

FInZEB -HANKE



Lähes nollaenergiarakennusten käsitteet, tavoitteet ja suuntaviivat kansallisella tasolla

TAUSTARAPORTTI 3

KUSTANNUSLASKENTA - KOULUT JA PÄIVÄKODIT

20.03.2015

Granlund Oy / Erja Reinikainen

Sisältö

1	Johdanto.....	3
2	Laskentamenetelmä.....	4
3	Lähtötiedot.....	4
4	Tulokset.....	5
4.1	Koulut	5
4.2	Päiväkodit	8
5	Lisätarkastelut.....	9
6	Johtopäätökset	9

LIITE 1 Investointikustannukset koulut ja päiväkodit

LIITE 2 Elinkaarikustannukset koulut

LIITE 3 Elinkaarikustannukset päiväkodit

1 Johdanto

FInZEB-hankkeen Loppuraportin (Sisältö ja tulokset) lisäksi hankkeessa on laadittu useita teknisiä raportteja, jotka julkaistaan hankkeen www-sivuilla osana Taustaraporttia.

Tämä on Taustaraportin osa 3, Kustannuslaskenta – koulut ja päiväkodit.

Taustaraportti koostuu seuraavista osaraporteista:

1	Kustannuslaskenta – asuinkerrostalo ja toimisto	Optiplan Oy
2	Pientalojen kustannuslaskenta ja E-luku	Insinööritoimisto Vesitaito Oy
3	Kustannuslaskenta – koulut ja päiväkodit	Granlund Oy
4	Energiaa säästävät tekniset ratkaisut	Granlund Oy
5	Laskentasäännöt	Granlund Oy
6	Aurinkosähkötarkastelut	Granlund Oy
7	Tulevaisuuden sää ja sisälämpötilatarkastelut	Granlund Oy
8	Pilottikohteiden kokemuksia	Granlund Oy
9	Energiantuotantoketjut – aineistoselvitys	Granlund Oy
10	Valaistuksen laadullisten tekijöiden ja energialaskennan määrittely FInZEB-hankkeelle	Tampereen ammattikorkeakoulu

Tämä selvitys tehtiin osana FInZEB-hanketta koskien koulujen ja päiväkotien kustannuslaskentaa.

Kustannuslaskennan tavoitteina oli selvittää yksittäisten energiaa säästävien ratkaisujen osalta kustannusvaikutus koko elinkaaren ajalta, investoinnin vaikutus E-lukuun ja takaisinmaksuaika.

Yksittäisten energiaa säästävien ratkaisujen elinkaarikustannustarkastelun perusteella muodostettiin toimenpidepaketteja, joiden osalta laskettiin pakettien elinkaarikustannukset.

Kustannusarvioiden laatimisessa vertailtavina toteutustapoina käytettiin ratkaisumalleja, jotka perustuvat nykyisiin rakentamiskäytäntöihin.

Herkkyystarkastelua tai kustannusoptimaalisuutta ei tarkasteltu näiden rakennustyyppien osalta.

Kohteet, joissa energiaa säästäviä ratkaisuja tarkasteltiin, olivat tarkasteluajankohdalle tyypilliset kaksi koulua ja kaksi päiväkotia. Kohteet poikkeavat toisistaan sekä laajuuden että arkkitehtuurin osalta.

2 Laskentamenetelmä

Laskentamenetelmänä käytettiin EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (244/2012) mukaista kokonaiskustannuksiin (elinkaarikustannuksiin) perustuvaa tarkastelua. Tässä tarkastelussa huomioitiin kaikki elinkaaren aikana syntyvät kustannukset, minkä perusteella ratkaisuille määriteltiin nettohyötyarvot valitulla tarkastelujaksolla.

Laskenta tehtiin Excel-pohjaisella laskentatyökalulla seuraavan kaavan mukaisesti:

$$C_g(\tau) = C_1 + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i) + E_{a,i}(j) \times R_e(i)) \right]$$

jossa

τ on laskentajakso

C_1 on ratkaisun tai toimenpidepaketin j alkuperäiset investointikustannukset

$C_{a,i}(j)$ on ratkaisun tai toimenpidepaketin j vuotuiset kustannukset vuonna i

$R_d(i)$ on diskonttokorkon r perustuva vuoden i diskonttaustekijä, joka lasketaan seuraavasti:

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + \frac{r}{100}} \right)^p, \text{ jossa } p \text{ on vuosien lukumäärä ja } r \text{ reaalin laskentakorko}$$

$E_{a,i}(j)$ on ratkaisun tai toimenpidepaketin j vuotuiset energiakustannukset vuonna i

$R_e(i)$ on diskonttokorkoon s perustuva vuoden i diskonttaustekijä, joka lasketaan seuraavasti:

$$R_e(p) = \left(1 + \frac{s}{100} \right)^p, \text{ jossa } p \text{ on vuosien lukumäärä ja } s \text{ energian hinnan nousu}$$

Laskennassa huomioitiin seuraavat elinkaaren aikana syntyvät kustannukset:

- investointikustannus
- energiakustannukset (sähkö, lämpö ja jäähdytys)
- ylläpitokustannukset
- korjaus-/uusimiskustannukset

sekä seuraavat tekijät:

- energianhinnan nousu
- laskentakorko

3 Lähtötiedot

Kustannuslaskennassa tarkasteltavat energiaa säästävät ratkaisuvaihtoehdot on määritelty jo aiemmin energiasimulointien avulla FinZEB-hankkeen aikana ja niitä hyödynnettiin sellaisenaan tässä tarkastelussa. Energiasimulointien avulla tarkasteltiin kussakin esimerkkirakennuksessa yksittäisiä energiaa säästäviä toimenpiteitä ja määriteltiin säästövaikutus verrattuna vallitsevan rakennusten energiatehokkuusvaatimuksen juuri täyttävään perustapaukseen (ostettu lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergia sekä E-luku). Tämä säästövaikutus on elinkaarikustannuslaskennassa huomioitu energiakustannussäästö.

Investointikustannustiedot saatiin HKR-Rakennuttajan kustannuslaskijoiden tiimiltä, joka laatii kyseisen tyyppisten kohteiden kustannusarvioita kaupungin rakennushankkeissa.

Elinkaarikustannusten laskennassa investointi- sekä korjaus- ja ylläpitokustannuksia arvioitiin käyttäen apuna tietoja toteutuneista kohteista.

Energiaa säästävien toimenpiteiden yksikkökustannukset on esitetty Liitteessä 1.

Kaikki kustannukset on ilmoitettu **arvonlisäverottomina**.

Sähköenergian hintoina käytettiin Tilastokeskuksen ”Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin” -tilaston 07/13 - 06/14 aikaista keskihintaa, siten että kohteille käytettiin luokkana T6:ta (20 - 499 MWh/a). Tilaston hinnat sisältävät energian, siirron sekä sähköveron ja ALV:n. Saadusta keskihinnasta poistettiin arvonlisävero, koska kaikki muutkin kustannukset olivat ALV 0 %.

Tilastossa ei ole eritelty sähkön energia- ja perusmaksua, joten käytetyt hinnat ovat kokonaishintoja, jotka sisältävät sähkönkäytön perusmaksut. Perusmaksun osuus sähkön kokonaishinnasta on hyvin pieni ja lisäksi sen osuus verrattuna kaukolämmön perusmaksuun on oleellisesti pienempi. Joten sähkön perusmaksu ei muodosta oleellista kustannustekijää.

Sähkön hinnaksi saatiin näille rakennustyypeille **88,30 €/MWh**.

Lämpöenergian hintoina käytettiin Energiateollisuus ry:n ”Kaukolämmön hinta 1.7.2014 alkaen” -tilaston energiamäärillä painotettua keskihintaa, josta poistettiin arvonlisäveron osuus.

Kouluille ja päiväkodeille käytettiin perusmaksun sisältävänä kaukolämpöenergian hintana III-luokkaa **56,89 €/MWh**.

Energian hinnan nousun oletettiin olevan perustapauksessa **2 % vuodessa**, mikä on yleisesti elinkaaritarkasteluissa käytetty oletus. Tarkasteluaikana käytettiin rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaisesti muille kuin asuinrakennuksille ajanjaksoa **20 vuotta**.

Laskentakorkona käytettiin arvoa **4 %**.

Tarkastellut kohteet olivat seuraavat:

- Koulu A: 4225 brm²
- Koulu M: 7863 brm²
- Päiväkoti F: 1115 brm²
- Päiväkoti T: 730 brm²

4 Tulokset

Koulujen ja päiväkotien elinkaarikustannukset laskettiin edellä kuvatulla tavalla ja edellä olevien reunaehtojen mukaan. Tässä luvussa esitetään laskelmien päätulokset ja tunnusluvut. Laskelmien yksityiskohtaisemmat tulokset ovat liitteissä 1 ja 2.

4.1 Koulut

Koulujen osalta tutkittiin Kuvassa 1 esitettyjä ratkaisuvaihtoehtoja. Kullekin toimenpiteelle määritettiin neliökohtainen kokonaiskustannus, E-lukuvaikutus sekä takaisinmaksuaika perustapauksessa.

Ratkaisu
Perusratkaisu
Ikkuna U= 0.6 g = 24,3%
Kylmäsiljat -25 %
Ilmavuoto minimi N50=0,6
LTO vuosihyötysuhde maksimi 85 %
Ilmanvaihdon SFP minimi 1,5 kW/(m ³ /s)
Tarpeenmukainen ilmanvaihto (0.7l/s/m ²)
Tarpeenmukainen valaistus
Valaistus minimi 12 W/m ²
Valaistus minimi 8 W/m ²
Aurinkosähkö, 377 m ²
Passiivirakenteet (vain vaippa)
Passiivirakenteet, ikkunat U=0,8, ei kylmäsiltoja

Kuva 1 Koulujen energiansäästötoimenpiteet

Elinkaarikustannustarkastelun tulokset on esitetty Liitteessä 2.

Negatiivinen neliökohtainen kokonaiskustannus kuvastaa sitä, että kyseisen ratkaisun yhteenlasketut investointi-, käyttö- ja kunnossapito- sekä energiakustannukset ovat 30 vuoden aikana negatiiviset, eli investointi tuottamat tulot ovat suuremmat kuin siitä aiheutuvat menot. Vaikutus E-lukuun -sarakkeen negatiiviset arvot kuvastavat sitä, kuinka paljon kukin ratkaisu pienentää E-lukua. Takaisinmaksuaika on vuosissa ja kuvastaa sitä kuinka nopeasti kuhunkin investointiin liittyvät tulot vastaavat siihen kuluneita menoja, eli käytännössä, minkä käyttövuoden jälkeen investointi alkaa tuottaa voittoa.

Taloudellisessa mielessä 30 vuoden aikana kokonaiskustannuksiltaan negatiiviset ratkaisut ovat kannattavimmat. Näitä ovat ilmanvaihdon LTO-vuosihyötysuhteisiin, rakennuksen tiiviyyteen, valaistukseen sekä tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon ja valaistukseen liittyvät ratkaisut.

30 vuoden kokonaiskustannuksiltaan kalleimpia ratkaisuja ovat passiivirakenteet ja aurinkosähkö.

Ratkaisuvaihtoehdoista E-lukua eniten pienentäviä ovat ilmanvaihdon tehokas lämmön talteenotto, tarpeenmukainen ilmanvaihto ja aurinkosähkö.

Vähiten E-lukua pienensi kylmäsiltojen vähentäminen, rakennuksen tiivistäminen ja ikkunoiden parantaminen.

Taloudellisesti edullisimmista ratkaisuista, joiden 30 vuoden kokonaiskustannukset olivat negatiiviset, muodostettiin kaksi toimenpidepakettia. Koulujen osalta tarkasteltujen kustannusoptimaalisten pakettien sisältö on esitetty Kuvassa 2 ja paketteihin liittyvät tunnusluvut Kuvassa 3.

Kuvasta 3 havaitaan, että toimenpidepaketilla 2 on pienimmät, eniten negatiiviset, kokonaiskustannukset 30 vuoden ajalla ja sen takaisinmaksuaika on lyhyin ja investoinnin tehokkuus suhteessa E-lukuvaikutukseen paras.

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2
<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 45 % Valaistus 18 W/m² Tuloilmavirta 3 dm³/s,m² Tiiveys q₅₀ = 4 m³/h,m² 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Valaistus 12 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 1,5 – 2,0 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h) 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 1,5 – 2,0 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h)

Kuva 2 Koulujen perustapaus ja toimenpidepaketit

Ratkaisu	Investointi-kustannus €/m ²	Käyttö- ja kunnossapitokustannukset (20 v) €/m ²	Energia-kustannukset (20 v) €/m ²	Kokonaiskustannukset €/m ²	Vaikutus E-lukuun kWh/m ²	Takaisinmaksuaika	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
KOULU A							
Toimenpidepaketti 1	36	10	-111	-64	99,0	5,3	0,4
Toimenpidepaketti 2	36	10	-115	-69	106,6	5,1	0,3
KOULU M							
Toimenpidepaketti 1	34	6	-101	-61	87,9	5,4	0,4
Toimenpidepaketti 2	34	6	-106	-66	95,2	5,1	0,4

Kuva 3 Koulujen energiansäästövaikutukseltaan ja kustannuksiltaan toteutuskelpoisten toimenpidepakettien elinkaarikustannukset

4.2 Päiväkodit

Päiväkotien osalta tutkittiin Kuvassa 4 esitettyjä ratkaisuvaihtoehtoja. Kullekin toimenpiteelle määritettiin neliökohtainen kokonaiskustannus, E-lukuvaikutus sekä takaisinmaksuaika perustapauksessa.

Ratkaisu
Perusratkaisu
Ikkuna $U = 0.6 \text{ g} = 24,3\%$
Kylmäsiljat -25 %
Ilmavuoto minimi $N50 = 0,6$
LTO vuosihyötysuhde maksimi 85 %
Ilmanvaihdon SFP minimi $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$
Tarpeenmukainen ilmanvaihto ($0.7 \text{ l}/\text{s}/\text{m}^2$)
Tarpeenmukainen valaistus
Valaistus minimi $12 \text{ W}/\text{m}^2$
Valaistus minimi $9 \text{ W}/\text{m}^2$
Aurinkolämpö, 11 m^2
Passiivirakenteet (vain vaippa)
Passiivirakenteet, ikkunat $U = 0,8$, ei kylmäsiltoja

Kuva 4 Päiväkotien energiansäästötoimenpiteet

Elinkaarikustannustarkastelun tulokset on esitetty Liitteessä 3.

Taloudellisessa mielessä 30 vuoden aikana kokonaiskustannuksiltaan negatiiviset ratkaisut ovat kannattavimmat. Näitä ovat ilmanvaihdon LTO-vuosihyötysuhteisiin, rakennuksen tiiviyteen ja valaistukseen sekä tarpeenmukaiseen ilmanvaihtoon ja valaistukseen liittyvät ratkaisut.

Päiväkoti T on selvästi pienempi kuin päiväkotit F, joten siinä vaipan alan suhde bruttoalaan on suurempi ja vaippaan kohdistuvien toimien merkitys korostuu.

30 vuoden kokonaiskustannuksiltaan kalleimpia ratkaisuja ovat passiivirakenteet ja aurinkolämpö.

Ratkaisuvaihtoehtoista E-lukua eniten pienentäviä toimia ovat ilmanvaihdon tehokas lämmön talteenotto, tarpeenmukainen ilmanvaihto ja energiatehokas valaistus.

Vähiten E-lukua pienensi kylmäsiltojen vähentäminen, rakennuksen tiivistäminen ja aurinkolämpö.

Taloudellisesti edullisimmista ratkaisuista, joiden 30 vuoden kokonaiskustannukset olivat negatiiviset, muodostettiin kaksi toimenpidepakettia. Päiväkotien osalta tarkasteltujen kustannusoptimaalisten pakettien sisältö on esitetty Kuvassa 5 ja paketteihin liittyvät tunnusluvut Kuvassa 6.

Kuvasta 6 havaitaan, että toimenpidepaketilla 2 on pienimmät, eniten negatiiviset, kokonaiskustannukset 30 vuoden ajalla ja sen takaisinmaksuaika on lyhyin. Investoinnin tehokkuudessa suhteessa E-lukuvaikutukseen ei toimenpidepaketeilla ole suurta eroa.

Perustapaus	Toimenpidepaketti 1	Toimenpidepaketti 2
<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 45 % Valaistus 18 W/m² Tuloilmavirta 3 dm³/s,m² Tiiveys q₅₀ = 4 m³/h,m² 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Valaistus 12 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 0,7 – 1,0 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h) 	<ul style="list-style-type: none"> LTO-vuosihyötysuhde 85 % Valaistus 8 W/m² + tarpeenmukainen ohjaus Tarpeenmukainen ilmanvaihto Tiiveys q₅₀ = 0,7 – 1,0 m³/h,m² (n₅₀ = 0,6 1/h)

Kuva 5 Päiväkotien perustapaus ja toimenpidepaketit

Ratkaisu	Investointi-kustannus €/m ²	Käyttö- ja kunnossapitokustannukset (20 v) €/m ²	Energia-kustannukset (20 v) €/m ²	Kokonais-kustannukset €/m ²	Vaikutus E-lukuun kWh/m ²	Takaisinmaksuaika	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
PÄIVÄKOTI F							
Toimenpidepaketti 1	45	29	-95	-21	84,8	7,7	0,5
Toimenpidepaketti 2	45	29	-99	-25	90,5	7,4	0,5
PÄIVÄKOTI T							
Toimenpidepaketti 1	47	43	-95	-5	86,8	7,9	0,5
Toimenpidepaketti 2	47	43	-98	-8	92,2	7,7	0,5

Kuva 6 Päiväkotien energiansäästövaikutukseltaan ja kustannuksiltaan toteutuskelpoisten toimenpidepakettien elinkaarikustannukset

5 Lisätarkastelut

Herkkyystarkastelua ja kustannusoptimaalisuuden tarkastelua ei kouluille ja päiväkodeille tehty. Tarkastelu on tehty vain asuinkeuhkotalolle ja toimistorakennukselle ja tulokset on esitetty **Taustaraportissa 2 Kustannuslaskenta – asuinkeuhkotalo ja toimisto.**

6 Johtopäätökset

Tulosten perusteella tehokkaimmin E-lukua parantavat ratkaisut ja toisaalta myös kustannuksien eniten säästävät ratkaisut ovat ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehostaminen, energiatehokas valaistus sekä ilmanvaihdon ja valaistuksen tarpeenmukainen ohjaus. Nämä kaikki sekä muut kustannusoptimaalisuuden täyttävät ratkaisut ovat jo nykypäivänkin käytössä ainakin yksittäisinä ratkaisuin.

LIITE 1

INVESTOINTIKUSTANNUKSET KOULUT JA PÄIVÄKODIT

FInZEB-kustannukset / HKR

17.10.2014 Granlund Oy / Erja Reinikainen

FInZEB-hankkeessa kaavailun "lähes nollaenergiarakentamisen" lisäkustannukset rakentamismääräysten tasoon (D3/2012) verrattuna. Kustannukset on koottu työpalaverissa HKR:ssä 15.10.2014 sekä hyödynnetty ns. LOR-projektin kustannustietoja (joulukuun 2013).

Kustannukset on jaoteltu FInZEB-energiatarkastelujen perusteella (energiansäästöratkaisut verrattuna D3/2012 määrätasoon).

Tyypillinen päiväkotikoti on noin 1000 brm² ja koulu noin 3000-4000 brm².

		Lisäkustannus eur/brm ²		
		Päiväkoti	Koulu	Selityksiä
Rakennustekniset parannukset				
Paremmat U-arvot rakenteissa	W/m ² K			
	0,17 > 0,14 ulkoseinä	8,9	5,8	Passiivienergiataso
	0,09 > 0,07 yläpohja	16,8	12	Passiivienergiataso
	0,16 > 0,1 alapohja maanvarainen	11,9	8,4	Passiivienergiataso
	1,0 > 0,6 ikkunat	18,8	13,8	Paremmat ikkunat, ks.alla
Paremmat ikkunat	U=1, g=47,6 > U=0,6, g=24,3 ikkunoissa 0,6 (2K+2K)			parempi aurinkosuojaus U-arvon lisäksi normi-ikkuna U=0,9, kustannus 300 eur/ikkuna-m ² U=0,6 ikkuna: + 100 eur/ik-m ²
Kylmäsiltoja vähennetty	Laskennallisesti -25% D5 arvosta	4,7	3,2	rakennedetaljit suunniteltu ja toteutettu huolellisesti, valvottu lisähinta 3-4 eur/vaipan alan m ²
Parempi tiiviisyys	tavoitteena n50=0,6	0	0	määräystaso q50=4, 5000 eur lisäkustannus mittaamisesta ei lisähintaa työtavasta
Rakenteelliset parannukset yhteensä		61,1	43,2	
LVI-tekniset parannukset				
Ilmanvaihdon parempi lämmöntalteenotto	Vuosihyötysuhde paranee noin 45 % > 85 % levy-lto pääkoneissa	16	12	markkinoiden paras tulo-poistokone WC-ym tilat oman lto:lla varustetun tulo-poistokoneen piirissä päiväkodissa parempi pääkone + yksi lisäkone vessoille, koulussa useita parempia t+p-koneita + pari lisäkoneita, sekä keittiön poistosta lto + UV-suodatin
lv-koneiden parempi sfp-luku	Parannus 2,0 > 1,5 kW/m ³ /s koko luokkaa suurempi kone useampia koneita suurempi konehuone, lisäneliöitä yhteensä	7 10 14 31	8 16 11 35	noin 2000 eur per kone kun 1 m ³ /s pienempiä koneyksiköitä, lyhyemmät kanavat, enemmän kanavatilaa, ei huomioitu
Tarpeenmukainen ilmanvaihto	ilmamääräsäädöt luokissa ja ryhmätiloissa	12	12	tilakohtaiset pellit ja automatiikka CO ₂ - ja lämpötilaohjaus Ei huomioitu varsinaisia ims-yksiköitä vaan oletettu käytettäväksi säädettyjä peltejä
Vettä säästävät kalusteet	elektroniset hanat painonappisuihkut	4	2	230 V sähkötkä mukana ovat kyllä normivarustus hygieniasyistä yleensä toteutetaan näin aina
LVI-parannukset yhteensä		63	61	

Sähkötekniset parannukset				
Led-valaistus	Perustasoa energiatehokkaampi led-valaistus saavutetaan 8 W/m2	6	5	koulussa T5-valaisimet 60 eur/m2 led-valaisin nyt 200 eur/kpl, tavallinen 100 eur Nämä 2013 hintoja, halvennettu näistä, ledien hinnat alentuneet.
				Perustaso koulut + lpk 18 W/m2, Taso 8 W/m2 saavutettavissa jopa T5-asennuksin
Tarpeenmukainen valaistus	Läsnäolo-ohjattu valaistus valaisin- tai ryhmäkohtaisin anturein	4	3	läsnäolotunnistimet noin 300 eur/luokka, 3 kpl tunnistimia tilassa lisäksi liikuntatila, ruokala, jne
Sähkötekniset parannukset yhteensä		10	8	
Uusiutuvan energian tuotanto				
Aurinkolämpö	Keräimiä 7-11 m2, tuotto 50% lkv Viimeisintä mallia tasokeräimet	21	0	keräin, liuospiiri, vaihdin, pumppu, putkisto varusteineen, katolle kannakkeet, jne. HUOM: KOULUSSA EI AURINKOLÄMPÖÄ Toteutuneessa kohteessa aurinkolämpö noin 21 eur/brm2
Aurinkosähkö	Koulussa tuotetaan 20% kokonaissähköstä paneeleilla Paneelimäärä noin 0,08 m2 per bruttoala katon varusteet	40	22	päiväkodissa 10 kWp, 5-6 MWh/a koulussa 30 kWp, 20-25 MWh/a Paneelit 650 eur/paneeli-m2 + perushinta 10 000 eur kulkusillat, paneelien kannatukset, jne Toteutuneessa kohteessa aurinkosähkön ref kustannus 60 eur/brm2
Uusituva energia yhteensä		71	27	
KAIKKI TOIMENPITEET YHTEENSÄ		205,1	139,2	

LIITE 2

ELINKAARIKUSTANNUKSET KOULUT

KouluA

Ratkaisu	Investointi- kustannus €/m ²	Käyttö- ja kunnossa- pitokustannukset (20 v) €/m ²	Energia- kustannukset (20 v) €/m ²	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Vaikutukset ostoenergiaan, lämpö (MWh/a)	Vaikutukset ostoenergiaan, sähkö (MWh/a)	Vuotuinen säästö eur/m ² ,a	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Perusratkaisu										
Ikkuna U= 0.6 g = 24,3%	15,2	0,0	-2,4	12,8	1,8	10,9	0	0,15	104	8,41
Kylmäsililat -25 %	3,5	0,0	-0,2	3,3	0,1	0,9	0	0,01	300	24,39
Ilmavuoto minimi N50=0,6	1,2	0,0	-7,7	-6,6	5,9	35,7	0	0,48	2	0,20
LTO vuosihyötysuhde maksimi 85 %	13,2	0,0	-65,0	-51,8	49,7	300,1	0	4,04	3	0,27
Ilmanvaihdon SFP minimi 1,5 kW/(m ³ /s)	38,5	3,8	-7,2	35,0	8,7	0,0	21,5	0,45	86	4,44
Tarpeenmukainen ilmanvaihto (0.7l/s/m ²)	13,2	7,9	-25,0	-3,9	23,2	85,8	19,0	1,55	9	0,57
Tarpeenmukainen valaistus	3,3	5,1	-5,3	3,1	8,1	-19,6	28,3	0,33	10	0,41
Valaistus minimi 12 W/m ²	5,5	-2,9	-7,8	-5,2	12,1	-28,7	41,8	0,49	11	0,46
Valaistus minimi 8 W/m ²	5,5	-2,9	-12,4	-9,7	19,6	-51,8	70,1	0,77	7	0,28
Aurinkosähkö, 377 m ²	29,7	5,0	-17,8	16,9	21,3	0,0	52,8	1,10	27	1,40
Passiivirakenteet (vain vaippa)	28,8	0,0	-12,4	16,5	9,5	57,1	0	0,77	38	3,05
Passiivirakenteet, ikkunat U=0,8, ei kylmäsiltoja	40,3	0,0	-14,3	26,0	10,9	65,8	0	0,89	45	3,69

KouluM

Ratkaisu	Investointi- kustannus €/m ²	Käyttö- ja kunnossa- pitokustannukset (20 v) €/m ²	Energia- kustannukset (20 v) €/m ²	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Vaikutukset ostoenergiaan, lämpö (MWh/a)	Vaikutukset ostoenergiaan, sähkö (MWh/a)	Vuotuinen säästö eur/m ² ,a	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Perusratkaisu										
Ikkuna U= 0.6 g = 24,3%	14,2	0,0	-3,5	10,7	2,7	30,0	0	0,22	66	5,32
Kylmäsililat -25 %	3,3	0,0	-0,5	2,8	0,4	4,1	0	0,03	112	9,14
Ilmavuoto minimi N50=0,6	0,6	0,0	-6,5	-5,9	5,0	55,9	0	0,40	2	0,13
LTO vuosihyötysuhde maksimi 85 %	12,4	0,0	-63,5	-51,2	48,6	545,6	0	3,95	3	0,25
Ilmanvaihdon SFP minimi 1,5 kW/(m ³ /s)	36,1	2,7	-6,3	32,5	7,5	0,0	34,6	0,39	93	4,82
Tarpeenmukainen ilmanvaihto (0.7l/s/m ²)	12,4	5,5	-19,8	-2,0	17,1	131,3	25,2	1,23	10	0,72
Tarpeenmukainen valaistus	3,1	3,2	-3,7	2,6	5,6	-23,5	35,4	0,23	14	0,56
Valaistus minimi 12 W/m ²	5,2	-2,7	-7,5	-5,0	11,6	-52,7	75,5	0,47	11	0,44
Valaistus minimi 8 W/m ²	5,2	-2,7	-12,0	-9,5	19,0	-92,4	125,8	0,74	7	0,27
Aurinkosähkö, 657 m ²	27,8	3,8	-16,6	15,0	19,9	0,0	92,0	1,03	27	1,40
Passiivirakenteet (vain vaippa)	27,0	0,0	-11,8	15,2	9,0	101,3	0	0,73	37	2,99
Passiivirakenteet, ikkunat U=0,8, ei kylmäsiltoja	37,7	0,0	-15,6	22,1	11,9	133,8	0	0,97	39	3,17

LIITE 3

ELINKAARIKUSTANNUKSET PÄIVÄKODIT

Päiväkoti F

Ratkaisu	Investointi- kustannus €/m ²	Käyttö- ja kunnossa- pitokustannukset (20 v) €/m ²	Energia- kustannukset (20 v) €/m ²	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Vaikutukset ostoenergiaan, lämpö (MWh/a)	Vaikutukset ostoenergiaan, sähkö (MWh/a)	Vuotuinen säästö eur/m ² ,a	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Perusratkaisu										
Ikkuna U= 0.6 g = 24,3%	20,2	0,0	-5,5	14,7	4,0	6,7	0	0,34	59	5,04
Kylmäsilat -25 %	5,1	0,0	-1,0	4,1	0,6	1,2	0	0,06	85	9,17
Ilmavuoto minimi N50=0,6	4,5	0,0	-9,5	-5,0	7,0	11,6	0	0,59	8	0,64
LTO vuosihyötysuhde maksimi 85 %	17,2	0,0	-50,2	-33,0	37,9	61,2	0	3,12	6	0,45
Ilmanvaihdon SFP minimi 1,5 kW/(m ³ /s)	33,4	7,1	-5,9	34,6	7,0	0,0	4,6	0,37	91	4,79
Tarpeenmukainen ilmanvaihto (0.7l/s/m ²)	12,9	15,5	-20,6	7,8	17,9	18,4	4,3	1,28	10	0,72
Tarpeenmukainen valaistus	4,3	15,8	-7,0	13,1	10,5	-6,4	9,6	0,43	10	0,41
Valaistus minimi 12 W/m ²	6,5	-2,8	-7,7	-4,0	11,6	-7,1	10,6	0,48	14	0,56
Valaistus minimi 9 W/m ²	6,5	-2,8	-11,2	-7,5	17,2	-11,2	16,0	0,70	9	0,38
Aurinkolämpö, 11 m ²	22,6	10,7	-5,8	27,5	4,4	7,1	0,0	0,36	62	5,13
Passiivirakenteet (vain vaippa)	40,5	0,0	-15,8	24,7	11,9	19,2	0	0,98	41	3,40
Passiivirakenteet, ikkunat U=0,8, ei kylmäsiltoja	67,0	0,0	-23,2	43,8	17,6	28,3	0	1,45	46	3,81

Päiväkoti T

Ratkaisu	Investointi- kustannus €/m ²	Käyttö- ja kunnossa- pitokustannukset (20 v) €/m ²	Energia- kustannukset (20 v) €/m ²	Kokonais- kustannukset €/m ²	Vaikutus E- lukuun kWh/m ²	Vaikutukset ostoenergiaan, lämpö (MWh/a)	Vaikutukset ostoenergiaan, sähkö (MWh/a)	Vuotuinen säästö eur/m ² ,a	Takaisin- maksuaika a	Investoinnin tehokkuus (€/m ²)/E-luku
Perusratkaisu										
Ikkuna U= 0.6 g = 24,3%	19,8	0,0	-2,4	17,4	1,8	1,9	0	0,15	135	10,99
Kylmäsilat -25 %	5,0	0,0	-1,0	4,0	0,7	0,8	0	0,06	85	6,87
Ilmavuoto minimi N50=0,6	6,8	0,0	-10,2	-3,3	7,7	8,1	0	0,63	11	0,89
LTO vuosihyötysuhde maksimi 85 %	16,9	0,0	-49,0	-32,2	37,5	39,1	0	3,04	6	0,45
Ilmanvaihdon SFP minimi 1,5 kW/(m ³ /s)	32,7	10,9	-6,0	37,5	7,3	0,0	3,1	0,38	86	4,47
Tarpeenmukainen ilmanvaihto (0.7l/s/m ²)	12,7	22,0	-23,3	11,4	20,6	13,8	3,1	1,46	9	0,61
Tarpeenmukainen valaistus	4,2	23,5	-6,0	21,7	10,0	-5,3	6,5	0,37	11	0,42
Valaistus minimi 12 W/m ²	6,3	-2,7	-6,5	-2,9	11,1	-6,0	7,2	0,40	16	0,57
Valaistus minimi 9 W/m ²	6,3	-2,7	-9,6	-6,0	16,5	-9,3	10,9	0,59	11	0,38
Aurinkolämpö, 11 m ²	22,2	13,2	-5,8	29,6	4,4	4,6	0,0	0,36	62	5,03
Passiivirakenteet (vain vaippa)	39,7	0,0	-21,2	18,5	16,2	16,9	0	1,32	30	2,45
Passiivirakenteet, ikkunat U=0,8, ei kylmäsiltoja	65,7	0,0	-27,7	38,0	21,1	22,1	0	1,72	38	3,11