



**Tietopaketti taloyhtiöille**

**INNOVA**

**Kerrostalosta passiivitaloksi**

Jyri Nieminen

## Käsitteet

**Lämmönläpäisykerroin** (U-arvo,  $W/m^2 K$ ) ilmoittaa lämpövirran tiheyden (lämpöhäviön), joka läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yhden asteen suuruinen.

**Kylmäsilta** tarkoittaa rakennusosassa olevaa, viereisiin aineisiin verrattuna hyvin lämpöä johtavasta aineesta tehtyä rakenneosaa, jonka kohdalla lämpötilaeron vaikutuksesta

rakennusosan pintojen läpi kulkevan lämpövirran tiheys on jatkuvuustilassa viereiseen alueeseen verrattuna suurempi.

**Höyrinsulku** estää haitallisen vesihöyryn siirtymisen vesihöyryn osapaine-erojen eli vesihöyrypitoisuuksien erojen johdosta rakenteeseen tai rakenteessa. Höyrinsulku tarkoittaa ainekerrosta tai päällekkäisiä ainekerroksia, joiden vesihöyrynvastus on riittävän suuri estämään haitallinen vesihöyryn siirtymisen huoneilmasta rakenteen ulompiin kerroksiin.

**Ilmansulun** tarkoitus on estää haitallinen ilmavirtaus rakenteen läpi puolelta toiselle. Ilmansulku muodostuu esimerkiksi rakenteessa olevasta muovikalvosta tai rakennuspaperista, jos niiden saumat on tiivistetty. Myös rakenteen sisäpinnan levytys muodostaa ilmansulun, jos levyjen saumat ja liittyminen lattian ja yläpohjan rakenteisiin on tiivistetty.

**Tuulensulun** pääasiallinen tehtävä on estää haitallinen ilmavirtaus ulkopuolelta sisäpuoliseen rakenteen osaan ja takaisin.

**Ilmanvaihtokertoimella** tarkoitetaan tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti,  $(m^3/h)/m^3 = 1/h$ ;

**Koneellisella tulo- ja poistoilmajärjestelmällä** tarkoitetaan järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tuodaan lämmitettyä tai viilennettyä ja suodatettua ulkoilmaa puhaltimen avulla.

**Ilmanvaihdon poistoilman lämmön talteenoton vuosihyötysuhteella** tarkoitetaan lämmön talteenottolaitteistolla vuodessa talteen otettavan ja hyödynnettävän lämpömäärän suhdetta ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemaan lämpömäärään, kun lämmön talteenottoa ei ole

**Koneellisella poistoilmajärjestelmällä** tarkoitetaan järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina

**Painovoimaisella ilmanvaihtojärjestelmällä** tarkoitetaan järjestelmää, jonka toiminta perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Lämmin sisäilma kevyempänä virtaa poistoilmakanavassa ylöspäin ja ulos rakennuksesta. Tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina

**Ilmavuodot** ovat ulkovaipan rakenteiden läpi puolelta toiselle tai rakenteessa tilojen välillä tapahtuvia ilmavirtauksia

**Ilmavuotoluku  $n_{50}$**  (1/h) on mittauksella saatava arvo, joka kuvaa ulkovaipan läpi sisältä ulos tai ulkoa sisälle paine-eron vaikutuksesta tunnin aikana siirtyvän ilmamäärän suhdetta rakennuksen sisätilavuuteen. Ilmavuotoluku mitataan 50 Pa ali- ja ylipaineessa. Ilmavuotoluku kuvaa myös rakentamisen laatua.

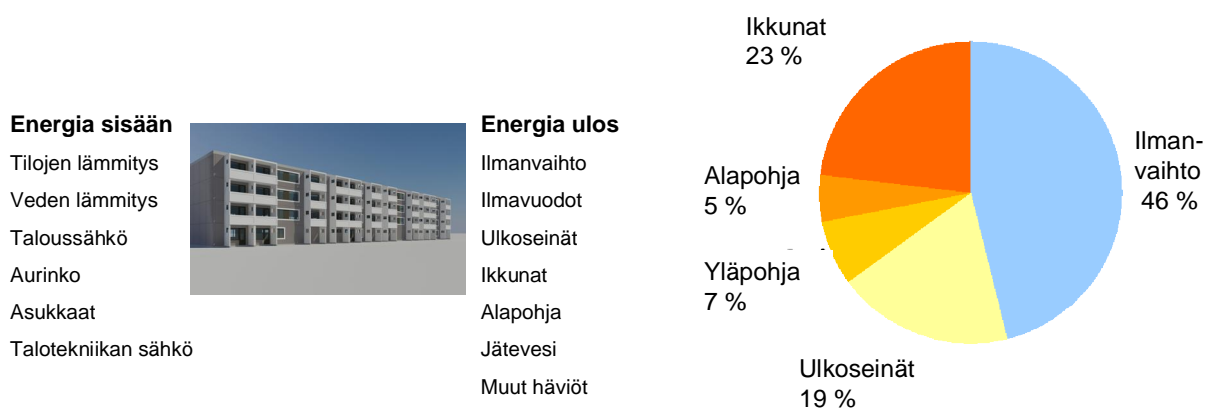
## Sisällysluettelo

Käsitteet.....	1
1 1970-luvun kerrostalojen energiaperuskorjaus.....	3
1.1 Energian lähteet ja häviöt.....	3
1.2 Energiakorjausten tavoitteet.....	4
1.2.1 Matalaenergiatalo .....	4
1.2.2 Passiivitalo .....	4
1.2.3 Nollaenergiatalot ja hiilineutraalit talot.....	6
1.3 Energiakorjauksella saavutettava energiansäästö.....	6
2 Korjausratkaisut.....	9
2.1 1970 luvun kerrostalo.....	9
2.2 Ulkoseinien lisäeristäminen.....	10
2.2.1 Julkisivujen tyypilliset ongelmat .....	10
2.2.2 Lisäeristämiskorjaukset .....	11
2.3 Ikkunat ja ulko-ovet .....	12
2.4 Yläpohjan lisäeristäminen .....	13
2.4.1 Loivien kattojen lisäeristäminen .....	13
2.4.2 Lisäeristäminen ullakolle ja kattomuodon muuttaminen.....	14
2.5 Alapohjan ja perustusten lisäeristäminen.....	14
2.6 Ilmanvaihdon uusiminen .....	16
2.6.1 Ilmanvaihdon korjaukset .....	16
2.6.2 Ilmanvaihtolämmitys .....	17
2.7 Parvekkeiden korjaus.....	18
2.8 Uusiutuvan energian tuotanto rakennuksessa .....	19
3 Energiakorjausten taloudelliset vaikutukset.....	21

# 1 1970-luvun kerrostalojen energiaperuskorjaus

## 1.1 Energian lähteet ja häviöt

Vanhojen kerrostalojen suurin energiankuluttaja on tilojen lämmitys. Tilojen lämmityksen energiankäyttöä voidaan pienentää monin keinoin. Päähuomio kannattaa kohdistaa ilmanvaihdon uusimiseen, ulkoseinien lisäeristämiseen ja ikkunoiden uusimiseen. Lämmityksen energiankäyttöä voidaan tehostaa myös yksinkertaisilla keinoilla. Patteriverkoston perussäädöllä saavutetaan jo varsin pienellä panostuksella merkittävä, jopa 15 % energiansäästö. Alla olevassa kuvassa on erilaisten lämpöhäviöiden suhteelliset osuudet rakennuksessa, jossa ei ole tehty merkittäviä energiatehokkuutta parantavia korjauksia.

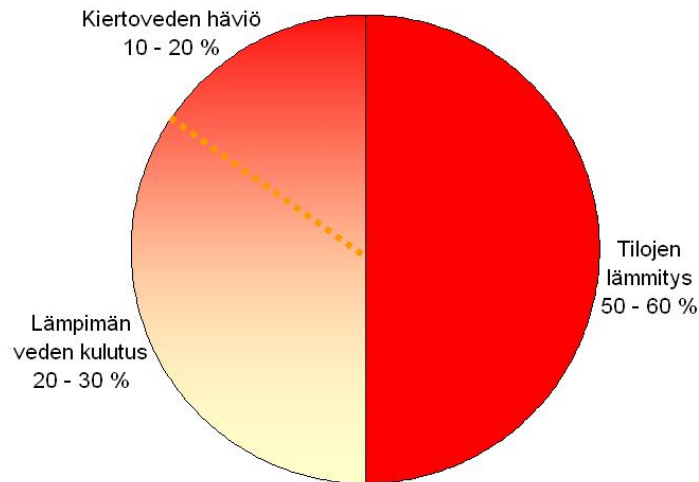


*1970-luvun kerrostalon kokonaisenergiatase muodostuu taloon tulevasta ja sieltä erilaisina häviöinä poistuvasta energiasta. Auringon lämpö, laitteissa, valaistuksessa ja talotekniikassa käytetty sähköenergia sekä asukkaista vapautuva lämpö vaikuttavat tilojen lämmityksen energiantarpeeseen. Lämmitys on kuitenkin suurin vanhan kerrostalon energiankuluttaja.*

Lämmityksen suurin lämpöhäviö aiheutuu ilmanvaihdosta. Painovoimaisen tai koneellisella poistoilmanvaihdon lämpöhäviö on lähes puolet ulkovaipan ja ilmanvaihdon yhteen lasketusta lämpöhäviöstä. Vanhoissa taloissa ilmanvaihto ja ilmavuodot, ikkunoiden huonot tiivisteet ja vanhat raitisilmaventtiilit aiheuttavat vetoa. Raitisilmaventtiilejä on usein tukittu vedon vähentämiseksi. Silloin myös ilmanvaihdon määrä ja samalla ilmanvaihdon lämpöhäviö ovat pienentyneet.

Lähes alkuperäisessä tilassaan olevissa taloissa lämmitysenergiaa kuluu paljon myös ulkoseinien ja ikkunoiden lämpöhäviöihin. Vanhoissa kerrostaloissa myös käyttöveden lämmityksen energiakulutus voi olla suuri. Etenkin kiertovesijärjestelmät kuluttavat huomattavan paljon energiaa, jos kiertovettä käytetään kuivauspattereiden tai märkätilojen lattioiden lämmittämiseen. Käyttöveden lämmityksen energiantarvetta voidaan helpoiten pienentää vedenkäyttöä vähentämällä.

Lämmitysenergian jakautuminen 1970-luvun kerrostalossa



*Lämmitysenergian jakautuminen eri kulutuskohteisiin. Luvut ovat suuntaa-antavia arvioita. Kiertoveden häviö pienentää tilojen lämmitystarvetta mutta lisää käyttöveden lämmitystarvetta.*

## 1.2 Energiakorjausten tavoitteet

### 1.2.1 Matalaenergiatalo

Matalaenergiakerrostalon toteuttaminen peruskorjaamalla perustuu tilojen lämmityksen energiantarpeen pienentämiseen siten, että matalaenergiakerrostalossa energiantarve on 50 % voimassa olevien rakentamismääräysten mukaan rakennetun talon tilojen lämmityksen energiantarpeesta.

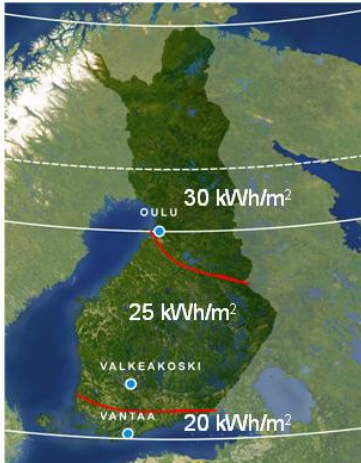
Vuoden 2010 alusta voimaan tulleen Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 mukaan matalaenergiatalon suunnitteluratkaisun ominaislämpöhäviö on korkeintaan 85 % vertailuratkaisun ominaislämpöhäviöstä. Vertailu tehdään tasauslaskennassa, jolla esitetään suunnitteluratkaisun määräystenmukaisuus. Ominaislämpöhäviö ei kuvaa rakennuksen tilojen lämmityksen energiantarvetta, sillä ominaislämpöhäviö perustuu puhtaasti rakennuksen suunnitteluominaisuuksiin ja mitoitusilanteen tehontarpeeseen. Se ei sisällä rakennuksen sisäisiä lämpökuormia tai lämmityslaitteiden hyötysuhteiden vaikutusta.

Kerrostalon matalaenergiakorjauksessa päähuomio tulee kiinnittää rakenteiden ja ikkunoiden lämmöneristyksen parantamiseen ja ilmanvaihdon lämpöhäviön pienentämiseen. Matalaenergiatason saavuttaminen edellyttää painovoimaisen tai koneellisella poistolla varustetun ilmanvaihdon korvaamista lämmön talteenotolla varustetulla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Samalla rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyyttä tulee parantaa.

### 1.2.2 Passiivitalo

Passiivitalo perustuu rakennuksen kokonaisenergiatarkasteluun, jossa otetaan huomioon kaikki rakennuksen energiantarpeeseen vaikuttavat energiavirrat. Suomen ilmastoon raken-

nettava passiivitalo määritellään sen tilojen lämmitysenergian tarpeen, primäärienergiantarpeen ja rakennuksen ulkovaipan lämpöteknistä laatua kuvaavan ulkovaipan ilmanpitävyyden ( $n_{50}$ -arvo) perusteella alla olevan kuvan mukaisesti. Rakennuksen lämmityksen energiantarve ja primäärienergiantarve lasketaan rakennuksen bruttoalan neliometriä kohti.



*Passiivitalon kolme kriteeriä Suomen eri osissa. Esitetyt rajat ovat suuntaa-antavia.*

- *Tilojen lämmityksen energiantarve 20 – 30 kWh/m<sup>2</sup>*
- *Primäärienergian kokonaistarve 130 – 140 kWh/m<sup>2</sup>*
- *Rakennuksen mitattu ilmavuotoluku  $n_{50} \leq 0,6$  l/h*

*Energiantarve esitetään rakennuksen bruttoneliometriä kohden.*

*Passiivitalon määritelmä perustuu tilojen lämmityksen ja primäärienergian laskennalliseen tarpeeseen sekä ulkovaipan mitattuun ilmavuotolukuun. Primäärienergian tarve kuvaa rakennuksen koko energiatarvetta laskettuna käytettyjen energialähteiden energiasisällön perusteella, eli primäärienergia pitää sisällään myös kaikki energian tuotantoon ja jakeluun liittyvät häviöt.*

Passiivitalon tyypillisiä ratkaisuja ovat mm. hyvä lämmöneristys, ulkovaipan ilmatiiviys, ikkunoiden ja ovien hyvä lämmöneristävyys sekä ilmaislämmönlähteiden (passiivinen aurinkoenergia, ihmiset, laitteet) tehokas hyödyntäminen. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että passiivitalossa ei olisi lämmityslaitteita. Passiivitalon lämmitystarve on niin pieni, että perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä ei välttämättä tarvita. Primäärienergian tarvetta voidaan pienentää rakennuksessa tuotetulla uusiutuvan energian (aurinkolämpö ja –sähkö, tuulivoima) ratkaisuilla tai liittämällä rakennus kaukolämpöön, jonka primäärienergiakerroin on pieni.

Passiivitalon voi toteuttaa myös korjausrakentamalla. Passiivitalokorjauksessa pieni energiantarve saavutetaan ulkovaipan lämpöhäviöitä (ulkoseinät, yläpohja, ikkunat ja ovet ja ulkovaipan) pienentämällä sekä ilmanvaihdon tehokkaalla lämmön talteenotolla ja vuotoilmavirtojen minimoinnilla. Passiivitalotavoitteen saavuttamisen tekee tavanomaista energiakorjausta haastavammaksi se, että korjattavan rakennuksen kaikkiin ominaisuuksiin ei välttämättä voida vaikuttaa. Näitä energiantarpeeseen vaikuttavia tekijöitä voivat olla mm. rakennuksen muoto, vanhojen rakenteiden aiheuttamat kylmäsillat ja alapohjan lämmöneristys. Korjattavien rakennusten ikkunapinta-ala sen sijaan on harvoin niin suuri, että se muodostuisi esteeksi pienen lämmitysenergiantarpeen saavuttamiselle. Tavanomaiseen lisäeristämiseen perustuvaan korjaamiseen verrattuna passiivikerrostalossa on myös parannettava rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyyttä.

Passiivitalokorjauksessa vanhan julkisivun ja alkuperäisen lämmöneristyskerroksen purkaminen voi olla välttämätöntä, sillä ulkoseinän paksuus kasvaa lisäeristysten ja uuden julkisivun johdosta matalaenergiakorjausta enemmän, ja siksi erilaisten räystäs-, ikkuna-, ovi- ja muiden läpivientidetaljien toteuttaminen on vanhan rakenteen päälle toteutettuna hankalampaa.

### 1.2.3 Nollaenergiatalot ja hiilineutraalit talot

Nollaenergiatalo perustuu rakennuksessa tuotettuun uusiutuvaan energiaan, jonka määrä vuositasolla yhtä suuri kuin taloon ostettu kokonaisenergia. Nollaenergiatalolle useita erilaisia määritelmiä. Primäärienergian perusteella (net zero primary energy use) määriteltynä rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian määrä on vähintään yhtä paljon kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä kerrottuna primäärienergiakertoimella.

Energian kokonaiskulutuksen perusteella (net zero site energy use) määriteltynä rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian määrä on vähintään saman verran kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä. Määritelmä soveltuu Suomen ilmastoon, ja sitä käytetään Kuopioon ja Järvenpäähän nollaenergiakerrostalojen ratkaisuisissa.

Nollaenergia- ja energiapositiivisissa taloissa tuotetaan energiaa. Yleisimmin käytetty määritelmä perustuu verkkoon kytketyn rakennuksen vuotuisen energiataseen laskentaan. Haastavin tapa määritellä nolla- ja plusenergiatalo asettaa tavoitteeksi toimimisen itsenäisesti, jolloin rakennus on energiaverkoista riippumaton ja käytännössäkin täysin energiaomavarainen. Energiaomavaraisessa rakennuksessa tuoton ja tarpeen on vastattava toisiaan ajallisesti energian varastointitarpeen ja häviöitten minimoimiseksi. Energiaomavaraisen talon energiahuolto ei siten voi perustua esimerkiksi puu- tai muuhun bio-energiaan, koska talo ei tuota tarvittavaa biomassaa.

Nollaemissiotalo toimii hiilineutraalisti. Rakennuksen käytön ympäristökuorman mittayksikkönä käytetään energian sijasta merkittävintä ilmaston lämpenemistä aiheuttavaa kasvihuonekaasua, hiilidioksidia. Nollaemissiotalo perustuu energiantarpeen minimointiin, mutta lähestymistapa korostaa erilaisten energiamuotojen sekä niistä aiheutuvien päästöjen merkitystä. Hiilineutraaleiksi energianlähteiksi lasketaan mm. aurinko- ja tuulienergia sekä puu, joka on kasvun aikana sitonut vastaavan määrän hiilidioksidia, joka poltettaessa vapautuu ilmakehään.

## 1.3 Energiakorjauksella saavutettava energiansäästö

1960- ja 1970-lukujen asuinkerrostalojen energiakorjaukset tarjoavat mahdollisuuden toistettavien ratkaisujen käyttöön kokonaisten asuinalueiden energiakorjauksissa. Energiakorjausten suurin hyöty saavutetaan rakennusten ilmanvaihdon ja ulkovaipan lämpöhäviöiden pienentämisellä sekä sisäilman lämpötilojen hallinnan parantamisella.

Kerrostalojen pääasiallinen lämmönlähde on kaukolämpö, eikä uuden energiaratkaisun käyttöönotto ole kustannusten tai yhdyskunnankaan kannalta aina järkevää. Sen sijaan maan viileyden tai lämmön käyttö raitisilman esiviilentämiseen tai -lämmitykseen (ks. luku 2.6) tarjoaa kustannustehokkaan keinon parantaa lämmön talteenotolla varustetun ilmanvaihdon kokonaishyötysuhdetta ja pienentää lämmityksen energiantarvetta.

Seuraavassa on tarkasteltu edellytyksiä saavuttaa matalaenergia-, passiivi- tai nollaenergiakerrostalon energiantarpeelle asetetut tavoitteet korjausrakentamalla. Alla olevassa taulukossa on esimerkkejä rakennusosakohtaisista vaatimuksista, jotta haluttu energiatehokkuuden taso saavutetaan. Esimerkkiratkaisut ovat keinoja erilaisten energiatehokkuuskonseptien tilojen lämmityksen energiantarvevaatimuksen tai -tavoitteen saavuttamiseksi. Passiivitalon tilojen lämmitysenergian laskennallinen tarve on 20 – 30 kWh/m<sup>2</sup>.

*Korjaamattoman 1970-luvun kerrostalon rakenteiden ja talotekniikan tyypillisiä ominaisuuksia. Rakenteiden U-arvoihin jo arvioitu kylmäsiltojen vaikutukset mukaan. Korjauskonseptien (matalaenergia-, passiivi- tai nollaenergiatalo) ominaisuudet ovat suuntaa-antavia.*

Tavoitetaso	Korjaamaton	Matala-energiatalo	Passiivitalo	Nollaenergiatalo
Ulkoseinä U W/m <sup>2</sup> K	0,3 – 0,4	0,13 – 0,16	0,10 – 0,15	0,08 – 0,10
Yläpohja U W/m <sup>2</sup> K	0,3 – 0,4	0,09 – 0,12	0,07 – 0,09	0,07 – 0,08
Ikkuna, ovi	2,1 – 2,4	0,8 – 1,0	0,75 – 0,85	0,7 – 0,8
Ilmanvaihdon LTO, %	-	60 -70	75 - 80	> 80
Ilmanpitävyys, n <sub>50</sub> 1/h	1.5 – 4,0	1,0	0,6	0,4
Lämmitystapa	Radiaattori-lämmitys, kaukolämpö	Radiaattori-lämmitys, kaukolämpö	Radiaattori-lämmitys, kaukolämpö	Radiaattori- tai ilmanvaihtolämmitys, kaukolämpö ja aurinkolämmitys

1970-luvun 3 – 4 -kerroksisissa elementtikerrostaloissa ei tyypillisesti ollut hissejä. Ilmanvaihtotapa oli painovoimainen tai koneellisella poistolla varustettu ilmanvaihto. Rakennukset ovat tyypillisesti myös kaukolämmitteisiä. Energiakorjauksen menetelmien vaikutuksia rakennuksen energiankulutukseen arvioitiin vertailutalon avulla. Vertailutalona käytettiin 1970-luvulla rakennettua nelikerroksista betonielementtitaloa:

- Kerrosala 2430 m<sup>2</sup>
- Huoneistoala 1960 m<sup>2</sup>
- Rakennustilavuus 7530 m<sup>3</sup>
- Kerrosluku 4
- Asuntojen lukumäärä: 30

Lisäksi talossa on varasto- ja säilytystiloja. Rakennuksen kokonaisenergiankäyttö jakautuu vuositasolla seuraavasti:

- Tilojen lämmitys: 150 MWh
- Käyttöveden lämmitys: 40 MWh
- Sähköenergia (ilman pihvaloja ja autonlämmitystä): 100 MWh

Mahdollinen huonetilojen viilentäminen tapahtuu ikkunatuuletuksella. Vanhojen kerrostalojen sisäilman lämpötila on tyypillisesti 22 – 24 °C. Sisälämpötilan laskeminen yhdellä asteella alentaa tilojen lämmittämisen energiankulutusta noin 5 °C. Rakennuksen ilmanvaihtotapa on koneellinen poistoilmanvaihto, ja sen määrä vastaa nykyistä vaatimustasoa. Vanhoissa kerrostaloissa ilmanvaihdon kokonaismäärä saattaa olla hyvän sisäilman laadun edellyttämää tasoa matalampi, mikä vaikuttaa myös lämmityksen energiankulutukseen. Alla olevassa taulukossa on esitetty erilaisten toimenpiteiden vaikutukset rakennuksen energiankulutukseen.

*Rakennuksen energiakorjausten ja uudistamisen vaikutukset rakennuksen kokonaisenergiankulutukseen. Korjaustoimenpiteiden tavoitteena on passiivitalon energiantarvetaso sekä ra-*



kennuksen ostoenergian pienentäminen oman energiantuotannon avulla. Toimenpiteiden vaikutusta alkuperäiseen energiankulutukseen kuvataan kulutuksen pienentymiseen (-) tai kasvuna (+).

<b>Korjaamaton rakennus</b>	
Tilojen lämmityksen energian kulutus	350 MWh / 144 kWh/m <sup>2</sup>
Käyttöveden lämmityksen energiankulutus	75 MWh / 31 kWh/m <sup>2</sup>
Huoneistosähkön kulutus	75 MWh / 31 kWh/m <sup>2</sup>
Kiinteistösähkön kulutus	25 MWh / 10 kWh/m <sup>2</sup>
<b>Toimenpiteet</b>	<b>Vaikutus kulutukseen</b>
<b>Tilojen lämmityksen energiankulutus</b>	
Ulkovaipan lisäeristäminen	Tilojen lämmitys: -245 MWh
Ulkovaipan tiivistäminen	
Ikkunoiden, ulko- ja parvekeovien uusiminen	
Lämmön talteenotolla varustettu koneellinen ilmanvaihto, raitisilman esilämmitys maalämmöllä	
Lämmitysverkoston perussäätö ja termostaattien uusiminen,	Tilojen lämmitys: -55 MWh
Lämpökeskuksen uusiminen	
Huoneilman lämpötilatason säätäminen 21 °C	
<b>Käyttöveden lämmityksen energiankulutus</b>	
Huoneistokohtainen veden mittaus, vettä säästävät kalusteet	Veden lämmitys: -20 MWh
Kiertovesiputkien lämmöneristäminen (missä mahdollista)	
Lämmön talteenotto viemäriveresistä	
<b>Huoneistosähkön kulutus</b>	
Energialuokitellut kodinkoneet	Sähkönkulutus: -20 MWh
Laitteiden varallaolon katkaisu, valojen sammuttaminen,	
Energialuokitellut valaisimet	
<b>Kiinteistösähkön kulutus</b>	
Huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet	Sähkönkulutus: +13 MWh
Energialuokitellut pumput	Sähkönkulutus: -3 MWh
Yleisten tilojen valaistusautomaatiikka	
Talosaunan muutos infrapunasaunaksi	Sähkönkulutus: -11 MWh
Talopesulan uudistaminen, energialuokitellut kuivausrummut	
<b>Energiantuotanto rakennuksessa</b>	
Aurinkokerääjät (~100 m <sup>2</sup> ) ja varaajaratkaisut käyttöveden lämmitykseen	Veden lämmitys: -33 MWh
Aurinkosähköjärjestelmä (50 m <sup>2</sup> ) ja pienitehoiset, rakennuksen katolle asennetut tuulivoimaratkaisut (2 x 2 kW)	Kiinteistösähkö: -20 MWh
<b>Rakennuksen toimivuuden parantaminen</b>	
Jarrutusenergiaa talteen ottavat hissit, korivalojen energiaa säästävä valaistus ja korivalojen ja merkinantolaitteiden sammutus- ja himmennysautomaatiikka	Sähkönkulutus: +2 MWh
<b>Korjatun rakennuksen energiankulutus</b>	
Tilojen lämmityksen energian kulutus	50 MWh / 21 kWh/m <sup>2</sup>
Käyttöveden lämmityksen energiankulutus	23 MWh / 10 kWh/m <sup>2</sup>
Huoneistosähkön kulutus	55 MWh / 23 kWh/m <sup>2</sup>
Kiinteistösähkön kulutus	6 MWh / 3 kWh/m <sup>2</sup>

## 2 Korjausratkaisut

### 2.1 1970 luvun kerrostalo

Tyypillisen 1970-luvun kerrostalon ulkoseinän rakenteena on betonielementti. Elementtijärjestelmiä on kahta perustyyppiä. Kuorielementtiseinissä seinän sisäkuori asennettiin valmiina rakennukseen, ja lämmöneristys ja ulkokuori tehtiin työmaalla. Betonisandwich-elementti (BSW) on tehtaalla valmistettu valmis ulkoseinäelementti. Tyypillisesti BSW-elementtien ulkokuoren paksuus on ollut noin 50 – 80 mm ja sisäkuori käyttökohteesta riippuen 80 – 120 mm.

Betonisandwich-elementeistä on erilaisia versioita. Elementtien ulkonäköä on muunneltu mm. erilaisten urapintojen sekä tiili- ja keraamisten laattojen avulla. Myös pesubetonipinta oli yleinen. Pesubetonipinta tehtiin kahdesta betonilaadusta tehdyn, vielä kovettumattoman ulomman betonikerroksen painepesulla, jolloin betonin runkoaine (kiviaines) jäi seinän uloimmaksi näkyväksi kerrokseksi.

1960-luvulla ja sen jälkeen rakennettujen asuinkerrostalojen katoista valtaosa on loivia kattoja (tasakattoja). Kattojen korjaustarve syntyy usein vedeneristeen eli katteen elinkaaren loppumisesta tai siitä, että rakennuksessa on tarpeellista tehdä korjauksia jotka edellyttävät huomattavia toimenpiteitä myös katolla.

Vanhan rakennuskannan yläpohjien vedeneristykset on nyt jo vähintään kerran uusittu. 1980- ja 1990-luvulla tehdyissä korjauksissa oli useimmiten tavoitteena katon kosteusteknisen toimivuuden parantaminen. Energiatohokkuuden parantaminen lisäeristämisen avulla ei ollut tyypillistä korjauksille. Kattojen korjauksen ajankohta määräytyi yleensä vaurioista tai toiminnallisista lähtökohdista. 1970-luvun kerrostaloissa yläpohjan kantava rakenne on yleensä betonirakenne. Vedeneristeen alusta voi olla joko suoraan kantavan rakenteen päälle asennettu lämmöneristysalusta tai korotuspukkien tms. rakenteen varaan rakennettu tuuletettu vesikattorakenne.

1960- ja 1970-luvun kerrostalojen alimmassa kerroksessa on useimmiten talon huolto- ja varastotilat sekä saunaosasto. Alin kerros voi olla osittain maanpinnan alapuolella, eli siinä on maanvastaisia seiniä. Alimman kerroksen lattia on useimmiten maanvarainen, mutta myös tuuletettuja, ryömintätalallisia ratkaisuja on toteutettu. Lattiarakenteet voivat olla joko lämmöneristettyjä tai eristämättömiä. Tuuletetuissa lämmöneristetyissä alapohjissa lämmöneriste on asennettu yleensä elementtirakenteen alapintaan. Tuulettamattomissa rakenteissa eristys on joko maata vasten pintabetonilaatan alla. Lattia on joko kauttaaltaan lämmöneristetty tai ainoastaan reuna-alueelta. Maanvarainen lattia voi olla myös ns. kaksoislaattarakenne, jossa lämmöneristys on betonilaattojen välissä.

Parvekkeet yleistyivät jo 1900-luvun alussa kerrostalorakentamisessa. Parvekkeet olivat ennen 1960-lukua yleensä pienehköjä tuuletusparvekkeita, mutta 1960-luvulta lähtien parvekkeet kasvoivat elementtirakentamisen yleistymisen myötä huoneistojen levyisiksi. Samalla käyttö oleskelutilana yleistyi.

1960-luvulla parvekkeet kehittyivät oleskeluun sopiviksi, kun elementtirakentamisen myötä ne muuttuivat joko sisäänvedetyiksi tai niissä oli elementtitekniikasta johtuen suojaavat sivuseinät. 1990-luvulla parvekkeiden lasitukset yleistyivät, joka vaikutti olennaisesti parvekkei-

den käytettävyyteen etenkin kevät- ja syyskausina. Lisäksi parvekkeiden materiaaleihin ryhdyttiin kiinnittämään enemmän huomiota ja mm. klinkkerilattiat yleistyivät.

## 2.2 Ulkoseinien lisäeristäminen

### 2.2.1 Julkisivujen tyypilliset ongelmat

BSW-elementeistä tehtyjen seinien ongelmat liittyvät elementtien ulkokuoren kuntoon. Ulkokuorissa on ollut pakkasvaurioita ja ulkokuoren raudoituksissa korroosio-ongelmia. Pakkasvauriot liittyvät rakentamisen aikana käytettyjen betonien koostumukseen. Ulkokuoreen imeytynyt vesi jäätynyt ja sulii ulkolämpötilojen vaihteluiden mukaan. Jäätymisen aiheuttama veden tilavuuden muutos rikkoo rakenteen ulkopintaa. Vaurioitumisen osittaisena syynä on se, että pakkaskestävyyteen liittyvistä vaatimuksista ei tiedetty riittävästi.



*BSW-elementtien tyypillisiä ongelmia. Pesubetonipintaisten elementtien vuotavat saumat ja joskus itse elementti. Betonin rapautuu pakkasvaurioiden johdosta. Elementin tekovaiheessa on syntynyt lämmöneristyskerrokseen läpivaluja, jotka aiheuttavat kylmäsiltoja (lämpökuvaa)*

Ulkokuoren raudoituksen ja ansasterästen korroosio on toinen yleinen ongelma. Korroosio edellyttää riittävää kosteutta ja lämpötilaa. Uudessa rakenteessa betonin alkalisuus suojaa betonin sisään valettuja teräksiä korroosiolta. Ajan myötä kuitenkin ulkoilman hiilidioksidi aiheuttaa betonissa muutoksia (karbonatisoituminen), jotka betonikuoren ulkopinnalta edetessään heikentävät myös raudoitteiden suojausta. Betoniraudoitteiden sijainti liian lähellä pintaa heikentää suojausta.

Etenkin pesubetonipintojen vedenpitävyys on myös ollut ongelma. Sadevesi voi läpäistä liian ohuen ulkokuoren. Samalla myös korroosio-ongelmat voivat kiihtyä. Kaikkien edellä esitettyjen ongelmien syy on kosteus. Kosteuslähde on yleensä aina joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta sadevesi:

- Ulkokuorien sateenpitävyys on riittämätön
- Elementtien saumat vuotavat sadevettä rakenteisiin
- Räystäsrakenteiden ja ovi- ja ikkunaliittymien puutteet päästävät vettä rakenteisiin
- Katon ulkopuolisten syöksytörmien vuodot kastelevat rakenteita paikallisesti.

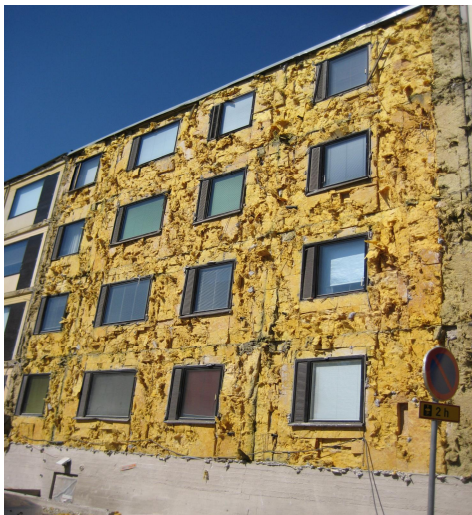
## 2.2.2 Lisäeristämiskorjaukset

Lisäeristämisen tulee perustua kattavaan selvitykseen julkisivun kunnosta. Betonielementtien ulomman betonikuoren kestävyys vaikuttaa valittaviin korjausratkaisuihin. Energiakorjausten yhteydessä voidaan julkisivu kunnostaa ennakoivana ylläpitokorjauksena ja samalla vähentää rakennuksen energiankäyttöä. Kun julkisivukorjaukset liitetään rakennuksen elinkaaren aikaisiin korjauksiin, energiakorjaukset ovat kustannustehokkaampia kuin erillisinä hankkeina toteutettuina.

Lisäeristys ja uusi julkisivu voidaan asentaa nykyisen rakenteen päälle. BSW-elementin ulokuoren kiinnitys rakenteeseen varmistetaan kiinnittämällä ulkokuori sisäkuoreen tai kiinnittämällä lisärunkorakenne ulokuoren läpi sisäkuoreen. Tuulettamattomassa lisäeristysratkaisussa ulokuoren ulkopintaan kiinnitetään lämmöneristelevyt kiinnikkeillä. Yleisimmin pintaverho on joko ohutrappaus tai joissakin tapauksissa kolmikerrosrappaus.

Tuulettamattomassa rakenteen ilmaa läpäisevä lämmöneristyskerros tulee suojata rakentamismääräysten vaatimukset täyttävällä tuulensuojatuotteella. Julkisivumateriaaliin valinnassa on otettava huomioon kaavamääräykset, mutta melkein mikä tahansa julkisivumateriaali ohutlevyjulkisivusta tiiliverhoukseen on teknisesti toimiva ratkaisu. Julkisivun sateenpitävyys on varmistettava julkisivun erilaisten detelji- ja läpivientirakenteiden osalta.

Elementin ulkokuori ja vanha lämmöneristys voidaan purkaa ja rakentaa uusi lämmöneristys ja julkisivu. Menetelmää käytetään kohteissa, joissa ulkokuori tai raudoitukset ovat niin huonossa kunnossa, ettei kohtuullisin korjaustoimenpitein voida varmistua ulokuoren pysymisestä paikallaan. Samoin, kun lisäeristämällä halutaan pienentää ulkoseinän lämpöhäviötä merkittävästi (esimerkiksi passiivitalokorjaus), tulee lisälämmöneristyksestä ja koko seinästä valitusta materiaalista riippumatta paksu. Teknisesti turvallisempi ratkaisu on silloin vanhan ulokuoren ja lämmöneristyksen purkaminen.

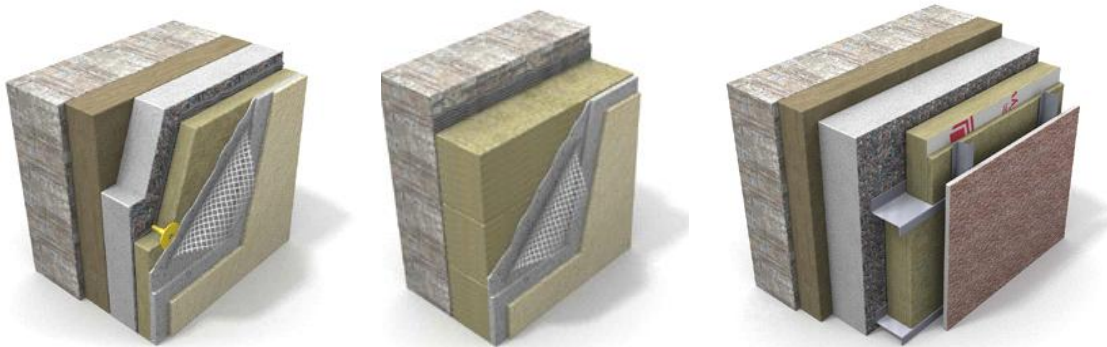


*Julkisivun purkaminen on erityisesti passiivitalokorjauksessa lisäeristetyn seinän paksuudesta johtuen perusteltua. Purkaminen helpottaa ulkoseinän ilmanpitävyyden parantamista. BSW-elementin sisäkuoren ulkopinta voi olla elementtien valmistuksen yhteydessä eristyslevyjen saumoihin tunkeutuneen betonin tai liian pehmeän lämmöneristeen johdosta epätasainen, joten lisäeristysratkaisusta riippumatta pinta tulee oikaista.*

Uusi lämmöneristys ja julkisivu voidaan rakentaa rapattuna lämmöneristysrakenteena, puu- tai teräsrankarakenteena tai esivalmistettuna elementtirakenteena, johon on mahdollista kiinnittää myös ikkunat. Menetelmän käyttö on perusteltua myös silloin, kun julkisivun pintamateriaalia tai ulkonäköä halutaan muuttaa.

Julkisivun purkamiseen perustuvan ratkaisun etuja ovat rakenteen ohuus verrattuna ulkokuoren päälle tehtyyn lisäeristämiseen, mahdollisuus tiivistää sisäkuoren saumat, läpivientikohdat ja ikkuna- ja oviliitokset. Lisäeristysrakenne voidaan toteuttaa rapattuna lämmöneristyksenä tai lisärunkorakenteen avulla tuulettuna rakenteena.

Lisäeristäminen esivalmistettujen elementtien avulla nopeuttaa korjaustöitä Elementtien mitatarkkuuden varmistamiseksi rakennuksen julkisivut tulee mitata laserkeilauksen avulla. Uudet ikkunat voidaan kiinnittää korjauselementteihin jo tehtaalla. Korjauselementit ovat joko puu- tai teräsrankaisia elementtejä.



*Julkisivun lisäeristysvaihtoehtoja. Uusi julkisivu voi olla joko tuulettumaton, rapattu julkisivu tai tuulettu julkisivu. Tuulettumattoman julkisivun rakentamisen tärkeimpiä työvaiheita on varmistaa sateenpitävyys kaikkien julkisivun läpivientien tiivistyksellä. Julkisivun tuulettaminen vähentää sateen tunkeutumisen riskiä. Tuulettetussa julkisivussa on varmistettava lämmöneristyksen riittävä tuulensuojaus, jotta kylmä ulkoilma ei pääse lämmöneristyskerrokseen.*

## 2.3 Ikkunat ja ulko-ovet

Julkisivujen kuntokartoitukseen ja -tutkimukseen tulee sisällyttää myös ikkunoiden ja ovien kunnan selvittäminen, koska näihin kohdistettavat toimenpiteet saattavat vaikuttaa olennaisesti korjatun kohteen ulkonäköön, korjaustoimenpiteiden toteuttamiseen sekä koko korjaustyömaan työjärjestyksiin ja aikatauluihin

Julkisivun lisäeristäminen kasvattaa ulkoseinän paksuutta, joten arkkitehtonisista syistä ikkunan syvyysasemaa voi olla aiheellista muuttaa. Ikkunavalinnoissa on nykyisin paljon vaihtoehtoja. Aiempaa leveämmät karmirakenteet soveltuvat paremmin paksumpiin seinärakenteisiin. Lasivaihtoehdoilla voidaan vaikuttaa myös auringon säteilynläpäisevyyteen. Jos huoneistossa on suuria ikkunapinta-aloja, auringon säteilynläpäisevyyttä rajoittamalla voidaan vaikuttaa huoneiston yllämpötiloihin kesäaikana.

Ikkuna- ja oviasennuksella on suuri merkitys rakennuksen lämmitysenergian kulutukseen. Asennuksessa tulee pyrkiä mahdollisimman hyvään ilmatiivyyteen sekä sisäkuoren että tuulensuojan tai ulkoeristyksen osalta. Julkisivun ja vanhan lämmöneristyksen purkaminen ja ikkunoiden asentaminen esivalmistettuihin elementteihin helpottavat tiivistämistä.

Sadeveden ulkoseinärakenteille aiheuttamat vauriot keskittyvät räystäsrakenteisiin ja ikkuna- ja oviliittyymiin ja julkisivun läpivienteihin. Ikkuna- ja ovipellitysten kaltevuuksien tulee olla riittäviä ja, että lämmöneristysrakenteen kohdalla olevien peltitaitosten nurkat ovat vesitiiviitä.

## 2.4 Yläpohjan lisäeristäminen

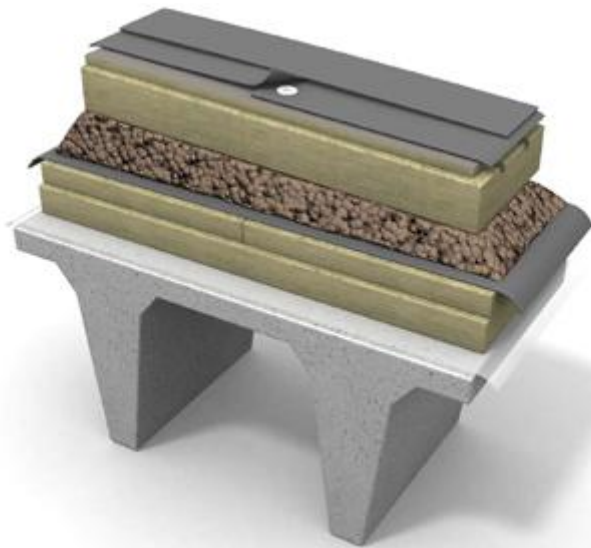
### 2.4.1 Loivien kattojen lisäeristäminen

Asuinkerrostalojen yleisimmät kattoratkaisut voidaan jakaa kahteen päätyyppiin, tuuletetut ja tuulettamattomat kattorakenteet. Korjausten periaatteet eri kattotyypeillä poikkeavat olennaisesti toisistaan. Tuuletetuissa katoissa lämmöneristeet ovat useimmiten kevyitä, kuormitusta kestävämpiä eristeitä, kun taas tuulettamattomissa eristeet ovat kuormitusta kestäviä. Loivissa, tuuletetuissa katoissa tuuletustila on yleensä matala, eikä tuuletustilaa ole tarkoitettu hyötykäyttöön. Jyrkemmissä katoissa ullakkotila on voitu suunnitella käyttötilaksi, jolloin yläpohjan lämmöneristysrakenteen on lämmöneristetty kaksoislaatta. Vesikatteen alusta on rakennettu erillisenä rakenteena ullakkotilan päälle ja ratkaisua voidaan pitää vesikaton osalta kylmänä kattorakenteena.

1960-luvulla ja sen jälkeen rakennettujen asuinkerrostalojen katot ovat tyypillisesti loivia kattoja (tasakattoja). VTT:n tekemän arvion mukaan noin 30 % 1970-luvun loivista katoista on kärsinyt vesivuodoista elinkaarensa jossain vaiheessa. Suurimmat syyt vesivuotoihin olivat alkuperäisten vedeneristysten laatu ja vanhenemisesta johtuvat vauriot, liian pehmeistä vedeneristysten alustoista johtuvat katevauriot, puutteelliset yläpohjien liikuntasauमारakenteet sekä erilaisten detaljirakenteiden puutteellinen toteutus.

Korjausmenetelmän valintaan vaikuttaa korjattavan katon kunto. Jos korjattava katto on teknisesti toimivassa kunnossa, lisäeristäminen voidaan yleensä tehdä asentamalla lisäeristyskerros vanhan katteen päälle ja tekemällä uusi vesikate. Kastunut eristyskerros on kuivattava tai eristys vaihdettava. Mikäli olemassa olevan katon kunto edellyttää lämmöneristyskerroksen vaihtamista, tulee katon höyrynsulun kunto tarkastaa ja tarvittaessa korjata. Korjatun katon kosteusteknistä toimivuutta voidaan parantaa tuuletuksen avulla käyttämällä uritettua lämmöneristettä.

Lisäeristämisen yhteydessä katon kaltevuutta ja samalla vedenpoistojen toimintaa voidaan parantaa kallistuskerroksilla. Katon lävistävien hormien ja muiden läpivientien rakenteet samoin kuin räystäsrakenteet on suunniteltava ja toteutettava kohdekohtaisesti. Ulkoseinien lisäeristäminen vaikuttaa myös katon räystäsratkaisuihin. Lisäeristysratkaisut aiheuttavat aina muutostöitä myös läpivientirakenteissa. Alla olevassa kuvassa on periaatekuva uritetulla lämmöneristysellä varustetusta lisäeristetystä katosta.



*Lämmöneristykseen urien kautta tuulettuvan lisäeristetyin katon periaate. Vanha kate voidaan korjata ilma- ja vesihöyrytiiviksi, jos vanha lämmöneristys on kuiva. Katon kaltevuutta voidaan parantaa kallistuskerroksen tai viistottujen eristyslevyjen avulla. Jos korjattavassa katoissa on ollut vesivuotoja, voidaan myös koko eristyskerros ja katon höyrinsulku uusiksi.*

#### 2.4.2 Lisäeristäminen ullakolle ja kattomuodon muuttaminen

Tuulettujen kattojen lämmöneristykseen parantaminen on yleensä helppo toimenpide, mikäli katon tuuletustila on riittävän korkea. Lämmöneristyspaksuutta lisätään vanhan eristeen päälle. Mikäli katteessa on ollut vesivuotoja tai rakenteessa muutoin kosteusongelmia, tulee olemassa olevan lämmöneristeen kunto tarkastaa kosteuden ja/tai mikrobivaurioiden kannalta. Lisälämmöneristykseen asennuksessa on aina huolehdittava tuuletusrakojen toimivuudesta.

Kattomuodon muuttaminen saattaa joissakin tapauksissa olla perusteltua. Tällöin vanhan loivan katon päälle rakennetaan uuden harjakaton kannatusrakenteet. Yläpohjan lisäeristäminen kattomuodon muutoksissa on yksinkertaista, kun se otetaan huomioon uusia vesikattorakenteita suunniteltaessa. Lisäeriste voidaan asentaa vanhan katon päälle. Tällöin on huolehdittava lisäeristeen riittävästä tuulensuojauksesta etenkin katon reunakaistoilla. Kattomuodon muuttaminen saattaa edellyttää palokatkojen tekemistä yläpohjaan. Palokatkot voivat asettaa haasteita yläpohjan tuuletusjärjestelyille.

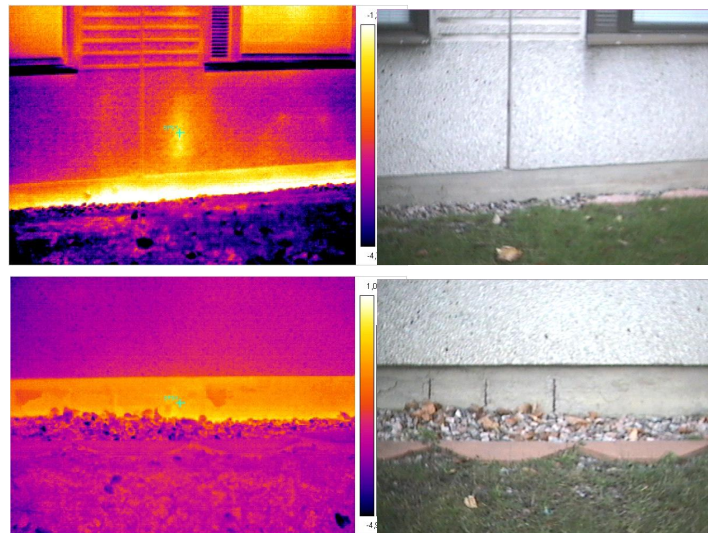
Uusien kantavien rakenteiden suunnittelussa on otettava huomioon rakenteiden tukipisteiden riittävä kantokyky. Myös läpivientien jatkaminen uuden vesikaton läpi, lämmön- ja kosteuseristys sekä vesikaton läpiviennit on suunniteltava ja toteutettava huolellisesti kosteusongelmien välttämiseksi.

#### 2.5 Alapohjan ja perustusten lisäeristäminen

Perustusten ja alapohjarakenteiden tyypilliset ongelmat liittyvät kosteuteen. Rakenteet kastuvat rakennuksen vierusten puutteellisten pintavesijärjestelyjen, salaojien puutteen tai tukkeutumisen takia tai alapohjan virheellisestä täytämateriaalista johtuvan kapillaarisen vedennou-

sun takia. Perusmuurien ja osittain maanpinnan alapuolella olevien seinien suojauksessa ulkopuoliselta vedeltä on myös puutteita. Pintavedet tulee nykyisten rakentamismääräysten mukaan ohjata pois rakennuksen vierustalta. Piharakentaminen, istutukset tms. ovat voineet muuttaa rakennuksen käyttöaikana pihan kuivanapidon järjestelyjä. Äärimmäisissä tapauksissa varastotilojen lattioille on voinut nousta vettä puutteellisten sadevesijärjestelyjen tai pohjaveden hetkellisen nousun takia.

Ulkoseinän, lattian ja perustuksen liittymässä on usein kylmäsiltoja. Kun ulkoseinät lisälämmöneristetään, voidaan perustuksen ja maanvastaisten seinien lisäeristäminen liittää ylempien kerrosten lisäeristämiseen siten, ettei rakennuksen ulkonäkö olennaisesti muutu. Maata vasten oleva perusrakenne tai kellarin seinät eristetään ulkopuolelta ja suojataan ulkopuolisia vesiä vastaan esimerkiksi patolevyillä. Tällöin maanpäällisen perustusrakenteen ulkopinta voidaan eristää ja viimeistellä rappauspintana. Pintavesien johtaminen pois rakennuksen läheisyydestä on syytä tehdä samassa yhteydessä. Kaivantojen täytöt tehdään hyvin vettä läpäisevillä maaineilla. Vesien johtaminen rakennuksesta pois päin tehdään ulospäin kallistetulla huonosti vettä läpäisevällä maakerroksella.



*Ulkoseinän, lattian ja perustusten liitos muodostaa usein kylmäsiltaa. Etenkin passiivitalokorjauksessa myös tämä liitos ja perustuksen maata vasten olevat osat on syytä lisäeristää ulkopuolelta. Maata vasten oleva lisäeristysrakente suojataan maassa liikkuvaa kosteutta vastaan esimerkiksi patolevyillä.*

Salaojien toimivuus tulee myös varmistaa. Mikäli salaojat ovat huonokuntoisia, tai niiden kallistukset tai korkeusasema ovat virheellisiä, on niiden uusiminen perusteltua..

Lämmöneristeiden lisääminen maanvaraisissa alapohjissa on yleensä hankalaa. Mikäli kerroskorkeus on riittävä, voidaan lisäeristys asentaa olemassa olevan lattian päälle. Ratkaisun haittapuoli on kuitenkin se, että väliseinärakenteet, joista ainakin osa on kantavia, tukeutuvat vanhaan lattiapintaan tai siihen liittyvään perustukseen. Jos seinien alaosissa ja lattiassa on ollut kosteusongelmia, ne eivät poistu esitetyllä ratkaisulla. Lisäksi vaihtoehto edellyttää mm. ovien korkeustason muutosta.

Maanvaraisen lattian lisäeristäminen siten, että alakerroksen tilat säilyvät entisen korkuisina edellyttää lattioiden purkamista ja vanhojen eristeiden sekä sen alla olevan maan-aineksen poistamista lisäeristykseen edellyttämältä paksuudelta. Mikäli näin perusteelliseen korjaukseen



päädytään, tulee uuden lämmöneristyksen alle jäävän maa-aineksen laatu tarkastaa siten, että kapillaarinen vedennousu siinä on riittävän pieni. Muussa tapauksessa maa-aines tulee vaihtaa vähintään 200 mm:n vahvuudelta kapillaarikatkolta vaadittavaan maa-ainekseen.

Paalutetut, ryömintätalalliset alapohjat voidaan ainakin periaatteessa lisäeristää alapuolelta. Lisäeristys kiinnitetään yläpuoliseen kiinteään rakenteeseen kiinnikkeillä vanhan eristeen läpi. Ryömintätilan olosuhteisiin on tarpeellista kiinnittää huomiota. Ryömintätilan kosteutta alennetaan tuuletuksella. Perusmaan pinnalle levitettävällä sepelikerroksella (200 mm) tai maanpohjan lämmöneristämällä vähennetään tai estetään kosteuden haihtuminen maapohjasta. Ryömintätilat ovat kuitenkin usein liian matalia, jotta edellä mainittuja toimenpiteitä voitaisiin tehdä. Silloin perustusten lämmöneristäminen ulkopuolelta vähentää alapohjan lämpöhäviötä jonkin verran.

Alapohjakorjaukset ovat hyvin kohdekohtaisia ja joissakin tapauksissa alapohjiin on jouduttu jopa tekemään vedenkeräilykaivoja, joihin on asennettu pohjavesipumppuja.

## 2.6 Ilmanvaihdon uusiminen

### 2.6.1 Ilmanvaihdon ratkaisut

1960- ja 1970-luvun taloissa on jo tehty ilmanvaihdon korjauksia. Yksinkertaisimmillaan nyt tehtävät korjaukset koskevat ilmanvaihdon perussäätöä. Perusoletus on, että ilmanvaihtojärjestelmän perussäädössä ilmavirrat järjestelmällisesti kasvavat ja rakennuksen energiankulutus kasvaa.

Huonokuntoisten osien purku ja uusiminen, osakorjaukset, kunnostus, laatutason nostaminen ja ongelmien poistaminen kuuluvat ilmanvaihtojärjestelmän korjaukseen. Koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen täysin koneelliseksi lämmön talteenotolla varustetuksi vastaa käytännössä uuden ilmanvaihtojärjestelmän rakentamista. Keskitetyn ilmanvaihtojärjestelmän reitittäminen vanhaan rakennukseen on usein hankalaa. Vanhat poistoilmahormit voivat toimia uudenkin järjestelmän poistoina. Tuloilma voidaan reitittää esimerkiksi rappukäytäviin tai julkisivun lisäeristämisen yhteydessä esivalmistettujen lisäeristyselementtien avulla rakennettuihin asennustiloihin.

Korvausilman otto ja jäteilman puhallus seinustalta on mahdollista toteuttaa turvallisesti, mikäli edellä mainitut kriteerit täyttyvät. Mikäli jäteilmasuihku suunnataan suoraan ulospäin seinästä suurella lähtönopeudella, on korvausilma-aukkojen sijainti vapaa. Korvausilman ottaminen ulkoseinästä vaatii yleensä kunnan rakennusvalvonnan luvan.

Keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä on joko yksi yhteinen tai porraskohtaiset ilmanvaihtokoneet. Keskitetty järjestelmä on halvempi toteuttaa kuin hajautettu. Hajautetussa järjestelmässä jokaisella huoneistolla on oma ilmanvaihtokone.

Ilmanvaihto voidaan uusida myös osittain hajautetuksi. Tässä ratkaisussa asuntoryhmällä on oma ilmanvaihtokone esimerkiksi kerros- ja porraskohtaisesti. Ongelmaksi voi muodostua tilanpuute ilmanvaihtokoneen sopivaan sijoittamiseen.

Peruskorjauksen kannalta helpoin tapa on huoneistokohtainen eli hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä, jossa tulo- ja jäteilman päätelaitteet ovat ulkoseinällä. Huoneistokohtaista ratkaisua

on käytetty uusissa matalaenergiakerrostaloissa. Huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä mahdollistaa paremman lämmön talteenoton hyötysuhteen (75–85 %). VTT:n tekemien tutkimusten mukaan voidaan seinäpuhalluksen käytölle antaa seuraavia suosituksia:

- Avoimella seinustalla, kun jäteilmasuuhkut on suunnattu suoraan ulospäin suurehköllä lähtönopeudella  $\approx 8$  m/s, ulkoilma-aukkojen sijainti on vapaa. Jos lähtönopeus on tätä pienempi, ulkoilma-aukon etäisyyden jäteilma-aukosta tulee olla vähintään  $40 \cdot \sqrt{A}$ , jossa A on jäteilma-aukon ala.
- Jos seinustalla on tuuliesteitä, esim. parvekeseiniä tai sisänurkkauksia, jotka muodostavat soppitiloja, jäteilma- ja ulkoilma-aukkoja ei pidä sijoittaa samaan soppitilaan. Samaten aukkojen sijoittamista lähekkäin talon ulkonurkkien lähelle tulisi välttää.

Koneellinen ilmanvaihdon hyvä lämmön talteenoton hyötysuhde edellyttää ilmanpitävää ulkovaipparakennetta. Jos ilmanpitävyydessä on puutteita, osa ilmanvaihdon ilmavirroista siirtyy lämmön talteenoton ohi ulkovaipan rakenteiden läpi. Rakennuksen ilmanpitävyyden parantaminen vähentää energiankulutusta. Ilmavuotoa aiheutuu rakennusosien välisistä liitoksista, läpivienneistä ja tiivisteiden puutteista tai vanhenemisesta.

## 2.6.2 Ilmanvaihtolämmitys

Kesäaikainen aurinkokuorma voi aiheuttaa ylikuumenemista passiivitaloon. Passiivitalokorjauksessa suunnittelijoiden on syytä arvioida kanssa ylikuumenemisen 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. Maalämmön käyttö raitisilman esilämmittämiseen talvella parantaa koko ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta. Samalla ratkaisua voidaan käyttää viilentämiseen kesällä. Nestekiertoisessa järjestelmässä lämmönsiirtonestettä kierrätetään porakaivossa. Porakaivon syvyys on mitoitettava tarvittavan esilämmitystehon perusteella. Mitoituksen perusteena huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa on 250 – 500 W konekohtainen esilämmitys.

Keski-Euroopassa käytetään myös maaputkistoa, jossa raitisilma kiertää. Tästä ratkaisusta ei ole kylmän ilmaston käyttökokemuksia. Maaputkistoon liittyy terveysriskejä, sillä kanaviin tapahtuu ajoittain kosteuden tiivistymistä. Ilmanvaihtokanavat ja niiden osat tulee olla puhdistettavissa. Maaputkistoon liittyvien riskien hallintaan on esitetty seuraavia keinoja:

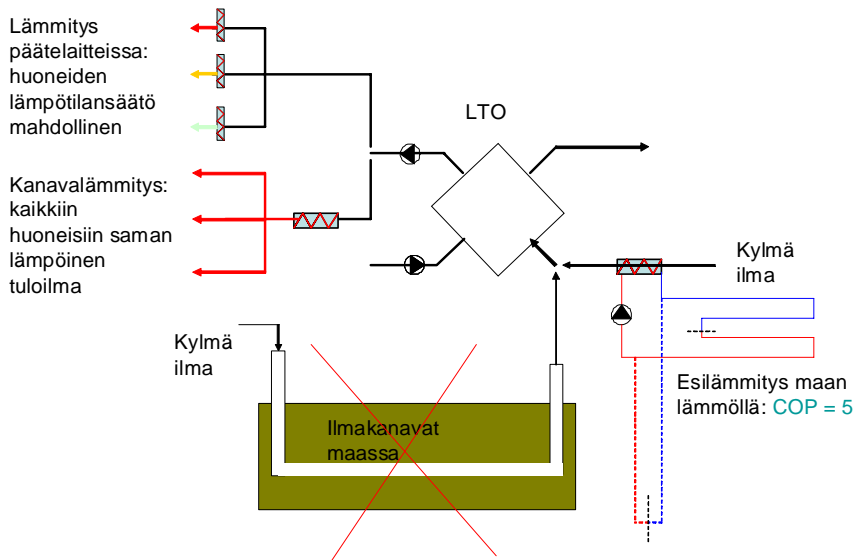
- Veden kertyminen kanavaan: Kallistus 2-3%, vedenpoisto
- Siitepölyn yms. kertyminen: Raitisilman suodatus maaputkiston alkupäässä
- Likaantumisen: Kanavien pesu
- Mikrobien kasvun estäminen: Kanavien antibakteeriset pinnat
- Radon-kaasun pääsy ilmakehään: Kanavien ilmanpitävyys

Maaputkien käyttöä kylmässä ilmastossa on selvitetty Ruotsissa ja Kanadassa. Kylmän Vaikka keinoja riskien välttämiseksi onkin kehitetty, ei maaputkiston käyttöä kylmässä ilmastossa voi suositella.

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 2 - 4 °C ilmanlämpötilaa korkeampi. Suurempi lämpötilataso voi aiheuttaa ylikuumuutta.

Tuloilman päätelaitteet voivat sijaita väliseinissä. Ilmanvaihtokanavat voidaan koteloida kaapistojen päälle tai eteistilojen alas laskettuihin kattoihin. Esivalmistetuilla elementeillä toteutettavassa julkisivujen lisäeristämässä tarvittava reititystila voidaan rakentaa elementtien avulla.



*Maalämmöllä voidaan parantaa koko järjestelmän hyötysuhdetta. Raitisilman esilämmitys poistaa ilmanvaihtokoneiden lämmön talteenottolaitteen jäätymisriskin talvella. terveysrisikien välttämiseksi esilämmitykseen on suositeltavaa käyttää lämmönvaihtimella varustettua nestekiertoista esilämmityspiiriä. Esilämmitysratkaisu soveltuu myös kesäaikaiseen viilentämiseen.*

## 2.7 Parvekkeiden korjaus

Parvekkeet, etenkin lasittamattomat, joutuvat erittäin kovien säärasitusten alaisiksi. Säärasitukset aiheuttavat rakenteisiin ennen pitkää erilaisia vaurioita. Elementtirakentamisen alkutai-paleella käytettyjen betonimateriaalien pakkasenkestävyydessä oli puutteita, mistä seurasi betonirakenteiden rapautumista. Myös valmistustekniikassa oli puutteita, joista yleisimpiä olivat betoniraudoitusten liian ohuet suojakerrokset. Ohuet suojabetonikerrokset karbonatoitui-voivat nopeasti, ja raudoitukset olivat alttiina korroosiolle. Ruostuvat raudoitukset laajeni-voivat ruostuessaan ja tästä aiheutui betonin lohkeilua ja halkeamia.

Elementtirakentamisessa parvekelaattojen, joiden tyypillinen paksuus on 120...160 mm, reu- nat raudoitettiin kutistumien hallitsemiseksi. Kutistumishalkeamat sekä laattojen lämpöliik- keet yhdessä mahdollistivat veden tunkeutumisen laattaan ja raudoitukseen ja raudoituksen korroosion. Yleisesti 1960- ja 1970-lukujen kerrostalojen parvekelaatoissa ei ollut vedeneris- teitä, joten veden tunkeutumista estävää toiminnallista rakennetta ei ollut.

Vedenpoisto parvekelaatoilta pyrittiin järjestämään laatan pinnan kallistuksilla joko laatan ulkoreunan yli tai erillisiin vedenpoistoputkiin. Kallistuksissa oli kuitenkin usein puutteita,

joten vettä jäi makaamaan laatan pinnalle, ja se piti rakenteen kosteana. Säärasitukset ovat suurimmat laatan ulkoreunoilla ja sekä betonin rapautuminen että terästen korroosio etenee laatan ulkoreunasta lähtien. Parvekerakenteiden, kaiteet mukaan luettuina, rasituksia ovat kosteuden ja lämpötilavaihteluiden lisäksi mm. ilman epäpuhtaudet, kloridit yms.

Betonirakenteisten kaiteiden ongelmat ovat samanlaisia kuin parvekelaatoissa. Korroosio on teräskaiteiden ongelmana, mutta useimmiten yhdistettyjen teräsrakenteiden ja betonirakenteiden ongelmat keskittyvät eri materiaalien liitoksiin. Liitoksen ongelma voi olla esimerkiksi liittyvän rakenteen virheellinen muotoilu, jossa rakenne ohjaa sadevettä liitoskohtaan, mikä aiheuttaa liitokseen pakkasvaurioita.

Korjaustarpeen kartoitus edellyttää useimmiten rakenteiden kuntotutkimusta. Silmämääräisten havaintojen lisäksi betonin mahdollinen pakkasvaurioituminen ja betoniterästen kunto tulee tutkia. Kuntotutkimuksen perusteella voidaan arvioida, onko rakenne ylipäättään korjattavissa järkevillä panostuksilla, vai onko rakenteet uusittava joko kokonaan tai osittain. Tutkimustulosten perusteella voidaan myös arvioida, missä vaiheessa toimenpiteisiin on ryhdyttävä.

Nykyään parvekerakenteiden uusiminen kokonaan tai osittain on yleistymässä. Kokonaan uusiminen mahdollistaa myös rakennuksen ilmeen kohentamisen. Suurissa kiinteistöissä elementtitekniikkaa hyödyntämällä voidaan saavuttaa huomattavia säästöjä. Yleensä parvekerakenteiden kunto on kuitenkin sellainen, että korjaaminen tulee uusimista edullisemmaksi. Tavallisesti korjaustoimet kohdistuvat silloin betoniteräksiin sekä betonirakenteiden korjauksiin.



*Parvekkeiden uusiminen mahdollistaa julkisivun uuden ulkonäön. Parvekeratkaisuja voidaan käyttää myös ikkunoiden varjostamiseen etenkin passiivitalokorjauksissa. [Lähde: Ekotehokkaasti uudistuva yhdyskunta – EcoDrive -projekti].*

## 2.8 Uusiutuvan energian tuotanto rakennuksessa

Kerrostalon energiakorjauksiin on mahdollista liittää joko aurinko- tai tuulienergian tai moneimpien tuotantoa. Aurinkolämmön kytkeminen kaukolämpötalon lämmitysjärjestelmään johtaa suhteellisen hankalaan järjestelmäkokonaisuuteen. Aurinkolämpö edellyttää varaajakaasiteettiä, jonka tarve voi kerrostalossa olla suuri, 5 – 10 m<sup>3</sup>. Aurinkolämmitys sopii hyvin maalämmön tukijärjestelmäksi esimerkiksi öljylämmitteisen talon lämmitystapamuutoksessa.

Aurinkolämmöllä voidaan kattaa 50 – 60 % talon vuosittaisesta lämpimän käyttöveden tarpeesta.

Aurinkosähkö ja pientuulivoima tarjoavat mahdollisuuden pienentää talon sähkölaskua. Tällä hetkellä tuotetun sähkön syöttämisessä verkkoon on vielä lainsäädännöllisiä ja myös sähkön tuotannon rakenteista johtuvia ongelmia. Suomesta puuttuvat syöttötariffit pienimuotoiselle sähköntuotannolle, eli sähkönjakelusta vastaavia yhtiöitä ei ole velvoitettu ostamaan talossa tuotettua sähköä. Siksi sähkön tuotanto kannattaa mitoittaa siten, että kaikki tuotettu sähkö saadaan käytettyä rakennuksessa tai taloyhtiön muissa tiloissa.

Aurinkokeräimet ja -sähköpaneelit kannattaa suunnata etelän – lännen suuntaan. Tyypillisesti keräimet ja paneelit asennetaan katolle, mutta aurinkosähköpaneelilla voidaan myös varjostaa ikkunoita tai asentaa esimerkiksi parvekkeiden kaiteisiin.

Rakennusten katoille voidaan asentaa pientuulivoimaloita. Näitä on kahta tyyppiä: perinteisiä vaaka-akselilla pyöriviä tuuliturbiineita ja pystyakselille rakennettuja malleja. Kerrostalosanerauksessa on mahdollista päästä jopa nollaenergiatasolle passiivitalokorjauksen ja uusiutuvan energian tuotannon yhdistelmällä, mutta edellä mainitut ongelmat tekevät tästä yhä hankalan.

Uusiutuvan energiantuotannon mitoituksessa voidaan käyttää seuraavia suuntaa antavia sääntöjä:

Aurinkolämpö

- Tasokeräin: 300 – 350 kWh/keräin-m<sup>2</sup> vuodessa
- Tyhjiöputkikeräin 450 – 500 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa
- Aurinkosähkö: 140 – 160 kWh/paneeli-m<sup>2</sup> vuodessa (yksikiteinen piikkenno)
- Pientuulivoima: 1 kW tuulivoimala 3000 – 4000 kWh vuodessa

Investointeihin on mahdollista saada investointitukea ja yhteishankinnan kautta lisäksi mitta-kaavaetuja, jotka pienentävät investointikustannuksia.



*Esimerkkejä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisteknologioista: aurinkokeräimiä ja tuuliroottori asennettuina kerrostalojen katoille (vasemmalla Helsingin Viikissä ja oikealla Helsingin Arabianrannassa). Kuvat: Pekka Lahti 2009.*

### 3 Energiakorjausten taloudelliset vaikutukset

Korjausrakentamisella on suuri merkitys Suomen pyrkimykseen saavuttaa sitoumukset, joilla hillitään ilmastonmuutosta. Korjausrakentaminen on ainoa tehokas keino pienentää rakennusten energiankäytöstä aiheutuvia päästöjä lyhyellä aikavälillä.

Kerrostalon energiakorjaus on aina kallis toimenpide. Kustannuksiin voidaan kuitenkin vaikuttaa yhdistämällä korjaukset rakennuksen elinkaaren aikaisiin joka tapauksessa tehtäviin kunnostuksiin. Esimerkiksi korjaamattomissa 1960- ja 1970-lukujen betonikerrostaloissa julkisivujen kunnostus on todennäköisesti edessä tällä vuosikymmenellä. Kunnostus on mahdollista tehdä ennakoivana ylläpitokorjauksena tai välttämättömien ylläpitokorjausten yhteydessä.

Korjausrakentamisen prosessi vaikuttaa korjauksen onnistumiseen ja siten myös kustannuksiin. Prosessin tärkeimmät vaiheet ovat suunnittelu rakennettavaksi ja rakentaminen suunnitelmien mukaisesti. Tässä korostuvat sekä pääsuunnittelijan että työmaan vastaavan vastuut. Jotta korjausrakentamisen prosessi olisi sujuva, on käytettävien ratkaisujen oltava toistettavia (kokemusten karttuminen), helposti asennettavia ja tuotteistettuja ratkaisuiksi (työmaan sujuvuus). Koko prosessinhuolellinen suunnittelu mahdollistaa julkisivujen lisäeristämisen ja ilmanvaihdon uusimisen varsin kohtuullisessa ajassa.

Korjausrakentaminen kustannuksista ei ole yhtenäistä hintatietoa. Tarkan kustannusarvion saa vasta tarjouspyyntöjen perusteella. Toteutuneiden korjausten kustannuksia voidaan kuitenkin kohtuullisella tarkkuudella käyttää energiakorjausten kustannusten lähtötietoina. Korjausten suunnittelu ja toteutus useamman rakennuksen kokonaisuuksina antaa huomattavan edun urakoiden suunnittelun ja toteutuksen kilpailuttamisessa.

*Arvioita korjaustoimenpiteiden kustannusvaikutuksista.*

Toimenpide	€/huoneisto-m <sup>2</sup>
Ulkoseinän lisäeristäminen	
- julkisivun purkaminen ja uuden rakentaminen	150–250
- lisäeristys vanhan päälle	100–200
Ikkunoiden ja ovien vaihto	80–100
Ilmanvaihdon uusiminen (taloihin joissa ei ole koneellista tulo-poisto ilmanvaihtoa)	
- keskitetty ratkaisu	200–250
- huoneistokohtainen	250–300
Kaukolämpöön siirtyminen	100–200
Vesikatto	50–100
Parvekkeet	150–200

Rakennuksen normaalitkin korjaustoimet voivat olla kalliita. esimerkiksi linjasaneerausten kustannukset saattavat olla 500 – 700 €/huoneistoneliötä kohden. Vaikka kokonaisratkaisujen hakeminen on kallista, on se joka tapauksessa edullisempaa kuin yksittäisten korjaustoimenpiteiden erillinen toteuttaminen kunnossapitajaksojen mukaan.

Julkisivujen korjauksessa lisäeristäminen on enää pienempi lisäkustannus. Ikkunoiden uusimisessa tulee ottaa huomioon nykyisten ikkunoiden kunnostamisen kustannukset, mikä vaikuttaa ikkunoiden vaihdon lisäkustannukseen. Painovoimaisen tai koneellisen poistoilmanvaihdon uusiminen lämmön talteenotolla varustetuksi ilmanvaihdoiksi parantaa sisäilman laa-

tua ja vähentää vetoisuutta. Passiivitalokorjauksen tavoitteena onkin hyvän sisäilmaston saavuttaminen pienellä energiankulutuksella.

Passiivitalokorjauksella pienennetään kerrostalon energiakuluja kohteesta riippuen 10 000 – 30 000 € vuodessa. Korjauksen rahoittamiseen on tarjolla erilaisia avustuksia. Uusiutuvan energian käyttöön tai hissien rakentamiseen vanhaan kerrostaloon voi saada investointiavustusta. Merkittävä kannustin on myös omaisuuden arvon nousu. Asuntojen hinnat voivat olla paikkasidonnaisia. On kuitenkin todennäköisempää, että uudistetun kerrostalon huoneistoista saadaan parempi myyntihinta kuin korjaamattoman tai vain välttämättömin korjauksin kunnostetun talon asunnoista.