

Energiatehokkaat ja teolliset korjausrakentamis- ratkaisut Suomessa ja kansainvälisesti

Tuomo Lindstedt, Teknillinen Korkeakoulu
Juha-Matti Junnonen, Teknillinen Korkeakoulu

Sisällysluettelo

Esipuhe	3
1. Johdanto	4
2. Energiatohokkuuden nykytila ja kehityskäitot Suomessa ja ulkomailla	6
2.1. Suomi	6
2.2. Muut pohjoismaat	7
2.3. Muut EU – maat.....	9
2.4. Yhteenvedo eri maiden toimenpiteistä.....	14
3. Energiatohokkuutta parantavat korjausrakentamiskäitöt	16
3.1. Talotekniikka	16
3.1.1. Lämmöntalteenotto	16
3.1.2. Vesikalusteiden vaihtaminen	18
3.2. Rakennustekniikka	19
3.2.1. Julkisivujen lisälämmöneristys	19
3.2.2. Ikkunoiden vaihto energiatohokkaampiin	19
3.2.3. Ilmanpitävyyden parantaminen	20
3.3. Olemassa olevien järjestelmien optimointi	20
3.3.1. Ilmanvaihdon säätö.....	20
3.3.2. Lämmitysverkoston säätö	21
4. Teolliset korjausrakentamiskäitöt	22
4.1. Kylpyhuone-elementit	22
4.2. WC - hormielementit	28
4.3. Hormielementit	31
4.4. Julkisivuelementit.....	34
4.4.1. Tyhjiöeriste-elementit.....	34
4.4.2. Perinteiset eristeet	36
4.2. Hissi- ja porrastornit.....	37
4.6. Tutkimusprojektit.....	38
5. Korjaushankkeiden rahoitus	43
5.1. Lisärakentaminen.....	43
Lähdeluettelo	45

Esipuhe

Rakennusten kansallinen korjausvelka on ROTI-tutkimuksen mukaan tällä hetkellä 30-50 miljardia euroa. Samanaikaisesti rakennusten energiatehokkuuden vaatimukset ovat kasvaneet ja rakennuskanta ikääntyy. Kansallisten velvoitteiden ja rakennetun ympäristön kehityksen myötä korjausrakentamisen liiketoiminta kasvaa jatkuvasti. Toimialan toimintaa ja korjausrakentamisen osaamista on kehitettävä merkittävästi.

Näiden ongelmien ratkaisemiseksi on keväällä 2009 aloitettu Sitran energiaohjelman rahoittama tutkimus- ja kehityshanke. Hanke jakaantuu kahteen, toisiaan tukevaan osaan, joista TKK Dipoli vastaa Korjausrakentamisen osaamisen kehittämisohjelman suunnittelusta ja koordinoinnista ja TKK:n Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitos vastaa energiatehokkaiden ja teollisten korjausrakentamiskonseptien kehittämisestä.

TKK:n Rakenne- ja rakennustuotantotekniikan laitoksen tehtävänä on kehittää ja konseptoida energiatehokkaita ja kustannuksiltaan edullisia teollisia korjausmenetelmiä ja ratkaisuita sekä saada asuinrakentamisen energiatehokkuuden parantaminen yleisty-mään. Teollisilla korjausmenetelmillä voidaan rakentamisaikaa lyhentää sekä asukkaille aiheutuvaa rakennustyön aikaista asumishäiriötä vähentää. Lisäksi hankkeessa ponnostetaan urakoitsijoiden, rakennusmateriaali- ja rakennusosavalmistajien sekä laite-toimittajien verkottamiseen, jotta asuinkiinteistöjen omistajille voidaan tarjota valmiita korjauspaketteja.

Tässä selvityksessä tarkastellaan eri maiden toimenpiteitä vanhan rakennuskannan energiatehokkuuden parantamiseksi sekä eri maissa käytössä tai kehitteillä olevia teollisia korjausrakentamiskorjausratkaisuita.

Juha-Matti Junnonen

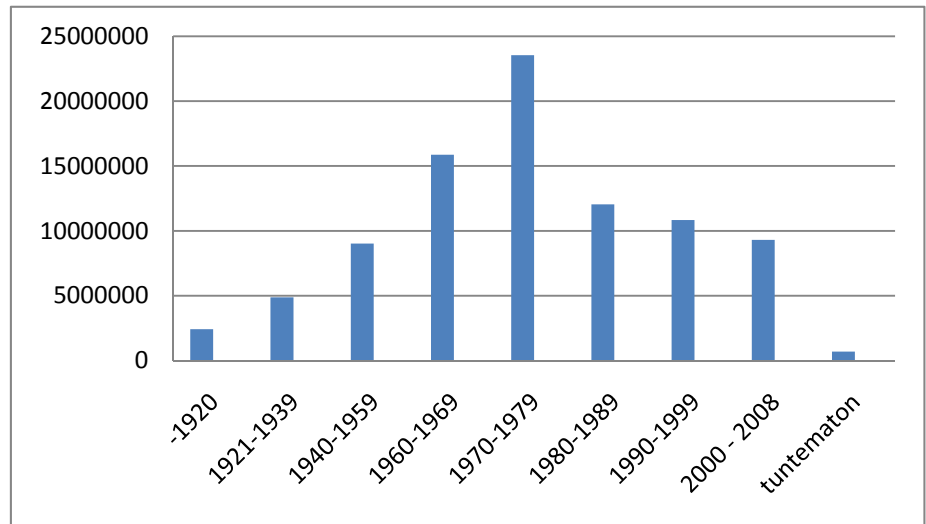
Tutkimuspäällikkö, Teknillinen korkeakoulu

Tuomo Lindstedt

Tutkija, Teknillinen korkeakoulu

1. Johdanto

Suomessa oli Tilastokeskuksen mukaan vuoden 2008 lopussa yhteensä yli 1,4 miljoonaa rakennusta, joista noin 1,2 miljoonaa oli asuinrakennuksia. Asuinrakennukset ja-kaantuvat siten, että suurin osa (noin 1,1 miljoonaa rakennusta) on erillisiä pientaloja, rivi- ja ketjutaloja on noin 75 000 ja kerrostaloja noin 56 000. Rakennuskantaa oli vuoden 2009 lopussa yhteensä noin 422 miljoonaa neliometriä, joista 269 miljoonaa neliometriä on asuinrakennuksissa. Asuinrakennusten neliömetreistä noin 55 prosenttia oli erillisissä pientaloissa, rivi- ja ketjutaloissa noin 12 prosenttia ja kerrostaloissa yhteensä noin 33 prosenttia. Kerrostalokannasta yli puolet on rakennettu vasta vuoden 1970 jälkeen (kuva 1).



Kuva 1. Asuinkerrostalojen rakennusneliöiden määrä rakennusvuosien mukaan jaoteltuna. (Lähde: Tilastokeskus)

Asuinrakennusten perusparannustarve on vuosina 2006-2015 VTT:n ASPE-peruslaskelman mukaan yhteensä 18 mrd. euroa kymmenessä vuodessa. Perusparannustarpeessa olevissa rakennuksissa on 630 000 asuntoa. Tämä on 1,8 miljardia euroa ja 63 000 asuntoa vuotta kohti. Peruskorjaamisessa ensimmäinen korjausjakso kohdistuu vaipan peruskorjaukseen 25-35 vuoden iässä ja toinen putkistojen uusiminen keskimäärin 50 vuoden iässä. Tämä lisää etenkin 1960- ja 1970-luvulla rakennettujen asuinkerrostalojen perusparantamista lähitulevaisuudessa.

ROTI 2009-tutkimuksen tuloksissa on annettu Suomen olemassa olevalle rakennuskannalle kouluarvosanaksi 8-, mutta niiden energiatehokkuudelle vain 6½, arvosanan 10 ollessa maailman paras. Tuloksissa arvioitiin myös, että tämänhetkinen korjausvelka on 35-55 mrd. €, josta 30-50 mrd. € on rakennuksissa ja se kasvaa yhä.

Rakentaminen onkin siirtymässä uudistuotannosta korjausrakentamiseen. (Ympäristöministeriö, 2009) Erityisesti aikakausina 1960-1980 rakennettuun määrällisesti suureen rakennuskantaan kohdistuu lähitulevaisuudessa merkittäviä korjaustarpeita muun muassa talotekniikan ja julkisivujen osalta, joiden korjaustarvetta aiheuttaa rakennusten ja laitejärjestelmien vanheneminen. Korjaustarvetta syntyy myös tilatarpeiden muutoksista. Suuria haasteita rakennuskannan kehittämiseksi aiheuttavat myös ilmastomuutoksen hillintä, väestön ikääntyminen ja kuntarakenteen muutos.

Valtioneuvoston korjausrakentamisen periaatepäätöksen päätavoitteet ovat (Ympäristöministeriö, 2009):

- rakennuskannan palvelukyvyyn ja laatutason säilyttäminen sekä parantaminen
- rakennuskannan energiankulutuksen ja päästöjen vähentäminen
- korjausrakentamisen ohjausjärjestelmän kehittäminen
- korjausrakentamiseen liittyvän tiedon, osaamisen ja kilpailukyvyyn vahvistaminen.

Energian kallistuminen ja huoli ilmaston lämpenemisestä ovat asioita, jotka nostavat energiatehokkuuden parantamisesta ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä maailmanlaajuisia asioita. Euroopassa rakennukset käyttävät yli 40 % kokonaisenergiankulutuksesta, josta kaksi kolmasosaa kuuluu asuinrakennuksissa (Schmigotzki, 2009). Vanhentuneet sekä huonosti lämmöneristetyt rakenteet, ovat ongelma erityisesti Itä-Euroopan maissa. Euroopassa onkin tehty jo pitkään työtä energiatehokkuuden eteen, mutta vasta Kioton sopimuksen velvoitteet toivat tullessaan lähes koko rakennuskannan kattavia pelisääntöjä. Vuoden 2002 lopulla hyväksyttiin rakennusten energiatehokkuusdirektiivi Energy Performance of Buildings Directive 2002/91/EY (EPBD). Sen toimeenpano on vaatinut monissa EU jäsenvaltioissa, kuten myös Suomessa, aikaa ja ponnisteluja. Vuoden 2008 alussa astui voimaan säädökset energiatehokkuuslaskelmista, energiatodistuksista ja ilmastoinnin kylmälaitteiden määräaikaistarkastuksista. Vaatimus energiatodistuksesta laajentui koskemaan olemassa olevia rakennuksia vuoden 2009 alusta. (Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2008)

- Olemassa olevien asuinkerrostalojen korjauksessa voidaan huomata kaksi merkittävää ongelmakohtaa:
- Miten 1960-1970-luvulla rakennettujen asuinrakennusten suuri määrä voidaan korjata nopeasti?
- Miten olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta voidaan parantaa?

2. Energiatehokkuuden nykytila ja kehityskäytännöt Suomessa ja ulkomailla

2.1. Suomi

Energian kokonaiskulutus Suomessa vuonna 2007 oli noin 408 TWh ja sähkönkulutus noin 90 TWh, josta koti- ja maatalouksien osuus on noin 25 %. (Tilastokeskus, 2009) Energian kokonaiskulutus Suomessa on kasvanut vuosien 1970-2007 aikana noin kaksinkertaiseksi ja sähkönkulutus noin nelinkertaiseksi. Vuosien 1990-2007 aikana on energiankulutus kasvanut noin 28 %.

Suomessa on kylmän ilmaston vuoksi jouduttu aina kiinnittämään huomiota energian tuotannon ja käytön tehokkuuteen jo pelkästään taloudellisista syistä. Näiden taloudellisten syiden rinnalle nousi 1970-luvulla energian saannin varmistaminen ja 1990-luvulta lähtien myös ympäristöseikat sekä ilmastonmuutoksen hillitseminen. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009)

Valtioneuvosto hyväksyi 6. marraskuuta 2008 pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategian. (Työ- ja elinkeinoministeriö, 2009) Tämä strategia sisältää ilmasto- ja energiapolitiikkaan liittyvät linjaukset, tavoitteet ja toimenpiteet. Valtioneuvosto antoi tämän strategian selontekona eduskunnalle marraskuussa 2008. Strategiassa määritetään ensimmäisen kerran Suomessa energiankulutukselle selvä enimmäismäärä. Enimmäismääräksi vuodelle 2020 on asetettu 310 TWh, joka on noin 37 TWh vähemmän kuin ilman tehostamistoimenpiteitä. Sähkön säästötavoitteeksi on asetettu 5 TWh. Vuodelle 2050 on asetettu vielä energiankulutuksen vähentyminen vielä kolmanneksella verrattuna vuoden 2020 tasoon. Näiden tavoitteiden taustalla on Euroopan Unionin energiatehokkuusdirektiivi (European Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)).

Olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta pyritään edistämään korjaus- ja energia-avustuksilla. Avustuksia voidaan saada ympärivuotisessa omassa asuinkäytössä olevan asuinrakennuksen omistaja, jos asuinrakennuksessa on vähintään kolme asuntoa. Avustuksen myöntää kunta. Kunnalle tai kuntayhtymälle avustuksen myöntää Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA). Päätös avustuksen myöntämisestä on saatava ennen töiden aloittamista. (ARA, 2009)

Energia-avustuksia myönnetään (ARA, 2009):

- energiakatselmusten tekemiseen
- rakennuksen ulkovaipan korjaamiseen
- ilmanvaihtojärjestelmiin liittyviin toimenpiteisiin
- lämmitysjärjestelmiin ja uusiutuviin energialähteisiin liittyviin toimenpiteisiin.

2.2. Muut pohjoismaat

Ruotsi

Ruotsissa energian kokonaiskulutus vuonna 2004 oli 406 TWh, josta asumisen osuus oli noin 91 TWh eli noin 24 % kokonaisenergian kulutuksesta. Vuonna 2005 tehdyssä lakiehdotuksessa ilmoitetaan, että Ruotsin tulee jatkaa kiivasta ja menestyksellistä, teollisuudelle, rakennuksille ja koko energiasektorille suunnattua energiapolitiikkaa. Tärkeimmiksi toimiksi koettiin koulutuksen, informoinnin, testauksen, sertifiointin ja merkinnän tukeminen sekä energiatehokkaan teknologian hankinnan tukeminen. (Swedish Energy Agency, 2007)

Ruotsissa energiatehokkuuteen pyritään vaikuttamaan lakien ja avustusten kautta. Asuntosektorilla tuetaan rahallisesti tai verohelpotuksin muun muassa seuraavia energiatehokkuuteen vaikuttavia toimia (Swedish Energy Agency, 2007):

- ikkunoiden vaihto energiatehokkaammiksi
- aurinkolämmitysjärjestelmien (solar heating systems) asentaminen
- lämmitysjärjestelmän muutos suorasta sähkölämmityksestä tai öljyllä toimivasta lämmityksestä uusiutuville polttoaineilla tai kaukolämmöllä toimiviin järjestelmiin.

Taloudellisia kannustimia energiatehokkaiden ratkaisuiden käyttöönottamiseksi ovat:

- rakennusten luokitus ja verotus näiden energialuokkien mukaan
- korottomat lainat ja avustukset energiatehokkaiden ratkaisuiden hankintaan
- ekomerkinnot laitteille, kojeille ja rakennusosille, kuten esimerkiksi ikkunoille
- tiukennuksia rakennusten suunnitteluun ja rakentamismääräyksiin
- lisää tietoutta.

Norja

Norjassa suurin osa energiasta tuotetaan vesivoimalla, josta johtuen sähkö on ollut halpaa. Tästä johtuen sähköä on käytetty runsaasti niin teollisuudessa kuin asuinrakennusten lämmityksessäkin. Tosin kaukolämmön käyttö rakennusten lämmittämisessä on kasvanut keskimäärin 15 % vuotuista vauhtia vuodesta 1990 vuoteen 2005. Eniten energiaa kuluttava sektori Norjassa vuonna 2004 oli teollisuus (36 %). Toisena kulutuksessa oli liikenne (26 %), jota seurasi asuminen (21 %). (Swedish Energy Agency, 2007)

Muutosta kohti ympäristöystävällisempää energiantuotantoa ja -käyttöä Norjassa ajaa Enova SF. Se on julkinen, Norjan valtion omistama yhtiö, jonka tarkoituksena on edistää muun muassa energian säästöä ja uusien uusiutuvien energiantuotantomethodien käyttöönottoa. Enova SF hallinnoi energiarahastoa (Energy Fund), joka koostuu energiaverosta saadusta rahasta. Energiarahastolla tuetaan eri sektoreiden uusia, energiatehokkaita ratkaisuita. Energiarahastolla myös rahoitetaan energiakäyttöön liittyvän informaation levityksen sekä koulutuksen kehittämistä. (Swedish Energy Agency, 2007)

Norjan energiatehokkuustoimet vuodesta 1990 ovat parantaneet energiatehokkuutta 10 prosentilla tai 0,7 prosentilla per vuosi vuoteen 2004 asti. (Energy efficiency policies and measures in Norway, 2006) Toisin sanoen energiaa kuluu nyt 10 % vähemmän kuin ilman näitä parannustoimia.

Norjassa kotitalouksien on mahdollista saada avustuksia energiatehokkuutta parantaviin investointeihin, kuten lämpöpumppuihin, puupellettejä käyttäviin boilereihin ja tulisijoihin sekä sähkölämmityksen säätölaitteiden uusimiseen. (Energy efficiency policies and measures in Norway, 2006) Kotitalouksilla on mahdollista saada tietoutta ja neuvoja energiatehokkaista ratkaisuista maanlaajuisesta ilmaisesta palvelusta. Palveluun voi ottaa yhteyttä puhelimitse, sähköpostitse sekä Internetin välityksellä.

Tanska

Tanskassa on jo pitkään pyritty vähentämään rakennusten energiankulutusta. Eri hallitukset ovat omilla aikakausillaan käynnistäneet monia eri energiansäästötoimenpiteitä sekä uudistaneet rakentamismääräyksiä siten, että ne auttavat asuntojen omistajia vähentämään energiankulutusta ja täten myös pienentämään niiden ympäristövaikutuksia. Kiristetyt rakentamismääräykset ovat vähentäneet lämmityskuluja 20 % aikavälillä 1975-2001, vaikka lämmitettävien tilojen ala on kasvanut 30 % tuona aikana. (Ministry of foreign affairs of Denmark, 2007)

Tanskan energiapolitiikka vuosille 2008-2011 kohdistuu vähentämään Tanskan riippuvuutta fossiilisiin polttoaineisiin sekä siihen, että Tanska saavuttaa EU:n yhdistetyn ilmasto- ja energiaesityksen vaatimukset. Energiansäästötoimissa tavoite on saada vähennettyä energiankulutusta neljä prosenttia vuoteen 2020 mennessä siten, että vuoteen 2011 mennessä energiankulutusta tulee olla vähennetty kaksi prosenttia verrattuna vuoden 2006 kulutukseen. Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi käynnistetään kampanjoita sekä tiedonjakoon perustetaan osaamiskeskus. (Ministry of foreign affairs of Denmark, 2007)

Tanskassa asuinrakennusten energiatehokkuuteen vaikutetaan pääasiassa määräysten ja direktiivien kautta. Määräykset käsittävät muun muassa kojeiden ja laitteiden energiankulutuksen merkinnät, boilerien tehokkuuden vaatimukset, rakentamismääräyksiä kehittämisen ja korjauksen, rakennusten energiankulutuksen merkinnät jne. (Energy Charter Secretariat, 2004) Energiatehokkaiden ratkaisuiden käyttöön pyritään myös ajamaan energian kovalla verotuksella. (Togoby, 2008)

2.3. Muut EU – maat

Saksa

Saksassa suurin potentiaali energian säästämiseksi on vanhoissa, olemassa olevissa asuinrakennuksissa. Ne käyttävät noin kolme kertaa enemmän energiaa kuin uudet rakennukset. Noin 87 % asuinrakennusten käyttämästä kokonaisenergiasta kuluu tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Tästä noin 80 % on mahdollista säästää energiatehokkailla korjaustoimenpiteillä sekä modernilla talotekniikalla. Nykyisillä korjaustoimenpiteillä saavutetaan kuitenkin vain noin kolmannes potentiaalisista säästöistä. (Dena – Energy-Efficient Buildings)

Valtiolliset toimenpiteet energian säästämiseksi ovat (Zukunft Haus):

- hallinnolliset ja säätelevät toimet; esimerkiksi energiansäästömääräykset (Die Energieeinsparverordnung, myöhemmin EnEV)
- avustukset; kannustimia energiatehokkaisiin rakentamis- ja korjaustoimenpiteisiin
- markkinasuuntautuneet toimenpiteet; esimerkiksi rakennusten energiatodistukset.

Saksan energiavirastolla (Deutsche Energie-Agentur GmbH (Dena)) on "tulevaisuuden koti" (Zukunft Haus) brandin alla projekteja, joiden tarkoituksena on luoda suotuisa markkinatilanne energiatehokkaille ratkaisuille rakennussektorilla sekä nopeuttaa uusien energiatehokkaiden teknologioiden ja palveluiden käyttöönottoa. Koska nykyisillä korjaustoimenpiteillä ei päästä lähellekään potentiaalista energiansäästöä, käynnisti Dena vuonna 2003 "tulevaisuuden koti" -brandin alle pilottiprojektin "Efficient Homes". (Dena – Efficient Home) Sen tavoitteena on:

- kiihdyttää asiantuntemuksen leviämistä
- levittää tietoa energiatehokkaista, innovatiivisista korjausteknologioista
- kehittää uusia teknologioita ja tuoda niitä esille.

Pilottiprojektin ansiosta jo 140 rakennusta on korjattu matalaenergiarakennuksiksi. Näiden rakennusten keskimääräinen energiankulutus on noin 50 % pienempi kuin EnEV edellyttää uusilta rakennuksilta. Myös vahvistaakseen energiatehokkaiden korjaustoimenpiteiden käyttöä, Dena on perustanut alueellisten asiantuntijakeskusten verkoston. Hyvien tulosten ansiosta Efficient Homes -projekti jatkuu osana KfW -pankkiryhmän "CO2 Building Rehabilitation Programme" -projektia.

Tulevaisuuden koti -brandin alle Dena on myös ottanut käyttöön rakennusten energiatodistukset. Tästä todistuksesta hyötyvät kaikki ne, jotka aikovat ostaa tai vuokrata asunnon. Energiatodistuksesta on myös hyötyä niille, jotka aikovat peruskorjata asuintalooaan, sillä se tarjoaa kohtuullisesti hinnoiteltua neuvontaa rakennusten energiatehokkaaseen korjaukseen. (Dena -Energy Performance Certificate)

Saksassa energiatehokkuuden parantamiseen pyritään vaikuttamaan rahallisin avustuksin. (KfW Bankegruppe) Valtiollinen KfW -pankkiryhmä antaa matalakorkoista lainaa hankkeille, jotka täyttävät heidän ehtonsa matalaenergiarakentamisesta. Heidän ehtonsa perustuvat EnEV:n määrittelemiä tasoihin matalaenergiarakentamisesta.

KfW:llä on olemassa erilaisia rahoitusmalleja energiatehokkaaseen uudis- ja korjausrakentamiseen. Näistä esimerkkeinä ovat mm.:

Korjausrakentamisessa:

- KfW Efficiency House 100:
 - Tämä ohjelma on tarkoitettu avustukseksi korjausrakentamiseen energiankulutuksen laskemiseksi. Primäärienergian kulutus ei saa olla yli 100 % EnEV2007 määräysten uudisrakennukselle asettamista arvoista.
- KfW Efficiency House 70:
 - Tämä ohjelma on tarkoitettu avustukseksi korjausrakentamiseen energiankulutuksen laskemiseksi. Primäärienergian kulutus ei saa olla yli 70 % EnEV2007 määräysten uudisrakennukselle asettamista arvoista.

Uudisrakentamisessa:

- KfW Efficiency House 55:
 - Tämä ohjelma on tarkoitettu uudisrakentamiseen matalaenergiarakentamisen avustamiseksi. Vuotuinen primäärienergian kulutus ei osaa olla yli 55 % EnEV2007 määräysten uudisrakennukselle asettamista arvoista. Primäärienergian kulutus ei saa myöskään olla yli 40 kWh/m²/a. Passiivitalot rahoitetaan tämän ohjelman alaisuudessa. Passiivitaloissa on lisäksi määrätty, ettei lämmitykseen vaadittava energia ylitä 15 kWh/m²/a.
- KfW Efficiency House 70:
 - Tämä ohjelma on tarkoitettu uudisrakentamiseen matalaenergiarakentamisen avustamiseksi. Vuotuinen primäärienergian kulutus ei osaa olla yli 70 % EnEV2007 määräysten uudisrakennukselle asettamista arvoista. Primäärienergian kulutus ei saa myöskään olla yli 60 kWh/m²/a.

Itävalta

Itävallassa EU:n energiadirektiivin mukainen toimintasuunnitelma energiatehokkuuden parantamiseksi etenee siten, että tavoitteena on päästä 2 %:n vähennyksiin vuoteen 2010 mennessä ja 9 %:n säästöihin vuoteen 2016 mennessä. (Austrian Energy Agency, 2007) Vuoden 2020 tavoitteena on EU:n määrittelemä 20 % säästö.

Toimintasuunnitelman mukaisiin tavoitteisiin pyritään seuraavin toimenpitein (Austrian Energy Agency, 2007):

- energialuokitus kaikkiin Itävaltalaisiin talouksiin vuoteen 2010 mennessä
- nopeutetaan korjausrakentamisen vauhtia siten, että kaikki vuosien 1950-1980 välisenä aikana rakennetut asuinrakennukset korjataan vastaamaan uusia energiatehokkaita määräyksiä

- energiatehokkaiden koneiden ja ratkaisuiden kehittäminen ja käyttöönotto
- vuodesta 2015 eteenpäin, asuinrakennuksille myönnetään tukea vain, jos ne noudattavat aktiivista ilmastosuojeluohjelmaa ja passiivitalostandardeja
- lämpövoimalaitoksien käytön lisääminen tehokkaana tapana tuottaa lämpöä ja energiaa.

Itävallan liittovaltion asuinrakentamiseen antama tuki ei vielä ole suoraan kytköksissä ympäristöystävällisiin näkökulmiin, mutta ne tulevat myöhemmin olemaan vaatimuksina tuen saamiseksi. Avustuksien ja matalakorkoisten lainojen lisäksi ylimääräistä tukea myönnetään myös:

- toimiin, jotka parantavat rakennuksen lämmön-, kosteuden- sekä ääneneristävyyttä rakennuksen vaipassa
- lämmitykseen liittyviin toimiin (liittyminen kaukolämpöverkkoon, keskuslämmityksen asennukseen, aurinkoenergian käyttöönottoon, lämpöpumpun käyttöönottoon jne.)
- ympäristöystävällisten rakennusmateriaalien käyttöön.

Itävallassa on käynnissä myös huomisen rakennus – ohjelma (Haus der Zukunft), joka kohdistuu asuin- ja toimistorakennuksiin. Sen tarkoituksena on edistää passiivitaloja matalaenergiarakentamista. Erona nykyisiin rakentamistapoihin, huomisen rakennus -ohjelman ratkaisuiden tulee täyttää seuraavat kriteerit:

- nykyistä parempi energiatehokkuus läpi koko rakennuksen elinkaaren
- uusiutuvien energialähteiden, kuten aurinkoenergian, nykyistä tehokkaampi käyttö
- käytetään enemmän kestäviä rakennusmateriaaleja sekä käytetään niitä tehokkaasti
- käyttäjien tarpeiden ja palveluiden huomioon ottaminen nykyistä paremmin
- kustannusten pitäminen enintään samalla tasolla kuin perinteisellä tavalla toteutettaessa.

Ohjelman tavoitteena on kehittää ja markkinoida komponentteja, esivalmistettuja rakennusosia ja rakentamistapoja, jotka täyttävät yllä olevat kriteerit sekä kestävän kehityksen pääperiaatteet. (Haus der Zukunft)

Sveitsi

Arviolta 45 % Sveitsin energian kokonaiskulutuksesta kuluu rakennusten lämmitykseen, jäähdytykseen rakentamiseen ja lämpimän käyttöveden tuotantoon. On arvioitu, että pitkällä tähtäimellä on mahdollista kiristää rakennusten energiankulutuksen vaatimuksia 50-70 %. Tämä vaatii kuitenkin jatkuvaa kehitystä uusien rakennusten rakentamiseen sekä vanhojen rakennusten korjaukseen. (Swiss Federal Office of Energy SFOE)

Sveitsissä julkaistiin syyskuussa 2007 15-kohtainen energiatehokkuuden toimintasuunnitelma. Sen päätavoitteina on vähentää fossiilisten polttoaineiden käyttöä 20 prosentilla vuoteen 2020 mennessä sekä rajoittaa sähkön käytön kasvu enintään 5 prosenttiin vuodesta 2010 vuoteen 2020. Rakennusten osalta toimintasuunnitelman toimet koostuvat (International Energy Agency):

- kansallisesta korjausrakentamishjelmasta (2010-2020) sekä siihen liittyvistä valtiollisista tuista
- rakentamismääräyskokoelmien tiukentamisesta
- rakennusten energiatodistusten käyttöönotosta.

Rakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi on Sveitsissä kehitetty MINERGIE-standardi. Standardi soveltuu niin uudis- kuin korjausrakentamiseen. Sen tarkoituksena on saada aikaan rakennuksia, jotka kuluttavat vain vähän energiaa ja asumismukavuus on korkealla tasolla (ilmatiivis runko, erinomainen lämmöneristys, koneellinen ilmanvaihto, tehokas lämmöntuotanto). Standardi edellyttää, että energiankulutus ei ole yli 75 % tavanomaisen rakennuksen energiankulutuksesta sekä fossiilisten polttoaineiden käyttö saa olla enintään 50 % vastaavan, tavanomaisen rakennuksen kulutuksesta. MINERGIE-standardien perheeseen kuuluvat:

- MINERGIE (tavanomaisin)
- MINERGIE-P (vastaa passiivitalon vaatimuksia)
- MINERGIE-ECO (ottaa huomioon energiankulutuksen lisäksi ekologisen näkökulman, kuten esimerkiksi kierrätettävyyden, sisäilman laadun, ääneneristykseen)
- MINERGIE-Modules (moduleita tai rakennuskomponentteja, jotka ovat erityisen energiatehokkaita).

MINERGIE-sertifikaatin saamiseksi on kehitetty standardoidut ratkaisut rakennuksille ja rakennusteknisille järjestelmille. Tosin tämä on rajoitettu vain asuinrakennuksiin. Nämä viisi ratkaisua ovat:

- Maalämpöpumppu rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen
- Aurinkokeräimet käyttöveden lämmitystä varten, jota tukee talvisin puulämmitteinen järjestelmä
- Automaattinen puupelletin toimiva ympärivuotinen lämmitysjärjestelmä rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitystä varten.
- Hukkaenergian (esimerkiksi teollisuus) hyväksikäyttäminen rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen
- Ilmalämpöpumppu rakennuksen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen.

Alankomaat

Vuonna 2007 julkaistussa energiatehokkuuden toimintasuunnitelmassa kuvataan asuinrakennusten energiatehokkuuden parantamiseksi monia toimenpiteitä ja työkaluja. Näillä pyritään ihmisten tietoisuuden lisäämiseksi energiatehokkaista ratkaisuista sekä rakennusten ja asuntojen omistajien kannustamiseksi energiatehokkaiden ratkaisuiden käyttöönottoon. Energiatehokkuuden toimintasuunnitelmassa mainittuja toimenpiteitä ja työkaluja ovat muun muassa (The Netherlands Energy Efficiency Action Plan 2007):

- Energiavero, joka määräytyy kulutuksen mukaan. Mitä vähemmän kulutat, sitä pienempi vero.
- Verovähennys energiatehokkaiden ratkaisuiden hankinnasta (Energy Investment Deduction). Tämä koskee rakennusten osalta lähinnä itse rakennuksia, koneita ja menetelmiä sekä rakennukseen tehtäviä lämmöntuotantojärjestelmiä.
- Rakennusmääräykset
- Rakennusten energiatehokkuusstandardit (energy performance standard)
- Green Funds Scheme. Hanke, jolla pyritään rahoittamaan projekteja, joilla on positiivinen vaikutus ympäristöön. Hankkeen rahoituksen piiriin sopivat esimerkiksi korjauskohteet, jotka ovat valmistuneet ennen vuotta 1980 ja korjaustoimet täyttävät niille asetetut ehdot.
- TELI avustushanke (TELI subsidy scheme) oli tilapäinen hanke, joka kesti vuodesta 2002 vuoteen 2006. Sen tavoitteena oli antaa tietoa, neuvoja sekä apua vähävaraisille, jotta hekin pystyisivät säästämään energiaa.
- Enemmän vähemmällä (Meer Met Minder) -hanke.

Iso-Britannia

Kotitaloudet kuluttavat noin 30 % Iso-Britannian kokonaisenergiankulutuksesta, josta 82 % menee tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Kotitalouksien energiatehokkuus on parantunut tasaisesti ja uudet rakennukset vaativatkin vain puolet siitä mitä keskiverto rakennus. Kuitenkin energiankulutus kasvaa jatkuvasti, johtuen siitä, että ihmiset haluavat asua väljemmin ja lämpimämmin sekä käyttää suurempaa määrää sähkölaitteita kuin ennen. Kuitenkin, energiatehokkaiden ratkaisuiden käytössä on vielä paljon potentiaalia, varsinkin olemassa olevan asuinrakennuskannan osalta.

Vuonna 2004 tehdyn energiatehokkuussuunnitelman mukaan Iso-Britanniassa pyritään 4,2 miljoonan tonnin hiilidioksidipäästöjen vähennykseen vuoteen 2010 mennessä. Tämän suunnitelman mukaan tähän päästään säätelyn ja kannustimien käytöllä. Näitä ovat muun muassa rakentamismääräysten päivittäminen ja kiristäminen energiatehokkuuden osalta. Rakennuksille tulee pakolliseksi Euroopan unionin energiadi- rektiivin mukainen energiatodistus. Vuokraisänniltä edellytetään kiinteistöjensä lämmityksen ja lämmöneristyksen parantamista "Decent Homes"-ohjelman kautta. (Defra, 2004) Hallitus on käyttänyt tähän ohjelmaan yli neljä miljoonaa puntia vuosien 2000-2007 aikana, jolloin yli 910 000 asuntoa on saanut keskuslämmitysjärjestelmän, 750 000 asuntoa on saanut seinien lisälämmöneristyksen ja 916 000 asuntoa on saanut kaksinkertaisella lasilla varustetut ikkunat. (Home Energy Saving Program)

Iso-Britanniassa käynnissä oleva kodin energiansäästöohjelma (Home Energy Saving Program) rahoittaa kotitalouksien energiasäästötoimia. Esimerkiksi seinien ja katon lisäeristämiseen on mahdollista saada 50 % tuki. Jotta mahdollisimman moni ihminen osaisi hakea ohjelman mukaisia tukia, valtio pyöritti kansallista TV- ja lehdistökampanjaa, jossa ilmoitetaan mitä apua on saatavilla. Tämän lisäksi jokainen talous saa myös henkilökohtaisen kirjeen heidän energiayhtiöltään sekä valtionhallinnolta. Tarkoituksena on, ettei kukaan pysty sanomaan, etteivät he tiedä kuinka laskea heidän energiankulutustaan.

2.4. Yhteenveto eri maiden toimenpiteistä

Noin 40 % kaikesta kulutetusta energiasta kuluu rakennuksissa. Tästä suurin osa kuuluu tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmittämiseen. Vanhat rakennukset saattavat kuluttaa moninkertaisen määrän energiaa verrattuna uusiin rakennuksiin. Suurin energiansäästöpotentiaali onkin juuri näissä vanhoissa, olemassa olevissa rakennuksissa.

Euroopassa pyritään niin uusien kuin vanhojenkin rakennusten energiatehokkuuteen vaikuttamaan vuonna 2006 esitellyllä energiatehokkuusdirektiivillä (EPBD). Monet Euroopan unionin jäsenmaat ovat kuitenkin lykänneet sen käyttöönottoa anomalla 1-3 vuotta lisää aikaa. Nykyään useimmat jäsenmaat ovat jo kuitenkin tehneet omat energiansäästösunnitelmansa. Odysee-projektin kotisivuilta löytyvät maakohtaiset energiatehokkuusprofiilit¹ sekä maakohtaiset energiatehokkuusraportit². Koska ne perustuvat ainakin osittain energiatehokkuusdirektiiviin, ovat ne hyvin samansuuntaisia toisiensa kanssa. Energiadirektiivin ehdot, joista merkittävin on 20 % energiansäästö, tulee olla täytettyinä vuoteen 2020 mennessä.

Energiatehokkuusdirektiivin ja kansallisten energiatehokkuusvaatimusten täyttäminen vaatii paljon erilaisia toimenpiteitä. Toimenpiteet voidaan jakaa neljään ryhmään: houkuttimiin, pakotteisiin, informaatiota lisääviin ja uusien innovaatioiden kehittämiseen.

Houkuttimiin kuuluvat muun muassa:

- verohelpotukset energiatehokkaista ratkaisuista
- suora rahallinen tuki energiatehokkaiden ratkaisuiden hankintaan
- matalakorkoiset lainat energiatehokkaiden ratkaisuiden hankintaan.

Pakotteisiin kuuluvat muun muassa:

- rakentamismääräysten uudistaminen ja tiukentaminen
- progressiivinen energiavero
- tiukennettu valvonta.

¹ http://www.odyssee-indicators.org/publications/country_profiles.php

² http://www.odyssee-indicators.org/publications/national_reports.php

Informaatiota lisääviin toimenpiteisiin kuuluvat muun muassa:

- rakennusten luokittelu energialuokkiin
- rakennusten luokittelun yhteydessä ehdotettavat energiansäästötoimenpiteet
- ilmainen tai tuettu neuvontapalvelu energiatehokkaista ratkaisuista kiinteistöjen omistajille
- kampanjat tai muut tiedonlevitystavat energiatehokkaista ratkaisuista, avustuksista sekä energiatehokkaista ratkaisuista syntyvistä säästöistä
- kampanjat tai muut tiedonlevitystavat käyttötottumusten muutosten vaikutuksista energiankäytössä
- koulutuksen kehittäminen.

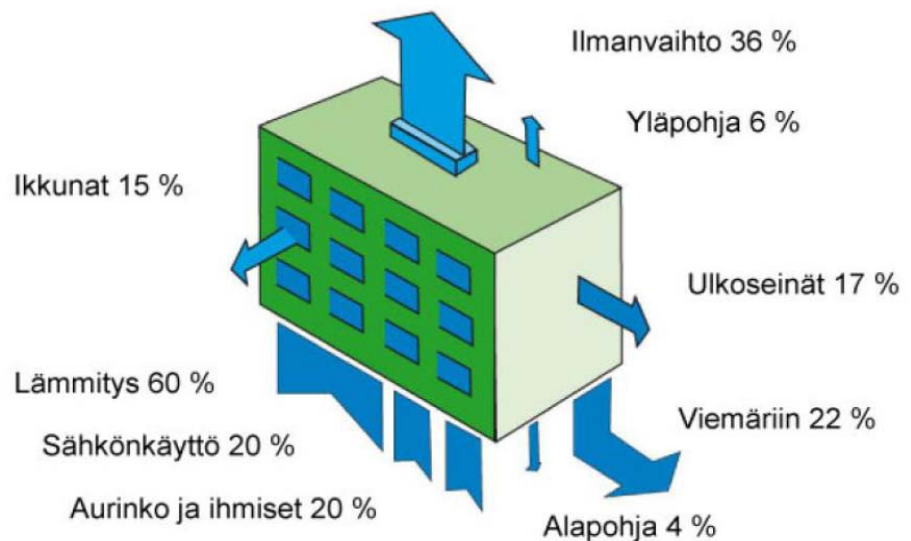
Uusien innovaatioiden kehittämiseen kuuluu muun muassa:

- uusien teknologioiden kehittäminen ja saattaminen markkinoille
- uusien toimintatapojen kehittäminen ja saattaminen markkinoille
- standardien ja yleisten rakentamisratkaisuiden kehittäminen.

Toimenpiteillä on energiansäästön lisäksi myös työllistävä vaikutus. Toimenpiteiden toteutus luo uusia työpaikkoja varsinaista toteutustehtävistä aina kehitys- ja opetustehtäviin.

3. Energiatehokkuutta parantavat korjausrakentamisratkaisut

Suurin osa 1960-1970-luvuilla rakennettujen elementtirakenteisten kerrostalojen lämpöenergiasta poistuu ilmanvaihdon (36 %), viemäreiden (22 %), ulkoseinien (17 %) ja ikkunoiden (15 %) kautta (kuva 2). Osasyynä lämmitysenergian suureen suhteelliseen osuuteen on kyseisen aikakauden rakennuksille tyypillinen heikko tiiviys. Ilmanvaihdon lämmitysenergiakulutusta voidaan pienentää yli puolella ottamalla talteen poistoilmasta saatavaa lämpöä ja tiivistämällä rakenteita. Ilmanvaihdon lisäksi myös jäteveden mukana kulkeutuu paljon lämpöenergiaa. Jäteveden määrää on mahdollista pienentää yksinkertaisin toimenpitein, jotka vähentävät lämpimän käyttöveden kulu- tusta.



Kuva 2. 1960- ja 1970-luvuilla rakennettujen elementtirakenteisten kerrostalojen keskimääräisiä energiavirtoja. (Lähde: Teknillinen korkeakoulu, LVI- tekniikan laboratorio)

3.1. Talotekniikka

3.1.1. Lämmöntalteenotto

Terveellinen ja viihtyisä sisäympäristö on asumisen kannalta tärkeä laatutekijä. Ilmanvaihdon on keskeinen tehtävä tällaisen sisäympäristön ylläpidossa. Kuitenkin ilmanvaihdosta johtuva lämmitysenergian häviö on yli kolmasosan koko rakennuksen lämmitysenergian häviöstä. Ilmanvaihdon energiatehokkuutta voidaan parantaa siten, että ilmanvaihtoa käytetään vain todellisen tarpeen mukaan ja poistoilmasta otetaan lämpöä talteen. Lämmöntalteenotto vaatii kuitenkin käytännössä aina koneellisen tu- lo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän. (LVI-talotekniikkateollisuus, 2009)

Ilmanvaihdon pääsääntönä on, että ilmanvaihto mitoitetaan suurimman tarpeen mukaan, mutta sitä käytetään vain todellisen tarpeen mukaan. Varsinkin silloin, kun tila on tyhjillään, riittää vain pieni ilmanvaihto poistamaan rakenteista huoneilmaan erittyvät epäpuhtaudet. Energiatehokkaan ilmanvaihdon perustekijöitä ovat (LVI-talotekniikkateollisuus, 2009):

- ilmanvaihto toimii myös muuttuvilla ilmanvirroilla
- ilmanvaihdon tarpeenmukainen ohjaus, väljät kanavistot ja muutenkin reilu mitoitus
- tehokas lämmöntalteenotto (LTO) poistoilmasta (laitetta valitessa kannattaa tarkastella myös vuosihyötysuhdetta)
- huolellinen ilmanvirtojen tasapainotus sekä ilmavirtojen ja painesuhteiden hyvä mitattavuus
- tiiviys sekä ulkovaipassa että tilojen välisissä rakenteissa
- ilmapuhaltimien ja erillisten puhaltimien alhainen ominaissähköteho
- jäädytys todellisen tarpeen mukaan
- ilman sisään tuonti puhtaana, toisin sanoen valitaan ilmansuodattimet ottaen huomioon paitsi sisäilman tavoitetaso myös ulkoilman laatu, erityisesti pienhiukkaset.

Tutkimusten mukaan ilmanvaihto ei ole riittävää suurimmassa osassa rakennuskantaa. (Säteri, 1999) Esimerkiksi 60- ja 70-luvuilla rakennetuista, koneellista poistoa käyttävistä rakennuksista neljä viidesosaa on sellaisia, joissa ei täyty ilmanvaihdon vähimmäisvaatimus 0,5 1/h. Rakennusten muiden korjausten yhteyteen tulee liittää myös ilmanvaihdon tarkastus ja korjaus. Useassa hankkeessa pelkkä ilmanvaihdon korjaus on usein aiheellinen ja kannattava vielä omana erillisenä toimenakin. Monet asiat, jotka eivät suoraan koske ilmanvaihtoa, vaikuttavat sisäilmastoon ja ilmanvaihtoon. Ilmanvaihtojärjestelmän toiminta on otettava huomioon, kun rakennukseen tehdään muutoksia tai korjauksia kuten lämmitystavan muutos, ulko- ja sisäseinäverhouksen uusiminen, ikkunoiden uusiminen, väliseinien lisääminen, siirtäminen tai poisto sekä vaikkapa saunan lisääminen.

Rakennusvaipan tiiveys on yksi tärkeimmistä ja vaikeimmin hallittavista rakenteiden ja LVI-tekniikan yhteistoimintaan vaikuttavista tekijöistä. Hallitsemattomien ilmavuotojen suhteellinen merkitys on kasvanut rakennusten vaipan ja ikkunoiden lämmöneristävyyden parantumisen mukana. Kun halutaan päästä mahdollisimman hyvään sisäilmastoon mahdollisimman pienellä energiankulutuksella, on välttämätöntä hallita rakennuksen läpi virtaavan ilmanvaihtoilman määrä mahdollisimman hyvin. Myös lämmön talteenoton hyötysuhde putoaa merkittävästi, jos suuri osa rakennuksesta poistuvasta ilmasta menee ohi lämmön talteenottojärjestelmän. (Säteri, 1999)

3.1.2. Vesikalusteiden vaihtaminen

Kerrostaloasukkaalta kuluu vettä noin 150 litraa vuorokaudessa. Henkilökohtaisilla käyttötottumuksilla onkin suuri vaikutus vedenkulutukseen. Turhaa veden juoksettamista tapahtuu yleisimmin peseytymisessä ja keittiöissä. Eniten lämpimän käyttöveden kulutukseen vaikuttaa peseytyminen. Vettä säästävien vesikalusteiden käyttämisellä, käyttötottumusten muutoksilla ja putkistomitoituksen uudistamisella on saatu yli 20 % säästö 1970-luvun kulutukseen verrattuna. (Ympäristöministeriö, 2009)

Rakennuksen käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus muodostuu vedenkulutuksen tarvitsemasta lämmitysenergiämäärästä sekä lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöstä. Kulutetun veden lisäksi lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutusta lisää lämpimän käyttöveden putkiston ja kiertojohdon, kiertovesipumpun ja lämmönkehityslaitteiden sekä mahdollisten varaajien lämpöhäviöt sekä kosteiden tilojen lämmitys. Esimerkiksi asuinrakennuksissa lämpöhäviöiden osuus lämmitysjärjestelmän kuluttamasta lämmitysenergian käytöstä on kosteiden tilojen lämmitys mukaan laskettuna noin 40 %. (Ympäristöministeriö, 2009)

Esimerkiksi veden kulutuksen pienentäminen 20 prosentilla vähentää käyttöveden lämmitysenergiaa noin 10 %, jolloin rakennuksen kokonaislämmitysenergiatarve pienenee 5 %. Lämpimän veden ja sitä kautta myös energian säästöön vaikuttavia keinoja ovat (Ympäristöministeriö, 2009):

- vesijohtoverkoston oikea mitoitus ja toteutus
- vesilaitteiston paineen ja vesikalusteiden virtaamien säätö
- kiinteistökohtaisen vakiopaineventtiilin käyttö tarvittaessa
- lämpimän käyttöveden lämpötilan asetus ja kiertojohdon virtaaman mitoitus
- lämpimän käyttövesijärjestelmän lämmöneristys
- vesilaitteiston vesitiiviyys ja vuotojen havaittavuus
- WC-laitteiden ja muiden kalusteiden huolto
- vedenkulutuksen seuranta ja analysointi
- toistuva asukastiedotus
- huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus ja laskutus.

3.2. Rakennustekniikka

3.2.1. Julkisivujen lisälämmöneristys

Vuosina 1950-1975 lämmöneristysvaatimukset olivat huomattavasti heikommat kuin nykyisin. Erityisesti koneellisella poistoilmanvaihdolla varustetuissa taloissa tämä on aiheuttanut sekä vanhempaan että nuorempaan talokantaan verrattuna suuremman energiankulutuksen. Julkisivu- ja ikkunakorjauksia suunniteltaessa tuleekin selvittää mahdollisuus rakennuksen ulkovaipan lämmöneristykseen parantamiseen. Keskeinen kysymys onkin, että voidaanko teknisistä syistä välttämättömien korjausten yhteydessä vähentää samalla rakennuksen energiankulutusta kustannustehokkaalla ja muista keskeisistä tavoitteista tinkimättömällä tavalla. (Neuvonen, 2009) Lisälämmöneristämällä vanha seinä saadaan myös lämpimämpään ja kuivempaan tilaan, jolloin mahdollinen pakkasrapautuminen ja karbonatisoituminen saadaan pieneneväksi tai jopa pysähtymään kokonaan. (Paroc)

1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostalojen yleisimpänä julkisivuratkaisuna oli betoni-sandwich-elementit. 1960-luvun alkupuolella puhtaaksimuurattu tiili, rappaus ja julkisivulevyt hallitsivat uusien kerrostalojen julkisivuja. Kuitenkin 1960-luvun loppupuolella siirryttiin suurissa määrin betonielementtitekniikkaan. Vanhimpien elementtitalojen julkisivuissa käytettiin useimmiten nauhaelementtejä. 1960-luvun jälkipuoliskolla siirryttiin tuotantoteknisesti helpompiin ruutuelementtijulkisivuihin. Tämä tuotantomenetelmä jatkui myös 1970-luvulla. Näitä nauha- ja ruutuelementtejä valmistettiin vähäisissä määrin myös kevytsorabetonista, kevytbetonista ja tiilestä, mutta kiristyneet lämmöneristysvaatimukset vuoden 1975 jälkeen lopettivat massiivisten kevytbetonielementtien käytön asuinkerrostaloissa. (Neuvonen, 2009)

1960-1970-lukujen julkisivuelementtirakenne koostui yleensä 80 mm tai 150 mm sisäkuoresta, 80-100 mm eristekerroksesta ja 60-80 mm ulkokerroksesta. Tällä rakenteella saadaan aikaan aikaan 0,4 – 0,5 W/m²K U-arvo. (Mäkinen, 2009) Matalaenergiatalon 60 kWh/m²/a kulutukseen päästäkseen, tulisi eristettä olla 275-300 mm (U-arvo < 0,15 W/m²K). (Hagan, 2008) Vertailuna mainittakoon, että esimerkiksi lisäeristämällä 250 mm Siporex tmv. seinä 120 mm paksuisella vuorivillakerroksella, päästään U-arvoon 0,183 W/m²K. (Kolmikerrosrappausrakenne – suunnittelu ja asennusohjeet)

Vaikka rakennusten ulkovaipan kautta johtuva lämpöhukka on nykypäivän rakennuksessa merkittävästi pienempi, on vanhojen rakennusten korjaaminen vain energiansäästön vuoksi harvoin kannattavaa. Suurin hyöty energiakorjauksista saadaan, kun lisälämmöneristys tehdään jonkun muun korjaustyön yhteydessä, kuten pahoin vaurioituneiden ikkunoiden vaihtaminen uusiin tai ulkoseinän rappausta uusiessa. (Holopainen, 2009)

3.2.2. Ikkunoiden vaihto energiatehokkaampiin

Ikkunat ovat rakennuksen vaipan huonoiten lämpöä eristäviä rakenneosia, jonka takia niiden valinnassa on syytä kiinnittää huomiota niiden energiatehokkuuteen, pinta-alaan sekä siihen, mihin ilmansuuntaan ne on suunnattu. Ikkunat eivät kuitenkaan ole pelkästään lämpöä hukkaavia rakenneosia, vaan niiden kautta saadaan rakennukseen auringon säteilyä, jolla saadaan vähennettyä valaistukseen ja lämmitykseen tarvittavaa energiaa. (Motiva, 2009)

Ikkunoiden lämmöneristyskykyä kuvataan usein muiden rakennusosien tapaan U-arvolla (W/m²K). U-arvo pelkästään ei kerro kaikkea ikkunan energiatehokkuudesta, vaan ikkunoille on olemassa myös g-arvo, joka kertoo kuinka hyvin ikkuna hyödyntää auringon säteilyenergiaa. Oleellinen asia ikkunan energiatehokkuudelle on myös koko

ikkunarakenteen (lasi, karmit ja puitteet) ilmantiiveys. Ikkunan energiatehokkuuden vertailun helpottamiseksi on kehitetty ikkunoiden energialuokitus. Siinä lasketaan U-arvon, g-arvon ja ikkunan ilmanpitävyyden mukaan vertailuarvo E (yksikkö kWh/m²a). Energialuokituksessa energiatehokkuus ilmoitetaan kodinkoneistakin tutulla A–G asteikolla, joten vertailu on helppoa. (Motiva, 2009)

Hyvin eristetyin ikkunan etuina lämmöneristyksen lisäksi on se, ettei ikkunan sisäpinta laske kovillakaan pakkasilla epämiellyttävän kylmäksi. Joissain lämpötiloissa hyvin eristetyin ikkunan pintaan saattaa kondensoitua vettä, mutta se on pieni haitta verrattuna niiden tuomiin etuihin. (Valitse hyvin eristävät ikkunat, 2009)

1960- ja 1970-luvuilla ikkunat olivat U-arvoltaan 2,0–2,7 W/m²K. (Mäkinen, 2009) Viimeisin rakentamismääräyskokoelma vuodelta 2007 vaatii ikkunoilta kuitenkin jo U-arvoa 1,4 W/m²K, joka tiukentuu vuonna 2010 arvoon 1,0 W/m²K. (Lehtinen, 2009) Nykyiset, uudet energiatehokkaat ikkunat ovat U-arvoltaan luokkaa 0,7–1,0 W/m²K.

3.2.3. Ilmanpitävyyden parantaminen

Rakennuksen hyvällä ilmanpitävyydellä voidaan parantaa rakennuksen energiatehokkuutta ja pienentää rakenteiden ja materiaalien kontaminoitumisriskiä kosteusvaurioiden seurauksena. Hyvä ilmanpitävyys varmistaa rakennuksen kosteusteknistä toimintaa varsinkin kohdissa, joissa kostea sisäilma pyrkii virtaamaan rakenteiden läpi tai kylmä ulkoilma jäädyttää rakennetta aiheuttaen kosteuden tiivistymisriskin. (Mattila & Virta, 2008)

Vuotoilmalla on suuri merkitys rakennuksen lämmöntarpeeseen. Lämmöntarve kasvaa tyyppillisessä asuinrakennuksessa (ilmanvaihtoluku noin 4 1/h) 10–30 % verrattuna hyvän ilmanpitävyyden (ilmanpitävyys alle 1 1/h) omaavaan rakennukseen. (Mattila & Virta, 2008) Huonon ilmanpitävyyden omaavassa asuinrakennuksessa syntyy usein myös vedon tunnetta, joka lisää mukavuuslämmityksen tarvetta (Nieminen, 2007). Hyvällä ilmanpitävyydellä ja hallitulla ilmanvaihdolla saadaan myös suurin hyöty lämmön talteenottojärjestelmistä.

3.3. Olemassa olevien järjestelmien optimointi

3.3.1. Ilmanvaihdon säätö

Ilmanvaihdon perussäädöllä saatetaan järjestelmän osien toiminta-arvot suunnitelmissa esitetyille tasolle. Perussäädön toimenpiteet voivat olla joko investointeja vaativia korjauksia tai käyttötekniisiä parannuksia, jotka voidaan toteuttaa olemassa olevalla tekniikalla. Ilmanvaihtojärjestelmien korjauksiin kuuluu huonokuntoisten osien purku ja uusinta, osakorjaukset, kunnostus, laatutason nostaminen ja ongelmien poistaminen. Perussäätö on suoritettava aina kun ilmanvaihtoon liittyvät olosuhteet, kuten tiiveys, muuttuvat. (Holopainen, 2009)

Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus nousee, kun järjestelmän perussäätöjen ilmanvirtoja kasvatetaan. Järjestelmän energiankulutusta voidaan myös alentaa monin toimenpitein. (Holopainen, 2009)

Puhaltimen energiankulutusta voidaan pienentää käyntiaikoja lyhentämällä, ilmavirtojen käytönmukaisella ohjauksella ja parantamalla puhaltimen kokonaishyötysuhdetta. Hyötysuhdetta alentaa puhaltimen imuaukossa olevat häiriöt, liian suuri sähkömoottori, löysä tai kireä kiilahihna, likaisuus ja huonot kanavaliitokset.

Ulkosäleikön painehäviön pienentäminen pienentää myös energiankulutusta. Painehäviötä kasvattavat ruosteauriot, suojaverkon tukkeutuminen, löysä kiinnitys, jäätyminen sekä riittämätön veden ja lumen erotus. Suodattimen riittävän usein tehtävällä vaihdolla pystytään estämään painehäviön kasvamista liian suureksi.

Ulkoilmapeltien energiataloudellisuuden kannalta tärkeimpiä asioita ovat tiiveys ja lämmönläpäisykerroin. Tiivisteiden on oltava kunnossa, pellin on sijaittava mahdollisimman lähellä ulkosäleikköä ja ulkoilmapellin on avauduttava kokonaan, jottei painehäviötä pääse syntymään.

Lämmöntalteenoton hyötysuhdetta laskevat ilman ohivuoto, LTO-laitteiden ja suodattimien likaantuminen, liian pieni lämmönsiirtonestevirta ja säätöviat. Lämmöntalteenottolaitteen jäätyminen pienentää poistoilmavirtaa ja lisää lämpövastusta, jolloin talteen saatu lämpömäärä pienenee ja ilmanvaihto huononee.

Kanaviston turhaa painehäviötä kasvattavat jyrkät ohjaussiivettömät suorakaidekanavan mutkat, lähtökauluksettomat haarat ja liian pienet reiät lähtökaulushaaroissa.

Säätö- ja valvontalaitteiden epätarkoituksenmukaiset asetusarvot ja säätöpiirin virheellinen reagointi aiheuttavat järjestelmän väärää toimintaa ja sitä kautta mahdollista energiankulutusta.

3.3.2. Lämmitysverkoston säätö

Lämmitysverkoston perussäädöllä rakennuksen vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä säädetään toimimaan suunnitellulla tavalla. Tällä voidaan varmistaa, että rakennuksen kaikissa huoneistoissa on suunnitelmien mukainen huonelämpötila. Yli- ja alilämpötilojen tasaantuessa asumismukavuus paranee ja energiaa säästyy. On arvioitu, että noin 75 % Suomen asutokannasta on puutteellisesti säädetty. Tällaisissa rakennuksissa huoneistojen lämpötilaerot vaihtelevat kolmesta jopa kuuteen celsiusastetta. Perussäädön avulla voidaan saavuttaa 10-15 % säästöt rakennuksen energiankulutukseen. Lämmitysverkoston perussäätö edellyttää, että kaikki linjasäätöventtiilit ovat kunnossa, jolloin vesivirtojen säätäminen on mahdollista. Monesti kaikki tai suurin osa rakennuksen patteriventtiileistä uusitaan perussäädön yhteydessä. (Motiva, 2009)

Lämmitysverkoston perussäätö tulee tehdä aina, kun rakennuksen lämmöntarve muuttuu. Lämmöntarve voi muuttua esimerkiksi muutosrakentamisesta, lisälämmöneristämisestä tai ikkunoiden uusimisen aiheuttaman lämmöntarpeen vähenemisen vuoksi. (Holopainen, 2009)

4. Teolliset korjausrakentamiskorjaukset

4.1. Kylpyhuone-elementit

Tässä kappaleessa käsitellään vain korjausrakentamiseen soveltuvia kylpyhuone-elementtejä. Uudisrakentamiseen soveltuvien kylpyhuone-elementtien valmistajia löytyy Euroopasta huomattavia määriä, kuten esimerkiksi: RB Farguhar (Skotlanti), European Ensuites (Iso-Britannia), Kondor Bathroom Pods (Iso-Britannia), PartAB (Ruotsi), Bathsystem (Italia) ja Sterchele (Italia).

Harmiton – Tanakka (Suomi)

Harmiton Oy:n TANAKKA-korjausmenetelmässä perusideana on purkaa vanhat kylpyhuoneet ja korvata ne teollisesti valmistettavilla kylpyhuonemoduuleilla. Asennus tapahtuu rakennuksen kattoon ja välipohjiin leikattujen aukkojen kautta. Kuitu alipaineistetaan katon kautta, jolla estetään pölyn leviäminen. Samaa kuitua on mahdollista käyttää esimerkiksi keittiökalusteiden kuljetukseen rakennuksen sisälle.

TANAKKA-korjausmenetelmä on hyvin raskas, eikä huoneistoissa asuminen ole korjauksen aikana mahdollista. Menetelmä on myös vielä kehitysasteella, eikä sitä ole toteutettu vielä yhdessäkään kohteessa. TANAKKA-menetelmällä saavutettavat edut ovat nopeudessa, vaivattomuudessa ja hinnassa. Läpimenoaika on noin 4-5 viikkoa, joka on vain noin kolmannes perinteisen toteutustavan 12-15 viikosta. Yhden kylpyhuonemoduulin tuotesahinta on noin 20 000-28 000 euroa, sisältäen logistiikan sekä nosto- ja asennuspalvelut. Kokonaiskustannukset ovat siis noin 10-15 % edullisemmat verrattuna perinteisellä menetelmällä toteutettuun kylpyhuoneremonttiin.



Kuva 3. Havainnekuva TANAKKA-korjausmenetelmästä. (lähde: www.harmiton.com)

Neapo (Suomi)

Neapo valmistaa Fixcel® tekniikalla valmistettuja hissi- ja porraskuiluja vanhoihin rakennuksiin, jotka voidaan varustaa täysin käyttövalmiiksi jo tehtaalla. Työmaalle tehtäväksi ei jää kuin perustus- ja liitäntätyöt vanhaan, olemassa olevaan rakenteeseen (kuva 4).



Kuva 4. Neapon Tubetower® (lähde: <http://www.neapo.fi>)

Tätä samaa toimintatapaa hyödyntäen Neapolla on aikomuksena tehdä myös täysin esivalmistettuja kylpyhuonetorneja. Tornit on mahdollista varustaa täysin putkitettuna, jolloin linjasaneeraukseen kuuluva työmaa-aika lyhenee merkittävästi. Uudet hormit on myös mahdollista varustaa uusilla ilmanvaihtokanavilla, jolloin lämmön talteenotto on mahdollista ottaa käyttöön vanhoissa rakennuksissa.

Hellweg Badsysteme (Saksa)

Hellweg Badsysteme on saksalainen esivalmistettuja kylpyhuone-elementtejä valmistava yritys. Heidän toimenkuvaansa kuuluu esivalmistettujen kylpyhuone-elementtien valmistus suunnittelusta asennukseen. Heidän tuotteitaan käytetään hoitosektorilla (sairaalat, vanhainkodit, klinikat jne.), hotellisektorilla ja asuinsektorilla (kerrostalot, opiskelija-asunnot, liikehuoneistoissa jne.).

Hellweg Badsysteme:llä on kaksi eri tuoteperhettä: HBS Compact ja HBS Modul. HBS Compact sisältää kaksi toisistaan eroavaa ratkaisua:

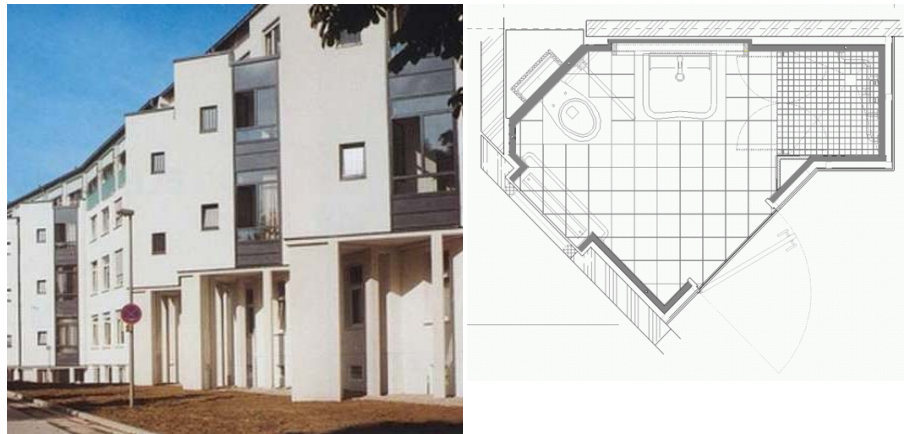
HBS Compact on betonista valmistettu itsekantava kylpyhuone-elementti, joka on tarkoitettu pääasiassa uudistuotantoon. Elementtien paino vaihtelee 3-6 tonnin välillä. Elementti on tarkoitettu nostaa rakennukseen yläkautta tai rakennuksen seinästä.

HBS Compact-S on myös betonista valmistettu itsekantava elementti, mutta ne ovat Compact sarjaa huomattavasti kevyempiä ja soveltuvat näin hyvin korjauskohteisiin. Painoa näillä on noin 300 kg/m² eli paino vaihtelee 1-2,5 tonnin välillä.

HBS Modul sisältää myös kaksi ratkaisua:

Tower on kehitetty erityisesti peruskorjattaviin tai modernisoitaviin kohteisiin, joissa olemassa olevaa asuintilaa halutaan laajentaa kylpyhuoneella tai muulla ylimääräisellä huoneella. HBS Tower on itsekantava, vapaasti seisova rakenneosa, joka asennetaan kiinni rakennuksen ulkoseinään (kuva 5). Tornikomponentit asennetaan päällekkäin kerros kerrallaan työmaalla valmiiksi tehdyille perustoille. Kylpyhuoneet ovat toimittessa täysin käyttövalmiita.

Accommodation module on tarkoitettu pääasiassa hotellisektorille. Se on kokonainen majoitusrakennuksen tila, kuten esimerkiksi hotellihuone, joka sisältää asuin- ja kylpyhuoneen. Moduuli on täysin valmis ja siihen on asennettu kaikki putkitukset ja johdotukset jo etukäteen.



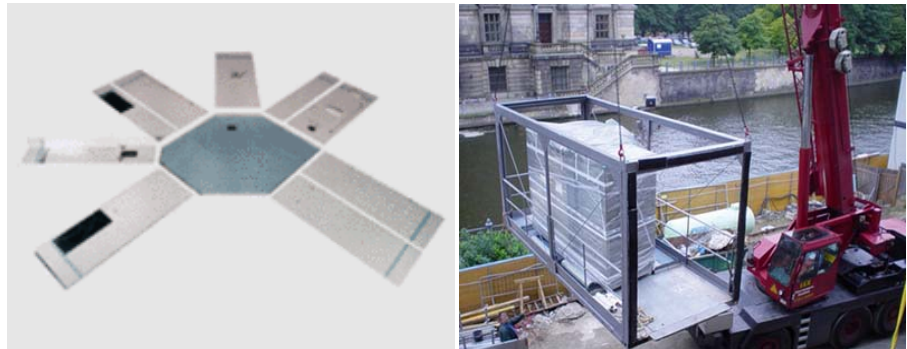
Kuva 5. Havainnekuvia HBS Tower -tornielementeistä. (lähde: <http://www.hellweg-badsysteme.de>)

Deba (Saksa)

DEBA on markkinajohtaja Saksassa ja yksi suurimpia esivalmistettujen kylpyhuoneelementtien valmistajia Euroopassa. He valmistavat elementtejä sekä uudis- että korjausrakentamiseen. He pystyvät tarjoamaan koko prosessin vaatimat työvaiheet suunnittelusta asennukseen. Deba kylpyhuone-elementtejä on käytetty pääasiassa hotelleissa, hoitokodeissa, vanhainkodeissa ja sairaaloissa, mutta ne soveltuvat myös muihin rakennuksiin, kuten tavallisiin asuinrakennuksiin.

Deba-kylpyhuoneet voidaan toimittaa täysin valmiina, työmaalla kasattavina komponentteina tai täysin tehtaalla koottuina (kuva 6). Ne ovat itsekantavia metalli-sandwich rakenteita, joten ne soveltuvat hyvin niin uudis- kuin korjausrakentamiseen. Elementeistä voidaan tehdä täysin sellaisia, joita tilaaja haluaa. Elementit toimitetaan käyttövalmiina, sisältäen kaikki kalusteet, putkistot ja liitännät.

Valmistaja mainitsee tämän ratkaisun eduiksi ajan ja rahan säästön. Aikaa säästyy koko prosessin ajan, mutta suurin hyöty varsinaisen työmaa-ajan huomattavana lyhentyksenä verrattuna perinteiseen menetelmään.



Kuva 6. Vasemmalla: Deba-kylpyhuone työmaalla kasattavassa muodossa. Oikealla Deba-kylpyhuone tehtaalla kasattuna. (lähde: <http://www.deba.de>)



Kuva 7. Yksi monista Deban referenssi kohteista: Carlton House Hotel, Irlanti (lähde: <http://www.deba.de>)

Menetelmä vaatii kylpyhuoneelle sijoituksen huoneistosta, joka tarkoittaa käytännössä vanhan kylpyhuoneen purkamista ja uuden elementin sijoittamista sen paikalle. Tällöin tämä menetelmä on varsin raskas, eikä asuminen huoneistossa ole tällöin monestikaan mahdollista. Menetelmä vaatii silti putkilinjojen korjauksen joko perinteisellä tavalla tai pinnoittamalla, jolloin hyödyt tämän menetelmän käyttämisestä jäävät vähäiseksi. Pelkän kylpyhuoneen uusiminen ei myöskään vaikuta mitenkään rakennuksen energiatehokkuuteen.

TecnoIN (Dubai, Arabiemiraatit)

TecnoIN valmistaa itsekantavia kylpyhuonemoduuleita uudis- ja korjausrakentamiseen. TecnoIN Pod -kylpyhuonemoduulit valmistetaan komposiittimateriaalista, jolla niistä saadaan erittäin kevyitä. Tämän vuoksi ne soveltuvat hyvin juuri korjausrakentamiseen. Moduulit ovat täysin käyttövalmiita ja työmaalle tehtäväksi jää vain kytkenyt rakennuksen vesi- ja viemäri-liitännöihin sekä sähköjärjestelmiin (kuva 8). Moduulien kasaustavasta johtuen, ne ovat mahdollista kasata niin tehtaalla kuin vasta työmaallakin (kuva 9).



Kuva 8. Vasemmalla: TecnoIN Pod -kylpyhuonemoduuli, oikealla: kylpyhuonemoduulia nostetaan rakennukseen. (lähde: <http://www.tecnoin.ae/>)



Kuva 9. TecnoIN Pod-kylpyhuonemoduulin kasausprosessi. (lähde: <http://www.tecnoin.ae/>)

Koska TecnoIN Pod -kylpyhuonemoduulit ovat vain itsekantavia, tulee ne sijoittaa aina rakennuksen olemassa olevan rungon sisään. Tämä tarkoittaa korjausrakentamisessa vanhan kylpyhuoneen purkamista ja haalausaukon tekemistä rakennuksen ulkoseinään. TecnoIN Pod-moduuli edellyttää liitoksia rakennuksen vesi- ja viemäriputkiin, joten linjasaneerattavassa rakennuksessa tulee rakennuksen vanhat putkilinjat korjata kuitenkin perinteisin menetelmin. Myöskään tässä vaihtoehdossa kylpyhuonemoduulilla ei paranneta lainkaan energiatehokkuutta.

EJ Badekabiner (Tanska)

EJ Badekabiner valmistaa kolmenlaisia kylpyhuonemoduuleita: pinottavia moduuleita, itsekantavia kevytbetonimoduuleita ja itsekantavia teräsrankaisia moduuleita. Näistä kolmesta pinottavat moduulit toimivat täysin kantavana rakenteena, joka mahdollistaa niiden käytön rakennuksen ulkopuoliseen asennukseen (kuva 10). Kevytbetoniset ja teräsrankaiset moduulit toimivat vain itsekantavina ja ne täytyy sijoittaa aina rakennuksen sisälle.



Kuva 10. Kylpyhuonemoduuleista kasattuja torneja. (lähde: <http://www.ej-badekabiner.co.uk/>)

Vaikka EJ Badekabiner valmistaa tuotteensa vakio-osista, on tilaajalla myös mahdollisuus saada täysin kustomoituja ratkaisuita. Moduulit toimitetaan kalustettuina, valmiina liitettäväksi rakennukseen (kuva 11). Moduulit voivat sisältää myös uuden hormin, joka helpottaa korjauksessa uusien linjojen sijoittamista ja vähentää työmaalla tehtävän työn määrää ja lyhentää näin työmaalla kuluvaa aikaa.



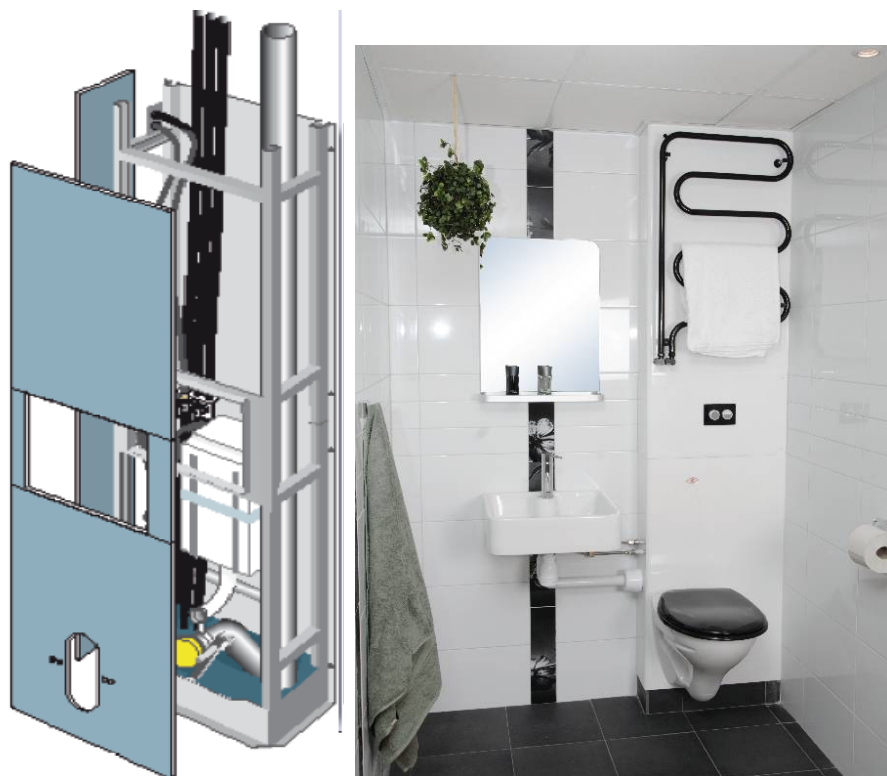
Kuva 11. Kylpyhuonemoduulit toimitetaan täysin kalustettuina. (lähde: <http://www.ej-badekabiner.co.uk/>)

4.2. WC-hormielementit

Linjasaneerauksessa, putkia vaihtaessa, on mahdollista käyttää vanhoja pystylinjoja tai sijoittaa ne täysin uuteen paikkaan. Uuteen paikkaan sijoitettaessa ongelmaksi saattaa muodostua sijoituspaikka. Ruotsissa on käytetty ratkaisua, jossa uusi pystylinja sijoitetaan WC-istuimen vanhan vesisäiliön paikalle. Menetelmässä on mahdollista käyttää esivalmistettuja hormielementtejä, jotka sisältävät kaiken tarvittavan tekniikan.

Prebad (Ruotsi)

Prebad kehitti jo 1980-luvun lopulla WC-istuimen taakse sijoitettavan teräsrunkoisen asennuseinäelementin, jonka sisällä on WC-istuimen vesisäiliö (kuva 12). Ratkaisu sisältää WC-istuimen sekä kaikki tarvittavat varusteet, kuten putket, kiinnitys- ja liitososat ja painikkeet. Elementtiin liitetään työmaalla vesi- ja viemäriputket eristykseen. Valmis putkikotelo voidaan verhota haluamallaan materiaalilla.



Kuva 12. Prebad XLNT -asennuselementti. (lähde: <http://www.prepad.se/>)

Modulsystem (Ruotsi)

Modulsystemin asennuseinäelementti on hyvin paljon Prebad-elementin kaltainen, mutta oleellisena erona on se, että siihen asennetaan vesijohdot ja viemärit jo tehtaalla. Elementin rungon osat on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Asennuksen jälkeen elementti verhoillaan halutulla materiaalilla. Elementit on varustettu vuodonilmaisimilla.



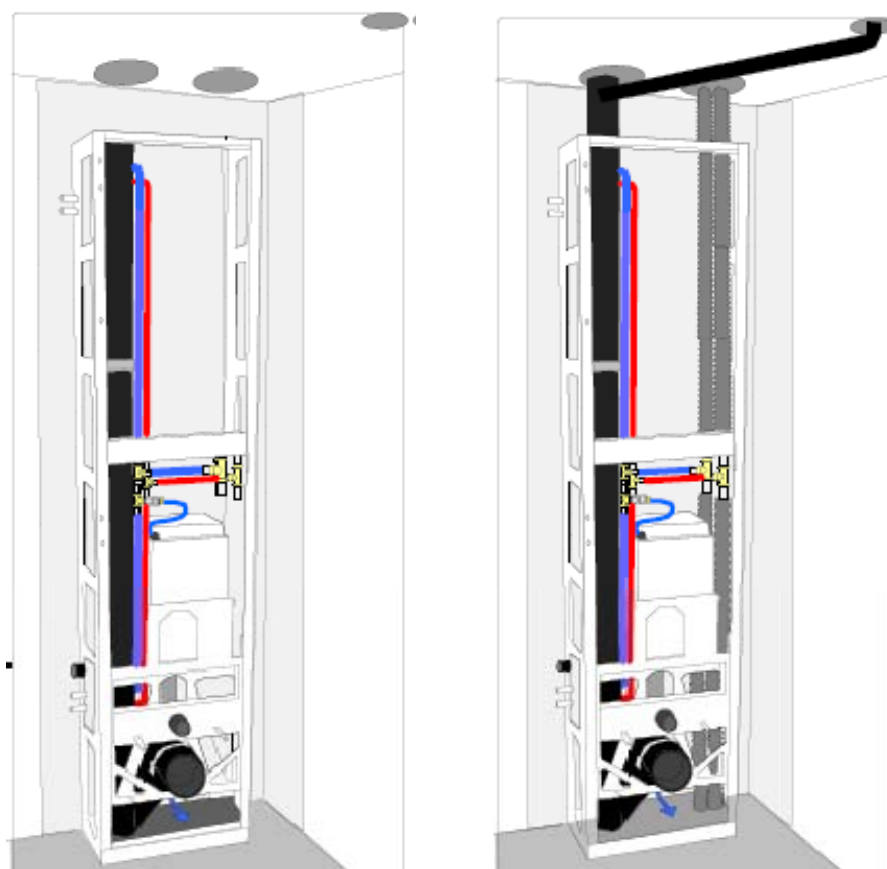
Kuva 13. Modulsystem C4 asennusvaiheessa sekä M4 valmiissa kylpyhuoneessa. (lähde: <http://www.modulsystem.nu/>)

LinTec (Ruotsi)

Lintec valmistaa Prebadin ja Modulsystemin asennuselementtien kaltaisten elementtien lisäksi myös pelkkiä hormielementtejä sekä niihin liitettäviä WC-istuin- ja lavuaari-moduuleita (kuva 14). Lintecin asennuselementissä on viemäriputket valmiiksi asennettuna jo tehtaalla, mutta vesijohdot tulee asentaa työmaalla. Tässä ratkaisussa on otettu huomioon, että yläpuolisen asunnon lattiakaivon uusiminen voidaan ratkaista viemällä viemäriin vaakaveto alakerran kylpyhuoneen alas lasketun katon sisällä (kuva 15). Etuna tässä ratkaisussa on, ettei asunnoissa tarvitse suorittaa massiivisia purkutöitä. Asennus onkin varsin nopeaa ja valmistaja arvioi yhden moduulin asennukseen kuluvan aikaa noin tunnin. Asennuselementit ovat ääni-, palo- ja vedeneristettyjä sekä ne on varustettu vuodonilmaisimilla.



Kuva 14. Lintec asennuseinäelementtejä. Vasemmalta oikealle: Combikassett K47, Combikassett K60 ja Combimodul. (lähde: <http://lintec.se/>)



Kuva 15. Lintecin asennuselementin asennus vaatii vesiputkien ja osittain myös viemäriputkien asentamista vielä työmaalla. (lähde: <http://lintec.se/>)

4.3. Hormielementit

Silotek (Suomi)

Silotek-putkistoelementti on räätälöitävä, täysin tehdasolosuhteissa valmistettava tuote. Se sopii niin uudis- kuin korjausrakentamiseen. Kevyeen teräsrunkoiseen hormielementtiin voidaan asentaa kaikki LVIS-pystyvedot täysin valmiiksi asennusta varten (kuva 16). Tehdasvalmistuksen etuina on parempi työnlaatu kuin paikalla tehtynä sekä putket voidaan myös asentaa pienempään tilaan, jolla saadaan aikaan tilansäästöä. Hormiin on mahdollista asentaa vesi- ja viemäriputkien lisäksi ilmanvaihto-, kaasu-, sadevesi- ja lämpöputkia. Hormielementteihin on mahdollista tehdä myös sähköputkituksia, kunhan niiden palo-osastoinnin tarve on selvitetty etukäteen. Työmaalle tehtäväksi jää vain elementtien liittäminen toisiinsa ja läpivientien valaminen umpeen. Hormien verhouselementit tuotetaan alihankkijalla ja pintamateriaali on valittavissa. Kaikki Silotek-hormielementit tarkesuunnitellaan aina kohdekohtaisesti käyttäen kohteen LVI-suunnitelmaa.



Kuva 16. Hormielementtiin voidaan asentaa valmiiksi kaikki tarvittavat LVIS-pystyvedot. (lähde: <http://www.silotek.fi/>)

Pipe-Modul (Suomi)

AS-elementtijärjestelmä on suunniteltu vesi-, lämpö- ja viemäriputkien sekä sähkö- ja telejohtojen verhoiluun. Pääasiallinen käyttötarkoitus on uuteen paikkaan, kuten rappukäytäviin, siirrettävien nousujen verhoilu (kuva 17). Avattavat elementit ovat putkien ja johtojen verhousosia, joissa on itsekantava teräslevykuori. Ne on varustettu valmiilla putkikannattimilla, ja ne on palo-, lämpö- ja äänieristettyjä mineraalivillalla. Elementit on varustettu rakentamismääräyskokoelman ehdot täyttävällä vuodonilmaisimella.

Elementtijärjestelmän etuna on, ettei rakenteita tarvitse rikkoa, mikä lyhentää merkittävästi rakennusaikaa ja pienentää kustannuksia. Asukkaille kohdistuvaa haittaa pienentää se, että vanhaa järjestelmää pystytään käyttämään remontin aikana, jolloin veden käyttökato jää hyvin lyhyeksi. Huoneistoissa pystytään myös asumaan remonin aikana.



Kuva 17. Avattava AS-elementti mahdollistaa putkinousujen sijoittamisen uuteen paikkaan, kuten rappukäytävään. (lähde: <http://www.pipemodul.com/>)

Moduc (Suomi)

Moduc-hormielementit on suunniteltu vesi- ja viemäriputkien, ilmanvaihtokanavien ja sähköjohtojen valmishormeiksi kerros- ja rivitaloihin. Ne voidaan asentaa joko pysty- tai vaakasuuntaisesti. Elementit soveltuvat niin uudis- kuin korjausrakentamiseen. Niitä voidaan käyttää myös märkätiloissa, joten ne soveltuvat hyvin linjasaneeraukseen. Hormielementit mitoitetaan ja valmistetaan aina jokaisen kohteen tarpeen mukaisesti ja ne toimitetaan aina valmiiksi putkitettuina ja paikalleen asennettuina (kuva 18).



Kuva 18. Moduc-hormielementti toimitetaan valmiiksi putkitettuina ja asennettuna. (lähde: <http://www.moduc.fi/>)

Cefo (Suomi)

Cefon putkiasennuselementti soveltuu uudis- ja korjausrakentamiseen. Putkiasennuselementit toimitetaan määrämittäisinä, putket ja niiden läpiviennit sisältävänä ratkaisuna. Elementit täyttävät C2-rakentamismääräyskokoelman ehdot ja ne on varustettu vuodonilmaisimilla. Cefo-elementtejä on vesi- ja viemärielementtejä sekä pelkkiä vesielementtejä. Elementtejä on sekä pinta- että uppoasennettavia malleja. Elementtien asennus onnistuu siis vanhan vesi- ja viemärinousun paikalle, uuteen paikkaan kylpyhuoneessa tai upottaa seinään. Pinta-asennettavat elementit tarvitsevat lattiapinta-alaa enintään noin 0,17 m².



Kuva 19. Cefo-putkiasennuselementin vesijohdot voidaan kiinnittää pohjaosaan ennen tai jälkeen sokkelinosan valua. (lähde: <http://www.cefo.fi/>)

4.4. Julkisivuelementit

Vuosina 1960-1975 rakennusten julkisivuja koskevat lämmöneristysvaatimukset olivat nykyisiä vaatimuksia paljon heikompia. Kuitenkin näiden vuosien aikaisten rakennusten ulkoseinien kautta poistuu lämpöenergiaa noin 17 prosenttia ja ikkunoiden kautta noin 15 prosenttia rakennuksen kokonaislämpöenergiasta (Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio). Julkisivu- ja ikkunakorjauksia suunniteltaessa tulee selvittää vaihtoehdot potentiaalisista energiaa säästävistä ratkaisuista esimerkiksi rakennuksen ulkovaipan lisälämmöneristämällä ja/tai ikkunoiden vaihtamisella energiatehokkaampiin. (Neuvonen, 2009)

Jos rakennuksen julkisivua saneerattaessa päädytään parantamaan samalla vaipan lämmöneristystä, on elementtitekniikka yksi varteenotettava vaihtoehto. Elementtirakentaminen mahdollistaa lyhyemmät, asukkaita häiritsevät varsinaiset työmaa-ajat, koska rakentaminen tapahtuu pääasiassa tehtaalla. Tehtaalla rakentaminen kuitenkin asettaa suunnittelulle erityisiä haasteita. Jotta elementit sopivat suunnitelluille paikoilleen rakennuksessa, on vanha rakennus mitattava ja mallinnettava erityisen tarkasti. Nopein ja kustannustehokkain tapa saada luotettava 3D-malli korjattavasta kohteesta on käyttää laserkeilainta. (Ojutkangas, 2008)

4.4.1. Tyhjiöeriste-elementit

Tyhjiöeristepaneelien (VIP – Vacuum Insulation Panel) etu syntyy niiden perinteisiä eristeitä huomattavasti paremmasta lämmöneristyskyvystä. Niillä on noin 5-10 kertaa parempi lämmöneristyskyky kuin esimerkiksi mineraalivilloilla. Tällöin 200 mm mineraalivillakerroksen lämmöneristävyyteen päästään vain noin 20-40 mm paksuisella tyhjiöeristepaneelilla (kuva 20). (Vacuum Insulation Panels (VIPs) Principles, Performance and Lifespan)



Kuva 20. Tyhjiöpaneelin lämmöneristävyyys on monin kerroin parempi kuin perinteisten eristeiden, kuten mineraalivillan. (lähde: http://www.vip-bau.de/e_pages/technology/vip/vip.htm)

Tyhjiöeristepaneelit rakentamisessa toimivat kuten termospullo, jossa tyhjiö erottaa ulko- ja sisäkerrokset toisistaan. Tyhjiössä ei ole kaasumolekyylejä, jotka siirtäisivät lämpöä kahden seinämän välillä, jolloin sen lämmöneristävyyys on erinomainen. Kuitenkin täyden tyhjiön aikaansaaminen ja ylläpitäminen on vaikeaa varsinkin raken-

nuspaneeleita tehdessä, jossa pintakerroksen puhkeaminen aiheuttaa ilmamolekyylien pääsyn eristekerrokseen, jolloin eriste menettää hyvän eristävyytensä. Tyhjiöeriste-paneelien eristävyys myös heikkenee vuosien saatossa johtuen lähinnä pinnoitteiden läpi johtuneista sekä pinnoitemateriaaleista irronneista molekyyleistä. (Vacuum Insulation Panels (VIPs) Principles, Performance and Lifespan)

Tyhjiöeristeiden haittapuolina ovat niiden korkeat tuotantokustannukset. Halvempien tyhjiöeriste-paneelien eliniän ennuste on noin 15 vuotta, mikä on rakennuksen julkisivun eristeelle suhteellisen lyhyt aika. Nykyään pystytään kuitenkin valmistamaan pidempiaikaisia, yli 50 vuotta kestäviä tyhjiöpaneeleita, mutta niiden käytön leviämisen esteenä on niiden korkea hinta. Tyhjiöeriste-paneelit valmistetaan aina tehdasolosuhteissa ja ne kiinnitetään yleensä tehtaalla jo valmiiksi seinä- tai kattoelementteihin, jotteivät elementit vahingoittuisi työmaa-asennuksen aikana. (Vacuum Insulation Panels (VIPs) Principles, Performance and Lifespan)

Variotec (Saksa)

Variotec valmistaa korjausrakentamiseen soveltuvia tyhjiöeriste-elementtejä. Niiden etu korjausrakentamisessa syntyy erittäin hyvästä lämmöneristävyydestä, jolloin lisälämmöneristäminen ei vaadi seinien huomattavaa paksuntamista. Suurilla, vanhan rakennuksen pintaan asennettavilla, esivalmistettavilla julkisivuelementeillä voidaan työmaa-aikaa lyhentää huomattavasti (kuva 21).

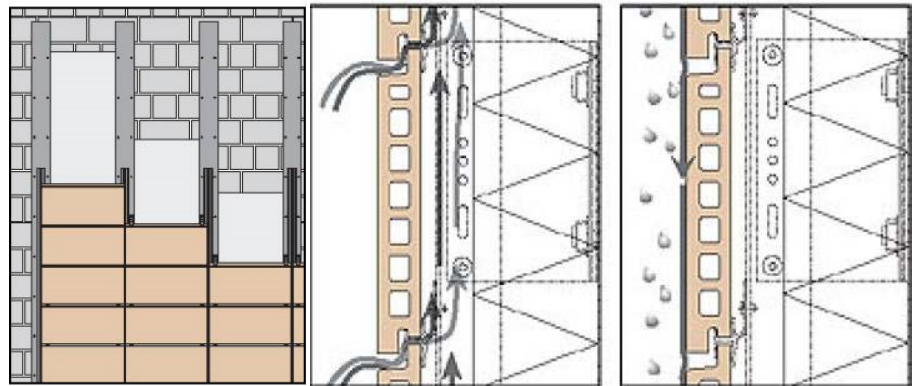


Kuva 21. Tyhjiöeriste-elementtien asennus (lähde: <http://sanierungsdaemmung-vip.de/hp379/Sanierungsdaemmung.htm?ITServ=C264d70aaX122cdc525ddXY4f78>)

4.4.2. Perinteiset eristeet

Argeton(Saksa)

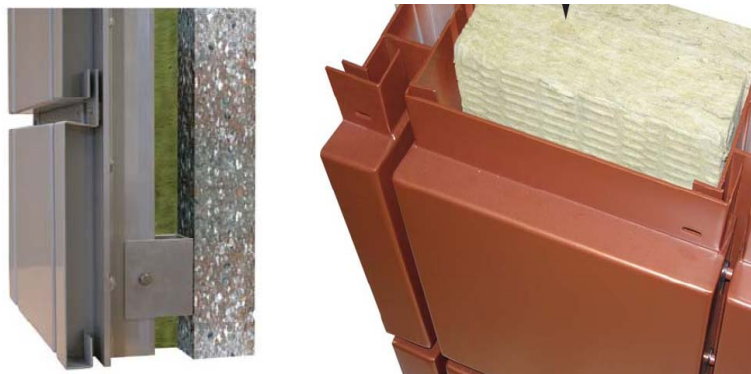
Argeton valmistaa tuuletettuja julkisivuratkaisuita sekä korjaus- että uudisrakentamiseen. Argetonin perusratkaisu perustuu alumiinisiin asennuskiskoihin ja niihin kiinnitettäviin savitiiliin. Eristekerroksen paksuus tai materiaali ei vaikuta juurikaan alumiiniseen kiinnitysjärjestelmään, vain 20 mm rako on jätettävä tiilikerroksen ja eristeen välille, jotta pystytään varmistamaan hyvä tuuletuvuus. Argetonin tiiliratkaisu mahdollistaa tuuletuksen jokaisen tiilen välistä ilman, että sade pääsee raoista sisään rakenteeseen (kuva 22).



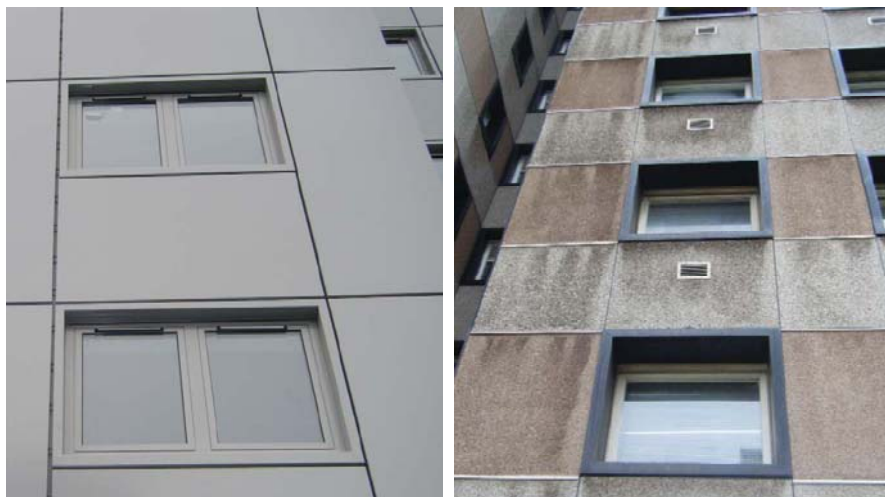
Kuva 22. Argeton Basic Concept-julkisivuratkaisu. (lähde: http://www.argeton.de/servlet/Satellite?pagename=Wienerberger/Page/CallArticle05&cid=1150215825495&c=Page&sl=arg_de_home_en)

D+B Facades (Iso-Britannia)

D + B Facades on erityisesti 1960-luvun kerrostalojen julkisivujen saneeraukseen erikoistunut yritys. He valmistavat vanhan julkisivun päälle asennettavia alumiinisia paneeleita. Paneeleiden taakse, vanhan julkisivun päälle asennetaan lisäeristekerros siten, että paneeleiden ja eristeen välille jää tuuletusrako (kuva 23). Lämmöneristyksen osalta tällä järjestelyllä päästään U-arvoon 0,2 W/m²K. Kaikki osat ovat pääosin kierrätettyä materiaalia ja ne voidaan käyttöiän päätyttyä kierrättää uudestaan. Järjestelmän käyttöäksi arvioidaan noin 60 vuotta.



Kuva 23. Alumiininen, vanhan julkisivun päälle asennettava paneelijärjestelmä. (lähde: http://www.dbfacades.com/db_downloads/solutions.pdf)



Kuva 24. Alumiininen kasettijärjestelmä (vasemmalla) on huoltovapaampi kuin betonipinta (oikealla). Molemmat julkisivut ovat noin kuusi vuotta vanhoja. (lähde: http://www.dbfacades.com/db_downloads/solutions.pdf)

4.2. Hissi- ja porrastornit

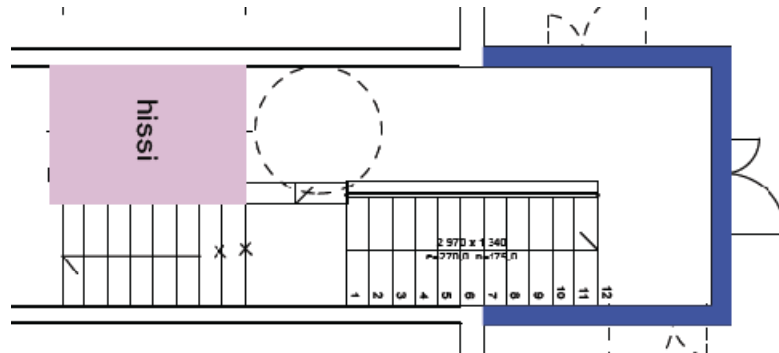
Neapo (Suomi)

Neapon Tubetower tarjoaa teollisen ratkaisun hissien jälkiasennukseen vanhoihin rakennuksiin. Uusi hissi- tai porrastorni asennetaan vanhan porrashuoneen ulkopuolelle. Tubetower-torni toimitetaan täysin valmiina tilaelementtinä rakennuksen kylkeen tai sisälle (kuva 25). Työmaalla tehtäviksi toimenpiteiksi jää vain perustusten ja liityntöjen teko, jolloin työmaa-aika lyhenee huomattavasti.



Kuva 25. Tehtaalla valmistetun Neapo Tubetower-hissitornin asennus rakennuksen kylkeen tapahtuu nopeasti (lähde: <http://www.neapo.fi/suomi/www/page.php?id=10>)

Esteettömyyden takia yllä mainittu ratkaisu toimii vain tilanteissa, joissa sisäänkäynti on samassa tasossa kuin kerrostasot. Tilanteessa, jossa sisäänkäynti on eri tasossa kuin kerrostasot, voidaan ratkaisuna käyttää Tubetower-porrastornia, jolloin toisen kaksivartisen portaikon toisen puolen tilalle tulee hissi ja purettu puoli siirretään rakennuksen ulkopuoliseen torniin (kuva 26).



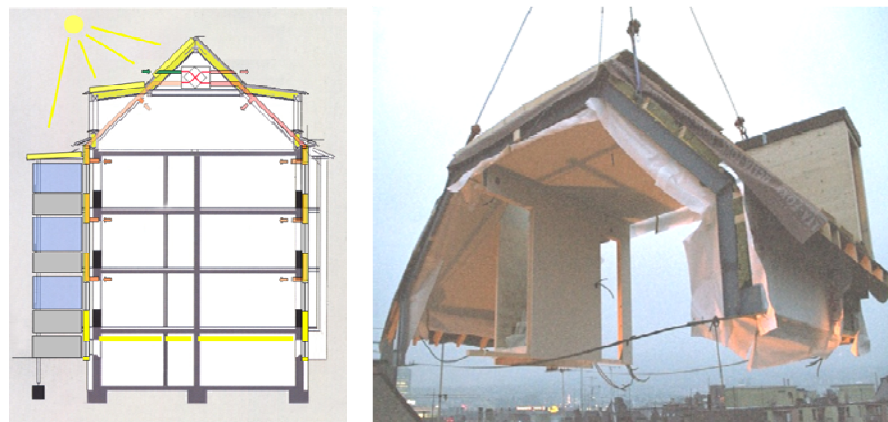
Kuva 26. Hissiratkaisu taloon, jossa sisäänkäynti on eri tasossa kuin kerrostasot. (lähde: <http://www.neapo.fi/suomi/www/att.php?id=18>)

4.6. Tutkimusprojektit

IEA ECBCS Annex 50 - Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings (Sveitsi)

Tämä on Sveitsiläislähtöinen, kansainvälinen tutkimusprojekti esivalmistettujen rakennusosien käytöstä energiatehokkuuden parantamiseksi asuinrakennusten korjauksessa. Projektin tavoitteena on kiihdyttää kehittyneiden korjausrakentamistapojen käyttöä kehittämällä ja edistämällä uusia korjausrakentamiskonsepteja. Projektissa keskitytään esivalmistettuihin ja tehdasvalmisteisiin kattoihin, julkisivuihin ja LVIS-järjestelmiin.

Projektissa kehitetyssä konseptissa rakennuksen vanha katto puretaan ja sen tilalle asennetaan uusi, esivalmistettu katto. Uusi katto mahdollistaa uuden asuintilan lisäksi kattorakenteisiin integroidun, uuden ilmanvaihdon lämmön talteenotolla sekä myös aurinkoenergian hyödyntämisen esimerkiksi aurinkopaneeleilla (kuva 27). Julkisivut eristetään esivalmistetuilla elementeillä, joihin on integroitu lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmastoinnin jakelukanavat.



Kuva 27. Teollisesti valmistettavat uudet ratkaisut mahdollistavat uusien tilojen luomisen ja uusien reittien käyttämisen LVIS-järjestelmissä. (lähde: http://www.empa.ch/A50/Prefab_Retrofit_Animation.pps)

Projektin koerakentamiskohteina on viisi asuinrakennusta Grazissa (kuva 28, kuva 29), yksi Zugissa (kuva 30) ja yksi Zurichissä (kuva 31).



Kuva 28. Esimerkkikohteita Grazissa. Kaksi 2008 valmistunutta kohdetta (oikealla), kaksi työn alla 2009 olevaa kohdetta (keskellä) ja yksi suunnitteilla (vasemmalla). (lähde: http://www.empa-ren.ch/A50/Prefab_Retrofit.pps)



Kuva 29. Esivalmistettujen seinäelementtien asennusta. (lähde: http://www.empa-ren.ch/A50/Prefab_Retrofit.pps)



Kuva 30. Esimerkkikohde Zugissa. (lähde: http://www.empa-ren.ch/A50/Prefab_Retrofit.pps)



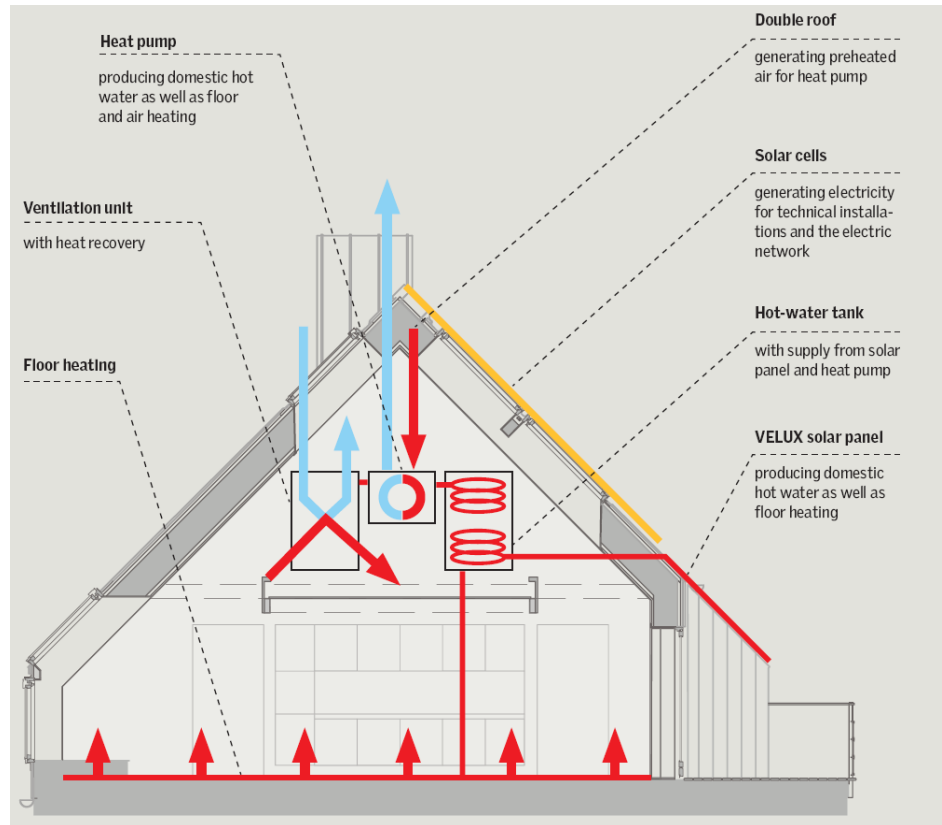
Kuva 31. Esimerkkikohde Zurichistä. ((lähde: http://www.empa-ren.ch/A50/Prefab_Retrofit.pps)

Velux Soltag-konsepti (Tanska)

Soltag on osa EU-rahoitteista "demohouse" -tutkimusprojektia, jonka tarkoituksena on esitellä uusia energiatehokkaita korjaustapoja ja tuottaa esimerkkejä tulevaisuuden asuntojen standardeista. Soltag on mahdollisimman pitkälle esivalmistettu asuinmoduuli (kuva 32). Se on energian suhteen omavarainen, eli se saa tarvittavan lämmitysenergiansa auringosta (kuva 33). Se saa myös koneellisen ilmanvaihdon sekä lattialämmityksen kiertovesijärjestelmän vaatiman sähkön auringosta. Soltag on käytännössä tarkoitettu liitettäväksi 1960-1970-lukujen kerrostalojen kattokerrokseksi ilman, että sitä tarvitsee liittää vanhan rakennuksen energiajärjestelmiin. Kuitenkin se soveltuu hyvin myös itsenäiseksi omakotitaloksikin.



Kuva 32. Soltag-konsepti koostuu tehtaalla esivalmistetuista elementeistä. (lähde: http://www.velux.com/SiteCollectionDocuments/_PDF-Documents/Brochures/SOLTAG.pdf)

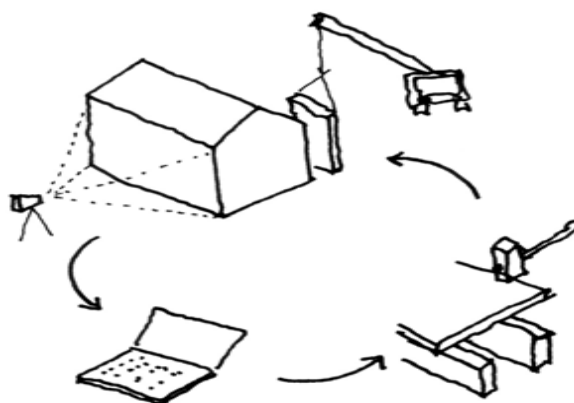


Kuva 33. Velux Soltag-konsepti hyödyntää hyvin aurinkoenergiaa. (lähde: http://www.velux.com/SiteCollectionDocuments/_PDF-Documents/Brochures/SOLTAG.pdf)

TES Energy Facade (Suomi, Saksa, Norja)

Tämän tutkimusprojektin tarkoituksena on kehittää energiatehokkuutta parantava julkisivujen korjausrakentamiskonsepti esivalmistetuista, puurunkoisista julkisivuelementeistä. Kehitystyö kohdistuu 1950-1980-luvuilla rakennettuun kerrostalokantaan. Projektin tuloksena pyritään luomaan prototyypiratkaisuita sekä pohja rakennusjärjestelmälle, jota voidaan käyttää Euroopan laajuisesti.

Elementtien esivalmistus perustuu moderneihin mittaus- ja mallinnusmenetelmiin, kuten fotogrammetriaan ja laserkeilaukseen. Mittaustietoa käytetään hyväksi luotaessa 3D-mallia, jota käytetään ensin hyödyksi elementtien valmistuksessa ja sen jälkeen kiinteistön ylläpidossa. Elementit valmistetaan näiden 3D-mallien mukaisesti tehtaalla, jonka jälkeen ne siirretään työmaalle ja asennetaan paikoilleen joko rakennuksen vanhan julkisivun päälle tai sen tilalle (kuva 34).



Kuva 34. TES Energy Facade-metodi perustuu vanhan rakennuksen tarkkaan mittaamiseen, 3D-mallin luomiseen, elementtien valmistukseen tehtaalla ja valmiiden elementtien asennukseen työmaalla. (lähde: <http://www.tesenergyfacade.com/TES%20EnergyFacade.pdf>)

Hankkeen koerakentamiskohteina on toiminut Pohjois-Suomen opiskelija-asuntosäätiön asuinrakennus Oulussa sekä teknillinen opisto Risørissa, Norjassa (kuva 35).



Kuva 35. TES Energy Facade-elementit asennettuna koerakentamiskohteessa Norjassa. (lähde: http://www.tesenergyfacade.com/pilotproject_risor_small_290509.pdf)

5. Korjaushankkeiden rahoitus

5.1. Lisärakentaminen

Lisärakentamisella tarkoitetaan uudisrakentamista aiemmin rakennetun kiinteistön välittömään läheisyyteen. (Kanervo, 2009) Uudisrakentamista muutoin jo rakennetulla alueella sijaitsevalle tyhjälle tontille sanotaan täydennysrakentamiseksi. Kaupunkialueella lisärakentamisen mahdollisuuksia ovat muun muassa ullakkorakentaminen, rakennusten korottaminen yhdellä tai useammalla kerroksella, kellarirakentaminen ja täydennysrakentaminen.

Lisärakentamista voidaan käyttää osana rakennusten peruskorjausten rahoitusta. Lisärakentamisesta voidaan saada taloyhtiölle tuottoa, joka on lisärakentamisesta aiheutuvien tulojen ja kustannusten erotus. Tuloilla tarkoitetaan sitä summaa, joka saadaan, kun lisärakentamisella aikaansaatu tila tai sen rakennusoikeus myydään. Lisärakentamisen kustannukset muodostuvat suorista rakennuskustannuksista sekä niihin liittyvistä kustannuksista, kuten esimerkiksi hissien korottamisesta tai kaavamuu- toksista aiheutuneet kustannukset. Kustannusten suuruuteen vaikuttaa (Juurakko, 2007):

- lisärakentamisen laajuus ja sijainti rakennuksessa
- tilojen tuleva käyttötarkoitus
- olosuhteet, kuten rakennuspaikka, kiinteistön ominaispiirteet ja rakennusaika
- lisärakentamisen edellytykset, kuten rakentamismääräykset ja valitut suunnitteluratkaisut
- hankkeen toteutusmuoto
- töiden aikataulu.

Lisärakentamisen haasteina voidaan pitää sitä, että lisärakentaminen vaatii yleensä asemakaavamuutosta. Prosessi on useimmiten pitkä, keskimäärin noin puolivuotinen. Lisärakentamisen mukana tulleet lisäasunnot tuovat myös mukanaan myös kasvaneen pysäköintitilan tarpeen.

Ulkomaisina esimerkkeinä teollisesta lisärakentamisesta ovat jo aiemmin, kappaleessa 4.6 mainitut Velux Soltag sekä IEA ECBCS Annex 50 -tutkimusprojektin ratkaisut.

Esimerkkinä teollisesta lisärakentamisesta on Neapo Penthouse. Se on rakennuksen vanhan vesikaton päälle sijoitettava lisäasuinkerros. Se valmistetaan arkkitehtisuunnittelu mukaista varustelua, ulko- ja sisäpintoja ja vesikattoa myöten tehtaalla ja toimitetaan kohteeseensa valmiina, jopa asuntokohtaisina tilaelementteinä (kuva 36). Työmaalla ne voidaan nostaa paikoilleen autonosturin avulla. Lisäkerrosrakentamisen yhteydessä rakennus saa uuden vesikaton sekä halutessa myös uudet ilmanvaihtolaitteet ja lämmöntalteenottojärjestelmän.



Kuva 36. Neapo Penthouse-elementti toimitetaan työmaalle valmiina, jopa asuntokohtaisina tilaelementteinä. (lähde: <http://www.neapo.fi/>)

Lähdeluettelo

Kirjallisuuslähteet:

Holopainen, R. et al., Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit, Espoo, 2007, VTT Tiedotteita 2377

Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennuksen energiankulu-
tukseen, Ympäristöministeriö, Työryhmämuistio 15.6.2009

Energiatehokkuustoimikunnan mietintö: Ehdotus energiansäästön ja energiatehok-
kuuden toimenpiteiksi, Työ- ja elinkeinoministeriö, 9.6.2009, saatavilla:
http://www.tem.fi/files/23350/TEM_ETT_Mietinto_8_6_2009.pdf, viitattu 2.7.2009

Energy Efficiency Action Plan of the Republic of Austria, Australian Energy Agency,
2007, saatavilla:
http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/austria_en.pdf

Energy efficiency policies and measures in Norway 2006, saatavilla:
http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/nr_norway_2006.pdf

Energy Efficiency Policies and Measures in Sweden 2006, Swedish Energy Agency,
2007, saatavilla: [http://www.odyssee-
indicators.org/publications/PDF/nr_sweden_2006.pdf](http://www.odyssee-indicators.org/publications/PDF/nr_sweden_2006.pdf)

Energy Efficiency: The Government's Plan for Action, Defra, 2004, saatavilla:
http://ec.europa.eu/energy/demand/legislation/doc/neeap/uk_en.pdf

In-depth Review of Energy Efficiency Policies and Programmes of Denmark, Energy
Charter Secretariat, 2004, saatavilla:
[http://www.encharter.org/fileadmin/user_upload/document/Energy_Efficiency_-_id_-_
Denmark-_2004_-_ENG.pdf](http://www.encharter.org/fileadmin/user_upload/document/Energy_Efficiency_-_id_-_Denmark_-_2004_-_ENG.pdf)

Juurakko, P., Lisärakentamisen merkitys Tampereen keskustan kiinteistöjen kunnos-
sapitoon ja arvoon, Tampere, 2007, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.

Kanervo, J., Kiinteistöliiketoiminnan sanasto, Helsinki, 2009, RAKLI

Korjausrakentamisen strategian toimeenpanosuunnitelma, Ympäristöministeriön ra-
portteja 7, 2009, Helsinki

Neuvonen, P., Kerrostalon julkisivukorjaus: Julkisivun ominaispiirteet ja korjaustavan
valinta, 2009, Rakennustietosäätiö RTS

Neuvonen, P., Kerrostalot 1880 – 2000, Helsinki, 2006, Rakennustietosäätiö RTS

Ojutkangas, T., 3D – mittaustekniikka korjausrakentamisessa, Espoo, 2008, Kandi-
daatintyö, Teknillinen korkeakoulu

Säteri, J., et al., Kerrostalojen sisäilmaston ja energiatalouden parantaminen, Espoo, 1999, VTT Tiedotteita 1945

The Netherlands Energy Efficiency Action Plan 2007, saatavilla:
http://ec.europa.eu/energy/demand/%20legislation/doc/neeap/netherlands_nl.pdf

Internet-lähteet:

ARA – Energia-avustukset, saatavilla:
<http://www.ara.fi/default.asp?node=1089&lan=fi>

ArGeTon GmbH, saatavilla: <http://www.argeton.de/>, viitattu 3.8.2009

Cefo Oy, saatavilla: <http://www.cefo.fi/>, viitattu 29.7.2009

D & B Facades UK Ltd., saatavilla: <http://www.dbfacades.com/>, viitattu 4.8.2009

Deba Systemtechnik GmbH, saatavilla: <http://www.deba.de/>, viitattu 23.7.2009

Dena – Efficient Homes, saatavilla:
<http://www.dena.de/en/topics/buildings/projects/projekt/efficient-homes/>, viitattu 22.7.2009

Dena – Energy Performance Certificate, saatavilla:
<http://www.dena.de/en/topics/buildings/projects/%20projekt/energy-performance-certificate/>, viitattu 22.7.2009

Dena – Energy-Efficient Buildings, saatavilla:
<http://www.dena.de/en/topics/buildings/>, viitattu 22.7.2009

Denmark commits to overall energy reduction, Ministry of foreign affairs of Denmark, 2008. Saatavilla: <http://www.denmark.dk/NR/rdonlyres/3E7A0904-D320-4171-BE84-149EFA91334/0/FactSheetEnergyPolicy20082011.pdf>, viitattu: 21.7.2009

EJ Badekabiner UK Ltd., saatavilla: <http://www.ej-badekabiner.co.uk/>, viitattu 27.7.2009

Energy efficiency – Do you realize the potential, Ministry of foreign affairs of Denmark, 2007, saatavilla: <http://www.denmark.dk/en/menu/About-Denmark/Environment-Energy-Climate/Fact-Sheets/Energy-Efficiency-Do-You-Realize-The-Potential>, viitattu 21.7.2009

Harmiton Oy, saatavilla: <http://www.harmiton.com/>, viitattu 24.7.2009

Haus der Zukunft, Saatavilla: <http://www.hausderzukunft.at/>, viitattu 21.7.2009

Hellweg Badsysteme GmbH, saatavilla: <http://www.hellweg-badsysteme.de/>, viitattu 24.7.2009

HM Government, Home energy saving programme, 11.9.2008, saatavilla:
<http://www.number10.gov.uk/wp-content/uploads/energy-saving-programme110908.pdf>, viitattu 22.7.2009,

IEA ECBCS Annex 50 - Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings, saatavilla: <http://www.empa-ren.ch/A50.htm>, viitattu 29.7.2009

International Energy Agency, saatavilla: <http://www.iea.org/>, viitattu 21.7.2009

KfW Bankegruppe, saatavilla: http://www.kfw-foerderbank.de/EN/Home/%20Programmes_for_residential_buildings/Energy-efficient_Rehabilitation.jsp, viitattu 20.6.2009

Kolmikerrosrappausrakenne – suunnittelu ja asennusohjeet, saatavilla:
http://www.paroc.com/SPPS/Finland/BI_attachments/BIF1%20tyo-ohjeet/kolmik_rappaus.pdf, viitattu 10.8.2009

LinTec Combisystem AB, saatavilla: <http://lintec.se/>, viitattu 28.7.2009

LVI-talotekniikkateollisuus, Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto asuinnoissa – Vuosihyöty ja lämpötilasuhde, saatavilla:
http://teknologiateollisuus.fi/file/5970/28_lto_vuosihyotysuhde070709.pdf, viitattu 5.8.2009

LVI-talotekniikkateollisuus, Sisäympäristö ja energiatehokkuus, saatavilla:
http://teknologiateollisuus.fi/file/4258/18_sisympristjaenergiatehokkuus0109.pdf, viitattu 5.8.2009

Marttila, M & Virta, J., Lausunto 29.8.2008 – Suomen rakentamismääräyskokoelman osien C3, D2 ja D3 uusiminen, Suomen kiinteistöliitto, saatavilla:
<http://www.kiinteistoliitto.fi/attachements/2008-09-01T15-19-1769.doc>, viitattu 10.8.2009

Minergie, saatavilla: <http://www.minergie.ch/>, viitattu 21.7.2009

Moduc Oy, saatavilla: <http://www.moduc.fi/>, viitattu 29.7.2009

Modulsystem AB, saatavilla: <http://www.modulsystem.nu/>, viitattu 28.7.2009

Motiva – Ikkunoiden energiatehokkuus, saatavilla:
http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energialuokitus/ikkunoiden_energiatehokkuus, viitattu 10.8.2009

Motiva – Lämmitysverkoston perussäätö, saatavilla:
http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/taloyhtiot/lammitysverkoston_perussaato, viitattu 11.8.2009

Neapo Oy, <http://www.neapo.fi/>, viitattu 24.7.2009

Paroc – Eristerappaus vanhan seinän päälle, saatavilla:
http://www.paroc.fi/channels/fi/building+insulation/solutions/external+walls+renovation/paroc_eristerappaus_vanhaseina.asp, viitattu 10.8.2009

Pipe-Modul Oy, <http://www.pipemodul.com/>, viitattu 29.7.2009

Prefabricated Systems for Low Energy Renovation of Residential Buildings, saatavilla: <http://www.empa-ren.ch/A50.htm>, viitattu 29.7.2009

Prefabteknik AB, saatavilla: <http://www.prebad.se/>, viitattu 27.7.2009

Rakennusten energiatehokkuuteen eurooppalaisia standardeja, Suomen standardoimisliitto SFS ry, 2008, saatavilla: <http://www.sfs.fi/files/rakennustenenergiatehokkuus.pdf>, viitattu: 2.7.2009

ROTI Tulokset 2009, saatavilla: http://www.roti.fi/document.php?DOC_ID=166&SEC=89f8fe21fcaaf403adc09ef579f9bff7&SID=1#roti_3_tulokset_vehmaskoski_final.pdf, viitattu 14.7.2009

Silotek Oy, saatavilla: <http://www.silotek.fi/>, viitattu 28.7.2009

Swiss Federal Office of Energy SFOE, saatavilla: <http://www.bfe.admin.ch/>, viitattu 21.7.2009

TecnoIn Prefabricated Technologies LLC, saatavilla: <http://www.tecnoin.ae/>, viitattu 24.7.2009

TES Energy Facade, saatavilla: <http://www.tesenergyfacade.com/>, viitattu 5.8.2009

Tilastokeskus, saatavilla: <http://www.tilastokeskus.fi/>, viitattu 14.7.2009

Vacuum Insulation Panels (VIPs) Principles, Performance and Lifespan, saatavilla: <http://www.glacierbay.com/vacpanelinfo.asp>, viitattu 31.7.2009

Valitse hyvin eristävät ikkunat, saatavilla: <http://www.energiatehokaskoti.fi/midcom-serveattachmentguid-236f8ce84189750d2a7f28f9bc9fe811/valitse-hyvin-eristavat-ikkunat.pdf>, viitattu 10.8.2009

Variotec GmbH & Co., saatavilla: <http://variotec.de/>, viitattu 31.7.2009

Velux A/S, saatavilla: <http://www.velux.com/>, viitattu 4.8.2009

Zukunft Haus, saatavilla: <http://www.zukunft-haus.info/en/future-house.html>, viitattu 22.7.2009

Muut lähteet:

Hagan, H., Energiatohokkuus korjausrakentamisessa, Semiaari, Dipoli 25.11.2008, saatavilla:
<http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/energiaseminaari08/Hagan.pdf>

Lehtinen, T., Näkökantoja energiatohokkuuteen rakentamisessa, Building Forum 09, 1.4.2009, saatavilla:
<http://www.wanhasatama.com/dman/Document.php/Omat+kansiot/BUILDINGFORUM09/Lehtinen?folderId=Omat%2Bkansiot%2FBUILDINGFORUM09&cmd=download>

Mikael Togeby, Energy efficiency activities in Denmark –with focus on utilities, GreenNet-Incentives Autumn School on: Energy end-use efficiency and RES-E integration 23 –25 October 2008, eERG, Politecnico di Milano –Italy, saatavilla: http://ea-energianalyse.dk/presentations/2008-10-23_energy_efficiency_activities_in_denmark.pdf

Mäkinen, H., Energiatohokas ikkuna- ja julkisivukorjaus, Suomen talokeskus Oy, 23.4.2009, saatavilla: <http://www.teeparannus.fi/attachements/2009-04-22T10-49-599785.pdf>

Nieminen, J., Ekotohokkaan rakentamisen ratkaisut, Ekotohokkaan rakentamisen seminaari 12.11.2007, saatavilla:
http://www.tse.fi/FI/yksikot/erillislaitokset/pori/tutkimus/Documents/ekotohokkaan_rakentamisen_ratkaisut.pdf

Schmigotzki, B., Energy efficient renovation of prefabricated buildings in Eastern Europe and Germany – Status and Perspectives, AHK-Geschäftsreise Energieeffizienz, Budapest 03.06.2009, saatavilla:
http://www.ahkungarn.hu/fileadmin/user_upload/Dokumente/Bereich_HF/Dienstleistungen/Kooperationsboersen/FrSchmigotzki.pdf