneistot 1/kerros (jos lupa mitata)	Pistorasiat + sähkölaitteet	
	Valaistus	
Vedenkulutus	Talokohtaisesti/ Huoneistokohtaisesti	Kylmä vesi
		Lämmin vesi
Lämpöenergia	Talokohtainen / Konekohtainen	Kaukolämpö yhteensä
		Tilojen lämmitysenergia, lämmitys
		Tilojen lämmitysenergia, IV jälkilämmitys
		Lämpimän veden lämmitysenergia
	Huoneistot 1/kerros (jos lupa mitata)	Tilojen lämmitysenergia, lattialämpö
		Lämpimän veden kulutus ja lämmitysenergia
Maalämmönvaihdin	Maasta saatava lämpö/kylmäenergia	
Ilmanvaihto	Konekohtaisesti	Ilmamäärä tulo/poisto Ilmanvaihdon esilämmitys ?
Huippuimurit	Talokohtaisesti	Ilmamäärä (jos erilliset imurit keittiöitä varten)
Aurinkolämpö	Talokohtaisesti	Keräimiltä saatava lämpöenergia
Aurinkosähkö	Talokohtaisesti	Aurinkosähkön teho ja energia
Tuulisähkö	Talokohtaisesti	Tuulivoimasta saatava teho ja energia
Lämpötilat	Talokohtainen	Porrashuoneet, kerroksittain
		Varastot
		Ulkoilma
	Ilmanvaihtokoneet (3 kpl)	Raitis-, jäte-, tulo-, poistoilma
	Maalämmönvaihdin	Raitisilman lämpötila ennen ja jälkeen vaihtimen
		Lämmönsiirtonesteen tulo- ja lähtöpuolen lämpötila
	Valitut huoneistot	Huonelämpötila huonetermostaateilta
	Atrium	Lämpötila maan tasolla
		Lämpötila dementiapihalla
Lämpötila lasikatteen alla		

Automaatiojärjestelmän arvostelun periaatteet

Automaatiojärjestelmää valittaessa tärkeitä arviointikriteerejä ovat järjestelmän avoimuus, huoltopalvelujen saatavuus ja toimittajien referenssit. Arvioinnissa suositellaan käytettäväksi tukena standardia *Rakennusten energiatehokkuus, Rakennusautomaation vaikutus EN15232* pohjalta. Standardi ei kaikilta osin kuitenkaan vastaa Suomen olosuhteita ja hyväksi havaittuja käytäntöjä. Seuraavassa listassa on lueteltu poikkeamat:

- Lämmityksen (jakelun tai lämmönluovutuksen) ohjaus: standardin vertailutaso vaatimuksena on, että asuinrakennuksissa lämmitystä ohjataan aikatauluohjauksella ja että muissa kuin asuinrakennuksissa lämmitystä ohjataan käynnistysajan optimoivalla ohjaustavalla. Asuinrakennuksissa aikatauluohjausta ei yleensä käytetä. Muissa kuin asuinrakennuksissa lämmityksen käynnistysajan optimointia ei yleensä käytetä.
- Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso: standardin vertailutaso vaatimuksena on, että lämmöntuottolaitteen tuottaman lämmönsiirtoaineen (vesi) lämpötilaa ohjattaisiin ulkolämpötilan mukaan kompensoituna. Suomessa kattiloiden lämpötilataso määräytyy pääasiassa sen mukaan, että lämpimän käyttöveden lämpötila pystytään eri käyttöolosuhteissa pitämään riittävän korkeana. Kattilaveden lämpötilataso on yleensä vakio.
- Jäähdytyksen toiminnot: jäähdytyksen osalta useat standardissa esitetyt vertailutaso toiminnot eivät täysin toteudu. Toimintoja voitaneen vaatia, mikäli käytetään koneellista jäähdytystä. Minimivaatimusluettelo on standardin mukainen.
- Ilmavirran ohjaus: standardissa esitetään että vertailutasolla ilmavirtoja voitaisiin ohjata huonetasolla aikatauluohjauksena. Ilmavirran ohjaukselle ilmankäsittelykoneessa on vastaavasti suhteellisen lievät vaatimukset. Suomessa käytäntönä on ollut ohjata ilmavirtoja ilmastointikoneen avulla. Ilmavirran ohjaus toteutuu kokonaisuutena, mutta toteutustapa on Suomessa erilainen kuin mitä standardissa esitetään.
- Jäätymissuojaus-toiminnot puuttuvat kokonaan ja täytyy huomioida.
- Vapaajäähdytys ja tuloilman kosteuden hallinta: standardissa esitetään vertailutasolla yöjäähdytyksen käyttämistä ja tuloilman kosteuden rajoitusta. Nämä eivät ole Suomessa yleisesti käytössä asuinrakennuksissa, mutta mikäli käytetään koneellista jäähdytystä, ne voitaneen vaatia jo teknisen toimivuudenkin kannalta.

9 Onnelanpolun lasikaton eli atriumin rakenteet

9.1

Yleistä

Atriumtilaa ei lämmitetä erikseen, vaan se lämpiää rakennusten seinän läpi tulevasta lämpövuodosta, lasikaton läpi tulevasta auringon lämpösäteilystä ja valaistuksen hukkalämmöstä.

9.2

Ohjeet ja määräykset

Lasikattorakenteiden suunnittelussa ja toteuttamisessa tulee noudattaa oheisia rakentamismääräyksiä ja ohjeita:

1. B1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakenteiden varmuus ja kuormitukset. Määräykset 1998. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. 1997. 11 s.
2. B2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Kantavat rakenteet. Määräykset 1990. Ympäristöministeriö. 1989. 3 s.
3. E1 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten paloturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2002. Asunto- ja rakennusosasto. 40 s.
4. F2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennuksen käyttöturvallisuus. Määräykset ja ohjeet 2001. Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö. Asunto- ja rakennusosasto. 2001. 28 s.
5. RIL 198-2001, Valoaläpäisevät rakenteet. Suomen rakennusinsinöörienliitto RIL. 2001. 206 s.
6. SFS-EN 13830 Curtain walling. Product standard. 2003. 23 p.
7. EN 13947 Thermal performance of curtain walling – Calculation of thermal transmittance. 2006. 55 p.
8. SFS-EN 673 Rakennuslasit. Lämmönläpäisevyyden määrittäminen (U-arvo). Laskentamenetelmä. 1998.
9. RT 38-10316 Lasilevyt, paksuuden mitoitus. 1986. 5s.
10. RT 38-10901 Rakennuslasit, tasolasit. 2007. 23 s.
11. RT 38-10941 Eristyslasit. 2008. 20 s.
12. Runko RYL 2010 Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Talonrakennuksen runkotyöt. Rakennustieto Oy. 2010. 352 s.
13. Turva- ja suojalaseista 2003. Suomen Tasolasiyhdistys ry.

Suunnittelukriteerit

Taulukossa 3 on listattu lasikaton kriteerit, joiden mukaan katto pitää suunnitella ja materiaalit valita.

Taulukko 3. Lasikaton suunnittelukriteerit.

Ominaisuus	Suunnitteluarvo
Ilmanpitävyys	luokka A4 (EN 13830)
Sateenpitävyys	luokka R7 (EN 13830)
Lämmönläpäisykerroin (U-arvo); valoaukko	< 0,80 W/m ² K
Lämmönläpäisykerroin (U-arvo); keskimäärin	< 1,1 W/m ² K
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy (g-arvo); valoaukko (parempi, mitä pienempi, kunhan ei häiritse näkyvää valon läpäisyä)	< 0,35
Valonläpäisy	> 55 %
Kuormitukset	RakMkBI Rakenteiden varmuus ja kuormitukset mukaisesti
Palonkestävyys	Palokonsultti määrittelee (määräykset huomioitava)
Lumen pysyminen katolla yhtäjaksoisesti	< 7 päivää
Tiivisteiden uusimisväli	> 20 vuotta
Eristyslasien kestoikä	> 30 vuotta
Eristyslasien argonkaasun pitoisuus	> 90 %
Karkaistujen lasien testaus	Heat Soak -menetelmä
Runkomateriaalien korroosionkestävyys	Korroosionkestävät materiaalit Korroosiosuojaus
Lasituksen kiinnitysmateriaalien korroosionkestävyys	Korroosionkestävät materiaalit

Kattolasituksen lämmöneristävyys on huono verrattuna umpinaisten katonosien lämmöneristävyteen, mikä on otettava huomioon katon reuna-alueilla. Muussa tapauksessa katon reunalle voi muodostua jääpato lasin läpi tapahtuvan lämpövuodon vedeksi sulattaman lumen jäätyessä uudelleen katon kylmiin osiin. Näitä ongelmia voidaan välttää muun muassa pitämällä reuna-alueita sulana sähkölämmityskaapeleilla (kuva 7).

Kun lasikaton alla olevan tilan lämpötila on talvikautena lähellä nollaa ja lasikaton lämmöneristävyys on varsin hyvä, katon päälle satava ja tuiskuava lumi ei sula pois, vaan voi pysyä siinä koko pakkaskauden. Lumi voi muodostaa niin suuria kuormia lasikatolle, etteivät normaalikuormia vastaan mitoitettut lasit sitä kestä. Nämä kuormat voidaan välttää suunnittelemalla lasikatto siten, ettei siinä ole lunta kerääviä taitteita tai korkeampia kohtia.

Jotta lasikaton lävitse saataisiin atriumtilaan talvikautena luonnonvaloa, katolle ei saa kerääntyä pysyvää lumikerrosta. Katolla voi olla lunta pahimpina pyrypäivinä muutamien päivien ajan, mutta koko pakkaskauden mittainen kerrostuminen ei ole sallittua.

Kuvassa 8 olevalle lasikatolle ei lunta pääse kerääntymään paljon, koska se on sijoitettu ympärillä olevaa kattopintaa korkeammalle. Lasikaton ympärillä on pari metriä leveä sola, johon tuulen kinostama lumi kerääntyy. Toinen vaihtoehto katolle kerääntyvän lumikuorman vähentämiseen on lasikaton lämmittäminen joko sähkölämmitteistä lasia käyttäen tai lasikaton sisäpinnan lämmittäminen esimerkiksi lämminilmapuhalluksella.



Kuva 7. Sulamisvesien poisto sähkölämmitteistä kourua ja ränniä myöten.



Kuva 8. Lasikatolta lumi putoaa umpikaton päälle.

9.4

Lasikaton kantavat rakenteet

Katon kantavat rakenteet valmistetaan joko teräs-, ruostumaton teräs- tai alumiiniprofiileista. Kantavat rakenteet voivat koostua yksittäisistä palkeista tai ristikkorakenteista tai näiden yhdistelmästä. Metallirakenteiden korroosioriski tulee ottaa huomioon joko valitsemalla valmistusmateriaali sellaiseksi, ettei korroosioriskiä ole, tai huolehtimalla materiaalien korroosiosuojasta.

Rakennukset, joiden välissä lasikatto on, ovat teräsbetonirakennuksia. Koska lasi kestää huonosti vetojännityksiä, julkisivulasituksiin ei saa kohdistua niiden oman painon, tuuli- ja lumikuorman lisäksi muita rasituksia. Tämä tulee ottaa huomioon liikuntasauvojen ja liikevarojen suunnittelussa. Rakennusten virumiset, lämpöliikkeet sekä rakenteiden taipumat tulee ottaa huomioon sekä lasikatossa että lasikaton runkorakenteiden kiinnityksessä. Kuvissa 9 ja 10 on esitetty muutama esimerkki tietyt liikkeet mahdollistavista runkorakenteen kiinnityksistä.



Kuva 9. Kattopalkkien pään nivelöinti.



Kuva 10. Lasiseinän pystyliikkeen mahdollistava liikuntasauva.

Tiivisteet ja kiinnitysjärjestelmät

Rakenteen sadetiiviyden kannalta tärkeää on valita sellaiset tiivistysmateriaalit ja -tarvikkeet, jotka kestävät suuria lämpötilavaihteluita, korkeita ja matalia lämpötiloja, auringon UV-säteilyä sekä muita säärasituksia. Kiinnitystyössä tulee olla huolellinen, sillä rakentamisen aikana tai kutistumisen seurauksena tiivistykseen syntyneet pienetkin raot näkyvät helposti sisäpuolella vesivuotoina. Mahdollisten vuotokohtien merkitys korostuu lasikatoissa, joissa lumen ja kiinnityslistojen patoamisvaikutuksen vuoksi pääsee muodostumaan vuotokohtien yläpuolelle jopa kymmenien millimetrin korkuinen vesikerros (1 mm H₂O = 9,8 Pa). Kuvassa 12 on esimerkki listojen liitoskohtiin kerääntyvästä sadevedestä.



Kuva 11. Alumiiniset kiinnityslistat ja kumiset muototiivisteet.



Kuva 12. Lasien kiinnityslistat ja veden kerääntyminen niiden taakse.

Lasien kiinnitysprofiilit tulee olla korroosiota kestävää metallia. Kiinnitysprofiileissa tulee olla lämmöneristävästä materiaalista oleva lämpökatko. Lasien kiinnitysruuvit tulee olla valmistettu ruostumattomasta teräksestä ja ne kiristetään ennalta määritettyyn kiinnitysmomenttiin tasaisen puristusvoiman saavuttamiseksi.

Savunpoistoluukut

Atriumtilan savunpoistoon tarvittavat savunpoistoluukut sijaitsevat lasirakenteen pystypinnoissa (ei saa sijoittaa lappeelleen atriumin katolle). Atriumiin on määriteltävä savunpoistoluukkujen mitoitus, määrä, vaatimukset ja kesäajan käyttö kesällä yllilämmön poistamisessa (palokonsultilta).

Huolto ja puhtaanapito

Lasirakenne on oltava puhdistettavissa ja huollettavissa molemmin puolin. Turvallisuustekijöiden ja rakenteen kestävyysvuoksi lasikaton päällä ei voi kävellä, vaan kulku on järjestettävä muulla tavoin. Jos lasikaton alla on valaisimia, niiden huolto tapahtuu samalta pesutasolta. Lasikaton alapinnan puhdistus voidaan tehdä joko katon alla liikkuvasta pesukelkasta (kuva 13) tai tilaan pesua varten tuotavasta henkilönostimesta (kuva 14). Jos huolto hoidetaan tilaan tuotavalla henkilönostimella, nostimen kuljetus ja käyttö tilassa on huomioitava kulkuaukkojen ja hissien mitoituksessa ja dementiapihan kestävyudessa.

Atriumiin on myös mahdollista sijoittaa avattaviin ikkunaluukkuihin lintuverkot suojaamaan atriumia.



Kuva 13 a & b. Lasikaton ylä- ja alapuolella oleva moottoroitu huoltokelkka. Kelkkaan tulee järjestää turvallinen kulku.



Kuva 14. Toinen vaihtoehto sisäpinnan puhdistamiseen on atriumtilaan tuotava henkilönostin, mikä tulee ottaa huomioon kulkuaukkojen mitoituksessa.

10 Muita näkökohtia

10.1

Suunnitelma käyttö- ja huoltokirjasta

Tarjouksen tulisi sisältää suunnitelma KH-henkilöstön perehdyttämisineistosta ja perehdyttämisestä. Lisäksi suunnitelma huoltokirjasta olisi hyödyllinen. Huoltokirja toimii käytön-aikaisena toimintaohjeena/käsikirjana.

10.2

Suunnittelun ja rakentamisen seuranta

Suunnittelun ja rakentamisen seurannasta saatavalla palautetiedolla kartoitetaan mahdolliset prosessinongelmakohdat ja varmistetaan hankkeen rakentamisprosessin sujuvuus käsittelemällä mahdolliset ongelmatilanteet suunnittelu- ja työmaakokouksissa.

Seurannan tavoitteena on varmistaa, että

- rakennukselle asetetut tavoitteet otetaan huomioon suunnitteluprosessissa
- rakentaminen tapahtuu suunnitelmien mukaan
- suunnittelukokouksissa tehtävät muutokset ovat asetetun tavoitteen mukaisia
- ulkovaipparakenteiden toimivuusarvot ovat konseptin mukaiset
- talotekniikan laitteiden toimivuusarvot ovat konseptin mukaiset.

LÄHTEET

- Airaksinen, Miimu; Heikkinen, Jorma 2011: Maanvastaisen alapohjan routasuojaus. Tutkimusraportti VTT-R-04025-11. VTT, Espoo. http://www.eps-eriste.fi/fin/ammattilaiselle/rakennusten_routasuojaus/
- ANSI/IES RP-28-07. Illuminating Engineering Society, Lighting and Visual Environment for Senior Living.
- Euroopan neuvosto 2010: Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energia-
tehokkuudesta 5386/10. Brysseli, 7.4.2010.
- Heimonen, Ismo 2011: Aurinko-opas 2012 – Aurinkolämmön ja -sähkön energiantuoton laskennan opas. 23.8.2011. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=135654>
- Klobut, Krzysztof; Heikkinen, Jorma; Shemeikka, Jari; Laitinen, Ari; Rämä, Miika; Sipilä, Kari 2009. Huippuenergiatehokkaan asuintalon kaukolämpöratkaisut. Espoo, VTT. 68 p. VTT Tiedotteita - Research Notes; 2513. ISBN 978-951-38-7541-1 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2009/T2513.pdf>
- Nieminen, Jyri; Lylykangas, Kimmo 2009: Ohjeita passiivitalon arkkitehtisuunnitteluun. <http://www.passiivi.info>.
- PVGIS. Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS), PVGIS © European Communities, 2001–2008. <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php> [viitattu 9.5.2012].
- RIL 259-2011. Matalaenergiarakentaminen, toimitilat. 1 Osaluonnos 16.3.2011. Ote talotekninen yleissuunnittelu. RIL, SITRA..
- SFS-EN 15193. Rakennusten energiatehokkuus. Valaistuksen energiatehokkuus. Suomen Standardisoimisliitto SFS, 21.1.2008.
- SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus.. Suomen Standardisoimisliitto SFS, 2.6.2003.
- Suomen valoteknillinen seura ry. Valaistushankintojen energiatehokkuus. Kauppa- ja teollisuusministeriön suositukset julkisten hankintojen energiatehokkuudesta; valaistusosuuksien päivitys. Taustaraportti versio 4.0. 2008.

LIITTEET

Liite I
Aurinkosähköjärjestelmän vaatimuksia

SOLERAS
Aurinkosähkön asiantuntija

[Asko Rasinkoski, marraskuu 2011]

Yleistä

Jotta tarjoukset olisivat vertailukelpoisia tulee aurinkosähköjärjestelmän koko määrittellä haluttuna nimellistehona (Wp tai kWp). Tarjouksen pyytäminen tavoiteltuun energiaan (kWh/a) tai pinta-alaan (m²) perustuvana johtaa tarjoajien tekemiin erilaisiin ja keskenään ristiriitaisiin tulkintoihin saavutettavasta energiantuotosta.

Mikäli kohteesta ei tehdä erillistä tuottoarviota, voidaan **hyvin** toteutetulle järjestelmälle realistisena tuottona pitää n. 850 kWh/kWp.

Sähkötarvikkeet

Paneeliston kaapelien tulee olla halogeenivapaita, UV-kestoisia ja kaksoiseristettyjä "Solar"-kaapeleita (H07RNF) tai esim. vastaavia laivakaapeleita (LKSM-HF), nimellisjännite 0,6/1,0 kV.

Paneeliston ja vaihtosuuntaajien välien kaapelointi suunnitellaan poikkipinnaltaan siten, että jännitehäviö on alle 1 %.

Kaapelit merkitään pysyvästi esim. nippusitein kiinnitettävillä merkinnöillä. Ulos tulevien materiaalien tulee olla UV-kestäviä.

Vaihtosuuntaajien ja pääkeskuksen välisille kaapeleille ei ole tavallisesta poikkeavia vaatimuksia.

Järjestelmän tasasähköpuolella käytetään vain komponentteja jotka on hyväksytty tasasähkö- käyttöön vähintään järjestelmän paneeliston suurimmalle tyhjäkäyntijännitteelle. Virtaa johtavien komponenttien virtakeston tulee olla vähintään 1,25 kertaa paneeliston maksimioikosulkuvirta. Erityisesti on huomattava seuraavat komponentit:

- invertterien DC-kytkimet
- ylijännitesuojat
- sulakkeet
- liittimet.

Järjestelmä varustetaan kaksoisytön mahdollisuudesta varoittavilla varoituskilvillä sekä pääkeskuksessa että IV-konehuoneissa.

Järjestelmän vaihtosähköpuolen komponenteille ei ole tavallisesta poikkeavia vaatimuksia.

Asennustelineet

Asennustelineiden tulee suunniteltuja kestämiään asennuskohteessa esiintyvät tuulia ja lumikuormat.

Mitoitusten tulee perustua asianmukaisiin Eurokoodeihin, huomioiden asianmukaisesti esim. katon reunojen vaikutukset tuulikuormiin.

Käytettyjen materiaalien tulee olla korroosiokestävyydeltään yhteensopivia järjestelmän suunnitellun yli 30 vuoden eliniän kanssa.

Mikäli rakenteessa eri metallit joutuvat kosketuksiin toistensa kanssa, tulee galvaaninen korrosio estää käyttämällä soveltuvia pinnoitteita tai eristemateriaaleja.

Telineiden rakenteissa tulee huomioida lämpölaajenemisen vaikutukset ja tarvittaessa estää esim. profiilien pituusvaihteluista aiheutuva paukahtelu.

Asennus ja varjostukset

Asennukset tulee suunnitella siten ettei rakennusta ympäröivä puusto varjosta paneeleja myöskään rakennuksen valmistumisen jälkeen.

Kattoasennus: Paneelirivien keskinäisen varjostuskulman tulee olla alle 10°. Tämä saavutetaan esim. asentamalla 1m levyiset paneelit 30 asteen kulmassa vähintään 3 metrin välein.

Kiteisille paneeleille paneelien suositeltava asennussuunta on kennorivit vaakasuunnassa, ohutkalvopaneeleille kennot pystysuunnassa.

Aurinkopaneelit

Hyötysuhde: Kiteisillä paneeleilla asennettuna (mukaan lukien kiinnityksen viemä tila) yli 14,0 %. Ohutkalvopaneeleilla asennettuna (mukaan lukien kiinnityksen viemä tila) yli 11,0 %.

Nimellistehon tehotoleranssi: Positiivinen tehotoleranssi, esim. 0 %...+3 % tai 0 W...+5 W nimellistehosta.

Suurin sertifioitu järjestelmäjännite vähintään 1 000 V.

Aurinkopaneelien tulee olla sertifioitu seuraavien standardien mukaisesti:

Rakenne: EN 61215.

Turvallisuus: EN 61730 asennusluokka A, systeemijännite 1 000 V.

Sertifioinnin tulee olla eurooppalainen TUV tai VDE laboratoriolta.

Rakenne joko normaali lasi-EVA-kennot-EVA-taustakalvo tai lasi-EVA-kennot-EVA-taustalasi. Tehon maksimoimiseksi mahdollisen taustakalvon värin tulee olla mieluiten valkoinen.

Staattisen rasituksen kestävyys, sertifioitu: noste vähintään -2,4 kN ja paine 5,4 kN.

Etulasi: vähintään karkaistua matalarautaista optista lasia.

Optisten ominaisuuksien ja tuoton parantamiseksi lasin tulee olla joko strukturoitu (esim. SG Albarino P) tai heijastuksenestokäsitelty. Tämä myös vähentää mahdollisia ympäristöä häiritseviä heijastuksia.

Raamit: eloksoitu alumiini 6063-T6 tai vastaava, eloksointi mieluiten luonnonvärinen.

Paneeleissa tulee olla aurinkopaneeleihin tarkoitettu vähintään suojausluokan IP65 kytkentäkotelo. Hyväksyttäviä valmistajia esim Spelsberg, Multi-Contact, AMP-Tyco, Molex.

Paneeleissa tulee olla valmiit liittimillä varustetut kytkentäjohdot. Johdon tulee olla kaksoiseristettyä UV-suojattua vähintään 4 mm²:n Cu ja soveltua 1 000 voltin aurinkosähköjärjestelmiin. Hyväksyttäviä valmistajia ovat esim. Multi-Contact, Huber & Suhner, Lapp Kabel.

Liittimien tulee olla aurinkopaneeleihin tarkoitettuja, polarisoituja ja lukittuvia. Hyväksyttäviä valmistajia ovat Multi-Contact, Huber & Suhner, AMP-Tyco, Molex, Phoenix Contact.

Paneelissa tulee olla varjostuksen siedon parantamiseksi ohitusdiodit, yksi diodi maksimissaan 20:tä kennoa kohti.

Paneelien materiaali- ja valmistustakuun tulee olla vähintään 5 vuotta. Tehotakuu 90 % nimellistehosta vähintään 10 vuotta. Tehotakuu 80 % nimellistehosta vähintään 20 vuotta.

Vaihtosuuntaajat

Vaihtosuuntaajien tulee olla sertifioitu seuraavien standardien mukaisesti:
Yleinen sähköturvallisuus EN50178:1997, EN62109-1:2010

Saarekesyötön esto ja verkkoturvallisuus VDE V 0126-1-1:2006-2, UTE C15-712-1, RD1663/2000

CE vaatimuksenmukaisuus LVD 2006/95/EC ja EMCD 2004/108/EC;
EN62109-1:2010
EN61000-2:2005
EN61000-3:2007

Hyötysuhde: vaihtosuuntaajan EU-hyötysuhteen tulee olla yli 96 %. Mikäli järjestelmässä käytetään paneeleja, jotka **vaativat** jommankumman tasajännitteenavan maadoituksen, tulee järjestelmässä käyttää galvaanisesti eristettyä vaihtosuuntaajaa.

Vaihtosuuntaajan tulee olla joko kolmivaiheinen tai varustettu mahdollisuudella vaihetehojen tasaukseen. Mikäli vaihtosuuntaajassa ei ole sisäistä päävirtapiirin galvaanista erotusta (LF- tai HF-muuntajalla) siinä tulee olla soveltuva vikavirtasuojaus. Vaihtosuuntaajan tulee olla suunniteltu kestävämmään nimellistehoaan suurempaa paneeliston tuottoa ulostulotehoa rajoittamalla. Vaihtosuuntaajaan kytkettävän paneeliston osan maksimiteho saa olla korkeintaan 110 % vaihtosuuntaajan AC-nimellistehosta. Paneeliston tehon laskennassa voidaan ottaa huomioon paneeliston suuntauksen vaikutus maksimitehoon.

Ylijännitesuojaus

Järjestelmän toimittajan tulee toimittaa hyväksyttäväksi yksityiskohtainen suunnitelma järjestelmän ylijännitesuojauksesta.

Maadoitus

Järjestelmän asennustelineet ja paneelien raamit tulee maadoittaa asianmukaisesti.

Toimittajat

Jotta voidaan olla varmoja valmistajan kyvystä vastata mahdollisiin reklamaatioihin, tulee valmistajan olla valmistanut vaihtosuuntaajia tai aurinkopaneeleja yli 10 vuotta tai olla tuotantokapasiteetiltaan yli 100 MW/vuosi tai olla osa konsernia, jonka liikevaihto on yli 500 M€.

Valmistavalla tuotantolaitoksella tulee olla hyväksytyt ISO 9000 ja ISO 14000 -laatu-järjestelmät.

Kierrätys

Toimittajalla tulee olla hyväksyttävä kierrätysjärjestelmä tai -suunnitelma. Hyväksyttävä on esim. valmistajan tai toimittajan jäsenyys SELT ry:ssä.

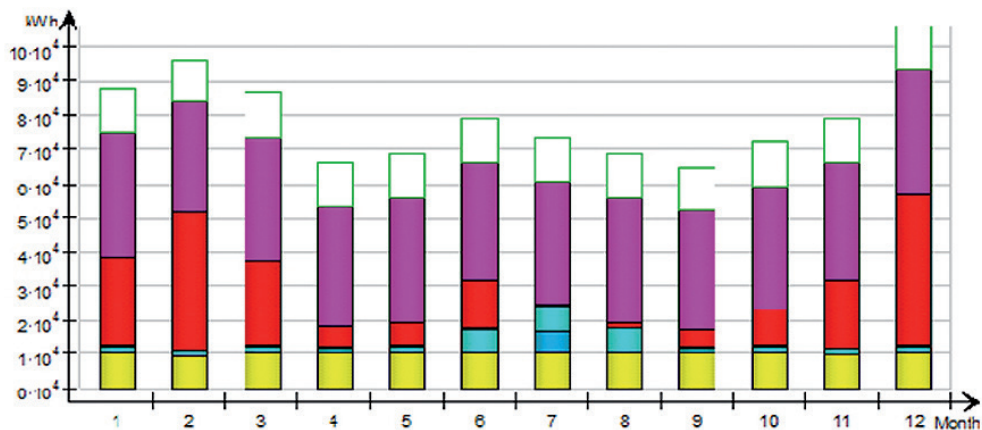
Liite 2

Alustavan energialaskennan tulokset IDA ICE:lla LI-piirustusten pohjalta

Laskennassa käytettiin seuraavia lähtötietoja:

- alapohjan U-arvo $0,10 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$
- ulkoseinän U-arvo $0,10 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$
- yläpohja U-arvo $0,088 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$
- ikkunat U-arvo $0,7 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$ ja auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin $g=0.31$
- ulko-ovien ja parvekeovien U-arvo $0,85 \text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m}^2)$
- ilmanvuotoluku $n_{50} 0,4$
- parvekkeet kylmiä tiloja (lasitetut parvekkeet)
- ikkunoissa sälekaihtimet lasien välissä
- rakennuksessa automaattinen lämpötilan säätö siten, että lämpötilat pysyvät $s_2:n$ rajoissa
- ikkunapinta-ala noin 11 % asunnon pinta-alasta (ei sisällä atriumin ulkoikkunoita)
- LKV-kulutus $40 \text{ l}/\text{henkilö}/\text{vrk}$
- asukkaiden ja käyttäjien määrä yhteensä 230 henkilöä
- Simuloitu Helsingin säätietoihin pohjautuen
- LTO:n hyötysuhde $0,8$
- kylmäsillat Suomen rakentamismääräyskokoelman C4 mukaisesti
- atriumissa suuret ilmanvaihtoluukut auki huhtikuusta syyskuuhun.

Mallilaskelman vuosisimuloinnista saadut energiankulutukset ja niiden kulutuksien osuudet ovat kuvassa 1 ja taulukossa 1. Kriittisiksi kohdiksi nousevat lämpötilojen hallinta $s_2:n$ rajoissa, jäädytystarpeen minimointi ja kiinteistön sähkön käytön minimointi. Lisäksi sekä tilojen lämmitysenergian että lämpimän käyttöveden energiankulutuksen minimointi on tärkeää. Taulukossa 2 on mallilaskelman kokonaisenergian kulutukset vuodessa koko rakennuksessa ja neliötä kohti. Koska mallissa on käytetty $s_2:n$ lämpötilarajoihin pohjautuvaa lämpötilan säätöä, rakennuksen jäädytysenergian kulutuskin on merkittävää.



Kuva 1. Vuosisimuloinnin kulutukset ja sen osuudet. Värikoodit: keltainen = valaistus, sininen = jäädytysenergian sähkön kulutus (COP = 3), turkoosi = ilmanvaihdon (HVAC) sähkönkulutus, punainen = lämmitys, violetti = lämmin käyttövesi, valkoinen = käyttäjän sähkölaitteet.

Taulukko 1. Onnelanpolun energiankulutukset kuukausittain.








Month	Facility electric				Facility fuel (heating value)		Tenant electric
	Lighting, facility	Cooling	HVAC aux	Energy meter atrium light	Heating	Domestic hot water	Equipment, tenant
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
1	10224.0	0.0	2086.0	677.1	25732.0	36351.0	13066.0
2	9248.0	0.0	1879.0	612.5	40101.0	32833.0	11804.0
3	10260.0	0.0	2083.0	679.5	24372.0	36351.0	13069.0
4	9976.0	0.0	2039.0	660.7	6056.0	35178.0	12654.0
5	10287.0	0.0	2133.0	681.3	6442.0	36351.0	13071.0
6	9950.0	0.9	6987.0	659.0	13815.0	35178.0	12648.0
7	10286.0	6492.0	7239.0	681.2	0.0	36351.0	13074.0
8	10294.0	0.0	7226.0	681.8	1519.0	36351.0	13080.0
9	9958.0	0.0	2066.0	659.5	4751.0	35178.0	12652.0
10	10241.0	0.0	2121.0	678.2	10366.0	36351.0	13045.0
11	9897.0	0.0	2023.0	655.5	19582.0	35178.0	12663.0
12	10201.0	0.0	2079.0	675.6	43654.0	36351.0	13053.0
Total	120822.0	6492.9	39961.0	8001.9	196390.0	428002.0	153879.0

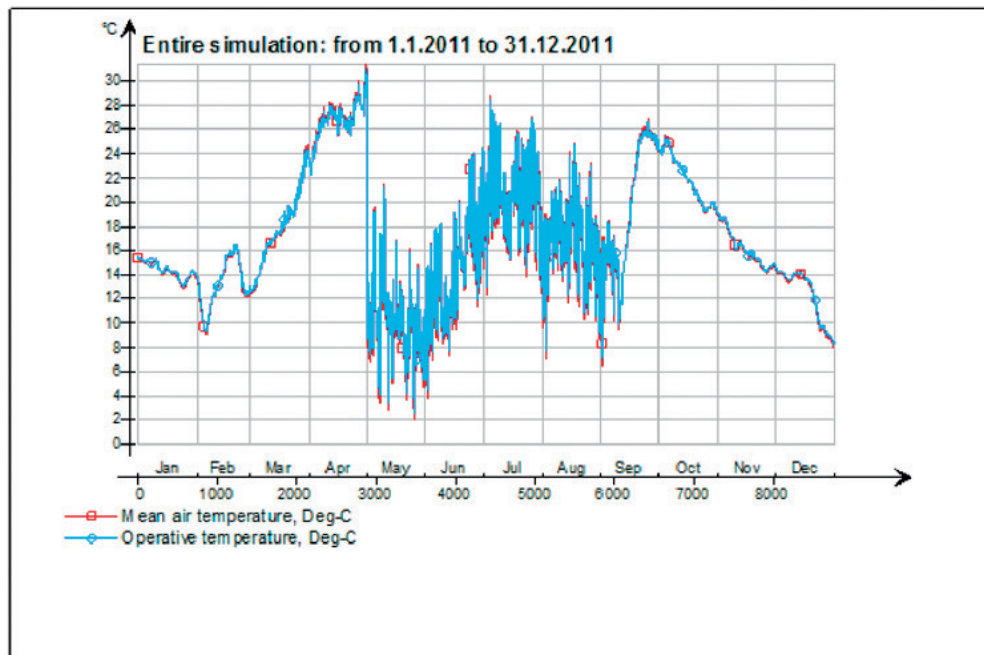
Yksi Onnelanpolun haastavimmista tekijöistä on lasinen atrium. Jos sitä ei tuuleteta eikä siinä ole avoimia aukkoja ulkoilmaan, lämpötila atriumissa voi nousta jopa 50 asteeseen kuumimpina kesäaikoina.

Atriumin lämpötilaa voidaan hallita käyttämällä pystypinnoilla avattavia luokkuja. Suunnittelussa tulee huomioida atriumin lämpötilojen hallinta riittävällä määrällä tuuletusaukkoja. Myös aurinkovarjostusratkaisut voisivat olla kannattavia.

Mallilaskelmassa atriumin lämpenemistä saatiin kuitenkin hillittyä, kun atriumin lasisiin rakenteisiin lisättiin runsaasti tuuletusaukkoja (kaikki pystypintojen ikkunat avattavia), joita pidettiin auki lämpimään aikaan (tuuletustarvetta huhtikuusta syyskuuhun). Tällöin atriumin lämpötila dementia-pihan tasolla pysyi alle 31 asteessa. Talviajalla atriumin ilmanvaihtoaukot olivat jatkuvasti kiinni, jolloin dementia-pihan lämpötila oli alimmillaan 2 astetta. Erittäin kovilla pakkasilla lämpötila voi laskea hetkittäin vielä matalammaksikin, mutta energiankulutuksen minimoimiseksi atriumin ilmatilan aktiivista lämmitystä ei suositella. Kuvassa 2 on esimerkkinä mallilaskelmissa toteutuneita atriumin lämpötilatasoja dementia-pihan korkeudella.

Taulukko 2. Kokonaisenergiankulutus vuodessa ja neliötä kohti.

		Delivered energy	
		kWh	kWh/m ²
	Lighting, facility	120822	7.8
	Cooling	6493	0.4
	HVAC aux	39961	2.6
	Energy meter atrium light	8002	0.5
	Total, Facility electric	175278	11.4
	Heating	196390	12.8
	Domestic hot water	428002	27.8
	Total, Facility fuel*	624392	40.5
	Total	799670	51.9
	Equipment, tenant	153879	9.9
	Total, Tenant electric	153879	9.9
	Grand total	953549	61.9



Kuva 2. Atriumin lämpötilatasoja dementiapihalla mallilaskelmassa. Tässä kuvassa oletussääntönä on, että atriumin ilmanvaihtoluukut ovat koko ajan auki huhtikuusta syyskuuhun. Tällä ajanjaksolla tapahtuva lämpötilan putoaminen alle nollan voidaan estää sillä, ettei luokkuja pidetä auki kokoaikaisesti huhtikuussa ja syyskuussa.

KUVAILEHTI

Julkaisija	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus			Julkaisuaika Tammikuu 2013
Tekijä(t)	Mari Sepponen, Jyri Nieminen, Pekka Tuominen, Ilpo Kouhia, Jari Shemeikka, Meri Viikari, Kari Hemmilä & Veijo Nykänen			
Julkaisun nimi	Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen raportteja 2 2013			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Tässä raportissa annetaan yleisiä suunnitteluohjeita lähes nollaenergiatalon suunnitteluun. Raportti on tehty osana Onnelanpolku-hanketta, jossa rakennettiin lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelutalo Lahteen.</p> <p>Raportissa kuvataan lähes nollaenergiatalon yleiskonsepti sekä käydään läpi vanhusten palvelutalon erityisvaatimuksia. Energiaratkaisun kuvauksen lisäksi annetaan yksityiskohtaisempaa ohjeistusta lähes nollaenergiapalvelutalon arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-suunnitteluun. Valaistusratkaisut käsitellään omana kokonaisuutenaan. Näiden lisäksi on tuotu esille myös muita Onnelanpolku-hankkeessa esille tulleita erityiskysymyksiä, muun muassa lasisen atriumin ja aurinkosähköjärjestelmien suunnittelusta.</p>			
Asiasanat	palveluasunnot, vanhuksset, suunnittelu, energiatehokkuus			
Rahoittaja/toimeksiantaja	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus			
	ISBN (nid.)	ISBN 978-952-11-4123-2 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1797-5514 (verkkoj.)
	Sivuja 49	Kieli suomi	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta (sis. alv 8 %)
Julkaisun myynti/jakaja	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus, ARA Email: kirjasto.ara@ara.fi www.ara.fi > Julkaisut > Raportit			
Julkaisun kustantaja	Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus			
Painopaikka ja -aika				

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet			Datum Januari 2013
Författare	Mari Sepponen, Jyri Nieminen, Pekka Tuominen, Ilpo Kouhia, Jari Shemeikka, Meri Viikari, Kari Hemmilä & Veijo Nykänen			
Publikationens titel	Lähes nollaenergiatalon suunnitteluohjeet (Planeringsanvisningar för nästan nollenergihus)			
Publikationsserie och nummer	Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet rapporter 2 2013			
Publikationens tema				
Publikationens delar / andra publikationer inom samma projekt				
Sammandrag	<p>Den här rapporten innehåller allmänna planeringsanvisningar för planering av nästan nollenergihus. Rapporten har gjorts inom Onnelanpolku-projektet, där man har byggt ett servicehus med nästan nollenerginivå för äldre i Lahtis.</p> <p>I rapporten beskrivs det allmänna konceptet för ett nästan nollenergihus och specialkraven på ett servicehus för äldre går igenom. Förutom en beskrivning av energilösningen ges mera detaljerade anvisningar om arkitekt-, byggnads- och VVSA/Elplaneringen för ett nästan nollenergiservicehus. Belysningslösningarna behandlas som en enskild helhet. Förutom dessa har även specialfrågor som framkommit inom Onnelanpolku-projektet tagits upp, bland annat om planeringen av ett glasatrium och solesystem.</p>			
Nyckelord	servicebostäder, planering, äldre, energieffektivitet			
Finansiär/ uppdragsgivare	Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet			
	ISBN (hft.)	ISBN 978-952-11-4123-2 (PDF)	ISSN (print)	ISSN 1797-5514 (online)
	Sidantal 49	Språk Finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Beställningar/ distribution	Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet, ARA Epost: kirjasto.ara@ara.fi www.ara.fi > Publikationer > Rapporter			
Förläggare	Finansierings- och utvecklingscentralen för boendet			
Tryckeri/tryckningsort -år				

Raportissa annetaan yleisiä suunnitteluohjeita lähes nollaenergiatalon suunnitteluun ja siinä kuvataan lähes nollaenergiatalon yleiskonsepti sekä käydään läpi vanhusten palvelutalon erityisvaatimuksia. Raportti on tehty osana Onnelanpolku-hanketta, jossa rakennettiin lähes nollaenergiatasoinen vanhusten palvelutalo Lahteen.

ara Asumisen rahoitus-
ja kehittämiskeskus



ISBN 978-952-11-4123-2 (PDF)
ISSN 1979-5514 (verkkokj.)