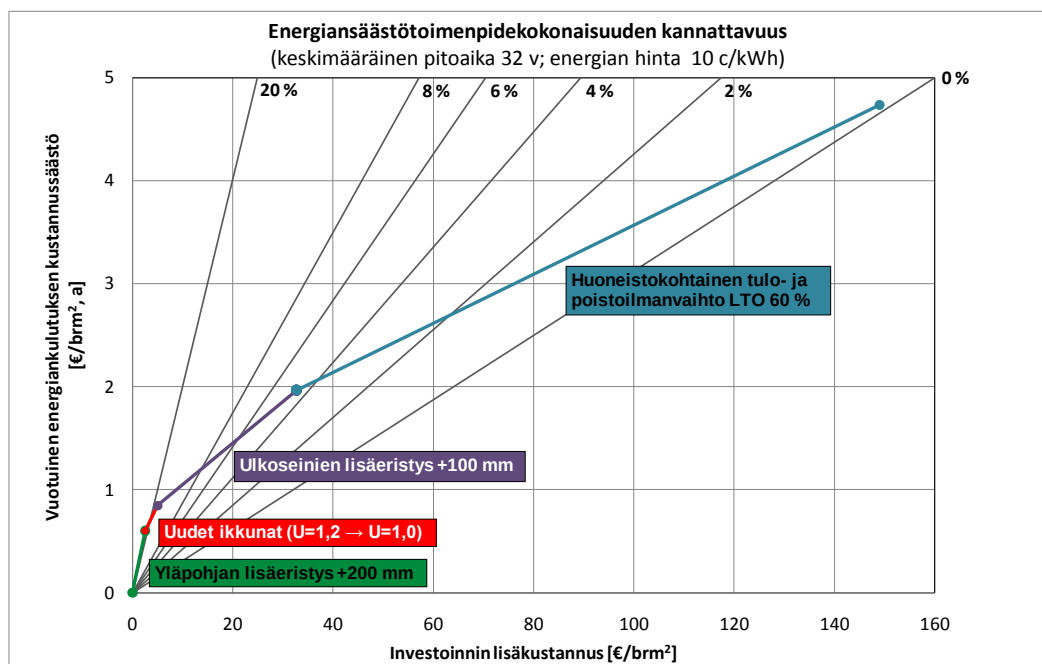




EVAKO – LÄHIÖKORTTELIKORJAAMISEN TALOUDELLISEN PÄÄTÖKSENTEON KRITEERISTÖ

HYVÄT KÄYTÄNNÖT JA TOIMINTAMALLIT ENERGIANSÄÄSTÖTOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUSMALLI

Antti Kurvinen
Juhani Heljo
3.5.2011



ALKUSANAT

Tässä raportissa kuvattava energiansäästötoimenpiteiden kannattavuusmalli on yksi EVAKO-hankkeen (*Lähiökorttelikorjaamisen taloudellisen päätöksenteon kriteeristö*) tuloksena syntyneistä hyvistä käytännöistä ja toimintamalleista. Hanke on osa Lähiöohjelma 2008–2011 –kumppanuushanketta, jonka tavoitteena on lähiöiden kilpailukyvyn lisääminen sekä myönteisen alueidentiteetin ja imagon vahvistaminen. Ohjelma on ympäristöministeriön koordinoima ja sen käytännön toteutuksesta vastaa Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus (ARA).

Lähiöohjelmassa hyviksi koettuja käytäntöjä ja toimintamalleja kerätään lähiökehittämisen ideapankkiin. Ideapankki on ARAn ylläpitämä ja sen tarkoituksena on muodostaa yli lähiöohjelmakauden ulottuva tietopankki lähiökehittämisessä hyviksi koetuista käytännöistä. Tämä energiansäästötoimenpiteiden kannattavuusmallin kuvaus on tehty lähiökehittämisen ideapankissa julkaistavaksi ja tarkoituksena on levittää hyväksi havaittua korjausrakentamisen energiatalouteen liittyvää tietoa myös muissa korjaushankkeissa hyödynnettäväksi.

Tampereella 3.5.2011

Antti Kurvinen

Juhani Heljo

SISÄLLYS

SISÄLLYS.....	III
1. Tausta.....	1
2. Kannattavuusmalli.....	2
2.1. Tärkeitä käsitteitä.....	2
2.1.1. Tuottovaatimus.....	2
2.1.2. Sisäinen korko ja diskonttaus.....	2
2.2. Laskentaperiaatteet ja yksinkertaistukset.....	3
2.2.1. Energian hinnan kehityksen huomioiminen.....	3
2.2.2. Käyttöiän merkitys.....	3
2.2.3. Kustannusten kohdistaminen.....	4
2.3. Toimenpiteiden kannattavuuden esittäminen.....	4
2.4. Case-esimerkki: VIRI Kolunkatu 3.....	8
2.4.1. Perusratkaisut.....	8
2.4.2. Tarkasteltavat energiansäästötoimenpiteet.....	8
2.4.3. Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus.....	9
3. Yhteenveto	12
Lähteet.....	13

1. Tausta

Perusparannustarve koskee lähiaikoina suurta osaa Suomen rakennuskannasta. Samanaikaisesti on sitouduttu erilaisiin poliittisiin tavoitteisiin, joilla pyritään energiankulutuksen ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Asetettuihin tavoitteisiin pääseminen ei ole optimistisestikaan arvioituna helppoa ja edellyttää radikaaleja toimenpiteitä olemassa olevassa rakennuskannassa.

Taloudellisuustarkastelujen luonne on muuttunut oleellisesti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Aikaisemmin laskettiin energiatehokkuudelle taloudellisia optimeja. Tyypillisesti optimoitiin seinän lämmöneristyspaksuutta. Nykyään poliittiset päättäjät ja rakennuttajat asettavat energiatahokkuustavoitteet rakennuksille. Taloudellisten laskelmien tehtävänä on määrittää, miten tavoitteisiin päästään taloudellisimmin.

Jotta rakenteellisten energiansäästötoimenpiteiden toteuttaminen olisi taloudellisesti kannattavaa, on ne pääsääntöisesti toteutettava muista syistä tehtävien perusparannustoimenpiteiden yhteydessä. Vaarana on, että kannattavat energiansäästötoimenpiteet jäävät kokonaan toteuttamatta, ellei niiden kannattavuutta pystytä riittävän uskottavasti osoittamaan. Toisin sanoen merkittävä osuus rakennusten energiansäästöpotentiaalista jää hyödyntämättä, ellei energiansäästötoimenpiteitä tehdä nyt perusparannustarpeessa olevien rakennusten korjaushankkeiden yhteydessä.

Kokemus osoittaa, että kannattavienkin energiansäästötoimenpiteiden toteuttaminen perusparannusten yhteydessä on tähän asti ollut varsin vähäistä. Näin ollen on tärkeää pystyä näyttämään rakennusten energiansäästötoimenpiteiden vaikutukset helposti ymmärrettävässä ja havainnollisessa muodossa. Tässä esitettävällä kannattavuusmallilla voidaan esittää rakentamisen energiansäästötoimenpiteiden kannattavuudet yksinkertaisesti ja selkeästi. Näin mallin avulla voidaan tukea ja perustella kannattavien energiansäästötoimenpiteiden toteuttamista päätöksentekoprosessin aikana. Malli ei kuitenkaan poista sitä ongelmaa, miten korjauskustannukset jaetaan välttämättömälle rakenteiden korjaamiselle ja energiatehokkuuden parantamiselle. Uudistuotannossa energiatehokkuuden parantamiselle kohdistetaan vain siitä aiheutuvat lisäkustannukset. Samoin pitää tehdä myös korjaustoiminnassa, mutta korjaustoiminnassa jako ei ole yhtä selkeä kuin uudistuotannossa.

2. Kannattavuusmalli

2.1. Tärkeitä käsitteitä

2.1.1. Tuottovaatimus

Tuottovaatimuksella tarkoitetaan investointiin sijoitetulle pääomalle vaadittavaa tuottoa. Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta arvioitaessa on yksinkertaisinta käyttää tuottovaatimuksena reaalista laskentakorkoa eli korkoa, josta on poistettu inflaation vaikutus. Investoinnilta vaaditaan pääsääntöisesti sitä korkeampaa tuottoa, mitä suurempi riski siihen liittyy. Ohjeellisena alarajana tuottovaatimukselle voidaan pitää sitä korkotasoa, jolla sijoitettava pääoma saataisiin lainattua pääomamarkkinoilta. Rakennusten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta arvioitaessa on perusteltua valita laskentakorkokanta väliltä 3–5 %, kun reaalkorko on pitkällä aikavälillä ollut teollisuusmaissa 2–5 % (Petäjä & Spoof 2001, s.13).

Päätöksentekoa ei tule luonnollisesti perustaa pelkästään tuottovaatimukseen, vaan lisäksi on syytä huomioida joukko muitakin päätöksentekoa ohjaavia asioita, kuten arvo- ja viihtyvyystekijät. Samalla on kuitenkin syytä muistaa, että laskentakorko on erittäin oleellinen investointeja ohjaava kriteeri, kun halutaan kohdistaa taloudelliset resurssit mahdollisimman tehokkaasti.

2.1.2. Sisäinen korko ja diskonttaus

Investoinnin sisäisen koron laskeminen on hyvä tapa arvioida energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta suhteessa asetettuun tuottovaatimukseen. Käsitteen ymmärtämiseksi on tärkeää tietää, mitä diskonttaus tarkoittaa: diskonttauksella tehdään tulevat rahavirrat keskenään vertailukelpoisiksi. Kun tulevilla energiansäästöillä saavutettavat kustannussäästöt diskontataan nykyhetkeen ja lasketaan yhteen, saadaan energian kustannussäästöjen nykyarvo, joka on vertailukelpoinen nykyhetkellä tehtävän investoinnin kustannuksen kanssa.

Sisäinen korko on se korkokanta, jolla diskontattujen tulevien kassavirtojen summa on yhtä suuri kuin investointikustannus. Toisin sanoen energiansäästötoimenpiteiden tapauksessa sisäinen korko ilmoittaa sen korkokannan, jolla diskontattuna toimenpiteellä käyttöiän aikana saavutettavat energian kustannussäästöt ovat yhteensä yhtä suuret kuin toimenpiteen investointikustannus.

Toimenpide on sitä kannattavampi, mitä suurempi sen sisäinen korko on. Sisäistä korkoa voidaan verrata suoraan reaaliseen laskentakorkoon eli asetettuun tuottovaatimukseen. Mikäli sisäinen korko on suurempi kuin asetettu tuottovaatimus, voidaan toimenpidettä pitää tuottovaatimuksen puitteissa kannattavana.

2.2. Laskentaperiaatteet ja yksinkertaistukset

2.2.1. Energian hinnan kehityksen huomioiminen

Voi olla perusteltua olettaa, että energian hinta nousee tulevaisuudessa keskimääräistä inflaatiota enemmän. Koska energian hinnalla on erittäin suuri merkitys energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta arvioitaessa, voi energian inflaatiota suuremman hintakehityksen huomioiminen kannattavuustarkasteluissa olla tarpeellista. Tämä voidaan huomioida käyttämällä tuottovaatimuksena korjattua laskentakorkoa (r_{korjattu}). Energiatohokkuuden parantamiseen liittyvissä kannattavuuslaskelmissa voidaan korjaus tehdä yksinkertaisesti. Mm. Enno Abel (2010, s. 6–7, 11) on osoittanut havainnollisesti, että korjattu laskentakorko voidaan laskea riittävällä tarkkuudella seuraavasti:

$$r_{\text{korjattu}} = r - q$$

, missä r_{korjattu} = korjattu laskentakorko

r = reaalikorko

q = keskimääräisen inflaation ylittävä osuus energian hinnan vuotuisesta noususta eli energian hinnan reaalinousu

2.2.2. Käyttöiän merkitys

Eri energiansäästötoimenpiteiden käyttöiät poikkeavat toisistaan. Ikkunoiden käyttöiäksi voidaan arvioida esimerkiksi 40 vuotta ja seinärakenteen käyttöikä voi olla 50 vuotta. Koska tarkoituksena on pystyä esittämään energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus mahdollisimman selkeästi, toimenpiteiden taloudelliset vaikutukset ja kannattavuudet on pystyttävä esittämään yhdessä havainnollisessa kuvassa. Ongelmana on kuitenkin se, että kannattavuuden tarkasteluun käytettävä sisäinen korko riippuu toimenpiteen käyttöiästä ja näin ollen eri käyttöikäisten energiansäästötoimenpiteiden sisäisen koron esittäminen samassa tasokoordinaatistossa on periaatteessa mahdotonta.

Sisäisen koron esittämiseen samassa kuvassa liittyvä ongelma voidaan kuitenkin ratkaista ottamalla käyttöön yksinkertaistus, jossa tarkasteltaville energiansäästötoimenpiteille määritetään keskimääräinen käyttöikä. Keskimääräinen käyttöikä määritetään yksittäisten energiansäästötoimenpiteiden käyttöikäiden painotettuna keskiarvona siten, että painotus tehdään toimenpiteiden investointikustannusten perusteella. Suuremman lisäinvestoinnin vaativan energiansäästötoimenpiteen käyttöikä saa siis suuremman painoarvon keskimääräisessä käyttöiässä. Enno Abel (2010, s. 8–9) on osoittanut, että keskimääräisen käyttöiän käyttäminen ei aiheuta tarkasteluihin merkittävää virhettä, kun yksittäisten toimenpiteiden käyttöiät ovat vähintään 20 vuotta.

2.2.3. Kustannusten kohdistaminen

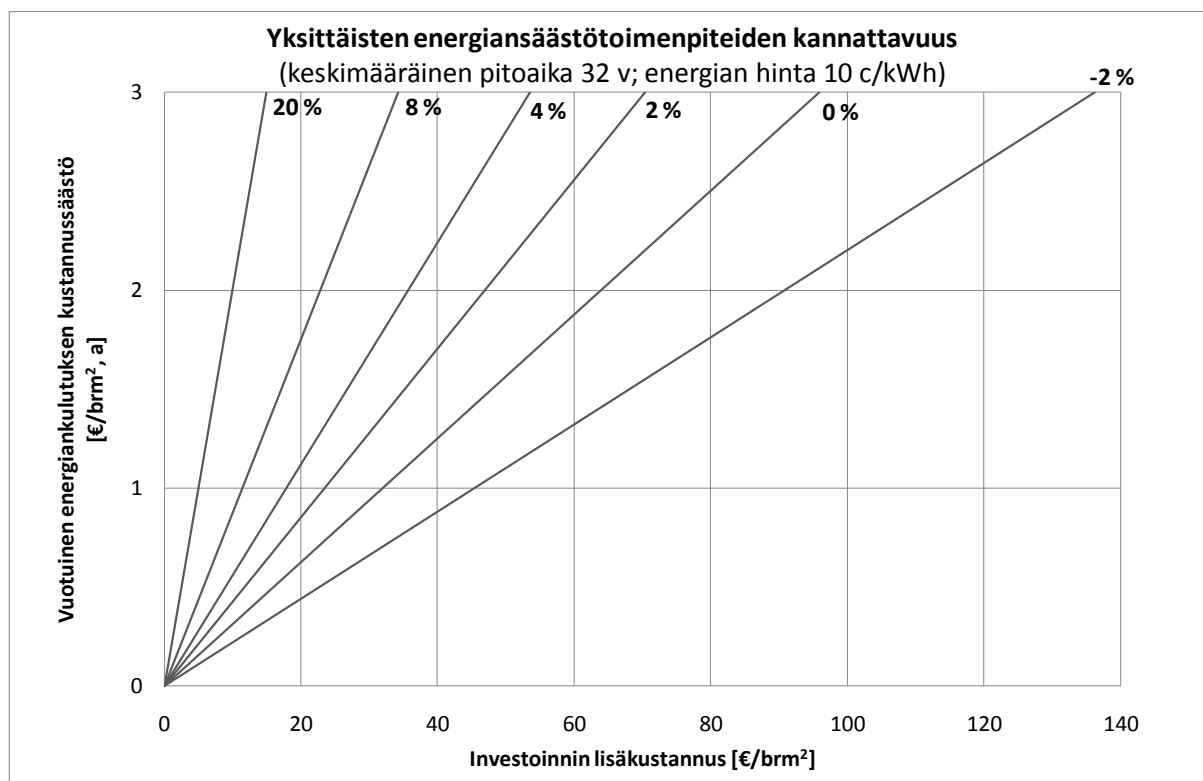
Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta tarkasteltaessa on tärkeää tehdä energiansäästölle kohdistuvien kustannusten kohdistaminen oikein, jotta kannattavuudesta muodostuu oikea kuva. Korjaustoiminnassa perusparannustarve syntyy lähtökohtaisesti muista syistä kuin energiansäästöstä. Tällöin rakennusteknisistä ja -fysikaalisista syistä syntyvää minimikorjausvaihtoehtoa voidaan pitää perusratkaisuna, joka olisi joka tapauksessa pakko toteuttaa.

Varsinaisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuden tarkastelu tulisi tehdä niin, että tarkastellaan korjauksen perusratkaisun energiataloudellista parantamista. Tällöin selvitetään, minkälaisen lisäkustannuksen energiatehokkuuden parantaminen aiheuttaa perusratkaisuun nähden ja minkälainen lisäenergiansäästö kyseisellä toimenpiteellä saavutetaan. Säästötoimenpiteen kannattavuutta kuvaava sisäinen korko lasketaan vastaavasti toimenpiteen toteuttamisen vaatiman lisäkustannuksen ja sillä saavutettavan lisäenergiansäästön perusteella. Näin voidaan tarkastella ja osoittaa korjaushankkeiden yhteydessä tehtävien energiataloudellisten lisävalintojen kannattavuus.

2.3. Toimenpiteiden kannattavuuden esittäminen

Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuusmallin tärkeimpänä tehtävänä on esittää toimenpiteiden vaikutukset ja kannattavuusjärjestys mahdollisimman helpossa ja havainnollisessa muodossa. Kun otetaan käyttöön edellisessä kappaleessa esitetyt yksinkertaistukset, voidaan energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta havainnollistaa kannattavuuskuvaajalla, josta voidaan verrattain helposti lukea energian säästöt, lisäkustannukset sekä kunkin toimenpiteen sisäinen korko ja verrata sitä asetettuun tuottovaatimukseen.

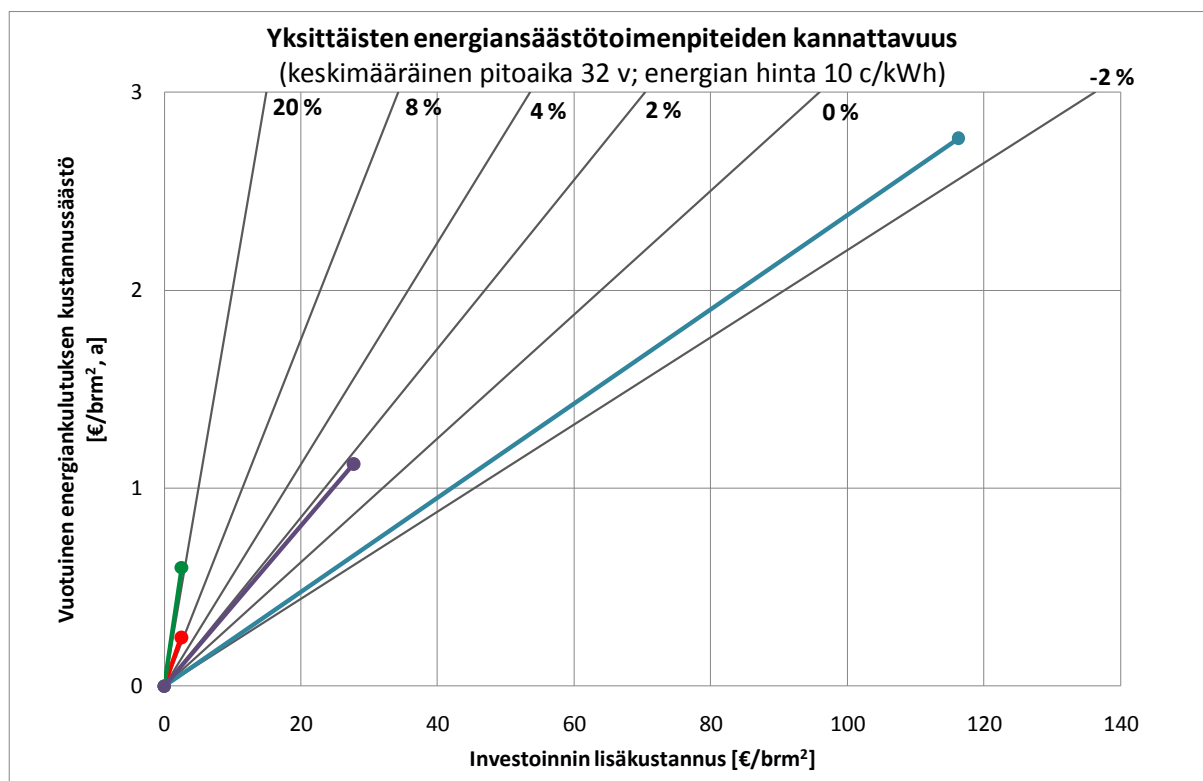
Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus esitetään *kuvan 2.1* mukaisessa koordinaatistossa, jossa tarkasteltavan energiansäästötoimenpiteen kannattavuuskuvaajan päätepisteen sijoittuminen vaaka-akseliin nähden kuvaa sitä investoinnin lisäkustannusta, jonka kyseisen toimenpiteen toteuttaminen vaatii bruttoneliötä kohden. Päätepisteen sijoittuminen pystyakseliin nähden puolestaan kuvaa toimenpiteellä saavutettavalla energiansäästöllä saavutettavaa vuotuista kustannussäästöä bruttoneliötä kohden. Näin ollen kuvaaja nousee sitä jyrkemmin, mitä kannattavampi energiansäästötoimenpide on. *Kuvassa 2.1* näkyvät vinoviivat kuvaavat sisäistä korkoa. Kun energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuskuvaajien kaltevuutta verrataan kuvassa näkyviin sisäisen koron viivoihin, voidaan suoraan kuvasta lukea toimenpiteen kannattavuus sisäisellä korolla mitattuna.



Kuva 2.1. Koordinaatisto, jossa voidaan esittää havainnollisesti energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus. Vaaka-akseli kuvaa energiansäästötoimenpiteen toteuttamisesta aiheutuvaa lisäkustannusta [€/brm²] ja pystyakseli toimenpiteellä saavutettavaa vuotuista energian kustannussäästöä [€/brm², a]. Toimenpiteen kannattavuutta voidaan arvioida vertaamalla sitä kuvassa näkyviin sisäisen koron viivoihin. Pystyakselilla voidaan esittää myös energian säästö.

Kuvassa 2.1 esitetyssä koordinaatistossa voidaan tarkastella energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta kahdella eri tavalla. Näistä ensimmäinen on esitetty kuvassa 2.2, jossa kunkin energiansäästötoimenpiteen kannattavuutta on tarkasteltu yksittäin. Tällöin kunkin toimenpiteen kannattavuuskuvaajan lähtöpiste on origossa ja päätepisteestä voidaan vaaka-akselilta lukea toimenpiteen vaatima lisäinvestointi bruttoneliötä kohden [€/brm²] ja pystyakselilta puolestaan toimenpiteellä vuotuisessa energiankulutuksessa saavutettava kustannussäästö [€/brm²]. Toimenpiteen kannattavuus voidaan arvioida sisäisen koron perusteella, kun verrataan päätepisteen sijaintia tai kannattavuuskuvaajan kaltevuutta sisäisen koron viivoihin.

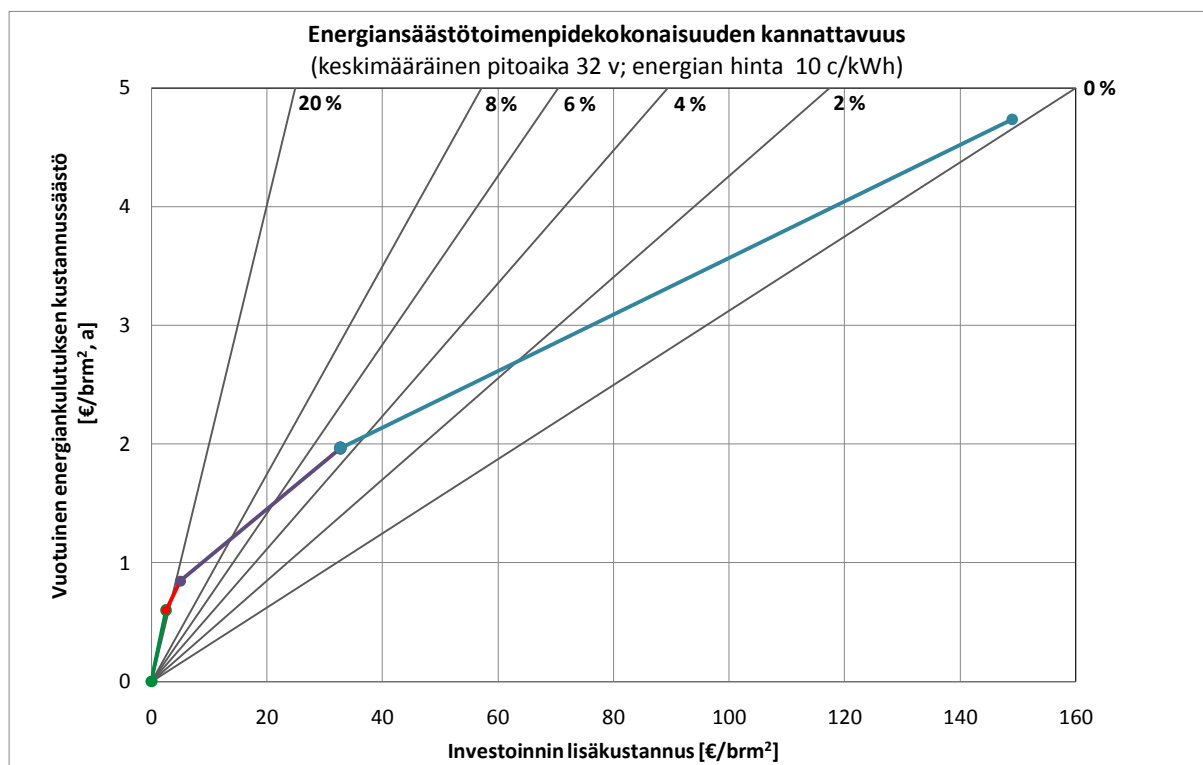
Kuvassa 2.2 olevat eriväriset vinoviivat ovat eri energiansäästötoimenpiteitä. Mitä korkeammalle kuvaaja nousee, niin sitä suurempi energiansäästö sillä saavutetaan ja toisaalta mitä oikeammalle kuvaaja menee vaaka-akselilla, sitä enemmän sen toteuttaminen maksaa. Jos kuvan esimerkkitapauksessa tuottovaatimus olisi 4 % ja energian hinnan oletettaisiin nousevan vuosittain 1 % nopeammin kuin keskimääräinen inflaatio saataisiin korjatuksi laskentakorkokannaksi $r_{\text{korjattu}} = 4 \% - 1 \% = 3 \%$. Kun kuvan energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuskuvaajia verrataan sisäisen koron viivoihin, nähdään, että ainoastaan vihreän ja punaisen kuvaajan toimenpiteet täyttävät korjatun tuottovaatimuksen.



Kuva 2.2. Yksittäisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuden havainnollistaminen.

Toinen tapa energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuden esittämiseen on esitetty kuvassa 2.3. Siinä tarkastellaan samanaikaisesti toteutettavien energiansäästötoimenpiteiden yhteisvaikutusta toimenpidepakettina. Tällöin yksittäisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuskuvaajat ketjutetaan peräkkäin yhdeksi kuvaajaksi, joka kuvaa koko toimenpidepaketin kannattavuutta. Kuvaajien ketjuttaminen tehdään siten, että toimenpiteet järjestetään kannattavuusjärjestykseen ja kannattavimman toimenpiteen kuvaaja lähtee origosta. Seuraavaksi kannattavimman toimenpiteen kuvaajan alkupiste on puolestaan kannattavimman kuvaajan päätepiste ja kolmanneksi kannattavimman toimenpiteen kuvaajan alkupiste toiseksi kannattavimman toimenpiteen kuvaajan päätepiste jne. Näin jatketaan, kunnes kaikki tarkasteluun mukaan haluttavat toimenpiteet on ketjutettu mukaan kuvaajaan.

Ketjutetun kuvaajan avulla voidaan tarkastella useamman toimenpiteen yhteisvaikutusta. Kunkin toimenpiteen päätepisteen kohdalla voidaan sisäisen koron viivoihin vertaamalla lukea, mikä on siihen asti kannattavuusjärjestyksessä toteutettujen energiansäästötoimenpiteiden kokonaiskannattavuus. Kun tarkastellaan toimenpidepaketin kokonaiskannattavuutta, on mahdollista, että yksittäin tarkasteltuna tuottovaatimuksen perusteella hylättäviä toimenpiteitä voidaan toteuttaa tuottovaatimuksen puitteissa. Tämä selittyy sillä, että jotkin alkupään tarkasteltavista toimenpiteistä saattavat olla huomattavasti tuottovaatimusta kannattavampia, kun taas joidenkin loppupään toimenpiteiden kannattavuus saattaa jäädä vain hieman tuottovaatimuksen alapuolelle. Tällöin kannattavammilla toimenpiteillä ikään kuin rahoitetaan loppupään kannattamattomampia toimenpiteitä, jolloin kokonaisuudesta saadaan tuottovaatimuksen täyttävä, vaikka jokin yksittäinen toimenpide alittaisikin tuottovaatimuksen.



Kuva 2.3. Samanaikaisesti toteutettavan energiansäästötoimenpidepaketin kokonaiskannattavuuden havainnollistaminen.

Tehdään kuvan 2.3 toimenpidepaketin kokonaiskannattavuudesta samanlainen tarkastelu kuin aiemmin tehtiin yksittäisistä energiansäästötoimenpiteistä. Kuvassa 2.3 olevat eriväriset vinoviivat kuvaavat jälleen eri energiansäästötoimenpiteitä. Nyt viivat on kuitenkin kuvan 2.2 tarkastelusta poiketen ketjutettu toimenpiteiden kannattavuusjärjestyksessä peräkkäin yhdeksi kuvaajaksi. Mitä korkeammalle kuvaaja nousee, niin sitä suurempi energiansäästö siihen asti kannattavuusjärjestyksessä toteutetuilla energiansäästötoimenpiteillä saavutetaan ja toisaalta mitä enemmän oikealle kuvaaja menee vaak-akselilla, sitä kalliimmaksi toimenpidepaketin toteuttaminen tulee.

Oletetaan jälleen tuottovaatimuksen olevan 4 % ja energian hinnan oletetaan nousevan vuosittain 1 % nopeammin kuin keskimääräinen inflaatio. Näin korjatuksi laskentakorkokannaksi saadaan $r_{\text{korjattu}} = 4 \% - 1 \% = 3 \%$. Kun kuvan toimenpidepaketin kannattavuuskuvaajaa verrataan sisäisen koron viivoihin, nähdään, että kokonaisvaikutusta tarkasteltaessa vihreän ja punaisen kuvaajan toimenpiteiden lisäksi voitaisiin tuottovaatimuksen puitteissa toteuttaa lisäksi violetin kuvaajan energiansäästötoimenpide, joka jäi toimenpiteiden kannattavuutta yksittäin tarkasteltaessa tuottovaatimuksen alapuolelle. Tässä tapauksessa siis kannattavammat toimenpiteet (vihreä ja punainen) parantavat toimenpidepaketin kokonaiskannattavuutta sen verran, että myös yksinään kannattamaton toimenpide (violetti) valitaan toteutettavaksi. Sinisen kuvaajan toimenpide painaa kuitenkin toimenpidepaketin kannattavuuden tuottovaatimuksen alapuolelle, joten sen toteuttaminen ei ole taloudellisesti perusteltua ja se kannattaa jättää pois toteutettavasta toimenpidepaketista.

Ensimmäisessä vaiheessa toimenpiteiden vaikutukset on laskettu erikseen ottamatta huomioon muiden tehtyjen toimenpiteiden vaikutuksia. Jos tarvitaan toimenpidepaketin tarkempi

yhteisvaikutus, pitää ainakin energiansäästölaskelma tehdä uudestaan valintajärjestyksessä. Tämä pitää tehdä siksi, että osa säästötoimenpiteistä vaikuttaa toisiin säästötoimenpiteisiin. Tyypillisesti loppupään toimenpiteillä energiansäästöt ovat vähäisempiä kuin erikseen laskettuna

2.4. Case-esimerkki: VIRI Kolunkatu 3

Kolunkatu 3 on Vilusen Rinne Oy:n vuokratalokohde Tampereen Annalassa. Kohteessa on kaksi 1970-luvulla valmistunutta 4-kerroksista taloa, jotka ovat tulleet perusparannusikään. Perusparannuksen yhteydessä kohdetta uudistetaan siten, että perusparannettavien talojen väliin rakennetaan vanhat talot toisiinsa yhdistävä uudiskulmarakennus. Seuraavassa on tarkasteltu energiansäästötoimenpiteiden kannattavuusmallilla energiansäästötoimenpiteiden toteuttamisen kannattavuutta vanhojen rakennusten perusparannuksen yhteydessä.

2.4.1. Perusratkaisut

Alle on listattu suunnitteluvaiheessa vanhoille rakennuksille määritetyt korjauksen perusratkaisut:

- Ikkunat: asennetaan uudet ikkunat, joiden U-arvo on $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Yläpohja: ei tehdä eristemuutoksia
- Ulkoseinät: tehdään ulkoseinille perusteellinen pinnoitus- ja paikkauskorjaus
- Ilmanvaihto: kunnostetaan vanha koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä

2.4.2. Tarkasteltavat energiansäästötoimenpiteet

Alle on listattu potentiaaliset energiansäästötoimenpiteet:

- Ikkunat: Asennetaan uudet ikkunat, joiden U-arvo on $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ (parannus perusratkaisuun $U=1,2 \text{ W/m}^2\text{K} \rightarrow U=1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Yläpohja: Parannetaan yläpohjan eristystä. Lähtötilanteessa yläpohjassa on riittävästi tyhjää tilaa, jotta yläpohjaan voidaan puhalttaa +200 mm puhallusvillaa.
- Ulkoseinät: ulkoseinien ulkopuolinen lisäeristäminen (+100 mm mineraalivillaa)
- Ilmanvaihto: vaihdetaan vanha koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään 60 % lämmöntalteenotolla.

Taulukossa 2.1 on esitetty tarkasteltavien energiansäästötoimenpiteiden arvioitu käyttöikä, toteuttamisesta aiheutuvat lisäkustannukset sekä toimenpiteellä saavutettavan energiansäästön vuosittain tuoma kustannussäästö. Toimenpiteiden energiansäästöt on arvioitu laskennallisesti DOF-Energia 2.0 -ohjelmalla. Vuosittain saavutettava kustannussäästö on laskettu näistä laskennallisista energiansäästöistä lämmitysenergian hinnalla 10 c/kWh . *Taulukon 2.1* tietojen perusteella laskettu toimenpiteiden lisäinvestointikustannuksella painotettu keskimääräinen pitoaika on tarkasteltaville toimenpiteille 32 vuotta.

Taulukko 2.1. Tarkasteltavien energiansäästötoimenpiteiden arvioitu käyttöikä, energiansäästötoimenpiteen tekemiseen tarvittava lisäkustannus sekä kullakin toimenpiteellä saavutettavalla energiansäästöllä vuosittain saavutettava kustannussäästö, kun lämmitysenergialle on käytetty hintaa 10 c/kWh.

Energiansäästötoimenpide	Käyttöikä [a]	Lisäkustannus [€]	Energian kustannussäästö [€/a]
Uudet ikkunat (U=1,2 → U=1,0)	30	10 768	1 069
Yläpohja (lisäeristys 200 mm)	40	10 949	2 596
Ilmanvaihto (kunnostus → tulo/poisto LTO 60%)	30	503 778	11 990
Ulkoseinä (lisäeristys 100 mm)	40	120 000	4 858

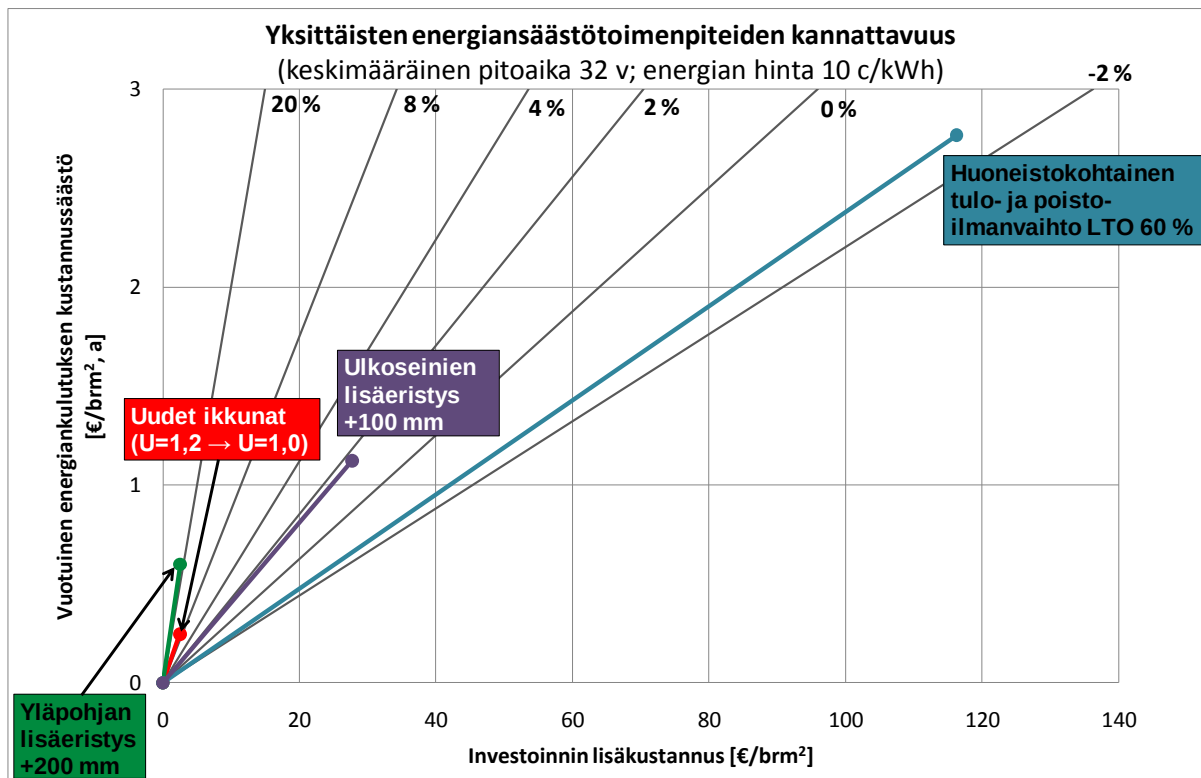
2.4.3. Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus

Taulukon 2.1 tietojen perusteella voidaan laskea kunkin energiansäästötoimenpiteen sisäinen korko ja järjestää toimenpiteet sen perusteella kannattavuusjärjestykseen. Taulukossa 2.2 on järjestetty energiansäästötoimenpiteet kannattavuusjärjestykseen sisäisen koron perusteella. Sisäinen korko on laskettu sekä kunkin toimenpiteen omalla käyttöiällä että keskimääräisellä käyttöiällä. Taulukosta nähdään, että virhe keskimääräisellä pitoajalla laskettuna on kokonaislukutarkkuudella enintään yksi prosenttiyksikkö.

Taulukko 2.2. Energiansäästötoimenpiteet järjestettynä kannattavuusjärjestykseen sisäisen koron perusteella.

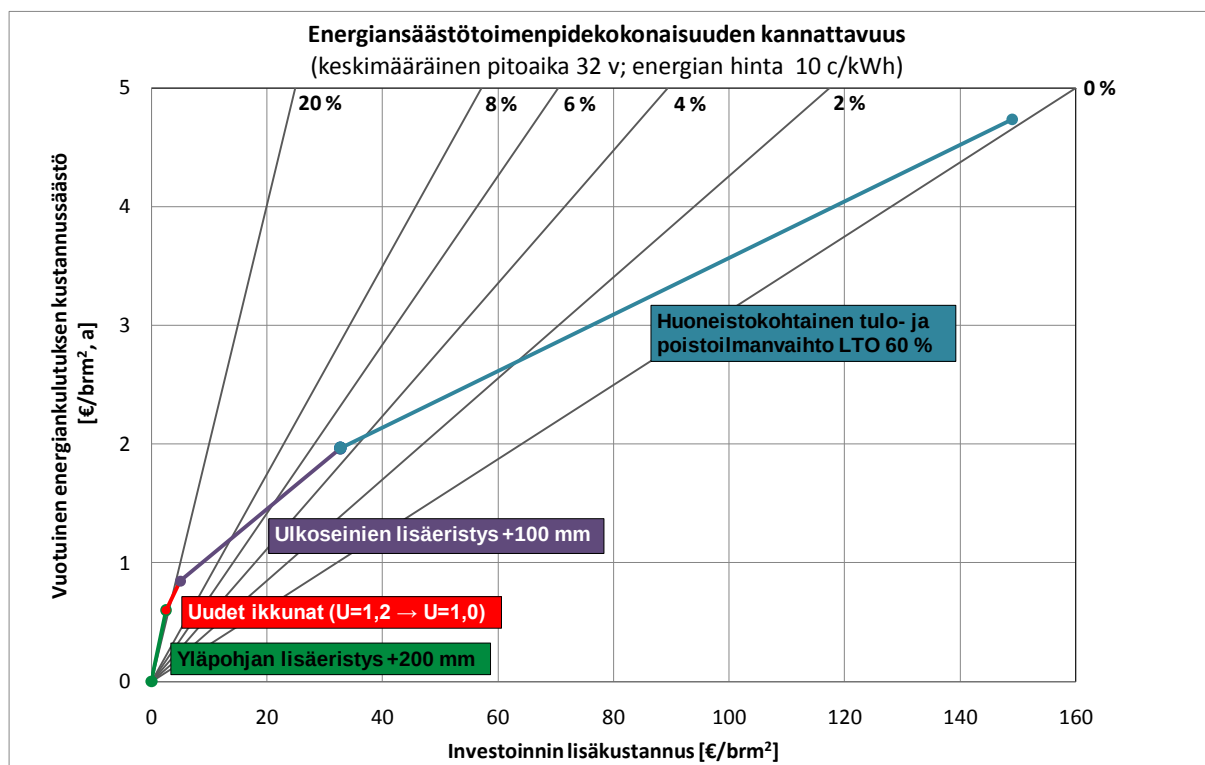
Energiansäästötoimenpide	Sisäinen korko todellisella käyttöiällä	Sisäinen korko keskimääräisellä käyttöiällä
Yläpohja (lisäeristys 200 mm)	24 %	24 %
Uudet ikkunat (U=1,2 → U=1,0)	9 %	9 %
Ulkoseinä (lisäeristys 100 mm)	3 %	2 %
Ilmanvaihto (kunnostus → tulo/poisto LTO 60%)	-2 %	-2 %

Kuvassa 2.4 case-esimerkin yksittäisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus on esitetty graafisesti. Jos tuottovaatimukseksi oletetaan 4 % ja energian hinnan oletetaan nousevan vuosittain 1 % keskimääräistä inflaatiota enemmän, saadaan korjatuksi tuottovaatimukseksi $r_{\text{korjattu}} = 4 \% - 1 \% = 3 \%$. Vertaamalla kuvassa olevia energiansäästötoimenpiteiden kuvaajia sisäisen koron viivoihin, voidaan todeta, että yläpohjan lisäeristäminen +200 mm puhallusvilla ja ikkunoiden U-arvon parantaminen arvosta 1,2 W/m²K arvoon 1,0 W/m²K ovat tuottovaatimuksen puitteissa kannattavia toimenpiteitä. Sen sijaan ulkoseinien lisäeristäminen ja koneellisen poistoilmanvaihtojärjestelmän vaihtaminen koneelliseen 60 % lämmöntalteenotolla varustettuun tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmään osoittautuvat tässä tapauksessa kannattamattomiksi.



Kuva 2.4. Yksittäisten energiansäästötoimenpiteiden kannattavuus case-esimerkin tapauksessa.

Kuvassa 2.5 case-esimerkin energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta on tarkasteltu kokonaispakettina. Oletetaan korjatuksi tuottovaatimukseksi sama 3 % kuin edellä. Kokonaiskannattavuustarkastelun mukaan yläpohjan lisäeristämisen ja ikkunoiden U-arvon parantamisen lisäksi myös ulkoseinien lisäeristäminen voitaisiin toteuttaa kokonaiskannattavuuden pysyessä tuottovaatimuksen yläpuolella. Tällöin siis kannattavammilla toimenpiteillä (yläpohja + ikkunat) rahoitettaisiin kannattamattomamman toimenpiteen (ulkoseinien lisäeristys) toteuttamista siten, että toimenpidepaketin kokonaiskannattavuus jää tuottovaatimuksen yläpuolelle. Tässäkin tarkastelussa ilmanvaihtojärjestelmän vaihtaminen koneellisesta poistojärjestelmästä koneelliseen tulo- ja poistojärjestelmään 60 % lämmöntalteenotolla näyttäisi olevan taloudellisesti kannattamatonta.



Kuva 2.5. Energiansäästötoimenpidepaketin kannattavuus case-esimerkin tapauksessa.

Kun kokonaiskannattavuus asettuu lähelle tuottovaatimuksen rajaa, on yksittäin tarkasteltuna kannattamattomien toimenpiteiden toteuttamista osana energiansäästöpakettia syytä harkita tapauskohtaisesti. Tällöin on huomioitava, korjaustoimenpiteiden energiansäästöjen ja kustannusten laskentaan liittyviä epävarmuustekijöitä ja tehtävä ratkaisu mieluummin varmalle puolelle. Taloudellisten näkökohtien lisäksi myös viihtyvyys- ja arvotekijöillä voi olla ratkaiseva merkitys valintoja tehtäessä.

Viihtyvyys- ja arvotekijät voidaan ottaa huomioon ”maksuhalukkuusmenettelyllä”. Tällöin kannattamattoman positiivisia arvotekijöitä sisältävän toimenpiteen investointikustannusta vähennetään laskelmassa niin paljon, että se tulee kannattavaksi. Jos arvotekijöistä ollaan valmiita maksamaan tämä investointikustannuksen vähennys, voidaan toimenpide toteuttaa.

3. Yhteenveto

Koska energiansäästötoimenpiteiden toteuttaminen on kannattavaa nimenomaan muista syistä tehtävien peruskorjausten yhteydessä ja suuri osa Suomen rakennuskannasta on tulossa peruskorjausikään, tarvitaan energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuden esittämiseen havainnollinen tapa. Tässä raportissa esitetty tapa tarkastella energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta on osoittautunut toimivaksi ja sen ottamista laajempaankin käyttöön voidaan suositella.

EVAKO-hankkeessa on kehitteillä tässä esitetyn tarkastelutavan toteuttamista helpottava Excel-sovellus, joka julkaistaan sen valmistuttua Lähiöohjelman hankesivuilla (www.ara.fi/elavalahio) sekä TTY:n Rakennustuotannon ja -talouden yksikön Energia- ja elinkaariryhmän kotisivuilla (www.tut.fi/ee). Esitetyn tarkastelutapaa ja siihen liittyviä työkaluja on kehitelty myös Ruotsissa BELOK Total-projektin yhteydessä ja kiinnostuneiden kannattaa tutustua osoitteeseen www.belok.se.

Lisätietoja aiheesta voi kysyä seuraavilta henkilöiltä:

*Antti Kurvinen, DI
Tutkija
Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustuotanto ja -talous
e-mail: antti.kurvinen@tut.fi
p. 040-1981887*

*Juhani Heljo, DI
Laboratorioinsinööri, tutkija
Tampereen teknillinen yliopisto
Rakennustuotanto ja -talous
e-mail: juhani.heljo@tut.fi
p. 040-5442830*

LÄHTEET

Aalto, R & Heljo, J. 1984. Helsinki, Rakentajain Kustannus Oy. 289 s. + liitt. 10 s.

Abel, Enno. 2010. Ekonomisk bedömning. BELOK Totalprojekt – Energieffektivisering av befintliga lokalbyggnader. [PDF]. Viitattu: 28.2.2011. Saatavissa: <http://www.belok.se/docs/Kortrapporter/Lonsamhetsmodell.pdf>. 17 s.

Kurvinen, A. 2010. Korjaustoiminnan energiataloudellisten valintojen systematiikka. Saatavissa: http://webhotel2.tut.fi/ee/Materiaali/Evako/EE2_Diplomityo_Kurvinen.pdf. Diplomityö. Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. 109 s. + liitt. 32 s.

Petäjä S. & Spoof, H. 2001. Päälysrakenteen elinkaarikustannusanalyysi. TPPT 20 Menetelmäkuvaus. Espoo, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. 43 s. + liitteet 4 s.

Renoveringshandboken för hus byggda 1950–75. 2010. Stockholm, VVS Företagen. 172 s.