

Ville Saksi

Uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen lähes nollaenergiatason koulurakennuksessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

24.5.2018

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Saksi Uusiutuvien energiamuotojen hyödyntäminen lähes nolla-energiatason koulurakennuksessa 44 sivua + 15 liitettä 24.5.2018
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	rakentaminen, YAMK
Ammatillinen pääaine	talotekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Jukka Yrjölä Toimitusjohtaja Kari Seitaniemi
<p>Opinnäytetyössä tutustutaan uusiin rakennusten energiatehokkuutta koskeviin määräyksiin ja lainsäädäntöön sekä historiaan määräysten taustalla. Työ tehtiin Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:n tilauksesta ja siinä tutkitaan, millä keinoilla on mahdollista saavuttaa uusien määräysten mukainen lähes nollaenergiataso uudessa koulurakennuksessa. Tarkastelussa keskitytään uusiutuvan energian eri muotoihin, kuten lämpöpumpputekniikkaan ja aurinkosähköön. Lisäksi tutkittiin eri energiansäästökeinojen vaikutusta koulurakennuksen aiheuttamiin CO₂-päästöihin.</p> <p>Vertailurakennukseksi valittiin todellinen kohde Sipoon Nikkilästä. Kohde 3D-mallinnettiin MagiCAD Room -suunnitteluohjelmalla ja luotuun malliin tehtiin energia- ja olosuhdesimuloitteja RIUSKA-laskentaohjelmalla.</p> <p>Eri laskentatapausten kannattavuuksia vertailtiin nykyarvomenetelmällä 20 vuoden tarkastelujaksolla. Laskentatuloksista huomattiin, että FInZEB-hankkeen loppuraportissa ehdotettu koulurakennuksen lähes nollaenergiataso on saavutettavissa elinkaarikustannuksiltaan melko kustannustehokkaasti ja tyydyttävällä noin 12 vuoden takaisinmaksuajalla, mutta alkuinvestointi on tuntuva. Myös rakennuksen CO₂-päästöt puolittuivat perustapaukseen verrattuna.</p>	
Avainsanat	lähes nollaenergiarakennus, energiansäästö, energiatehokkuus, koulurakennus, lämpöpumpputekniikka, aurinkosähkö

Author Title Number of Pages Date	<p>Ville Saksi Utilizing renewable energy sources in nearly zero-energy school building 44 pages + 15 appendices 24 May 2018</p>
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Professional Major	Building Services Engineering
Instructors	<p>Jukka Yrjölä, Principal Lecturer Kari Seitaniemi, Managing Director</p>
<p>This Master's thesis aimed at introducing the new energy efficiency regulations and legislation governing school buildings, including the background and history of the regulations. The study examined ways in which a new school building can achieve the nearly zero-energy level, focusing on different forms of renewable energy sources, such as heat pump technology and solar energy. Furthermore, the effect of various energy saving measures on the CO₂ emissions of the school building were studied.</p> <p>The effects were studied on the basis of a school building in Sipoo, Finland. The building was 3D modelled with the design programme MagiCAD Room and the energy use and indoor climate of the building were simulated with the energy simulation tool RIUSKA.</p> <p>The cost effectiveness of several calculated scenarios were compared over a period of 20 years. The calculations showed that nearly zero-energy levels can be achieved fairly cost-effectively and the payback time of the investment was about 12 years. In addition, the CO₂ emissions of the building were halved compared to the baseline scenario.</p> <p>The thesis can be used when renovating the studied school building.</p>	
Keywords	nearly zero-energy building, energy saving, energy efficiency, heat pump, solar power

Sisällys

1	Johdanto	3
2	Taustatietoa lähes nollaenergiarakentamiseen siirtymisen syistä	4
2.1	Ilmastonmuutos	4
2.2	Kansainväliset ilmastopimukset	5
2.3	Euroopan unionin ilmastopolitiikka	6
3	Työn tavoitteet, hypoteesit, vaiheet ja työssä käytettävät työkalut	8
3.1	Tavoitteet ja hypoteesit	8
3.2	Tutkimusmenetelmät eri työvaiheissa	8
3.3	Käytettävät työkalut	9
4	Vertailurakennus	10
4.1	Nikkilän Sydämen laajennus	10
4.2	Lämmitys	11
4.3	Ilmastointi	12
4.4	Sähkö	13
5	Vertailurakennuksen E-luku ja energiankäyttö	14
5.1	E-luku	14
5.2	Laskennan lähtöarvot	17
6	Laskentatapaukset	17
6.1	Yleistä	17
6.2	Laskentatapaus 1: kaukolämpö	18
6.3	Laskentatapaus 2: kaukolämpö + lämpöpumppu ilmanvaihtokoneeseen, VRF	19
6.4	Laskentatapaus 3: kaukolämpö + ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP	22
6.5	Laskentatapaus 4: kaukolämpö + aurinkosähkö	24
6.6	Laskentatapaus 5: kaukolämpö + lämpöpumput (VRF ja UVLP) + aurinkosähkö	26
6.6.1	E-luku	28
6.6.2	Standardikäytön energiankulutus ja E-luku	29

6.7	Laskentatapausten yhteenveto	30
7	Energiansäästökeinojen elinkaarikustannukset	31
7.1	Yleistä	31
7.2	Laskentatapaus 1: kaukolämpö	32
7.3	Laskentatapaus 2: kaukolämpö + lämpöpumppu ilmanvaihtokoneeseen, VRF	33
7.4	Laskentatapaus 3: kaukolämpö + ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP	33
7.5	Laskentatapaus 4: kaukolämpö + aurinkosähkö	34
7.6	Laskentatapaus 5: kaukolämpö + lämpöpumput (VRF ja UVLP) + aurinkosähkö	35
7.7	Herkkyystarkastelu	38
8	Johtopäätökset	41
9	Yhteenveto	42
	Lähteet	43

Liitteet

Liite 1. Energialaskelma/mitoitusajo UVLP

Liite 2. Energia CASE1 kaukolämpö: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 3. E-luku CASE1 kaukolämpö: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 4. Energia CASE2 IV:n lämpöpumput: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 5. E-luku CASE2 IV:n lämpöpumput: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 6. Energia CASE3 UVLP: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 7. E-luku CASE3 UVLP: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 8. Energia CASE4 aurinkosähkö: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 9. E-luku CASE4 aurinkosähkö: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 10. Energia CASE5 kaikki: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 11. E-luku CASE5 kaikki: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 12. Energia CASE6 kaikki + vakioitu käyttö: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 13. E-luku CASE6 kaikki + vakioitu käyttö: RIUSKA-energiasimulointi

Liite 14. Kustannusarviot

Liite 15. Laskentatapausten 1, 3, 4 ja 5 LCC-laskenta

1 Johdanto

Työn tilaaja Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy on vuonna 1956 perustettu talotekniikan suunnittelutoimisto. Toimisto on ollut Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry:n jäsen vuodesta 1968, ja se on myös Sähkösuunnittelijat NSS ry:n sekä FiGBC:n (Green Building Council Finland) jäsen.

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:n toimiala on talotekninen suunnittelu, valvonta ja rakennuttaminen. Toiminta kattaa talotekniikan LVI-, sähkö-, tele- ja rakennusautomaatiojärjestelmät. Toimiston erikoisosaamisiin kuuluvat vaativat restaurointi- ja korjauskentämishankkeet, pesulatekniikka ja oppilaitokset. Päätoimialana toimistolla on LVI-tekniikka, sähkötekniikka, rakennusautomaatio, energiaselvitykset, kuntoarviot ja valvonta- sekä rakennuttajapalvelut.

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:llä on käytössään vuonna 2001 sertifioitu RALA-laatujärjestelmä, joka on auditoitu viimeksi maaliskuussa 2018. Toimisto työllistää noin 50 henkilöä, joista valtaosa kuuluu LVI-osastoon. Liikevaihto vuonna 2017 oli 4,0 miljoonaa euroa. [1.]

Kunnat rakennuttavat koulurakennuksia edelleen suurimmaksi osaksi perinteisesti omaan taseeseensa. Kaukolämmön hinta on noussut yli 100 prosenttia viimeisen 15 vuoden aikana [2]. Omaan taseeseen rakentaessa ja energian hinnan jatkaessa kasvua rakennuttajat ovat entistä motivoituneempia investoimaan energiatehokkaaseen tekniikkaan elinkaarikustannusten vähentämiseksi. Lisäksi ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa määräykset energiatehokkuudesta ja uusiutuvien energiamuotojen käytöstä tiukentuvat vuosi vuodelta, joten energia-asioihin on pakko kiinnittää huomiota. Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia eri uusiutuvien energiamuotojen käyttömahdollisuuksia ja vaikutuksia ostoenergian tarpeeseen, elinkaarikustannuksiin ja hiilidioksidipäästöihin lähes nollaenergiatasoisessa koulurakennuksessa.

Energiansäästökeinoissa keskitytään eri uusiutuvien energiamuotojen käyttöön ja niiden kustannuksiin ja elinkaarilaskentaan. Laskelmista jätetään pois rakenteet, kuten seinät, katot, ikkunat, ovet yms., sekä valaistus, käyttöveden kulutus ja muut tilan käyttäjiin kohdistuvat säästötoimenpiteet.

Koska vertailurakennus on todellinen kohde ja se suunnitellaan energiatehokkaaksi käyttäen mm. lämpöpumpputekniikkaa, tehdään vertailulaskelmat siten, että kuvitteellinen perustapaus olisi kaukolämmöllä lämmitetty rakennus ilman uusiutuvien energiamuotojen hyötykäyttöä.

2 Taustatietoa lähes nollaenergiarakentamiseen siirtymisen syistä

2.1 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutos on vakavin ihmiskuntaa koskaan kohdannut ympäristöongelma, joka vaikuttaa ihmisiin ja ympäristöön jo nyt ja jonka vaikutukset tulevat lisääntymään tulevaisuudessa dramaattisesti, mikäli asialle ei tehdä jotain. Teollistumisen alettua ilmasto on ihmisen toiminnan seurauksena alkanut lämmitä voimakkaasti ihmiskunnan tuottaessa yhä enemmän kasvihuonekaasuja, jotka voimistavat luonnollista kasvihuoneilmiötä. Tämän seurauksena ilmasto muuttuu. Huomattavin päästöjen lähde on fossiilisten polttoainesten eli öljyn, hiilen ja maakaasun käyttäminen energiantuotannossa ja liikenteessä. Ihmisten tuottamat hiilidioksidipäästömäärät jatkoivat kasvuaan aina vuoteen 2014 asti. Vuosina 2014–2016 päästöt eivät kasvaneet energiatehokkuuden parantuessa globaalisti. Vuonna 2017 päästöt lisääntyivät taas noin 2 prosenttia ollen 36,79 gigatonnia (miljardia tonnia). [3.] Se on lähes nelinkertainen määrä vuoteen 1960 verrattuna, kymmenkertainen määrä vuoteen 1930 verrattuna ja jopa 28-kertainen määrä vuoteen 1890 verrattuna. [4.]

Lämpötilamittausten mukaan jokainen viimeisestä kolmesta vuosikymmenestä on ollut edellistä lämpimämpi vuodesta 1850 alkaen. Tutkijoista koostuvan hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin IPCC:n (Intergovernmental Panel on Climate Change) arvion mukaan vuodet 1982–2012 ovat olleet lämpimimmät 1400 vuoteen. [5.] Tutkijat ja tiedeyhteisöt ovat yhtä mieltä siitä, että ilmaston lämpeneminen esiteolliseen aikaan verrattuna pitäisi pysäyttää 1,5–2 °C:seen välttääksemme katastrofaaliset muutokset ilmastossa. Monet tutkijat ovat jo ennakoineet, ettei ilmaston lämpenemistä voida pysäyttää 1,5 °C:seen. Yhdistyneiden kansakuntien ilmastopöytäkirjan tavoitteena on rajoittaa ilmaston lämpeneminen 2 °C:seen [10].

2.2 Kansainväliset ilmastopöytäkirjat

Mitteli ilmastomuutosta vastaan aloitettiin kansainvälisesti vuonna 1992 Rio de Janeirossa YK:n ympäristö- ja kehityskonferenssissa, jossa hyväksyttiin YK:n ilmastomuutoskonventti eli UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) -puitesopimus. Puitesopimuksen vahvistanut maa tunnustaa esimerkiksi, että maapallon ilmastomuutos ja sen haitalliset vaikutukset ovat koko ihmiskunnan yhteinen huolenaihe. Puitesopimus tuli voimaan vuonna 1994, jolloin myös Suomi vahvisti sen. Sopimuksen on ratifioinut 197 osapuolta. [6.]

Rion kokouksesta seurasi Kioton pöytäkirja, joka hyväksyttiin 11. joulukuuta 1997 Japanin Kiotossa. Se on merkittävä lisäys Rioissa tehtyyn puitesopimukseen. Toisin kuin puitesopimus, joka vain kehottaa vähentämään kasvihuonepäästöjä, Kioton pöytäkirjan ratifioiva maa sitoutuu vähentämään niitä [7]. Tavoitteena oli vähentää päästöjä vuosien 2008 ja 2012 välillä siten, että ne ovat globaalisti keskimäärin 5,2 prosenttia vuoden 1990 tasoa alhaisemmat. Vähintään 55 osapuolen olisi ratifioitava pöytäkirja, että se astuisi voimaan. Lisävaade oli, että ratifioivien osapuolten tuli tuottaa vähintään 55 prosenttia teollisuusmaiden vuoden 1990 hiilidioksidipäästöistä. [8.] Pöytäkirja astui viimein voimaan 16. helmikuuta 2005, kun Venäjä ratifioi sen. Kioton pöytäkirjan ensimmäinen velvoitekausi oli 2008–2012.

Kioton pöytäkirjaan tehtiin lisäys toisesta velvoitekaudesta (2013–2020) Dohan ilmastokokouksessa vuonna 2012. Toiseen velvoitekauteen osallistuu 38 teollisuusmaata, jotka ovat sitoutuneet vähentämään päästöjä vähintään 18 prosentilla vuoden 1990 tasosta. EU on sitoutunut vähentämään päästöjä 20 prosentilla. [9.] Valitettavasti mm. Yhdysvaltojen, Kanadan, Venäjän ja Uuden-Seelannin puuttuminen toiselta velvoitekaudelta tarkoittaa sitä, että pöytäkirjan piiriin kuuluu vain noin 14 % maailman päästöistä.

Pariisissa 12. joulukuuta 2015 hyväksyttiin uusi ja kansainvälisesti kattava sekä oikeudellisesti sitova ilmastopöytäkirja, Pariisin ilmastopöytäkirja, jonka tavoitteena on ilmastomuutoksen pysäyttäminen. Lämpenemisen rajaa alennettiin aiemmasta 2 asteesta alle 1,5 asteeseen. Sopimuksen vahvistaneet osapuolet sitoutuvat valmistelevaan, tiedottamaan, ylläpitämään sekä saavuttamaan kansalliset päästötavoitteensa, joten sopimus ei sisällä määrällisiä päästövähennysvelvoitteita. Päästövähennystavoitteiden lisäksi ilmastopöytäkirjasta tarkistetaan viiden vuoden välein, jolloin päästötavoitteita voidaan kiristää tarvittaessa. Tämä on tiedeyhteisöjen mielestä tarpeellinen lisäys sopimukseen, sillä

tämän hetken päästötavoitteet eivät ole riittäviä pysäyttämään lämpötilan nousua edes kahteen asteeseen. Ensimmäinen tarkistus tapahtuu vuonna 2023. Sopimuksessa sovittiin myös teollisuusmaiden ns. ilmatorahoituksesta kehitysmaille. Ilmatorahoituksen suuruus on jopa 100 miljardia dollaria vuosittain vuosina 2020–2025. Pariisin ilmastopimuksen voimaan tuleminen vaati vähintään 55 osapuolta, joiden osuus globaaleista kasvihuonepäästöistä on yhteensä vähintään 55 prosenttia. Kynnys ylittyi lokakuussa 2016 ja sopimus astui voimaan 4. marraskuuta 2016. Tällä hetkellä sopimuksen on ratifioinut 173 osapuolta. [10.]

2.3 Euroopan unionin ilmastopolitiikka

EU:n ilmastopolitiikkaa ohjaavat vuoteen 2020 asti Yhdistyneiden kansakuntien ilmastopöytäkirja ja siihen liittyvä Kioton pöytäkirja. Kioton pöytäkirjan toisella velvoitekaudella 2013–2020 EU:n päästövähennystavoite on 20 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. Tavoitteen saavuttamiseksi EU:ssa laadittiin jäsenmaita sitova lainsäädäntökokonaisuus nimeltä 2020- ilmasto- ja energiapaketti, jonka tavoitteena on 20 prosentin päästövähennysten lisäksi samalla lisätä uusiutuvilla energiamuodoilla tuotetun energian osuus 20 prosenttiin loppukäytöstä laskettuna sekä parantaa energiatehokkuutta 20 prosentilla. [11.]

Päästökauppasektorin ulkopuolella olevilla aloilla (mm. rakentaminen, asuminen, liikenne pl. lentoliikenne) on kansalliset päästötavoitteet. Päästöjä tulisi vähentää yhteensä kymmenellä prosentilla vuoden 2005 päästöistä vuoteen 2020 mennessä. Tämä päästövähennystavoite on jaettu jäsenmaille kansallista taakanjakoa koskevalla päätöksellä. Päästövähennystavoitteet riippuvat jäsenmaan vauraudesta ja vaihtelevat 20 prosentin päästöjen lisäyksen (esim. Bulgaria) ja 20 prosentin päästöjen vähennyksen (esim. Irlanti, Luxemburg ja Tanska) välillä. Suomen päästövähennystavoite on 16 prosenttia. [11.]

Uusiutuvaa energiaa koskevan direktiivin (RES eli Renewable Energy Sources Directive) 20 prosentin käyttöastetavoite vuoteen 2020 mennessä on jaettu vastaavalla tavalla eri jäsenmaiden kesken, ja tavoitteet riippuvat esimerkiksi jäsenvaltion lähtötasosta ja uusiutuvan energian potentiaalista. Suomen tavoitteena on nostaa uusiutuvan energian käyttöaste 38 prosenttiin loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. [11.]

Energiatohokkuustavoitteen saavuttamiseksi EU:ssa laadittiin vuonna 2012 energiatehokkuusdirektiivi EED (Energy Efficiency Directive). EED ohjaa jäsenmaiden energiankäyttöä siten, että 20 prosentin tehostustavoite saavutetaan vuoteen 2020 mennessä, ja 30 prosentin tehostustavoite vuoteen 2030 mennessä. [12.]

Euroopan unionissa noin 35 prosenttia rakennuksista on yli 50 vuotta vanhoja, ja rakennusten osuus EU:n energian kokonaiskulutuksesta on noin 40 prosenttia. Lisäksi rakennusten aiheuttamien kasvihuonepäästöjen osuus on noin 36 prosenttia. Suurimman osan kulutuksesta aiheuttavat rakennusten lämmitys, jäähdytys, valaistus ja lämmin vesi. Lämmityksen ja jäähdytyksen käyttämästä energiasta vain noin 16 prosenttia tuotetaan uusiutuvilla energiamuodoilla. EU:n 2020 energiatehokkuussuunnitelman yhtenä osana luotiin RES-direktiivin ja EED-direktiivin lisäksi rakennusten energiatehokkuusdirektiivi EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), jonka tavoitteena on rakennusten energiatehokkuuden parantaminen sekä uudis- että korjausrakentamisessa sekä uusiutuvan energian käytön edistäminen, ja sitä kautta rakennusten energiankulutuksen alentaminen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen. EPBD määrää, että vuoden 2018 jälkeen viranomaisten käytössä ja omistuksessa olevien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia (nZEB eli Nearly Zero-Energy Building), ja vuoden 2020 jälkeen kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia. [13.]

Lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta, jonka energiatehokkuus on erittäin korkea ja jonka tarvitsema vähäinen energia katetaan laajalti uusiutuvalla energialla. Jokaisen jäsenmaan piti itse määrittellä, mitä lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan ja mille tasolle kansalliset energiatehokkuusvaatimukset eri rakennustyypeillä asetetaan. Suomessa Ympäristöministeriö käynnisti vuonna 2013 yhdessä Rakennusteollisuus RT ry:n ja Talotekniikkateollisuus ry:n kanssa FInZEB-hankkeen, joka selvitti ja raportoi komissiolle, miten lähes nollaenergiarakennuksen määritelmää sovelletaan kansallisella tasolla Suomessa. Raportti valmistui 31. maaliskuuta 2015. Loppuraportissa ehdotetaan, että koulurakennuksen lähes nollaenergiatason E-luku olisi maksimissaan 104 kWh/(m²a), joka on voimassa olevien vuoden 2012 määräysten mukaisessa energiatodistusasteikossa B-luokkaa, ja 39 % alhaisempi kuin nykyinen 170 kWh/(m²a) vaatimusraja. [14.]

3 Työn tavoitteet, hypoteesit, vaiheet ja työssä käytettävät työkalut

3.1 Tavoitteet ja hypoteesit

Opinnäytetyön tavoitteena on tutkia ja selvittää millä eri keinoilla voidaan saavuttaa uudessa koulurakennuksessa lähes nollaenergiataso. Tarkastelussa keskitytään uusiutuvan energian eri muotoihin, kuten lämpöpumpputekniikkaan ja aurinkosähköön. Tavoitteena on löytää kustannustehokas kokonaisuus, joka on kannattava 20 vuoden tarkastelujakson aikana.

Olettamukseni on, että lämpöpumpputekniikalla on mahdollista saavuttaa nykymääräysten mukainen vaatimustaso varsin kustannustehokkaasti. Vaikka aurinkosähköjärjestelmätkin ovat kehittyneet viime vuosina nopeasti, oletan kuitenkin, että aurinkosähköjärjestelmä ei ole Suomen kaltaisissa pohjoisissa olosuhteissa kannattava vaihtoehto, mikäli kustannustehokkuus on pääprioriteetti. Sähkön energiamuodon kerroin on kuitenkin E-luvun laskennassa sen verran korkea, että mikäli kustannuksilla ei ole niin suurta merkitystä ja tavoitteena on vain mahdollisimman alhainen E-luku, on aurinkosähköjärjestelmä varmasti yksi parhaista keinoista päästä em. tavoitteeseen.

3.2 Tutkimusmenetelmät eri työvaiheissa

1. Luodaan käytettävissä olevista arkkitehti- ja rakennesuunnitelmista tietomalli käyttäen MagiCAD Room -suunnitteluohjelmistoa.
2. Tietomalli viedään energia- ja olosuhdesimulointiohjelma RIUSKAan ja lasketaan rakennuksen E-luku ja ostoenergian kulutus.
3. RIUSKAlla simuloidaan ja lasketaan eri energiansäästökeinojen vaikutus E-lukuun ja ostoenergian kulutukseen.
4. Selvitetään eri energiansäästökeinojen vuosittaiset hankinta- ja huoltokustannukset käyttäen apuna kustannuslaskijoita.
5. Energiansäästökeinojen kannattavuudet lasketaan nykyarvomenetelmällä 20 vuoden tarkastelujaksolla.

6. Valitaan energiansäästökeinot, jotka ovat valitulla tarkastelujaksolla kannattavia.

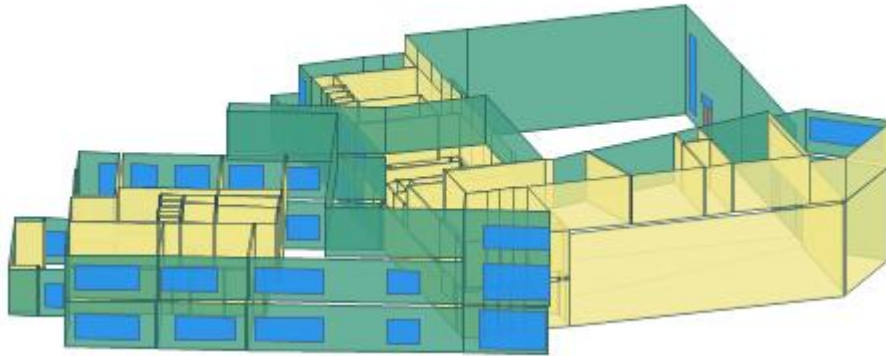
7. Lasketaan kannattavilla energiansäästökeinoilla varustetun koulurakennuksen E-luku ja ostoenergian käyttö.

3.3 Käytettävät työkalut

MagiCAD Room on Progman Oy:n kehittämä ohjelma, jolla voi luoda rakennukselle 3D-tilamallin. Rakennuksen geometriaan ja teknisiin tietoihin perustuva 3D-tilamalli on samalla tilatietokanta sekä laskelmien ja analyysien perusta.

MagiCAD Roomilla arkkitehdin luomat .dwg-tiedostomuodossa olevat pohjapiirustukset muunnetaan yhdeksi yhtenäiseksi tietomalliksi, joka sisältää tiedon seinärakenteista, ikkunoista, ovista, tiloista, ala- ja yläpohjista jne. RIUSKA-ohjelmalla tehtävää energia- ja olosuhdesimulointia varten valmis tietomalli muunnetaan IFC-muotoon MagiCAD Room-ohjelmalla. [15.]

Granlund Oy:n kehittämää dynaamista energia- ja olosuhdesimulointiohjelma RIUSKAA käytetään tässä työssä rakennuksen E-luvun sekä energiankäytön laskentaan. Ohjelmalla voidaan laskea rakennuksen ja sen tilojen lämpötekni- sen käyttäytymisen erilaisissa kuormitus- ja sääolosuhteissa. Ohjelma ottaa huomioon mm. rakenteet, paikkakunnan sään ja käyttöajat, ja se laskee tunneittain vuotuisen energiankulutuksen, tilojen lämpötilat, niiden pysyvyyden sekä lämmitys- ja jäähdytystarpeet. Ohjelma sisältää lisäksi valmiin tietopankin, josta voi valita mm. eri rakenteita, ikkunoita ja ovia. Ohjelmassa voi myös muokata tietopankissa olevia tuotteita. Kuvassa 1 on esitetty RIUSKA-malli tutkimuskohteena olevasta koulurakennuksen laajennusosasta. [16.]



Kuva 1. Nikkilän Sydämen laajennuksen RIUSKA-malli.

Elinkaarikustannukset lasketaan Microsoft Excel -taulukkolaskentaohjelmalla käyttäen LCC-nykyarvomenetelmää. Elinkaarikustannuslaskelmille tehdään lisäksi herkkyystar-kastelu.

4 Vertailurakennus

4.1 Nikkilän Sydämen laajennus

Vertailurakennus on Sipoon Nikkilässä 2016 valmistuneen koulukeskus Nikkilän Sydämen laajennus. Ensimmäisen vaiheen laajuus on 8 989 brm², ja toisessa vaiheessa rakennettavan laajennuksen tavoitteellinen koko on 3 875 brm², josta opetustilojen osuus on 2 317 brm² ja liikuntasalin osuus on 1 558 brm². Laajennuksen suunnittelu alkoi vuonna 2016. Rakennustöiden on tarkoitus alkaa marraskuussa 2018 ja olla valmis toukokuussa 2020. Kuvassa 2 on arkkitehdin näkemys Nikkilän Sydämen koulukeskuksesta.

Hanke suunnitellaan mahdollisimman muuntautuvaksi ja lisäksi energiatehokkaaksi käyttäen hyväksi mm. lämpöpumpputekniikkaa, tarpeenmukaista ilmanvaihtoa, vakiova-

laistusta ja aurinkosähköä. Rakennuksen energialähteenä käytetään uusiutuvaa energiaa, sikäli kuin se on kustannustehokasta. Uusiutuvan energian käyttäminen mahdollistaa ostoenergian käytön ja hiilidioksidipäästöjen vähentämisen. [17.]



Kuva 2. Nikkilän Sydämen koulu.

4.2 Lämmitys

Rakennus on liitetty Keravan Energia Oy:n kaukolämpöverkkoon. Ensimmäisessä vaiheessa on tehty kaukolämmön alajakokeskus, jossa on varaukset toisen vaiheen laajennukselle. Patteriverkoston nykyinen siirrin on teholtaan 434 kW, josta laajennusvarausta on 250 kW. Ilmanvaihtoverkoston nykyinen siirrin on teholtaan 1228 kW, josta laajennusvarausta on 370 kW. Rakennukseen asennetaan vesikiertoiset lämmitysjärjestelmät. [18.]

Ulkoilma-vesilämpöpumput (UVLP)

Ensimmäisessä vaiheessa on varauduttu toisessa vaiheessa rakennettavaan lämpöpumppujärjestelmään. Toisessa vaiheessa vesikatolle asennetaan 5 kpl ulkoilma-vesilämpöpumppuja. Ulkoilma-vesilämpöpumput ovat invertterikompressoreilla varustettuja muuttuvalauhduitteisia yksiköitä, joissa käytetään kylmäainetta R410A. Yksikön on toimitettava ainakin ulkoilman lämpötilaan -20 °C asti. Tuotettavan veden lämpötila on oltava vähintään 55 °C. Lämpöpumpuilla tuotettava lämpöenergia varastoidaan vesisäiliöön ja

käytetään rakennuksen lämmitykseen lämmitysverkoston sekä lattialämmityksen välityksellä. Liitteessä 1 esitetyt mitoitusajot on suoritettu NIBEn F2120-20 -lämpöpumpuilla, joista saadaan lämmitysenergiaa yhteensä jopa yli 250 MWh/vuosi. Oletuksena käytetään, että noin 40 prosenttia eli noin 100 MWh UVLP-energiasta hyödynnetään uudessa laajennusosassa ja loput noin 60 prosenttia eli noin 150 MWh nykyisen koulurakennuksen puolella. 100 MWh kattaa noin 60 prosenttia laajennusosan tilojen lämmitysenergiantarpeesta. Kannattavuuslaskelmissa myös kustannukset jaetaan samassa suhteessa.

4.3 Ilmastointi

Rakennus varustetaan koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmällä. Yleisilmanvaihdossa ilmastointikoneet varustetaan järjestelmillä, jotka mahdollistavat tarpeenmukaisen ilmanvaihdon niissä tiloissa, joissa kuormitusta esiintyy. Tarpeenmukaisuus on toteutettu automaattisesti toimivilla sulkupelleillä, joita ohjataan osittain läsnäolon, huonetilan hiilidioksidipitoisuuden tai huonelämpötilan perusteella, ja lisäksi tarvittaessa aikaohjelmin ja lisäaikaohjelmilla. Ilmastointikoneissa on lämmön talteenotto poistoilmasta tuloilmaan.

WC-, pukuhuone- ja peseytymistiloilla on oma tulo- ja poistoilmanvaihtokoneistonsa, jossa on myös lämmön talteenotto poistoilmasta tuloilmaan. Myös porrashuoneet (2 kpl) varustetaan omilla pienillä ilmanvaihtokoneilla, joissa on lämmön talteenotto.

Rakennuksen alustila tuuletetaan koneellisesti. Luokkahuoneissa on siirrettäviä veto-kaappeja, jotka varustetaan omilla huippuimureilla.

Suuria ilmastointikoneita on seuraavasti:

- 330 TK: opetustilat 1. kerros, ilmamäärä noin +/- 2 m³/s
- 331 TK: opetustilat 2. ja 3. kerros, ilmamäärä noin +/- 4 m³/s
- 332 TK: liikuntasali, ilmamäärä noin +/- 6 m³/s
- 334 TK: sosiaalitulat, ilmamäärä noin +/- 2 m³/s.

VRF-järjestelmä

Ilmastoinnin lämmitys ja jäähdytys toteutetaan pääasiassa suoraohjauksella ilmastointikoneisiin intergroiduilla lamellipattereilla ja ulkoilmalauhdutteisilla kompressoriyksiköillä

eli ns. VRF eli Variable Refrigerant Flow -järjestelmällä. Lämmityskaudella järjestelmä lämmitteää ja jäähdytyskaudella jäähdyttää tuloilmaa. Kylmäaineena käytetään R410A:ta. Lämmityskäytössä laitteiston on toimittava vähintään ulkoilman lämpötilassa -20 °C. Ilmastointikoneissa on lisäksi ilmanvaihdon lämmitysverkostoon liitetty jälkilämmityspatteri niitä tilanteita varten, kun ulkoilman lämpötila laskee alle -20 °C:n eikä lämpöpumpulla tuotettu lämmitysteho riitä.

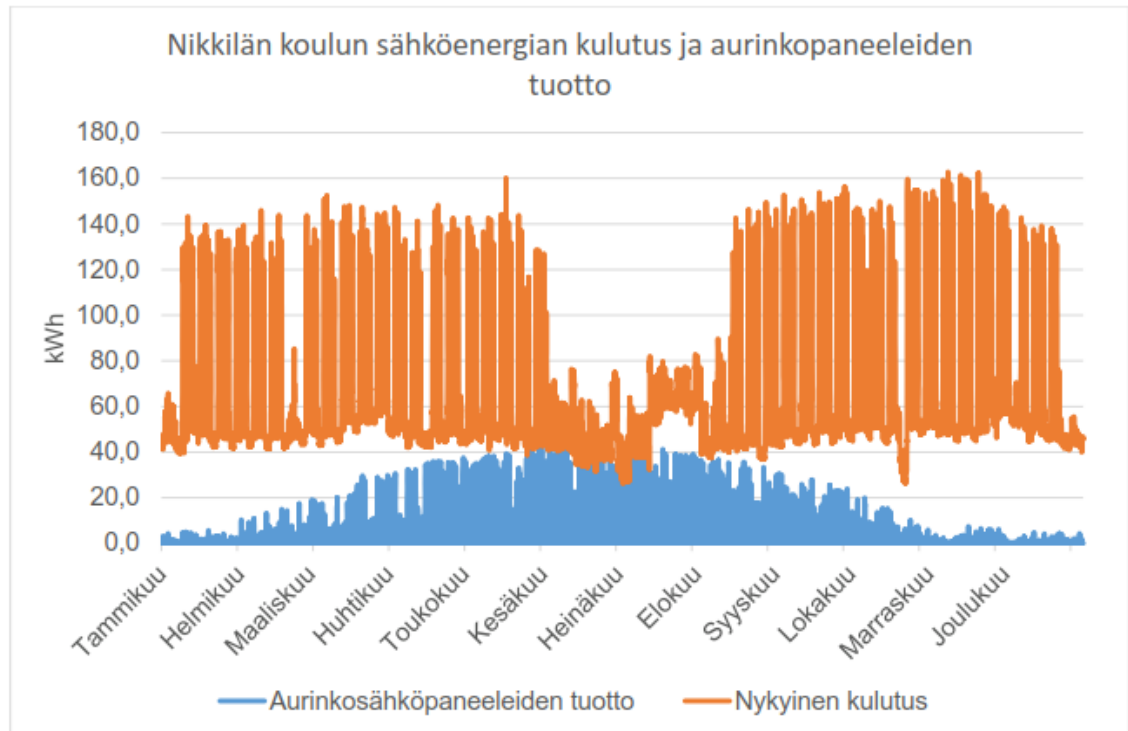
4.4 Sähkö

Rakennus on liitetty Keravan Energia Oy:n sähköverkkoon. Rakennukseen ostettava sähkö kilpailutetaan ja sen tulee olla uusiutuville energialähteillä tuotettua, jolloin sähkön hiilidioksidipäästöt pysyisivät mahdollisimman alhaisina. Laskelmissa käytetään sähkön hiilidioksidipäästön arvona 15 kg/MWh. On arvioitu, että esimerkiksi kylmässä ilmanalassa vesivoimalla tuottaa välillisesti päästöjä noin 15 kg/MWh, vaikka välittömästi vesivoima onkin päästötöntä. [19]

Aurinkosähköjärjestelmä

Lämpöpumpputekniikan hyödyntäminen kohteen lämmitys- ja jäähdytysenergian tuotannossa kasvattaa luonnollisesti sähkönkulutusta. Tämän takia kohteeseen on suunniteltu aurinkosähköjärjestelmä, jolla kasvatetaan sähkön omavaraisuutta ja saadaan sähkön ostoenergiantarvetta pienennettyä.

Kohteeseen on suunniteltu 222 kappaletta á 1,7 m² aurinkosähköpaneelia suunnattuna etelään 30–40° kulmaan. Kunkin paneelin maksimiteho on 270 wattia. Paneelien tuottoa verrattiin jo olemassa olevan 1. vaiheen rakennuksen tuntitason sähkönkulutukseen. Paneelien sähköenergiantuotto laskettiin tuntitasolla Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 (Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta) ohjeiden mukaisesti. Paneelien tuotoksi saatiin 49 092 kWh/a, joka saadaan hyödynnettyä 100-prosenttisesti kohteen teknisissä järjestelmissä. Kuvassa 3 on aurinkosähköpaneelien tuotto ja koulukeskuksen ensimmäisen vaiheen rakennuksen sähkönkulutus tuntitasolla.



Kuva 3. Aurinkosähköpaneelien tuotto ja koulukeskuksen ensimmäisen vaiheen rakennuksen sähkökulutus tuntitasolla.

Rakennuksen E-luku- ja energialaskelmissa käytetään oletuksena, että aurinkosähköjärjestelmän tuottama sähköenergia hyödynnetään uudessa laajennusosassa 40-prosenttisesti, ja loput 60 prosenttia menevät nykyisen koulurakennuksen käyttöön. Kannattavuuslaskelmissa myös kustannukset jaetaan samassa suhteessa.

5 Vertailurakennuksen E-luku ja energiankäyttö

5.1 E-luku

E-luku kuvaa rakennuksen laskennallista kokonaisenergian kulutusta. E-luku on rakennustyyppin standardikäytöllä laskettu ja energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vuotuinen ostoenergian kulutus jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla (kWh/m²a). E-luku ei ole vertailukelpoinen energiankulutusmittarin kanssa johtuen energiamuotojen painotuksesta ja siitä, että E-luku normitetaan eteläisimmän Suomen olosuhteisiin.

E-luvun laskennassa käytetyt energiamuotojen kertoimet 1.1.2018 alkaen ovat

- sähkö 1,2
- kaukolämpö 0,5
- kaukojäähdytys 0,28
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5.

Uusiutuvia energialähteitä ja energiatehokkuutta lämmityksessä pitää edistää. Ostoenergialle käytettävät energiamuotokertoimet ohjaavat valitsemaan ympäristön kannalta parempia ratkaisuja. Siksi uusiutuvien polttoaineiden ja kaukolämmön kertoimet ovat alhaimmat. [20.]

Vertailurakennuksen E-luku ja ostoenergiankulutus lasketaan tässä tapauksessa siten, että perustapauksessa ei ole käytössä energiansäästökeinoja, vaan rakennus lämpiää vain kaukolämmöllä. Näin ollen nähdään, kuinka paljon uusiutuvan energian käyttö parantaa E-lukua ja vähentää ostoenergiankulutusta.

Rakennuksen E-luku lasketaan yhtälöllä 1 [21].

$$E = \frac{f_{kl}Q_{kl} + f_{kj}Q_{kj} + \sum_i f_{polttoaine,i}Q_{polttoaine,i} + f_{sähkö}W_{sähkö}}{A_{netto}} \quad (1)$$

E	on rakennuksen energialuku, kWh/(m ² a)
f _{kl}	on kaukolämmön energiamuodon kerroin, -
f _{kj}	on kaukojäähdytyksen energiamuodon kerroin, -
f _{polttoaine,i}	on polttoaineen i energiamuodon kerroin, -
f _{sähkö}	on sähkön energiamuodon kerroin, -
Q _{kl}	on kaukolämmön kulutus, kWh/a
Q _{kj}	on kaukojäähdytyksen kulutus, kWh/a
Q _{polttoaine,i}	on polttoaineen i sisältämän energian kulutus, kWh/a
W _{sähkö}	on sähkön kulutus, josta on vähennetty rakennuksessa käytetty omavarais-sähköenergia, kWh/a
A _{netto}	on rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

Ostoenergialla tarkoitetaan rakennuksen ulkopuolelta tuotua energiaa eli kaukolämpöä tai -jäähdytystä, sähköä tai muuta polttoainetta. Ostoenergiankulutus koostuu rakennuksen lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihtojärjestelmien sekä järjestelmien apulaitteiden (mm. pumput ja puhaltimet), kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutuksesta. Rakennuksen ostoenergian kulutuksessa otetaan huomioon paikallisesti tuotettu energia, joka hyödynnetään rakennuksen teknisissä järjestelmissä.

Rakennuksen energiankulutus lasketaan yhtälöllä 2 [21].

$$Rak_{ek} = \frac{Q_{l,tilat} + Q_{l,iv} + Q_{l,lkv} + Q_{jk} + W_{tilat} + W_{iv} + W_{lkv,pumppu} + W_{j,apu} + W_{kuluttajalaitteet} + W_{val}}{A_{netto}} \quad (2)$$

Rak_{ek}	on rakennuksen energiankulutus, kWh/(m ² a)
$Q_{l,tilat}$	on tilojen lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{l,iv}$	on ilmanvaihdon lämmityksen lämpöenergian tarve, kWh/a
$Q_{l,lkv}$	on lämpimän käyttöveden lämpöenergian tarve, kWh/a
Q_{jk}	on jäähdytysjärjestelmällä tuotettu vuotuinen jäähdytysenergia, kWh/a
W_{tilat}	on lämmönjakojärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W_{iv}	on ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{lkv,pumppu}$	on lämpimän käyttöveden kiertopumpun sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{j,apu}$	on jäähdytysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
$W_{kuluttajalaitteet}$	on kuluttajalaitteiden sähköenergian kulutus, kWh/a
W_{val}	on valaistuksen sähköenergian kulutus, kWh/a
A_{netto}	on rakennuksen lämmitetty nettoala, m ² .

Tässä työssä rakennuksen E-luku ja energiankulutus lasketaan käyttämällä dynaamista energia- ja olosuhdesimulointiohjelma RIUSKAA, joka täyttää Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 (Rakennusten energiatehokkuus) kohdassa 5.2 esitetyt vaatimukset E-luvun laskentaan käytettävälle työkalulle. [22.] E-luvun laskenta tässä työssä ei ole viralliseen energiatodistukseen vertailukelpoinen, sillä kuormat ja käyttöajat eivät ole standardin mukaiset, vaan koulun ja liikuntasalin todellisen käytön ja aikataulujen mukaiset, ottaen huomioon iltakäytön koulun luokkatiloissa sekä liikuntasalin käytön viikonloppuisin, joten standardikäytöllä saataisiin parempia tuloksia.

5.2 Laskennan lähtöarvot

- Rakennuksen lämmitetty nettoala 3 521,6 m²
- Ilmavuotoluku q50 1,0 m³/(h,m²)
- Ilmanvaihtojärjestelmien SFP-luvut
 - (a) 330TK 1,67 kW/(m³/s)
 - (b) 331 TK 1,75 kW/(m³/s)
 - (c) 332 TK 1,72 kW/(m³/s)
 - (d) 334 TK 1,67 kW/(m³/s)
- Rakenteiden U-arvot
 - (a) ulkoseinä 0,17 W/(m²K)
 - (b) yläpohja 0,09 W/(m²K)
 - (c) alapohja 0,16 W/(m²K)
 - (d) ikkunat 0,99 W/(m²K)
 - (e) ulko-ovet 1,00 W/(m²K)
- Energian hinnat
 - (a) kaukolämpö 60,11 €/MWh
 - (b) sähkö 97,05 €/MWh
- Energian CO₂-päästöt
 - (a) kaukolämpö 129 kg/MWh
 - (b) sähkö 15 kg/MWh

Energian hinnoissa ei ole huomioitu lämpöpumppujen vaikutusta kaukolämmön ja sähkön perusmaksuihin. Kaukolämmön huipputehoon lämpöpumpuilla ei ole vaikutusta, koska lämpöpumput eivät mitoitusolosuhteissa ole käytössä ulkoilman lämpötilan ollessa -26 °C. Sähköliittymän kokoon ja perusmaksun suuruuteen lämpöpumpuilla saattaisi olla vaikutusta, mutta tätä ei ole huomioitu laskelmissa.

6 Laskentatapaukset

6.1 Yleistä

Laskentatapausten tulokset on esitetty liitteissä 2–13.

Kaikissa laskentatapauksissa on vakiona lämmityksessä kaukolämpö, ja ilmanvaihtoverkoston jäädytys lämpöpumpuilla VRF-järjestelmää käyttäen. Laskentatapauksissa 2 ja 3 kaukolämmön tarvetta vähennetään lisäämällä järjestelmään lämpöpumpputekniikkaa eri muodoissa. Laskentatapauksessa 4 sähköenergian tarvetta vähennetään lisäämällä aurinkosähköjärjestelmä. Laskentatapaus 5 eli energiansäästöpaketti on niin sanottu todellinen tilanne, jossa kaikki koulurakennukseen tulevat energiansäästökeinot ovat käytössä.

Koska VRF-järjestelmä tuottaa jokaisessa laskentatapauksessa ilmanvaihtoverkoston jäädytyksen, voitaisiin järjestelmää käyttää luonnollisesti kaikissa laskentatapauksissa myös lämmitykseen, mutta näin ei nyt tehdä, jotta saadaan vertailukelpoisia tuloksia eri energiansäästökeinoista.

Energian nettotarve jokaisessa laskentatapauksessa on sama

- lämmitysenergia 290 MWh
- jäädytysenergia 34 MWh
- sähköenergia 191 MWh
 - (a) LVI, muu sähkö 53 MWh
 - (b) valaistussähkö 85 MWh
 - (c) laitesähkö 53 MWh.

6.2 Laskentatapaus 1: kaukolämpö

Niin sanotussa perustapauksessa koulurakennuksen tilojen ja ilmanvaihtojärjestelmän tarvitsema lämmitysenergia tuotetaan ainoastaan kaukolämmöllä, jolloin ostoenergian tarve on lähellä vuotuista energian nettotarvetta. Lämmityksen tuoton, jaon ja luovutuksen häviöt huomioon ottaen ostoenergian tarve on seuraava

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 299,4 MWh
- jäädytysenergia (kaukojäädytys) 0 MWh
- sähköenergia 204,1 MWh
- yhteensä 503,5 MWh

jolloin energiamaksut ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 17 997,11 €

- sähköenergia 19 803,62 €
- yhteensä 37 800,73 €

ja hiilidioksidipäästöt ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 38,6 t CO₂
- sähköenergia 3,1 t CO₂
- yhteensä 41,7 t CO₂.

Koska ilmanvaihtokoneiden tarvitsema jäähdytysenergia tuotetaan lämpöpumpuilla, ei ostoenergian tarpeessa ole jäähdytysenergian kohdalla mitään. Sen sijaan sähköenergian tarve lisääntyy vuosittaiseen nettotarpeeseen verrattuna 13,1 MWh, joka on kuitenkin lämpöpumpputekniikan hyvän hyötysuhteen ansiosta 20,9 MWh vähemmän kuin jäähdytysenergian nettotarve.

E-luku

RIUSKA laskee rakennuksen E-luvun automaattisesti ostoenergian tarpeen, energiamuotojen kertoimien ja rakennuksen lämmitetyn nettoalan avulla. Lukuarvot voitaisiin myös syöttää yhtälöön 1, mutta se ei tässä tapauksessa ole tarpeen. Koulurakennuksen E-luku käyttäen lämmityksessä pelkkää kaukolämpöä on

- kaukolämpö: $(299\,400 \text{ kWh} \cdot 0,5) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 42,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- sähkö: $(204\,100 \text{ kWh} \cdot 1,2) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 69,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- E-luku: $42,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 69,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 112 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Pelkkää kaukolämpöä käyttäen vertailurakennus ei siis täyttäisi FlNZEB-hankkeen lopuraportin lähes nollaenergiatason 104 kWh/(m²a) E-luvun raja-arvoa. Vertailun vuoksi vanhoilla energiamuotojen kertoimilla E-luvuksi muodostuisi 159 kWh/(m²a), joka täyttäisi nykyisen 170 kWh/(m²a) vaatimusrajan helposti. Tästä voisi päätellä vaatimusten tiukentuneen.

6.3 Laskentatapaus 2: kaukolämpö + lämpöpumppu ilmanvaihtokoneeseen, VRF

Perustapauksen laskentatapaukseen lisätään ilmanvaihtokoneiden tarvitseman lämmitysenergian pääasialliseksi tuotantotavaksi lämpöpumpputekniikalla muodostettu lämmi-

tysenergia. Vain huippupakkasilla joudutaan turvautumaan kaukolämpöön, sillä lämpöpumpun hyötysuhde romahtaa -20 °C matalammissa lämpötiloissa. Tässä laskentata-pauksessa ostoenergian tarve on seuraava:

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 248,2 MWh
- jäähditysenergia (kaukojäähditys) 0 MWh
- sähköenergia 218,6 MWh
- yhteensä 466,8 MWh

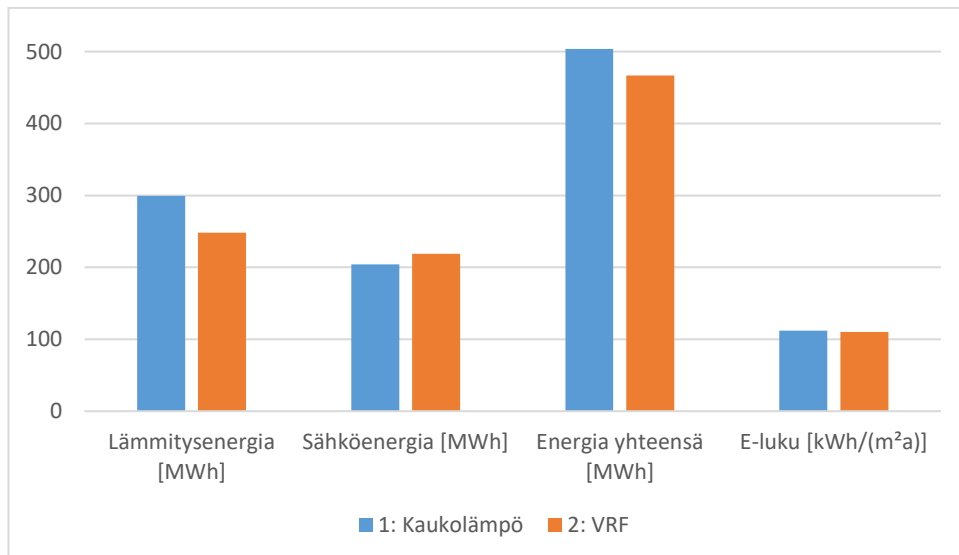
jolloin energiamaksut ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 14 922,22 €
- sähköenergia 21 219,97 €
- yhteensä 36 142,19 €

ja hiilidioksidipäästöt ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 32,0 t CO₂
- sähköenergia 3,3 t CO₂
- yhteensä 35,3 t CO₂.

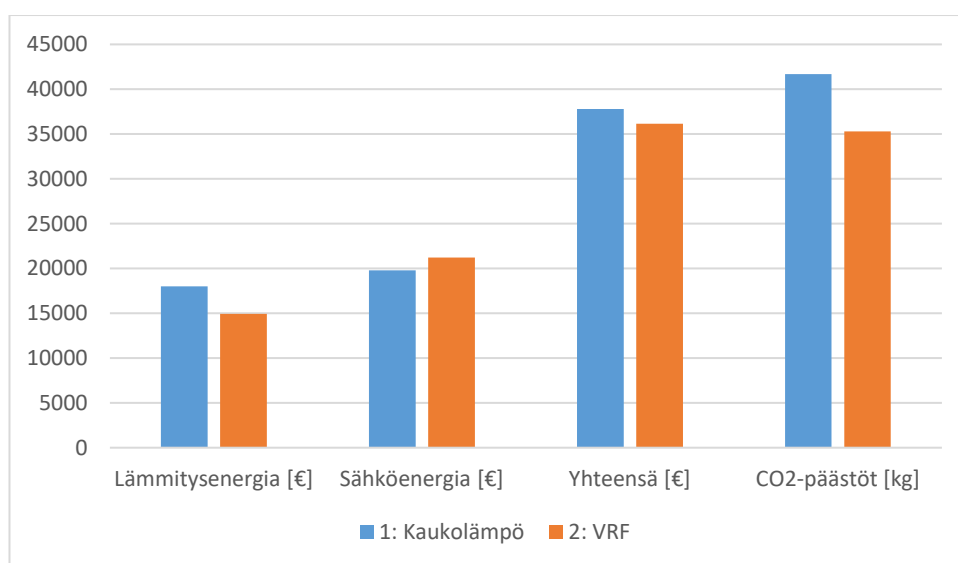
Kuvassa 4 on kaukolämmön ja VRF-järjestelmän ostoenergiat ja E-luvut.



Kuva 4. Kaukolämmön ja VRF-järjestelmän ostoenergiat ja E-luvut.

Hyväksikäyttäen lämpöpumpputekniikkaa ilmanvaihtokoneiden tarvitsemassa lämmityksessä kaukolämmön ostoenergian kulutusta saadaan vähennettyä perustapauksen lämmityksen kokonaisenergiankulutukseen verrattuna 51,2 MWh eli noin viidenneksen. Samalla sähköenergian tarve lisääntyy 14,5 MWh. Energiamaksuissa säästetään perustapaukseen verrattuna 1 658,54 €/vuosi.

Vaikka ostoenergian tarve vähenee alle 10 prosenttia, hiilidioksidipäästöt vähenevät jopa yli 15 prosenttia. Tämä johtuu uusiutuvan sähkön lähes mitättömistä hiilidioksidipäästöistä verrattuna kaukolämpöön. Kuvassa 5 on kaukolämmön ja VRF-järjestelmän energiakustannukset ja CO₂-päästöt.



Kuva 5. Kaukolämmön ja VRF-järjestelmän energiakustannukset ja CO₂-päästöt.

E-luku

E-luku käyttäen tilojen lämmityksessä kaukolämpöä ja ilmanvaihtokoneiden lämmitystarpeessa pääasiallisesti lämpöpumpputekniikkaa on

- kaukolämpö: $(248\,200 \text{ kWh} \cdot 0,5) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 35,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- sähkö: $(218\,600 \text{ kWh} \cdot 1,2) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 74,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- E-luku: $35,2 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 74,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 110 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Lämpöpumpputekniikan hyödyntäminen ilmanvaihtokoneiden lämmityksessä ei siis riitä alittamaan lähes nollaenergiatason koulurakennuksen E-luvun vaatimusrajaa.

6.4 Laskentatapaus 3: kaukolämpö + ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP

Perustapauksen laskentatapaukseen lisätään tilojen lämmitykseen ulkoilma-vesilämpöpumput. Huomioitavaa tässä laskentatapauksessa on, että ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysenergia katetaan kokonaan kaukolämmöllä, että saadaan vertailukelpoinen tulos ulkoilma-vesilämpöpumppujen vaikutuksesta. Laskentatapauksen 3 ostoenergian tarve on

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 185,1 MWh
- jäähdytysenergia (kaukojäähdytys) 0 MWh
- sähköenergia 236,7 MWh
- yhteensä 421,8 MWh

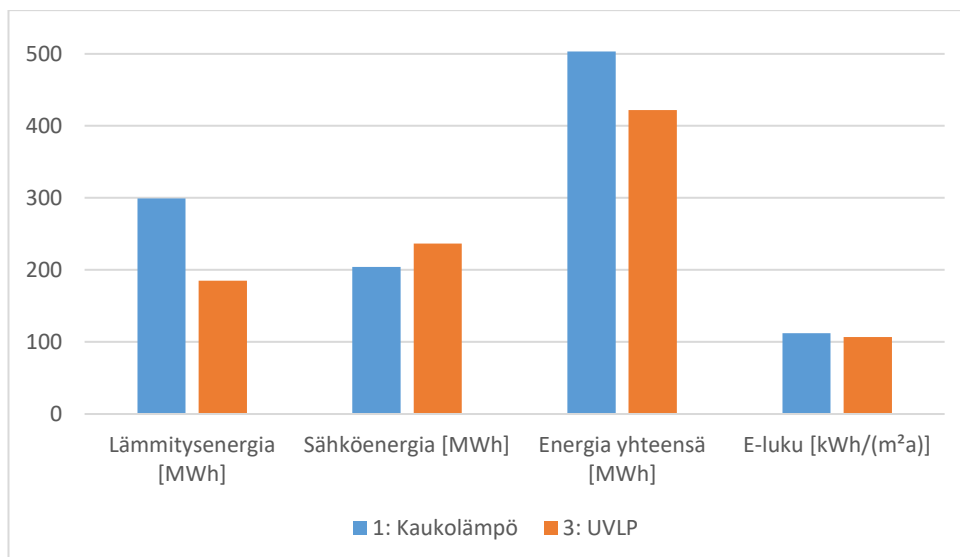
jolloin energiamaksut ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 11 124,62 €
- sähköenergia 22 969,22 €
- yhteensä 34 093,84 €

ja hiilidioksidipäästöt ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 23,9 t CO₂
- sähköenergia 3,6 t CO₂
- yhteensä 27,5 t CO₂.

Kuvassa 6 on kaukolämmön ja UVLP-järjestelmän ostoenergiat ja E-luvut.



Kuva 6. Kaukolämmön ja UVLP-järjestelmän ostoenergiat ja E-luvut.

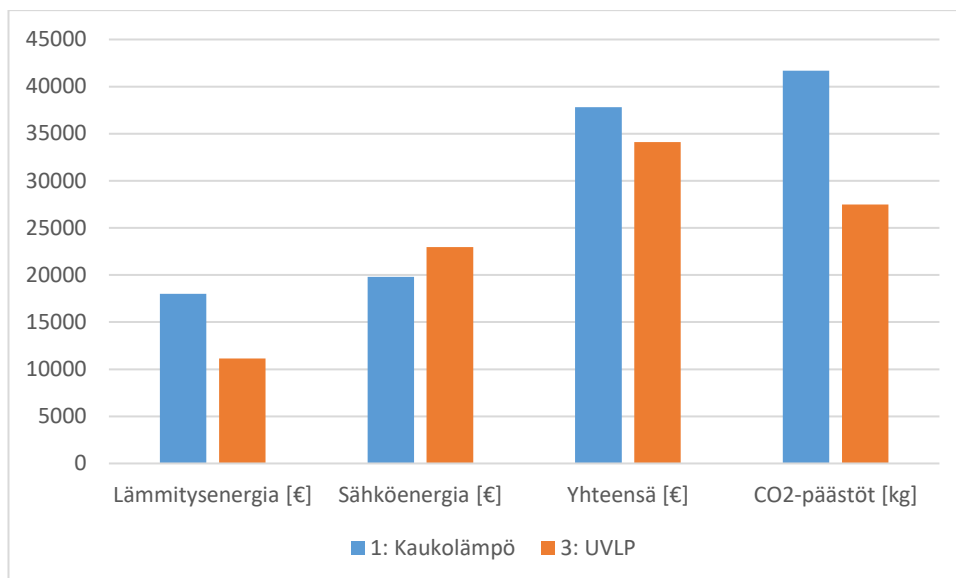
Käyttämällä lämpöpumpputekniikkaa hyväksi tilojen tarvitsemassa lämmityksessä kaukolämmön ostoenergian kulutusta saadaan vähennettyä perustapauksen lämmityksen kokonaisenergiankulutukseen verrattuna 114,3 MWh eli yli kolmanneksen. Samalla sähköenergian tarve lisääntyy 32,6 MWh. Energiamaksuissa säästetään perustapaukseen verrattuna 3 706,89 €/vuosi.

E-luku

E-luku käyttäen tilojen lämmityksessä kaukolämmön rinnalla lämpöpumpputekniikalla tuotettua lämmitysenergiaa ja ilmanvaihtokoneiden lämmitystarpeessa kaukolämpöä on

- kaukolämpö: $(185\,100\text{ kWh} \cdot 0,5) / 3\,521,6\text{ m}^2 = 26,3\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- sähkö: $(236\,700\text{ kWh} \cdot 1,2) / 3\,521,6\text{ m}^2 = 80,6\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- E-luku: $26,3\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 80,6\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 107\text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Lämpöpumpputekniikan hyödyntäminen tilojen lämmityksessä kaukolämmön rinnalla tässä laajuudessa ei siis yksinään riitä alittamaan lähes nollaenergiatason koulurakennuksen E-luvun vaatimusrajaa. Kuvassa 7 on kaukolämmön ja UVLP-järjestelmän energiakustannukset ja CO₂-päästöt.



Kuva 7. Kaukolämmön ja UVLP-järjestelmän energiakustannukset ja CO₂-päästöt.

6.5 Laskentatapaus 4: kaukolämpö + aurinkosähkö

Perustatapauksen laskentatapaukseen lisätään aurinkosähköjärjestelmä, joka vähentää sähkön ostoenergian tarvetta. Tällöin ostoenergiaa kuluu

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 299,4 MWh
- jäähdytysenergia (kaukojäähdytys) 0 MWh
- sähköenergia 184,4 MWh
- yhteensä 483,8 MWh

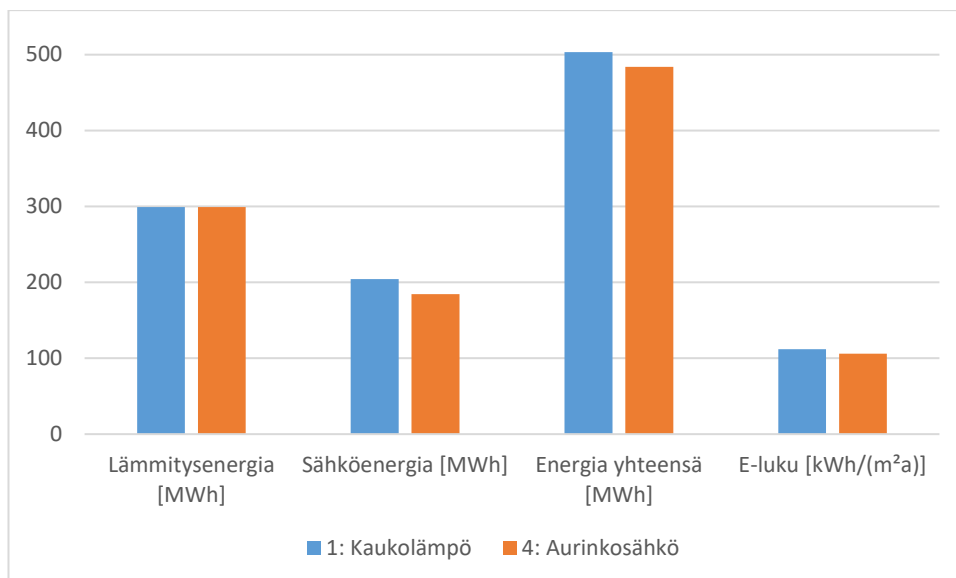
jolloin energiamaksut ovat seuraavat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 17 997,11 €
- sähköenergia 17 898,26 €
- yhteensä 35 895,37 €

ja hiilidioksidipäästöt ovat

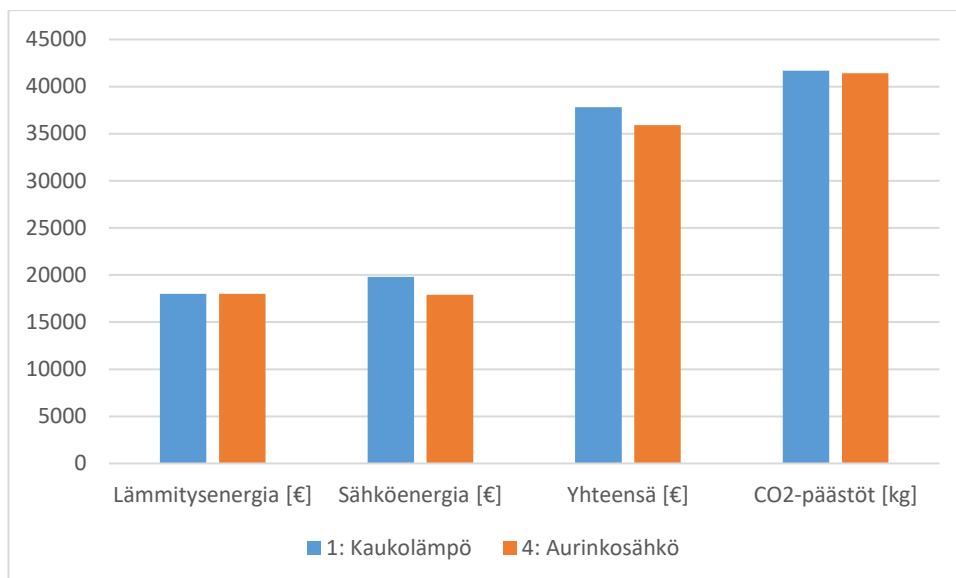
- lämmitysenergia (kaukolämpö) 38,6 t CO₂
- sähköenergia 2,8 t CO₂
- yhteensä 41,4 t CO₂.

Kuvassa 8 on kaukolämmön ja aurinkosähköjärjestelmän ostoenergiat ja E-luvut.



Kuva 8. Kaukolämmön ja aurinkosähköjärjestelmän ostoenergiat ja E-luvut.

Hyväksikäyttäen aurinkosähköpaneeleita sähkön omavaraistuotannossa saadaan sähkön ostoenergian tarvetta vähennettyä perustapaukseen verrattuna 19,6 MWh eli noin 10 prosenttia. Kaukolämmön tarve pysyy samana. Sähkön hinnan ollessa kaukolämmön hintaa huomattavasti korkeampi, saadaan kokonaisenergiaan verrattuna suhteellisen pienelläkin sähkön säästämällä energiamaksuissa tuntuvia säästöjä. Aurinkosähköpaneeleita käyttäen energiamaksuissa säästetään perustapaukseen verrattuna 1 905,36 €/vuosi. Kuvassa 9 on kaukolämmön ja aurinkosähköjärjestelmän energiakustannukset ja CO₂-päästöt.



Kuva 9. Kaukolämmön ja aurinkosähköjärjestelmän energiakustannukset ja CO₂-päästöt.

E-luku

E-luku käyttäen aurinkosähköjärjestelmää on

- kaukolämpö: $(299\,400 \text{ kWh} \cdot 0,5) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 42,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- sähkö: $(184\,400 \text{ kWh} \cdot 1,2) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 62,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- E-luku: $42,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 62,8 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 105,3 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Vaikka aurinkosähköjärjestelmän lisääminen vaikuttaa rakennuksen kokonaisostoenergiankulutukseen absoluuttisesti vähemmän kuin esimerkiksi UVLP-järjestelmän lisääminen kaukolämmön rinnalle, vaikuttaa se sähkön yli kaksinkertaisen energiamuotokertoimen muodossa E-lukuunkin yli kaksinkertaisesti verrattuna lämmitysenergian vähentämiseen. Tästä syystä aurinkosähköjärjestelmällä päästään jopa UVLP-järjestelmää parempaan tulokseen E-luvussa.

6.6 Laskentatapaus 5: kaukolämpö + lämpöpumput (VRF ja UVLP) + aurinkosähkö

Laskentatapaus 5 on niin sanottu todellinen tilanne, jossa kaikki koulurakennukseen suunnitellut ja sinne lopulta tulevat energiansäästökeinot ovat käytössä. Kaukolämmön rinnalla tilojen lämmityksessä hyödynnetään ulkoilma-vesilämpöpumppuja, ilmanvaihtokoneiden lämmityksen tarve katetaan pääasiallisesti VRF-tekniikkaa käyttäen ja sähköä

tuotetaan rakennuksen peruskuorman kattamiseksi aurinkosähköjärjestelmällä. Ostoenergia tässä tilanteessa on

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 133,9 MWh
- jäädytysenergia (kaukojäähdytys) 0 MWh
- sähköenergia 231,6 MWh
- yhteensä 365,5 MWh

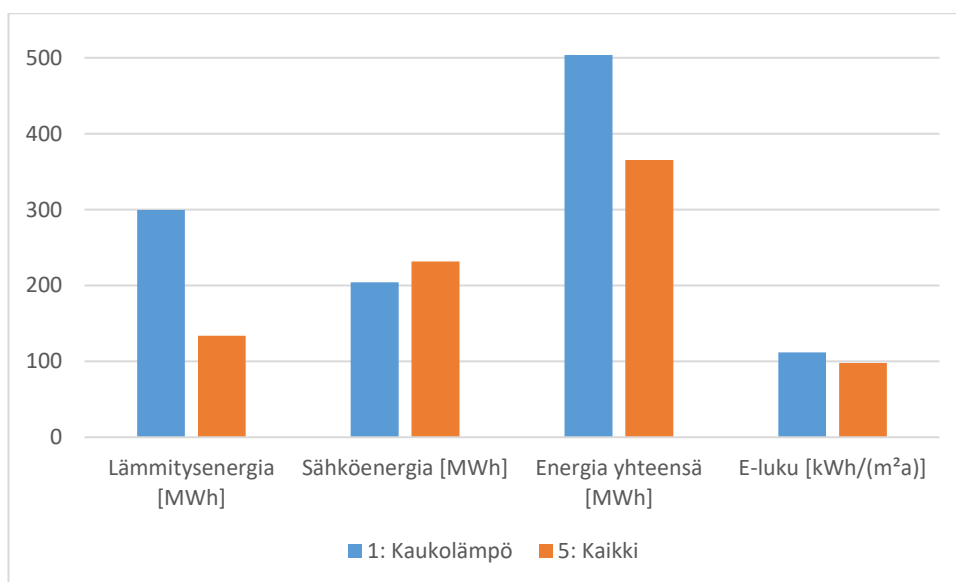
jolloin energiamaksut ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 8 049,73 €
- sähköenergia 22 480,20 €
- yhteensä 30 529,94 €

ja hiilidioksidipäästöt ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 17,3 t CO₂
- sähköenergia 3,5 t CO₂
- yhteensä 20,8 t CO₂.

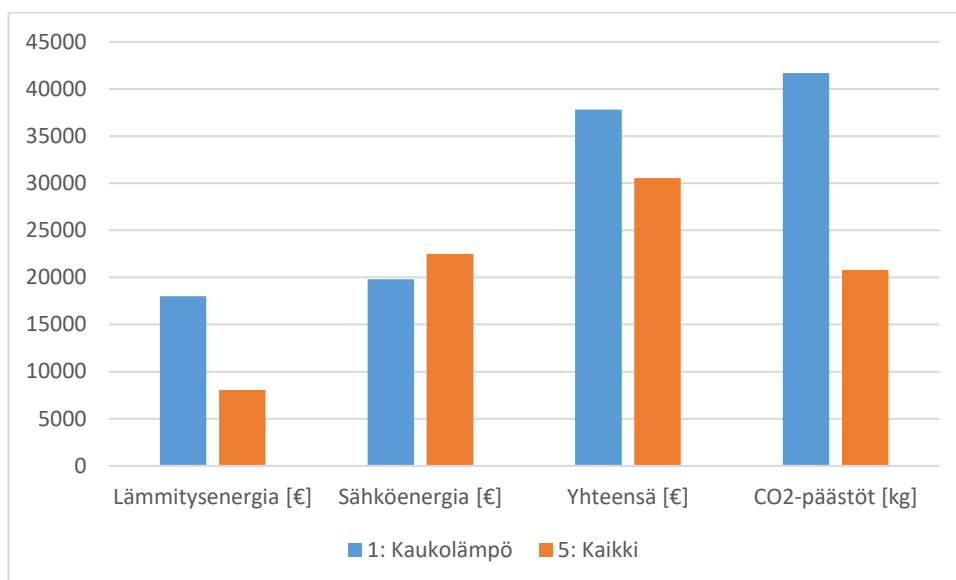
Kuvassa 10 on kaukolämmön ja energiansäästöpaketin ostoenergiat ja E-luvut.



Kuva 10. Kaukolämmön ja energiansäästöpaketin ostoenergiat ja E-luvut.

Kaikkien energiansäästökeinojen ollessa käytössä saadaan lämmityksen ostoenergian-tarvetta vähennettyä perustapakukseen verrattuna jopa 165,5 MWh eli yli puolet, ja vaikka

lämpöpumpputekniikan hyödyntäminen tilojen ja ilmanvaihdon lämmityksessä lisää sähkön kulutusta, saadaan aurinkosähköjärjestelmän lisäämisellä sähkön ostoenergian tarve silti pidettyä kurissa; perustapaukseen verrattuna 27,5 MWh eli alle 15 prosentin kasvu. Energiamaksuissa säästetään perustapaukseen verrattuna 7 270,79 €/vuosi, ja CO₂-päästöt puolittuvat. Kuvassa 11 on kaukolämmön ja energiansäästöpaketin energiakustannukset ja CO₂-päästöt.



Kuva 11. Kaukolämmön ja energiansäästöpaketin energiakustannukset ja CO₂-päästöt.

Tässä ja kaikissa muissakin lämpöpumpputekniikkaa sisältävissä laskentatapauksissa CO₂-päästöjen kehitys olisi voinut olla myös radikaalisti toisenlainen. Uusiutuvan sähkön verrokkina toisessa ääripäässä voisi olla esimerkiksi hiilivoimalla tuotettu lauhdesähkö, jonka CO₂-päästöt voivat olla jopa lähes 1000 kg/MWh. Siinä tapauksessa ei olisi ainaakaan ympäristön kannalta hyvä valinta siirtyä kaukolämmöstä sähköä kuluttavaan lämpöpumpputekniikkaan.

6.6.1 E-luku

Energiansäästöpaketin E-luku kaikki energiansäästökeinot käytössä on

- kaukolämpö: $(133\,900 \text{ kWh} \cdot 0,5) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 19,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- sähkö: $(231\,600 \text{ kWh} \cdot 1,2) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 78,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- E-luku: $19,0 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 78,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 98 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Suunnitelluilla arvoilla E-luku saadaan pudotettua perustapaukseen verrattuna 12 kWh/(m²a) eli noin 10 prosenttia. Saavutettu E-luku 98 kWh/(m²a) alittaa lähes nolla-energiatasoisen koulurakennuksen vaatimusrajan ollen energialuokaltaan B-luokkaa. Vertailun vuoksi vanhoilla energiamuotojen kertoimilla E-luvuksi muodostuisi 139 kWh/(m²a), joka oikeuttaisi C-luokkaan. Uusilla kertoimilla ja määräyksillä on siis helpompaa päästä parempaan energialuokkaan, mutta lähes nollaenergiatason vaatimusrajan saavuttaminen ei ole itsestäänselvyys.

6.6.2 Standardikäytön energiankulutus ja E-luku

Vertailun vuoksi lasketaan laskentatapauksen 5 E-luku vielä standardin mukaisilla käyttöajoilla ja kuormilla, jolloin saadaan energiatodistukseen vertailukelpoinen tulos. Tällöin ostoenergian tarpeeksi muodostuu

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 115,9 MWh
- jäähdytysenergia (kaukojäähdytys) 0 MWh
- sähköenergia 214,0 MWh
- yhteensä 330,0 MWh

jolloin E-luvuksi tulee

- kaukolämpö: $(115\,900 \text{ kWh} \cdot 0,5) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 16,5 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- sähkö: $(214\,000 \text{ kWh} \cdot 1,2) / 3\,521,6 \text{ m}^2 = 72,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$
- E-luku: $20,6 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) + 61,9 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a}) = 90 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$

ja hiilidioksidipäästöt ovat

- lämmitysenergia (kaukolämpö) 15,0 t CO₂
- sähköenergia 3,2 t CO₂
- yhteensä 18,2 t CO₂.

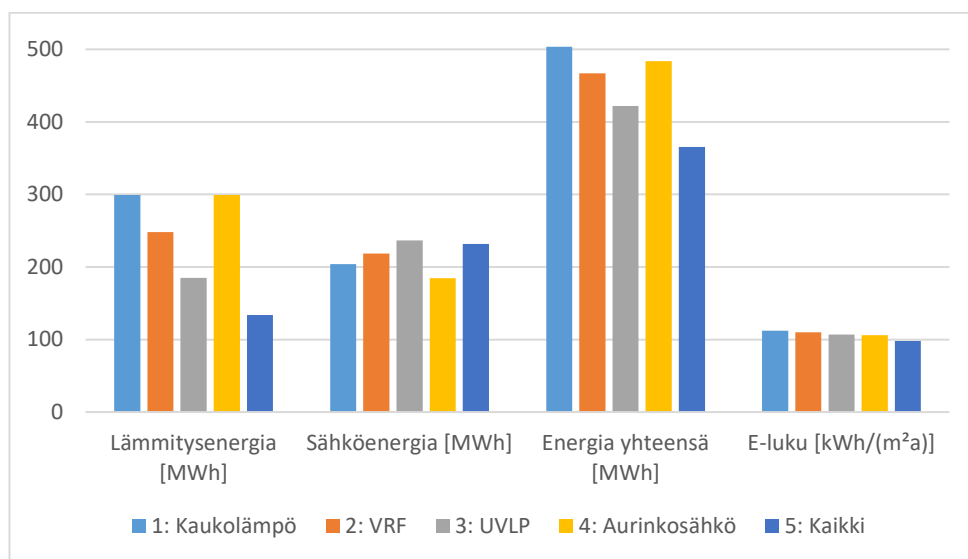
Kuten huomataan, standardin mukaisilla käyttöajoilla ja kuormilla E-luku putoaa todellisen tilanteen mukaisilla käyttöajoilla ja kuormilla lasketusta E-luvusta lähes 10 prosenttia ja pääsee täpärästi A-luokkaan raja-arvon ollessa 90 kWh/(m²a).

6.7 Laskentatapausten yhteenveto

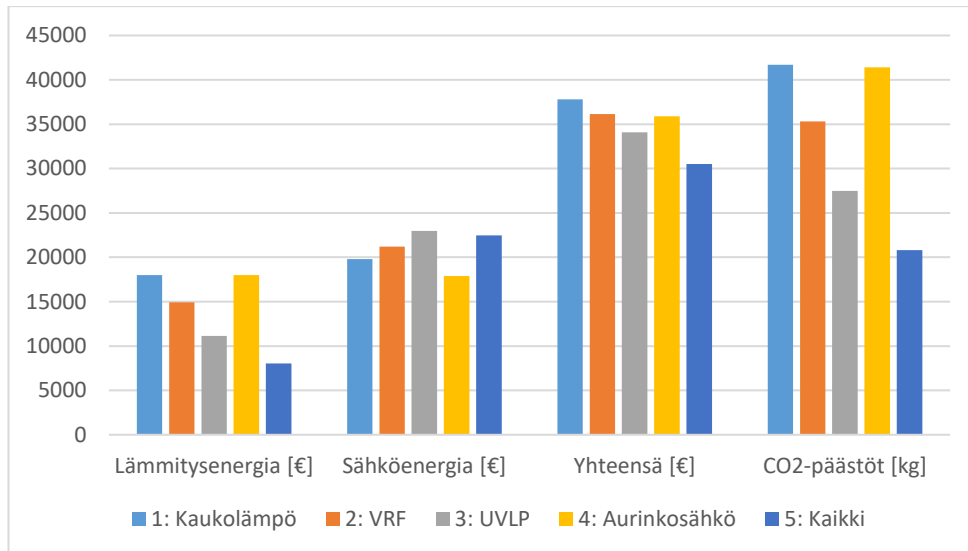
Taulukosta 1 ja kuvien 12 ja 13 kuvaajista voi vertailla eri energiansäästökeinojen ostoenergiantarvetta, CO₂-päästöjä, E-lukua sekä energiamaksuja yhdellä silmäyksellä.

Taulukko 1. Eri laskentatapausten ostoenergiat, CO₂-päästöt, E-luvut ja energiamaksut.

		Skenaario				
		#1	#2	#3	#4	#5
Ostoenergia [MWh/vuosi]	Lämmitys	299,4	248,2	185,1	299,4	133,9
	Sähkö	204,1	218,6	236,7	184,4	231,6
	Yhteensä	503,5	466,8	421,8	483,8	365,5
CO₂-päästöt [tonnia/vuosi]	Lämmitys	38,6	32	23,9	38,6	17,3
	Sähkö	3,1	3,3	3,6	2,8	3,5
	Yhteensä	41,7	35,3	27,5	41,4	20,8
E-luku [kWh/(m²a)]	Lämmitys	42,5	35,2	26,3	42,5	19
	Sähkö	69,5	74,5	80,6	62,8	78,9
	Yhteensä	112	110	107	106	98
Energia- maksut [€/vuosi]	Lämmitys	17997	14919	11126	17997	8049
	Sähkö	19808	21215	22972	17896	22477
	Yhteensä	37805	36134	34098	35893	30526



Kuva 12. Kaikkien eri laskentatapausten ostoenergiat ja E-luvut.



Kuva 13. Kaikkien eri laskentatapausten energiakustannukset ja CO₂-päästöt.

7 Energiansäästökeinojen elinkaarikustannukset

7.1 Yleistä

Energiansäästökeinojen elinkaarikustannukset lasketaan käyttämällä nykyarvomenetelmää, jossa kaikki tuotot, kulut ja investoinnit diskontataan nykyhetkeen ja lasketaan ne yhteen. Elinkaarikustannuslaskenta LCC (Life Cycle Costing) kertoo siis, mitä hankittava tuote tulee maksamaan kokonaisuudessaan koko elinkaarensa aikana, ja auttaa täten tilaajaa löytämään kokonaistaloudellisesti edullisimman ratkaisun. Myös energiatehokkuusdirektiivissä 244/2012 on esitetty, että rakennusten ja rakennusosien kokonaiskustannukset ilmaistaan pitoajan alun arvona. Nykyarvot lasketaan yhtälöllä 3 [23]

$$C_g(\tau) = C_i + \sum_j \left[\sum_{i=1}^{\tau} (C_{a,i}(j) \times R_d(i)) - V_{f,\tau}(j) \right] \quad (3)$$

τ on laskentajakso

$C_g(\tau)$ on laskentajakson kokonaiskustannukset (pitoajan alusta τ_0)

C_i on toimenpiteen tai toimenpidekokonaisuuden j alkuperäiset investointikustannukset

$C_{a,i}(j)$ on toimenpiteen tai toimenpidekokonaisuuden j vuotuiset kustannukset vuonna i

$V_{r\tau}(j)$	on toimenpiteen tai toimenpidekokonaisuuden j jäännösarvo laskentajakson lopussa (diskontattuna pitoajan alkuun τ_0)
$R_d(i)$	on diskonttokorkoon r perustuva vuoden i diskonttaustekijä, joka lasketaan seuraavasti yhtälöllä 4

$$R_d(p) = \left(\frac{1}{1 + r/100} \right)^p \quad (4)$$

p on vuosien lukumäärä pitoajan alusta ja r on reaalin diskonttokorko.

Laskelmissa on oletuksena, että toimenpidekokonaisuuksilla ei ole jäännösarvoa. Uusintainvestointeja on ainoastaan aurinkosähköjärjestelmässä, jossa invertterit pitää uusia kerran järjestelmän käyttöiän aikana. Eri energiansäästökeinojen hankinta-, huolto- ja korjauskustannukset perustuvat laitetoimittajien antamiin tietoihin sekä eri suunnittelijoilta ja kustannuslaskijoilta saatuihin kustannusarvioihin, jotka on esitetty liitteessä 14. Energiankulutukset saadaan RIUSKAN laskelmista.

LCC-laskennassa käytetyt lähtöarvot ovat

- elinkaarijakson pituus 20 vuotta
- kaukolämmön hinta 60,11 €/MWh
- sähkön hinta 97,05 €/MWh
- nimelliskorko 4 %
- inflaatio 2 %
- energian nimellinen hinnan nousu 3,5 %
- reaalikorko 1,96 %
- eskalaatio 0,48 %.

LCC-laskelmat on esitetty liitteessä 15.

7.2 Laskentatapaus 1: kaukolämpö

Kaukolämpöjärjestelmän investointikustannus laajennusosan osalta on 0 euroa, koska nykyinen liittymä on mitoitettu jo ensimmäisessä vaiheessa vastaamaan toisen vaiheen tarpeita.

Laajennusosan energiakustannukset ovat yhteensä 37 805 €.

Ylläpitokustannukset ovat koko koululta 13 000 €/vuosi, josta laskennallisesti laajennuksen osuus on 5 200 €/vuosi.

Kaukolämpöjärjestelmän nykyarvot ovat eriteltyinä seuraavat:

- investoinnin nykyarvo 0 €
- huoltokustannusten nykyarvo 85 350 €
- lämpökustannusten nykyarvo 342 310 €
- sähkökustannusten nykyarvo 376 756 €
- nykyarvo yhteensä 804 416 €

7.3 Laskentatapaus 2: kaukolämpö + lämpöpumppu ilmanvaihtokoneeseen, VRF

Laskentatapauksen 2 kannattavuuslaskelmia ei tehdä, sillä ilmanvaihdon kesällä tarvittava jäähdytysenergia tuotetaan laskentatapauksen 1 perustapauksessakin lämpöpumpputekniikkaa käyttäen, joten VRF-järjestelmän investointikustannus on perustapauksessa jo sisällä, jolloin tämän laskentatapauksen 2 kannattavuuslaskelmat eivät ole vertailukelpoisia muihin.

7.4 Laskentatapaus 3: kaukolämpö + ulkoilma-vesilämpöpumppu, UVLP

Koko koulun UVLP-järjestelmän investointikustannus on yhteensä 110 000 €, josta laskennallisesti laajennuksen osuus on 44 000 €.

Laajennusosan energiakustannukset ovat yhteensä 34 098 €/vuosi.

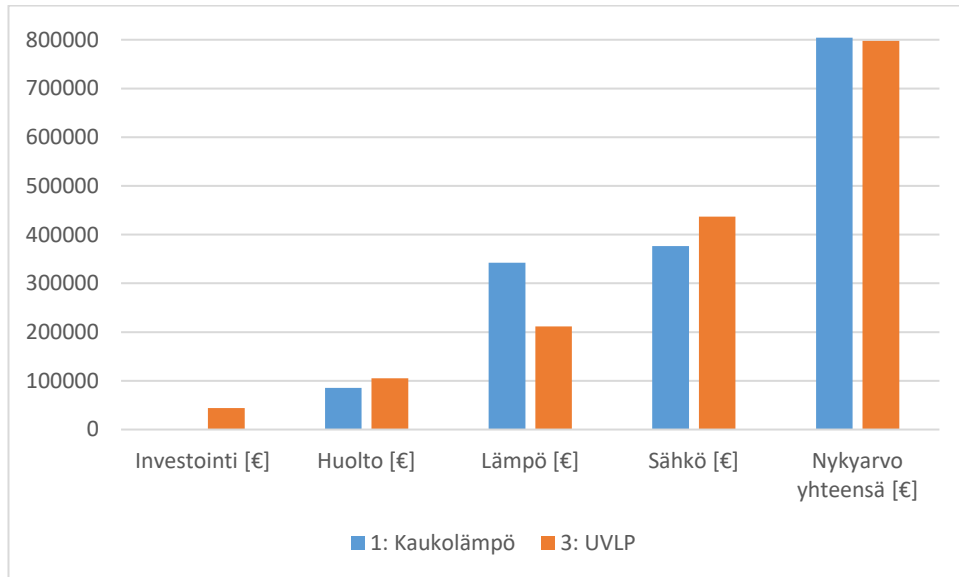
Ylläpitokustannukset ovat koko koululta 16 000 €/vuosi, josta laskennallisesti laajennuksen osuus on 6 400 €/vuosi.

UVLP-järjestelmän nykyarvot ovat eriteltyinä seuraavat:

- investoinnin nykyarvo 44 000 €
- huoltokustannusten nykyarvo 105 046 €

- lämpökustannusten nykyarvo 211 629 €
- sähkökustannusten nykyarvo 436 933 €
- nykyarvo yhteensä 797 608 €.

UVLP-järjestelmä on 20 vuoden tarkastelujaksolla rahallisesti pelkkää kaukolämpöjärjestelmää hieman kannattavampi. Kuvassa 14 on kaukolämmön ja UVLP-järjestelmän nykyarvot.



Kuva 14. Kaukolämmön ja UVLP-järjestelmän nykyarvot.

7.5 Laskentatapaus 4: kaukolämpö + aurinkosähkö

Koko koulun aurinkosähköjärjestelmän investointikustannus on yhteensä 62 000 €, josta laskennallisesti laajennuksen osuus 24 800 €.

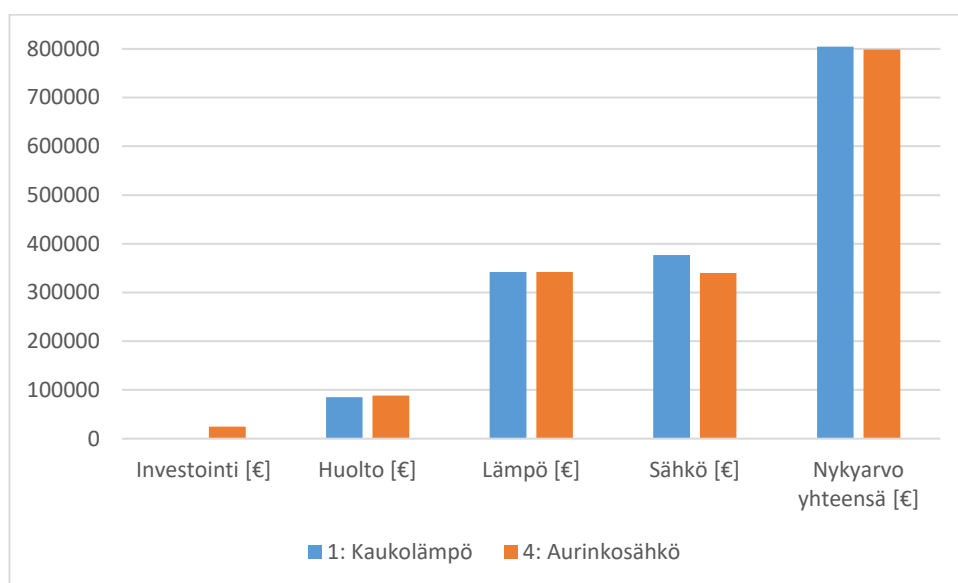
Laajennusosan energiakustannukset ovat 35 893 €/vuosi.

Ylläpitokustannukset ovat koko koululta 13 500 €/vuosi, josta laajennuksen osuus on 5 400 €/vuosi. Lisäksi kannattavuuslaskennassa otetaan huomioon, että invertterit joudutaan uusimaan kerran paneelien käyttöiän aikana. Invertterien uusinnan kustannusarvio on 6 200 €, josta laskennallisesti laajennuksen osuus on 2 480 € eli 10 prosenttia alkuperäisestä investointikustannuksesta.

Aurinkosähköjärjestelmän nykyarvot ovat eriteltyinä seuraavat:

- investoinnin nykyarvo 24 800 €
- huoltokustannusten nykyarvo 88 633 €
- lämpökustannusten nykyarvo 342 310 €
- sähkökustannusten nykyarvo 340 391 €
- nykyarvo yhteensä 798 587 €.

Aurinkosähköjärjestelmä on UVLP-järjestelmän kanssa rahallisesti lähes yhtä kannattava. Kuvassa 15 on kaukolämmön ja aurinkosähköjärjestelmän nykyarvot.



Kuva 15. Kaukolämmön ja aurinkosähköjärjestelmän nykyarvot.

7.6 Laskentatapaus 5: kaukolämpö + lämpöpumpput (VRF ja UVLP) + aurinkosähkö

Koko koulun energiasäästöpakettin investointikustannukset ovat 172 000 €, josta laskennallisesti laajennuksen osuus on 68 800 €.

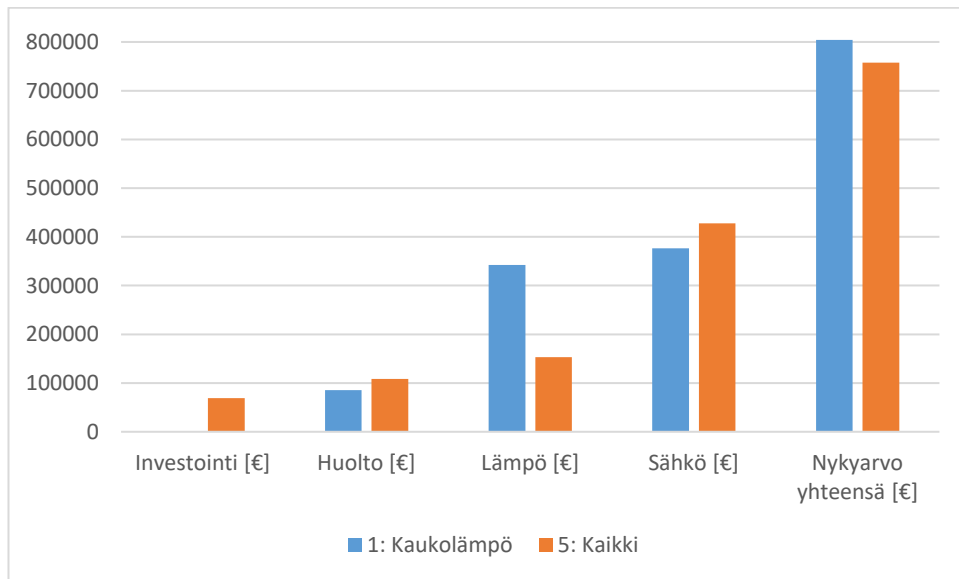
Laajennusosan energiakustannukset ovat yhteensä 30 526 €/vuosi.

Ylläpitokustannukset ovat koko koululta 16 500 €/vuosi, josta laskennallisesti laajennuksen osuus 6 600 €/vuosi.

Energiasäästöpakettin nykyarvot ovat eriteltyinä seuraavat:

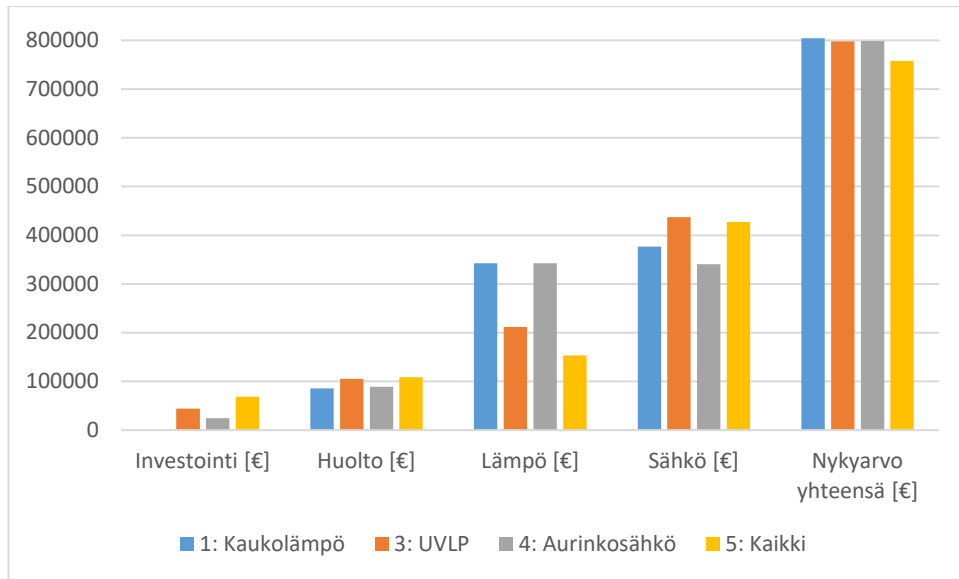
- investoinnin nykyarvo 68 800 €
- huoltokustannusten nykyarvo 108 329 €
- lämpökustannusten nykyarvo 153 091 €
- sähkökustannusten nykyarvo 427 519 €
- nykyarvo yhteensä 757 739 €.

Kuvassa 16 on kaukolämmön ja energiansäästöpaketin nykyarvot.



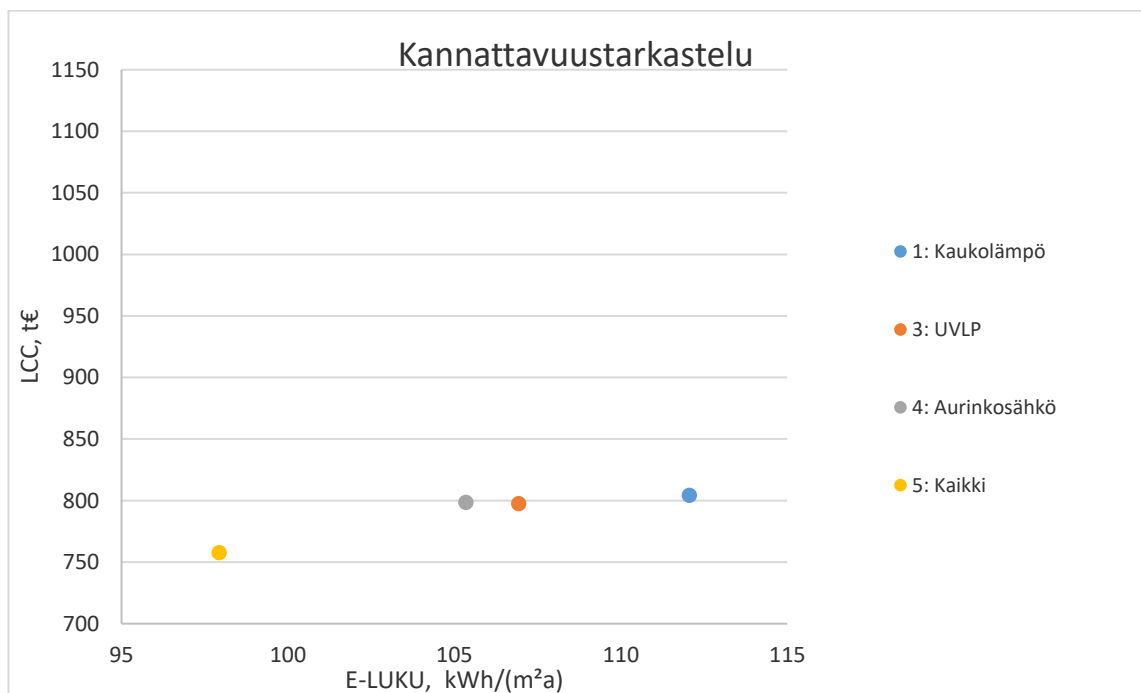
Kuva 16. Kaukolämmön ja energiansäästöpaketin nykyarvot.

Energiansäästöpaketti on tarkasteltavista vaihtoehdoista rahallisesti selvästi kannattavin investointikokonaisuus. Kuvassa 17 on kaikkien eri laskentatapausten nykyarvot.



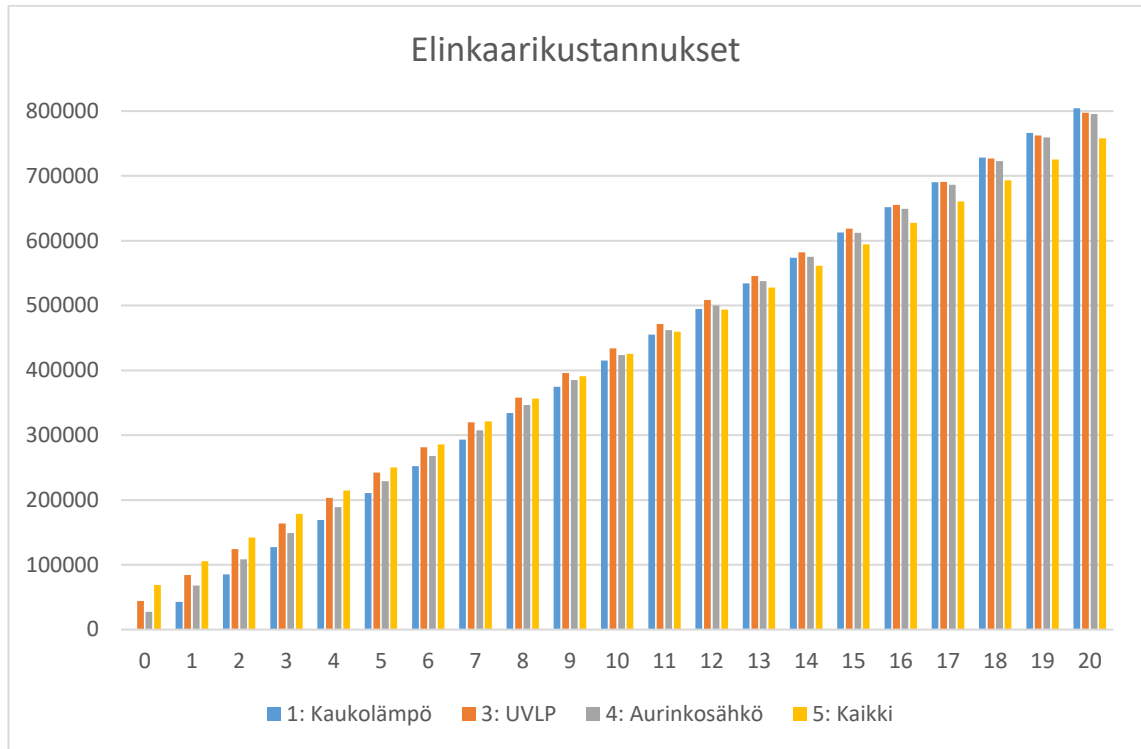
Kuva 17. Kaikkien eri laskentatapausten nykyarvot.

Kuvasta 18 voidaan tarkastella investointien kannattavuutta suhteessa E-lukuun. Kuvasta nähdään, että energiansäästöpaketti on selkeästi kannattavin valinta ollessaan nykyarvoltaan edullisin ja E-luvultaan paras.



Kuva 18. LCC-laskennan kannattavuustarkastelu.

Kuvasta 19 voidaan nähdä, milloin eri laskentatapaukset ohittavat kannattavuudeltaan perustapauksen. Investointien niin sanotut takaisinmaksuajat eri laskentapauksissa suhteessa perustapaukseen ovat noin 12–17 vuotta.

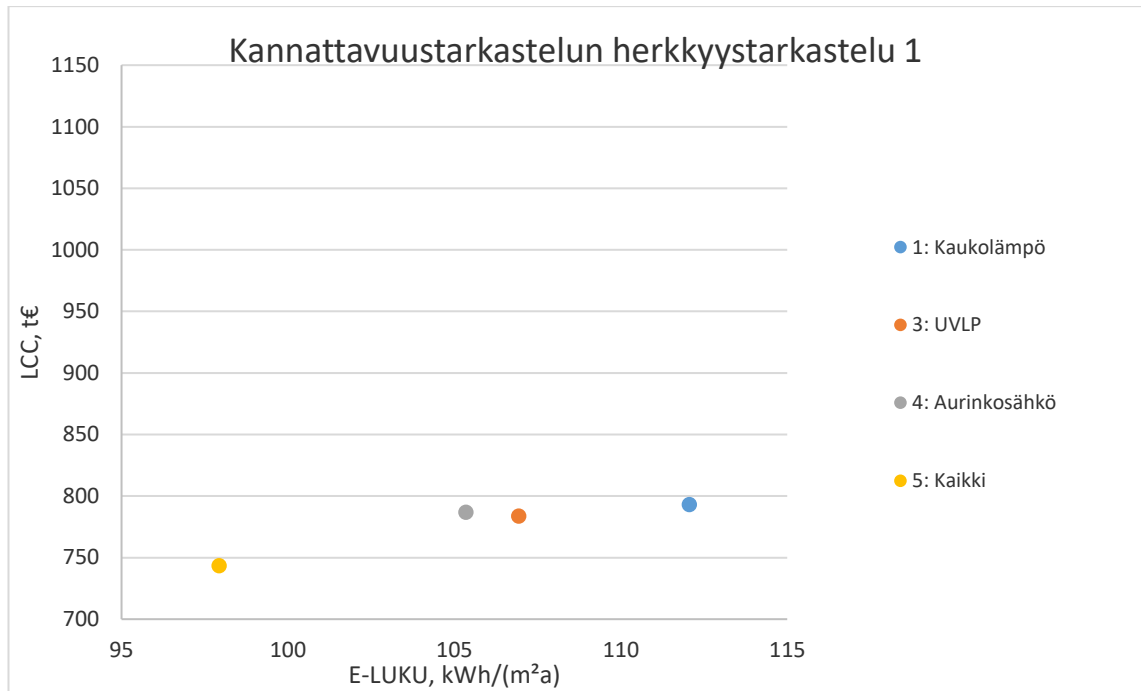


Kuva 19. Eri laskentatapausten elinkaarikustannukset.

7.7 Herkkyystarkastelu

LCC-laskennasta tehdään myös kaksi eri herkkyystarkastelua, joiden tarkoituksena on tutkia eri tekijöiden vaikutuksia investointien kannattavuuteen. Ensimmäisessä herkkyystarkastelussa inflaatio alennetaan 2 prosentista 0,5 prosenttiin, jolloin reaalikorko lähes tuplaantuu 1,96 prosentista 3,48 prosenttiin. Toisessa herkkyystarkastelussa energian nimellinen hinnan nousu tuplataan 3,5 prosentista 7 prosenttiin.

Kuvasta 20 nähdään, että inflaation muutos ei juurikaan muuta eri laskentatapausten kannattavuutta. Aurinkosähkön ja UVLP-järjestelmän ero kasvaa hieman UVLP-järjestelmän eduksi, mutta muuten erot pysyvät melko samoina kuin ensimmäisessä LCC-laskennassa.

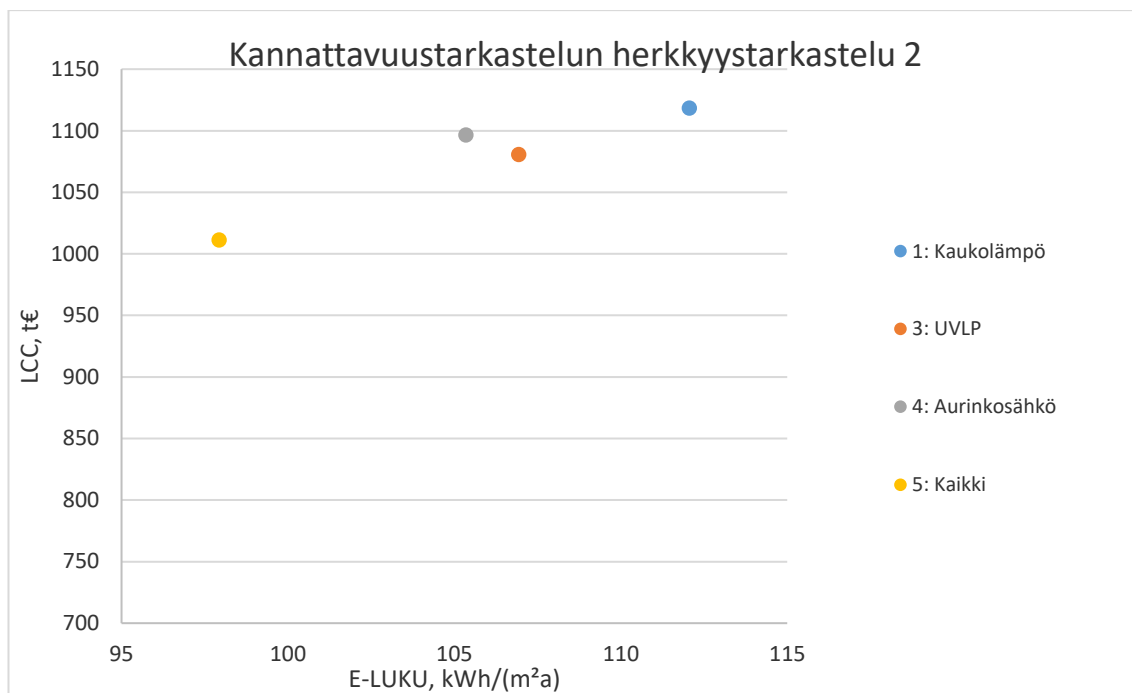


Kuva 20. LCC-laskennan kannattavuustarkastelun herkkyystarkastelu 1.

Herkkyystarkastelu 1:n nykyarvot ovat seuraavat:

- kaukolämpö = 793 087 €
- kaukolämpö + UVLP = 783 665 €
- kaukolämpö + aurinkosähkö = 786 803 €
- kaukolämpö + VRF + UVLP + aurinkosähkö = 743 359 €.

Herkkyystarkastelussa 2 energian nimellinen hinnan nousu on tuplattu alkuperäisen LCC-laskennan 3,5 prosentista 7 prosenttiin. Kuvasta 21 nähdään, että eri laskentatapausten nykyarvojen erot kasvavat entisestään. Energiansäästöpaketti on edelleen huomattavasti muita kokonaisedullisempi valinta.

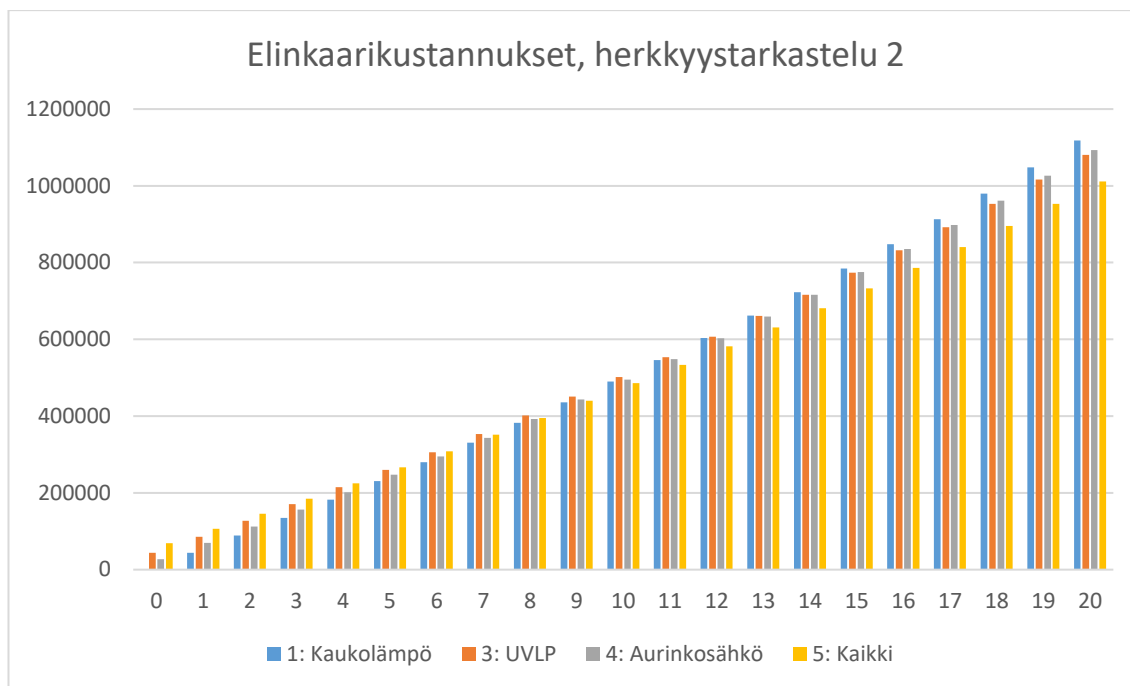


Kuva 21. LCC-laskennan kannattavuustarkastelun herkkyystarkastelu 2.

Herkkyystarkastelu 2:n nykyarvot ovat seuraavat:

- kaukolämpö = 1 118 303 €
- kaukolämpö + UVLP = 1 080 718 €
- kaukolämpö + aurinkosähkö = 1 096 600 €
- kaukolämpö + VRF + UVLP + aurinkosähkö = 1 011 186 €.

Kuvasta 22 nähdään, että mitä nopeampaa energian hinnan nousu on tulevaisuudessa, sitä nopeammin energiansäästökeinot maksavat itsensä takaisin. Ainoan poikkeuksen tähän sääntöön tuo se, että jostain syystä sähkön hinta nousisi huomattavasti nopeammin kuin kaukolämmön hinta. Uusiutuvan sähköenergian tuotannon koko ajan kehittyessä edellä mainittu skenaario tuskin kuitenkaan on kovin todennäköinen.



Kuva 22. Eri laskentatapausten elinkaarikustannukset herkkyystarkastelussa 2.

8 Johtopäätökset

E-lukua on mahdollista alentaa eri uusiutuvia energiamuotoja käytettäessä, mutta kuten oli oletuksenakin, niin etenkin aurinkosähkön omavaraistuotanto vaikuttaa rakennuksen E-lukuun tuntuvasti, sillä sähkön energiamuodon kerroin on korkea. Mikäli käytössä on fossiilisilla polttoaineilla tuotettua korkeapäästöistä sähköä, vaikuttaa aurinkosähköjärjestelmän lisääminen myös tuntuvasti CO₂-päästöihin. Samasta syistä johtuen olisi mahdollista luoda tilanne, jossa esimerkiksi kaukolämmöstä lämpöpumpputekniikkaan siirtyessä absoluuttisen ostoenergiantarve vähenee, mutta CO₂-päästöt sekä energiakustannukset pysyvät samoina tai jopa kasvavat, kun sähkön ostoenergiantarve lisääntyy ja kaukolämmön ostoenergiantarve vähenee tietyssä suhteessa.

Uusiutuvaa energiaa käytettäessä on mahdollista saavuttaa ja alittaa tiukentuneiden energiamääräysten raja-arvot, mutta kuten vertailurakennuksen laskelmista nähtiin, vaaditaan lähes nollaenergiatasoon pääsemiseen jonkin verran ponnisteluja, eikä yksi energiansäästökeino välttämättä yksinään riitä saavuttamaan vaadittua tasoa. Nykyisiin tavoitteisiin päästään kuitenkin vielä melko kustannustehokkaasti, vaikka rahalliset säästöt jäävätkin laskelmien perusteella alkuperäistä oletusta vähäisemmiksi, mutta tulevaisuu-

dessa joudutaan energiamääräysten vaatimuksien edelleen tiukentuessa varmasti tilanteeseen, jossa energiansäästöinvestoinnit eivät niin sanotusti maksa itseään ikinä takaisin. Ainakaan rahallisesti. Toisaalta, jos ilmastonmuutosta ei saada kuriin tarpeeksi pikaisella aikataululla, voi loppulasku olla liian kova ihmiskunnalle maksettavaksi. Siinä mittakaavassa nykyään tehdyt rahalliset panostukset ovat edullisia.

9 Yhteenveto

Työn tarkoituksena oli perehtyä uusiin rakennusten energiatehokkuutta koskeviin määräyksiin ja lainsäädäntöön sekä historiaan määräysten taustalla. Työ tehtiin Insinööritörmistö Leo Maaskolan tilauksesta. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia ja selvittää millä eri keinoilla voidaan saavuttaa uudessa koulurakennuksessa lähes nollaenergiataso. Tarkastelussa keskityttiin uusiutuvan energian eri muotoihin, kuten lämpöpumpputekniikkaan ja aurinkosähköön.

Tutkittavana kohteena oli Sipooseen rakennettava koulurakennuksen laajennus, josta tehtiin tietomalli käyttäen MagiCAD Room -suunnitteluohjelmistoa. Tietomalli vietiin energia- ja olosuhdesimulointiohjelma RIUSKAan ja laskettiin rakennuksen E-luku ja ostoenergian kulutus. RIUSKAlla laskettiin tämän jälkeen eri energiansäästökeinojen vaikutus rakennuksen E-lukuun ja ostoenergian kulutukseen. Eri energiansäästökeinojen kustannukset selvitettiin kustannuslaskijoilta ja energiansäästökeinoille laskettiin kannattavuudet nykyarvomenetelmällä 20 vuoden tarkastelujaksolla.

Laskelmista selvisi, että uusiutuvia energiamuotoja käyttäen voidaan saavuttaa FlNZEB-hankkeen loppuraportissa ehdotettu koulurakennuksen lähes nollaenergiatason E-luku 104 kWh/(m²a), ja päästä jopa energialuokkaan A kustannustehokkaasti. Työssä tehtyjen kannattavuuslaskelmien mukaan nykyisillä kaukolämmön ja sähkön hinnoilla lämpöpumpuilla tuotettu lämpö on kaukolämpöä kannattavampaa. Myös aurinkosähkö osoitautui kannattavaksi, mutta suurin vaikutus aurinkosähköllä oli rakennuksen E-lukuun. Kaukolämmön nykyarvoksi 20 vuoden tarkastelujaksolla saatiin 804 416 € ja kouluun valitun energiansäästöpaketin nykyarvoksi 757 739 € eli energiansäästöpaketti tulee 20 vuoden aikana 46 677 € halvemmaksi.

Lähteet

- 1 Etusivu. 2015. Verkkodokumentti. Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy. <<http://www.maaskola.fi>>. Luettu 15.1.2018.
- 2 Kaukolämmön hintatilasto. 2018. Verkkodokumentti. Energiateollisuus. <https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolammon_hintatilasto.html>. Luettu 19.4.2018.
- 3 Analysis: Global CO2 emissions set to rise 2% in 2017 after three-year 'plateau'. 2017. Verkkodokumentti. Carbon Brief. <<https://www.carbonbrief.org/analysis-global-co2-emissions-set-to-rise-2-percent-in-2017-following-three-year-plateau>>. Luettu 15.1.2018.
- 4 The History of Carbon Dioxide Emissions. 2014. Verkkodokumentti. World Resources Institute (WRI). <<http://www.wri.org/blog/2014/05/history-carbon-dioxide-emissions>>. Luettu 17.1.2018.
- 5 Viides arviointiraportti. 2018. Verkkodokumentti. Ilmatieteenlaitos. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/viides-arviointiraportti>>. Luettu 17.1.2018.
- 6 What is the United Nations Framework Convention on Climate Change? 2018. Verkkodokumentti. United Nations Climate Change. <<https://unfccc.int/process/the-convention/what-is-the-united-nations-framework-convention-on-climate-change>>. Luettu 4.5.2018.
- 7 Kyoto Protocol. 2018. Verkkodokumentti. United Nations Climate Change. <http://unfccc.int/kyoto_protocol/items/2830.php>. Luettu 1.2.2018.
- 8 YK:n puitesopimuksen Kioton pöytäkirja. 2005. Verkkodokumentti. Finlex. <http://www.finlex.fi/fi/sopimukset/sopsteksti/2005/20050013/20050013_2>. Luettu 2.2.2018.
- 9 Suomi hyväksyi Kioton pöytäkirjan toisen sitoumuskauden. 2015. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi/FI/Suomi_hyvaksyi_Kioton_poytakirjan_toisen%2833896%29>. Luettu 7.2.2018.
- 10 The Paris Agreement. 2018. Verkkodokumentti. United Nations Climate Change. <http://unfccc.int/paris_agreement/items/9485.php>. Luettu 7.2.2018.
- 11 Euroopan unionin ilmastopolitiikka. 2016. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <http://www.ymparisto.fi/FI/Ymparisto/Ilmasto_ja_ilma/Ilmastonmuutoksen_hillitsemisen/Euroopan_unionin_ilmastopolitiikka>. Luettu 16.2.2018.
- 12 Energy Efficiency Directive. 2017. Verkkodokumentti. European Commission. <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>>. Luettu 17.2.2018.

- 13 Buildings. 2018. Verkkodokumentti. European Commission. <<https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/buildings>>. Luettu 19.2.2018
- 14 FInZEB-hanke loppuraportti. 2015. Verkkodokumentti. Teknologiateollisuus. <http://talotekniikka.teknologiateollisuus.fi/sites/lvi-talotekniikka/files/file_attachments/FInZEB_loppuraportti.pdf>. Luettu 27.2.2018.
- 15 MagiCAD Room. 2018. Verkkodokumentti. MagiCAD. <<https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/magicad-room>>. Luettu 20.1.2018.
- 16 RIUSKA. 2018. Verkkodokumentti. Granlund. <<http://www.granlund.fi/ohjelmistot/riuska>>. Luettu 20.1.2018.
- 17 Nikkilän Sydämen laajentaminen: vaihe 2. Hankesuunnitelma 30.9.2016.
- 18 Nikkilän Sydän Koulun laajennus/uudisrakennus. LVIA-hankesuunnitelma vaihe 2.
- 19 Greenhouse gas emissions from hydropower: The state of research in 1996. 1997. Verkkodokumentti. ScienceDirect. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421596001255>>. Luettu 3.3.2018.
- 20 Rakennusten energiamuotokertoimet uudistettu. 2017. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <[http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Rakennusten_energiamuotokertoimet_uudist\(45276\)](http://www.ymp.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Rakennusten_energiamuotokertoimet_uudist(45276))>. Luettu 3.3.2018.
- 21 Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. 2012. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 22 Rakennusten energiatehokkuus. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. 2012. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 23 Komission delegoitu asetus (EU) N:o 244/2012. 2012. Verkkodokumentti. EUR-Lex. <<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32012R0244>>. Luettu 10.3.2018.

Energialaskelma/mitoitusajo UVLP

NIBE

NIBE YHTEYSHENKILÖ
 lisää lisää
 lisää lisää
 lisää lisää
 lisää lisää
 lisää lisää
 lisää lisää

Laskelmasta
 Energialaskelma perustuu lämpöpumpun standardien mukaisiin testiarvoihin ja arvioon laitteen käyttöympäristöstä ja -tavasta rakennusmääräysten mukaisissa sääolosuhteissa. Lopullisessa asennuksessa energiankulutus vaihtelee sääolosuhteiden, rakennuksen ja lämmitysjärjestelmän toteutuksen ja käytön mukaan ja voi siten poiketa laskelmasta. Lisätietoja saat joko ottamalla yhteyttä tai vieraillemalla www.nibe.fi.

Ystävällisin terveisin,

ASIAKAS
 nikkilän sydän

ENERGIALASKELMA

KOHTEEN TIEDOT

Tilojen lämmityksen tarve	281300 kWh/vuosi
- josta käyttöveden osuus	0 kWh/vuosi
Nykyinen lämmityksen pumppu	8771 kWh/vuosi
Lämmitystehontarve	129,2 kW

ENNEN LÄMPÖPUMPUN ASENNUSTA

Ostoenergia -Kaukolämpö (97%)	290000 kWh/vuosi
-Sähkö	8771 kWh/vuosi

LÄMPÖPUMPUN ASENNUKSEN JÄLKEEN

Ostoenergia -Sähkö	100554 kWh/vuosi
--------------------	------------------

SÄÄSTÖT

Energiansäästö	187517 kWh/vuosi
Reduced energy to purchase	188448 kWh/vuosi
CO2 säästöt	41338 kg/vuosi

SÄÄTIEDOT

Vuoden keskilämpötila	5,8 °C
Mitoitettava ulkolämpötila, MUT	-28,0 °C

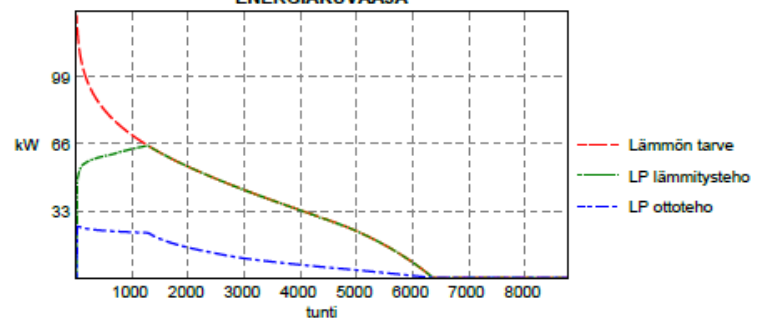
RAKENNUKSEN OLOSUHTEET

Sisälämpötila	21,0 °C
Tilojen lämmitys pysähtyy	15,0 °C
Lämmitys meno MUT:ssa	60 °C
Lämmitys paluu MUT:ssa	30 °C

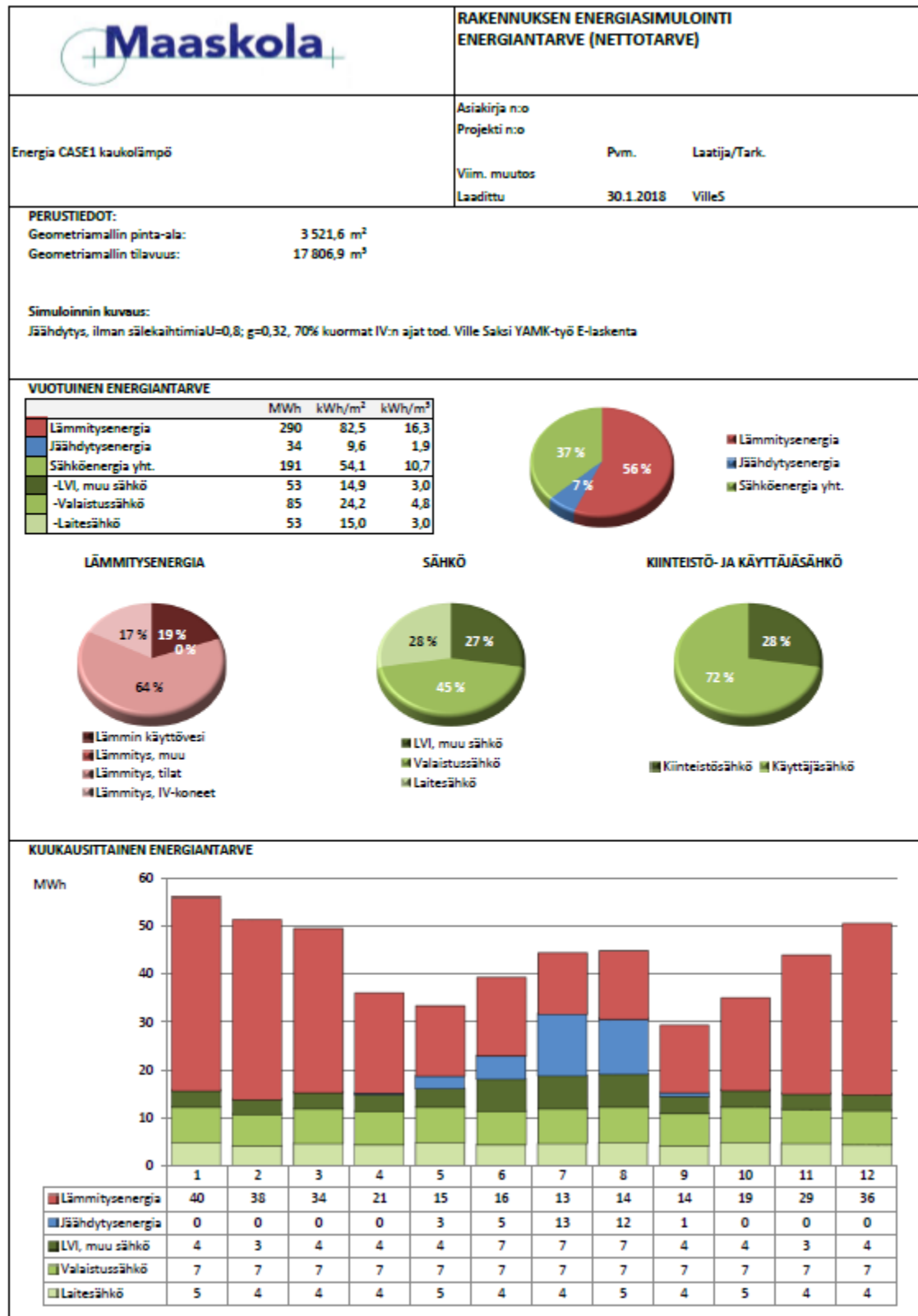
ENERGIALASKENNAN TULOKSET


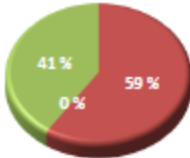
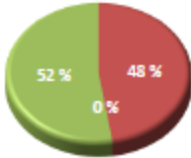


-Ilma/vesilämpöpumppu NIBE F2120-20	5 kpl
LP:n tuottama energia	251883 kWh/vuosi
LP:n kuluttama energia	70064 kWh/vuosi
Lisäenergia, hyötysuhdekorjattu	29437 kWh/vuosi
Lämmityksen kiertopumppu	1053 kWh/vuosi
Energianpeitto	90 %
Vuosilämpökerroin, LP	3,6
Vuosilämpökerroin, järjestelmä	2,8
Kiinteä tai vaihteleva lauhdutus	Vaihteleva
Lämpöpumpun teho MUT:ssa	0,0 kW
Ottoteho MUT:ssa	0,0 kW
Laskennallinen lisäteho	129,2 kW
Tehopeitto	0 %


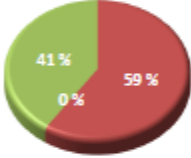
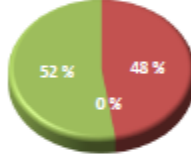

ENERGIAKUVAAJA




Energia CASE1 kaukolämpö: RIUSKA-energiasimulointi





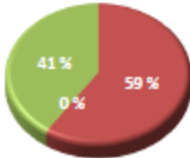

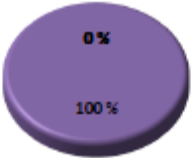
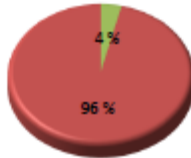
	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE						
Energia CASE1 kaukolämpö	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu	Pvm. 30.1.2018	Laatiija/Tark. VilleS				
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta							
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	60,11	17 997,11	0,00	17 997,11
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	204,1	57,9	11,5	97,05	19 803,62	0,00	19 803,62
Yhteensä	503,5	143,0	28,3	157,16	37 800,73	0,00	37 800,73
				Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.			
ENERGIA 		HINTA 					
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA				ENERGIAMUODOT			
	MWh	kWh/m ²					
Aurinkolämpö	0,0	0,0					
Aurinkosähkö	0,0	0,0					
Tuulisähkö	0,0	0,0					
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8					
Muu	0,0	0,0					
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	20,3	5,8					
	EUR/MWh, max	EUR					
Kaukolämpö	58,61	0,00					
Sähkö	100,00	0,00					
Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00					
Sähkö	100,00	0,00					
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA, JAKAUMA 		UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA 					

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO₂-PÄÄSTÖT																																												
Energia CASE1 kaukolämpö	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu		Pvm. Laatija/Tark. 30.1.2018 VilleS																																										
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekäihintimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																													
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE																																													
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR																																						
Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	60,11	17 997,11	0,00	17 997,11																																						
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00																																						
Sähköenergia	204,1	57,9	11,5	97,05	19 803,62	0,00	19 803,62																																						
Yhteensä	503,5	143,0	28,3	157,16	37 800,73	0,00	37 800,73																																						
				Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.																																									
ENERGIA 		HINTA 		CO₂ PÄÄSTÖT 																																									
CO₂ PÄÄSTÖT																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energiamuoto</th> <th>Osto-energia MWh</th> <th>CO₂ päästöt kg/MWh</th> <th>CO₂ päästöt ton CO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>299,4</td> <td>129,0</td> <td>38,6</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>204,1</td> <td>15,0</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>503,5</td> <td></td> <td>41,7</td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂	Lämmitysenergia	299,4	129,0	38,6	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	204,1	15,0	3,1	Yhteensä	503,5		41,7																									
Energiamuoto	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂																																										
Lämmitysenergia	299,4	129,0	38,6																																										
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																										
Sähköenergia	204,1	15,0	3,1																																										
Yhteensä	503,5		41,7																																										
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energiamuoto</th> <th>Tyyppi</th> <th>Nimi</th> <th>Osto-energia MWh</th> <th>CO₂ päästöt kg/MWh</th> <th>CO₂ päästöt ton CO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Kaukolämpö</td> <td rowspan="2">Kaukolämpö</td> <td></td> <td>299,4</td> <td>129,0</td> <td>38,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sähkö</td> <td rowspan="2">Sähkö</td> <td></td> <td>204,1</td> <td>15,0</td> <td>3,1</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td></td> <td></td> <td>503,5</td> <td></td> <td>41,7</td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Tyyppi	Nimi	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂	Kaukolämpö	Kaukolämpö		299,4	129,0	38,6		0,0	0,0	0,0	Sähkö	Sähkö		204,1	15,0	3,1		0,0	0,0	0,0				0,0	0,0	0,0	Yhteensä			503,5		41,7							
Energiamuoto	Tyyppi	Nimi	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂																																								
Kaukolämpö	Kaukolämpö		299,4	129,0	38,6																																								
			0,0	0,0	0,0																																								
Sähkö	Sähkö		204,1	15,0	3,1																																								
			0,0	0,0	0,0																																								
			0,0	0,0	0,0																																								
Yhteensä			503,5		41,7																																								

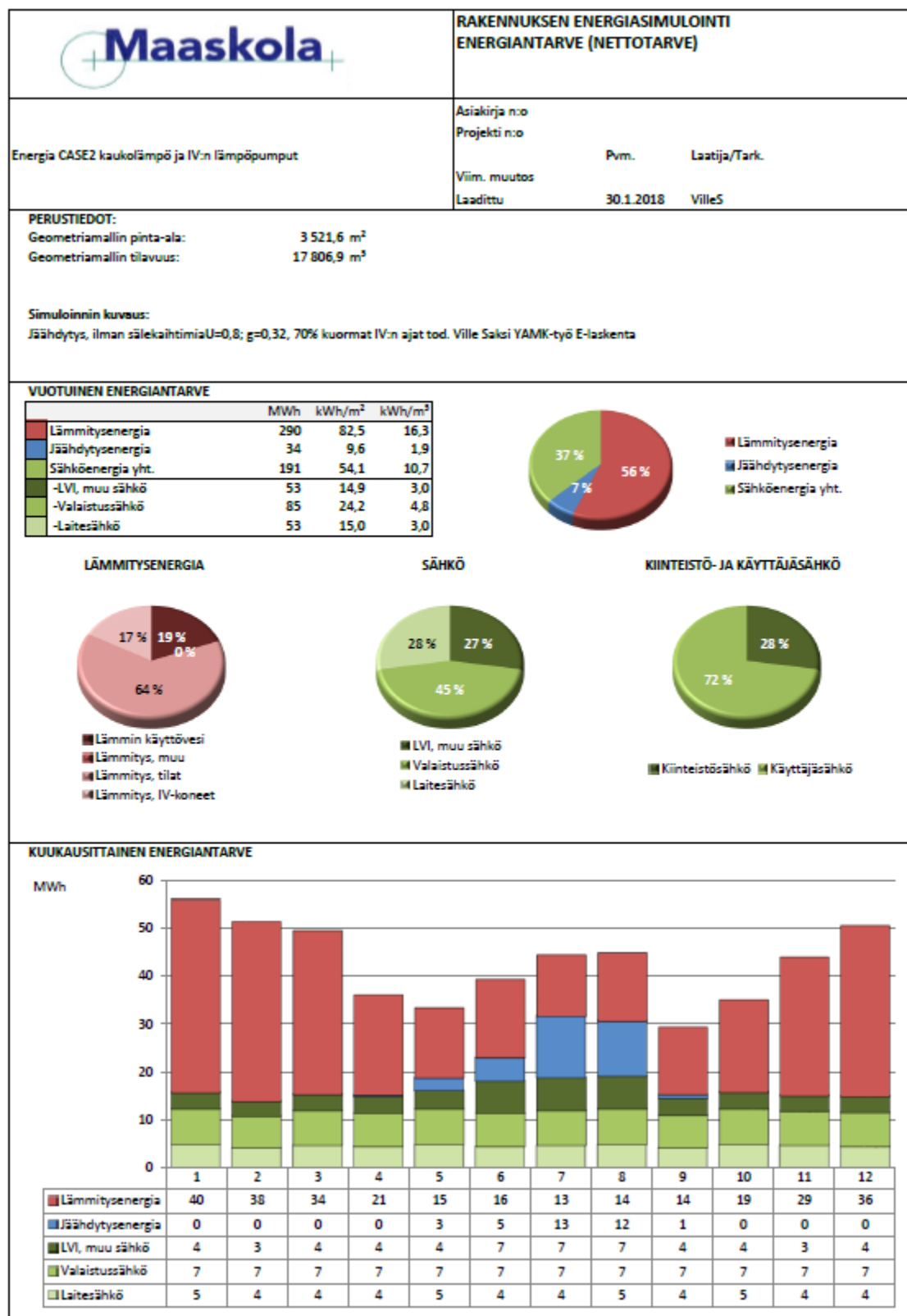
E-luku CASE1 kaukolämpö: RIUSKA-energiasimulointi


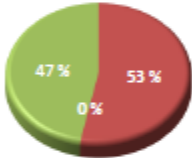
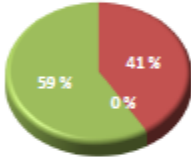


		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
E-luku CASE1 kaukolämpö		Asiakirja n:o		Pvm.	
		Projekti n:o		Lastija/Tark.	
		Viim. muutos		Ladittu	
		30.1.2018		Villes	
Rakennuksen käyttötarkoitus		Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi		0			
Lämmitetty nettoala		3 521,6 m ²			
Ilmanvuotoluku q50		1,0 m ³ /(h·m ²)			
Rakennusvaipan umpiosat		A	U	U·A	%
		m ²	W/(m ² ·K)	W/K	
Ulkoseinät		1 381,3	0,17	274,68	26,3
Yläpohja		2 041,2	0,09	188,87	18,2
Alapohja		2 040,3	0,16	327,36	31,6
Ikkunat		217,8	0,99	216,46	20,9
Ulko-ovet		29,7	1,00	29,52	2,8
Kylmäsiilit				0,00	0,0
Ikkunat ilmansuunnittain		A	U-lasiassa	U-ikkuna	g-arvo
		m ²	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	-
Pohjoinen		60,6	0,89	0,98	0,6
Koillinen		0,0	0,00	0,00	0,0
Itä		12,4	0,87	0,96	0,6
Kaakko		0,0	0,00	0,00	0,0
Etelä		106,6	0,95	1,00	0,3
Lounas		0,0	0,00	0,00	0,0
Länsi		38,3	0,95	1,02	0,3
Luode		0,0	0,00	0,00	0,0
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	0,0
		217,8			
Ilmanvaihtojärjestelmä		Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpö- tilasuhde	Jäätymisen esto °C
Ilmanvaihto, palvelualue 1 TKPK330 opetustilat 1.krs roottori		2,09	2,09	1,67	-14
Ilmanvaihto, palvelualue 2 TKPK331 opetustilat 2 ja 3. krs root		4,33	4,33	1,75	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 3 TKPK332 liikuntasali roottori		5,70	5,70	1,72	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 4 TKPK334 pukuhuone ja lihaset pois		2,06	2,06	1,67	0
Ilmanvaihto, palvelualue 5 TKPK336 porrashuone F roottori		0,03	0,03	1,80	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 6 TKPK335 porrashuone G roottori		0,03	0,03	1,80	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 7		0,36	0,36	0,42	-5
Ilmanvaihtojärjestelmä		14,59	14,59	1,68	
Lämmitysjärjestelmä		Tuoton hyötysuhde	Joon ja luovut. hyötysuhde	Lämpökertoim ¹	Apulaitteiden sähkökäyttö ² W
Tilojen ja IV:n lämmitys		0,97	0,90	0,00	9 156,2
LKV:n valmistus		0,97	0,89	0,00	10,0
		¹ vuoden keskimääräinen lämpökertoim lämpöpumpulle			
		² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen			
Jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
		2,30			
LKV:n käyttö		m ³ /(m ² ·s)	yht. m ³ /s		
		0,188	662		
Sisäiset lämpökuormat		Ihmiset W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Vaistutus W/m ²	Käyttöaste -
			8	8	0,0/0,7
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvitys	


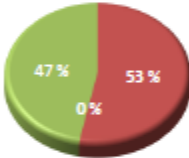
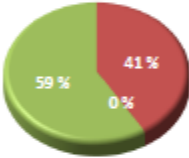
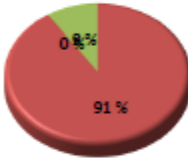
		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET			
E-luku CASE1 kaukolämpö		Asiakirja n:o		Pvm.	
		Projekti n:o		Laastija/Tark.	
		Viim. muutos			
		Laadittu		30.1.2018 VilleS	
Rakennuksen käyttötarkoitus		Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala		3 521,6	m ²		
E-luku		112	kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely		Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
		kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² ·a)
Sähkö		204 056	1,20	244 867	70
Kaukolämpö		299 403	0,50	149 701	43
Kaukojäähdytys		0	0,28	0	0
Uusiutuva polttoaine		0	0,50	0	0
Fossiilinen polttoaine		0	1,00	0	0
Yhteensä		503 459		394 568	113
Uusiutuva omavaraisenergia		kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinkosähkö		0	0		
Aurinkolämpö		0	0		
Tuulisähkö		0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		20 290	6		
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus		Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
		kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	
Lämmitysjärjestelmä		-			
Tilojen lämmitys ¹		0,0	52,5		
Tuloilman lämmitys		0,0	14,1		
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	15,9		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		14,9	-		
Jäähdytysjärjestelmä		3,8		0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus		39,2	-		
Yhteensä		57,9	82,5	0,0	
Ilmanvaihtojärjestelmän lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen					
Energian nettotarve		kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Tilojen lämmitys ²		166 353	47,2		
Ilmanvaihtojärjestelmän lämmitys ²		45 109	12,8		
Lämpimän käyttöveden valmistus		38 738	11,0		
Jäähdytys		30 743	8,7		
¹ sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa					
² laskettu lämmöntalteenoton kanssa					
Lämpökuormat		kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinko		31 575	9,0		
Ihmiset		105 143	29,9		
Kuluttajalaitteet		52 656	15,0		
Valaistus		85 318	24,2		
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat		17 227	4,9		
Laskentatyökalun nimi ja versio numero		RIUSKA 5.1.9			
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvitys	

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																							
E-luku CASE1 kaukolämpö	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu	Pvm. 30.1.2018	Laatik/Tark. Ville5																																					
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekäihintimäU=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																								
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>299,4</td> <td>85,0</td> <td>16,8</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>204,1</td> <td>57,9</td> <td>11,5</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>503,5</td> <td>143,0</td> <td>28,3</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	204,1	57,9	11,5	Yhteensä	503,5	143,0	28,3																				
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³																																					
Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8																																					
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																					
Sähköenergia	204,1	57,9	11,5																																					
Yhteensä	503,5	143,0	28,3																																					
<div style="text-align: center;"> ENERGIA  </div>																																								
E-LUVUN ERITTELY																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Energiamuoto</th> <th rowspan="2">Osto-energia MWh</th> <th rowspan="2">Energia- muoto- kerroin</th> <th colspan="2">Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus</th> </tr> <tr> <th>MWh</th> <th>kWh_t/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>299,4</td> <td>0,50</td> <td>149,7</td> <td>42,5</td> </tr> <tr> <td>Kaukojäähdytys</td> <td>0,0</td> <td>0,28</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>204,1</td> <td>1,20</td> <td>244,9</td> <td>69,5</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuva</td> <td>0,0</td> <td>0,50</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Fossiilinen</td> <td>0,0</td> <td>1,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>E-luku</td> <td></td> <td></td> <td>112</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus		MWh	kWh _t /m ²	Kaukolämpö	299,4	0,50	149,7	42,5	Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0	Sähkö	204,1	1,20	244,9	69,5	Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0	Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0	E-luku			112				
Energiamuoto				Osto-energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus																																		
	MWh	kWh _t /m ²																																						
Kaukolämpö	299,4	0,50	149,7	42,5																																				
Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0																																				
Sähkö	204,1	1,20	244,9	69,5																																				
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0																																				
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0																																				
E-luku			112																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Uusiutuva omavaraisenergia</th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>20,3</td> <td>5,8</td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>20,3</td> <td>5,8</td> </tr> </tbody> </table>	Uusiutuva omavaraisenergia	MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	Aurinkosähkö	0,0	0,0	Tuulisähkö	0,0	0,0	Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8	Muu	0,0	0,0	Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	20,3	5,8																			
Uusiutuva omavaraisenergia	MWh	kWh/m ²																																						
Aurinkolämpö	0,0	0,0																																						
Aurinkosähkö	0,0	0,0																																						
Tuulisähkö	0,0	0,0																																						
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8																																						
Muu	0,0	0,0																																						
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	20,3	5,8																																						
<div style="text-align: center;"> ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA  </div>	<div style="text-align: center;"> UUSIUTUVA OMAVARAIS- ENERGIA, JAKAUMA  </div>																																							
		<div style="text-align: center;"> UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA  </div>																																						


Energia CASE2 IV:n lämpöpumput: RIUSKA-energiasimulointi





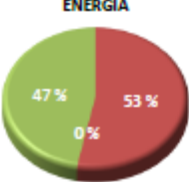
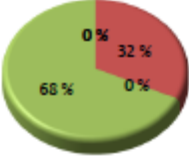
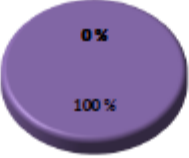

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																												
Energia CASE2 kaukolämpö ja IV:n lämpöpumput	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu	Pvm. 30.1.2018	Laastija/Tark. VilleS																																										
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																													
VUOTUIINEN OSTOENERGIAN TARVE																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> <th>Energian hinta EUR/MWh</th> <th>Energian hinta EUR</th> <th>Perusmaksu EUR</th> <th>Yhteensä EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>248,2</td> <td>70,5</td> <td>13,9</td> <td>60,11</td> <td>14 922,22</td> <td>0,00</td> <td>14 922,22</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>218,6</td> <td>62,1</td> <td>12,3</td> <td>97,05</td> <td>21 219,97</td> <td>0,00</td> <td>21 219,97</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>466,9</td> <td>132,6</td> <td>26,2</td> <td>157,16</td> <td>36 142,19</td> <td>0,00</td> <td>36 142,19</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR	Lämmitysenergia	248,2	70,5	13,9	60,11	14 922,22	0,00	14 922,22	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	Sähköenergia	218,6	62,1	12,3	97,05	21 219,97	0,00	21 219,97	Yhteensä	466,9	132,6	26,2	157,16	36 142,19	0,00	36 142,19	Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.				
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR																																						
Lämmitysenergia	248,2	70,5	13,9	60,11	14 922,22	0,00	14 922,22																																						
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00																																						
Sähköenergia	218,6	62,1	12,3	97,05	21 219,97	0,00	21 219,97																																						
Yhteensä	466,9	132,6	26,2	157,16	36 142,19	0,00	36 142,19																																						
ENERGIA 		HINTA 																																											
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>55,3</td> <td>15,7</td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>55,3</td> <td>15,7</td> </tr> </tbody> </table>			MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	Aurinkosähkö	0,0	0,0	Tuulisähkö	0,0	0,0	Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	55,3	15,7	Muu	0,0	0,0	Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	55,3	15,7	ENERGIAMUODOT <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>EUR/MWh, max</th> <th>EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>58,61</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, lämpöpumppu</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, lämpöpumppu</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>			EUR/MWh, max	EUR	Sähkö	100,00	0,00	Kaukolämpö	58,61	0,00	Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	Sähkö	100,00	0,00	Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	Sähkö	100,00	0,00
	MWh	kWh/m ²																																											
Aurinkolämpö	0,0	0,0																																											
Aurinkosähkö	0,0	0,0																																											
Tuulisähkö	0,0	0,0																																											
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	55,3	15,7																																											
Muu	0,0	0,0																																											
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	55,3	15,7																																											
	EUR/MWh, max	EUR																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
Kaukolämpö	58,61	0,00																																											
Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA, JAKAUMA 		UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA 																																											

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO2-PÄÄSTÖT					
Energia CASE2 kaukolämpö ja IV:n lämpöpumput		Asiakirja n:o					
		Projekti n:o					
		Viim. muutos	Pvm.	Laatija/Tark.			
		Laadittu	30.1.2018	VilleS			
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³							
Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta							
UUUUNEN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	248,2	70,5	13,9	60,11	14 922,22	0,00	14 922,22
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	218,6	62,1	12,3	97,05	21 219,97	0,00	21 219,97
Yhteensä	466,9	132,6	26,2	157,16	36 142,19	0,00	36 142,19
Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.							
ENERGIA		HINTA					
							
CO₂ PÄÄSTÖT							
Energiamuoto		Osto-energia	CO ₂ päästöt	CO ₂ päästöt			
Tyyppi		MWh	kg/MWh	ton CO ₂			
Lämmitysenergia		248,2	129,0	32,0			
Jäähdytysenergia		0,0	0,0	0,0			
Sähköenergia		218,6	15,0	3,3			
Yhteensä		466,9		35,3			
							
Energiamuoto		Osto-energia	CO ₂ päästöt	CO ₂ päästöt			
Tyyppi		MWh	kg/MWh	ton CO ₂			
Kaukolämpö	Kaukolämpö	248,2	129,0	32,0			
		0,0	0,0	0,0			
Sähkö	Sähkö	218,6	15,0	3,3			
		0,0	0,0	0,0			
		0,0	0,0	0,0			
Yhteensä		466,9		35,3			

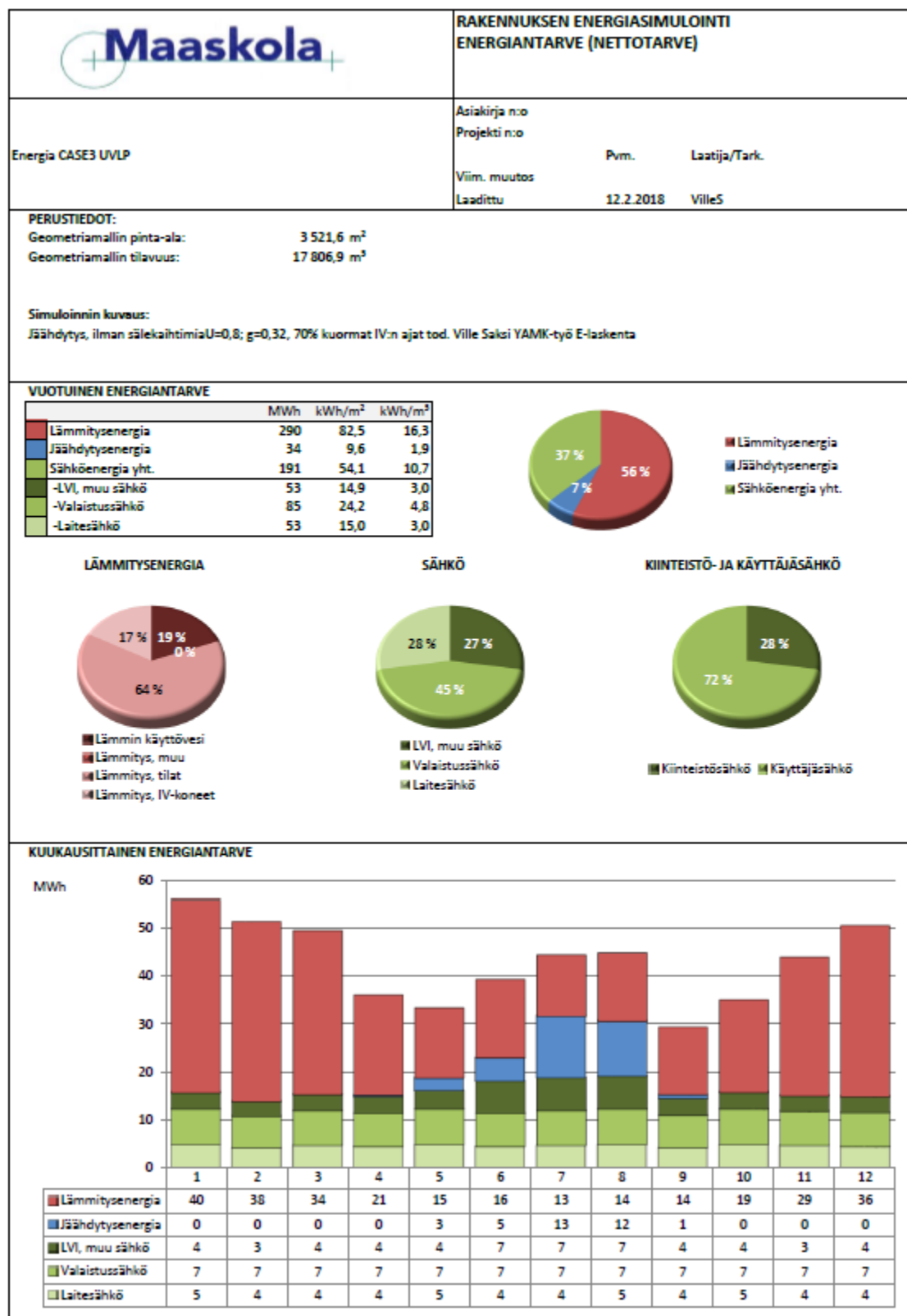
E-luku CASE2 IV:n lämpöpumput: RIUSKA-energiasimulointi


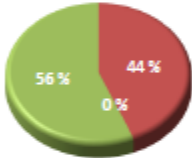
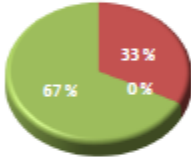

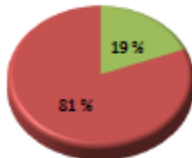
		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
E-luku CASE2 kaukolämpö ja IV:n lämpöpumput		Asiakirja n:o		Pvm.	
		Projekti n:o		Lestija/Tark.	
		Viim. muutos		Ladittu	
		30.1.2018		Villes	
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset				
Rakennusvuosi	0				
Lämmitetty nettoala	3 321,6	m ²			
Ilmanvotoluku q50	1,0	m ³ /(h·m ²)			
Rakennusvaipan umpiosat	A	U	U A	%	
	m ²	W/(m ² ·K)	W/K		
Ulkoseinät	1 381,5	0,17	274,68	26,5	
Yläpohja	2 041,2	0,09	188,87	18,2	
Alapohja	2 040,3	0,16	317,56	31,6	
Ikkunat	217,8	0,99	216,46	20,9	
Ulkiovet	29,7	1,00	29,52	2,8	
Kylmäsiilit			0,00	0,0	
Ikkunat ilmansuunnittain	A	U-lasiassa	U-ikkuna	g-arvo	
	m ²	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	-	
Pohjoinen	60,6	0,89	0,98	0,6	
Koillinen	0,0	0,00	0,00	0,0	
Itä	12,4	0,87	0,96	0,6	
Keskiko	0,0	0,00	0,00	0,0	
Etelä	106,6	0,93	1,00	0,3	
Lounas	0,0	0,00	0,00	0,0	
Länsi	38,3	0,93	1,02	0,3	
Luode	0,0	0,00	0,00	0,0	
Kattoikkunat	0,0	0,00	0,00	0,0	
	217,8				
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta	Järjestelmän	LTO:n lämpö-	Jäätymisen	
	tulo/poisto	SFP-luku	tilasuhde	esto	
	(m ³ /s)/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)	-	°C	
Ilmanvaihto, palvelualue 1 TKPK330 opetustilat 1.krs roottori	2,09	1,67	75	-14	
Ilmanvaihto, palvelualue 2 TKPK331 opetustilat 2 ja 3. krs root	4,33	1,73	75	-5	
Ilmanvaihto, palvelualue 3 TKPK332 liikuntasali roottori	5,70	1,72	75	-5	
Ilmanvaihto, palvelualue 4 TKPK334 pukuhuone ja lihaset pois	2,06	1,67	63	0	
Ilmanvaihto, palvelualue 5 TKPK336 porrashuone F roottori	0,03	1,80	75	-5	
Ilmanvaihto, palvelualue 6 TKPK335 porrashuone G roottori	0,03	1,80	75	-5	
Ilmanvaihto, palvelualue 7	0,36	0,42	0	-5	
Ilmanvaihtojärjestelmä	14,59	1,68			
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton	Joon ja luovut.	Lämpökerroin ¹	Apulaitteiden	
	hyötysuhde	hyötysuhde	-	sähkökäyttö ²	
	-	-	-	W	
Tilojen ja IV:n lämmitys	0,99	0,90	3,40	9 156,2	
LKV:n valmistus	0,97	0,89	0,00	10,0	
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle					
² lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen					
Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -				
	2,50				
LKV:n käyttö	m ³ /(m ² ·a)	yht. m ³ /a			
	0,188	662			
Sisäiset lämpökuormat	Ihmiset	Kulutustalaitteet	Valeistus	Käyttöaste	
	W/m ²	W/m ²	W/m ²	-	
		8	8	0,0/0,7	
Päiväys	Allekirjoitus		Nimen selvennys		


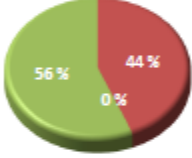
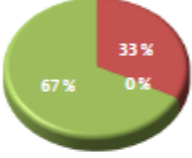

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET		
E-luku CASE2 kaukolämpö ja IV:n lämpöpumput		Asiakirja n:o		
		Projekti n:o	Pvm.	Laatija/Tark.
		Viim. muutos Laadittu	30.1.2018	VilleS
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	3 521,6	m ²		
E-luku	110	kWh/(m ² -a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² -a)
Sähkö	218 650	1,20	262 380	75
Kaukolämpö	248 249	0,50	124 124	35
Kaukojäähdytys	0	0,28	0	0
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0	0
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0
Yhteensä	466 898		386 504	110
Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m ² -a)		
Aurinkosähkö	0	0		
Aurinkolämpö	0	0		
Tuulisähkö	0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	55 316	16		
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
	kWh/(m ² -a)	kWh/(m ² -a)	kWh/(m ² -a)	
Lämmitysjärjestelmä	-			
Tilojen lämmitys ¹	0,0	52,5		
Tuloilman lämmitys	4,1	9,9		
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	15,9		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	14,9	-		
Jäähdytysjärjestelmä	3,8		0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39,2	-		
Yhteensä	62,1	78,3	0,0	
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m ² -a)		
Tilojen lämmitys ²	166 353	47,2		
Ilmanvaihdon lämmitys ³	45 109	12,8		
Lämpimän käyttöveden valmistus	38 738	11,0		
Jäähdytys	30 743	8,7		
² Sisäisiä vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmönlähteenoton kanssa				
Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m ² -a)		
Aurinko	31 575	9,0		
Ihmiset	105 143	29,9		
Kuluttajalaitteet	52 656	15,0		
Valaistus	85 318	24,2		
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat	17 227	4,9		
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	RIUSKA 5.1.9			
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys		

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																																																			
E-luku CASE2 kaukolämpö ja IV:n lämpöpumput	Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laadittu	Laajitus/Tark. 30.1.2018 VilleS																																																																		
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																																																				
UUUINEN OSTOENERGIAN TARVE																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>248,2</td> <td>70,5</td> <td>13,9</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>218,6</td> <td>62,1</td> <td>12,3</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>466,9</td> <td>132,6</td> <td>26,2</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ²	Lämmitysenergia	248,2	70,5	13,9	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	218,6	62,1	12,3	Yhteensä	466,9	132,6	26,2																																																
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ²																																																																	
Lämmitysenergia	248,2	70,5	13,9																																																																	
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																																																	
Sähköenergia	218,6	62,1	12,3																																																																	
Yhteensä	466,9	132,6	26,2																																																																	
E-LUVUN ERITTELY																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Energiamuoto</th> <th rowspan="2">Osto-energia MWh</th> <th rowspan="2">Energia- muoto- kerroin</th> <th colspan="2">Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus</th> </tr> <tr> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>248,2</td> <td>0,50</td> <td>124,1</td> <td>35,2</td> </tr> <tr> <td>Kaukojäähdytys</td> <td>0,0</td> <td>0,28</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>218,6</td> <td>1,20</td> <td>262,4</td> <td>74,5</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuva</td> <td>0,0</td> <td>0,50</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Fossiilinen</td> <td>0,0</td> <td>1,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>E-luku</td> <td></td> <td></td> <td>110</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus		MWh	kWh/m ²	Kaukolämpö	248,2	0,50	124,1	35,2	Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0	Sähkö	218,6	1,20	262,4	74,5	Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0	Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0	E-luku			110		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Uusiutuva omavaraisenergia</th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>55,3</td> <td>15,7</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>55,3</td> <td>15,7</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Uusiutuva omavaraisenergia		MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	0,0	Aurinkosähkö	0,0	0,0	0,0	Tuulisähkö	0,0	0,0	0,0	Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	55,3	15,7		Muu	0,0	0,0		Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	55,3	15,7	
Energiamuoto				Osto-energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus																																																														
	MWh	kWh/m ²																																																																		
Kaukolämpö	248,2	0,50	124,1	35,2																																																																
Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0																																																																
Sähkö	218,6	1,20	262,4	74,5																																																																
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0																																																																
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0																																																																
E-luku			110																																																																	
Uusiutuva omavaraisenergia		MWh	kWh/m ²																																																																	
Aurinkolämpö	0,0	0,0	0,0																																																																	
Aurinkosähkö	0,0	0,0	0,0																																																																	
Tuulisähkö	0,0	0,0	0,0																																																																	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	55,3	15,7																																																																		
Muu	0,0	0,0																																																																		
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	55,3	15,7																																																																		
ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA 	UUSIUTUVA OMAVARAIS- ENERGIA, JAKAUMA 	UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA 																																																																		


Energia CASE3 UVLP: RIUSKA-energiasimulointi





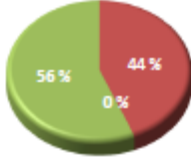
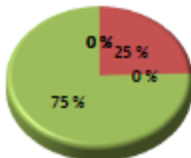


	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																												
Energia CASE3 UVLP	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu	Pvm. 12.2.2018	Laastija/Tark. VilleS																																										
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																													
VUOTUIINEN OSTOENERGIAN TARVE																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> <th>Energian hinta EUR/MWh</th> <th>Energian hinta EUR</th> <th>Perusmaksu EUR</th> <th>Yhteensä EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>185,1</td> <td>52,6</td> <td>10,4</td> <td>60,11</td> <td>11 124,62</td> <td>0,00</td> <td>11 124,62</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>236,7</td> <td>67,2</td> <td>13,3</td> <td>97,05</td> <td>22 969,22</td> <td>0,00</td> <td>22 969,22</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>421,7</td> <td>119,8</td> <td>23,7</td> <td>157,16</td> <td>34 093,84</td> <td>0,00</td> <td>34 093,84</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR	Lämmitysenergia	185,1	52,6	10,4	60,11	11 124,62	0,00	11 124,62	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	Sähköenergia	236,7	67,2	13,3	97,05	22 969,22	0,00	22 969,22	Yhteensä	421,7	119,8	23,7	157,16	34 093,84	0,00	34 093,84	Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.				
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR																																						
Lämmitysenergia	185,1	52,6	10,4	60,11	11 124,62	0,00	11 124,62																																						
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00																																						
Sähköenergia	236,7	67,2	13,3	97,05	22 969,22	0,00	22 969,22																																						
Yhteensä	421,7	119,8	23,7	157,16	34 093,84	0,00	34 093,84																																						
<p>ENERGIA</p> 	<p>HINTA</p> 																																												
<p>UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>98,6</td> <td>28,0</td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>98,6</td> <td>28,0</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	Aurinkosähkö	0,0	0,0	Tuulisähkö	0,0	0,0	Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	98,6	28,0	Muu	0,0	0,0	Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	98,6	28,0	<p>ENERGIAMUODOT</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>EUR/MWh, max</th> <th>EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukoämpö</td> <td>58,61</td> <td>21 500,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, lämpöpumppu</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, lämpöpumppu</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>				EUR/MWh, max	EUR	Kaukoämpö	58,61	21 500,00	Sähkö	100,00	0,00	Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	Sähkö	100,00	0,00	Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	Sähkö	100,00	0,00
	MWh	kWh/m ²																																											
Aurinkolämpö	0,0	0,0																																											
Aurinkosähkö	0,0	0,0																																											
Tuulisähkö	0,0	0,0																																											
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	98,6	28,0																																											
Muu	0,0	0,0																																											
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	98,6	28,0																																											
	EUR/MWh, max	EUR																																											
Kaukoämpö	58,61	21 500,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
<p>UUSIUTUVA OMAVARAIS-ENERGIA, JAKAUMA</p> 	<p>UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA</p> 																																												

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO2-PÄÄSTÖT																																										
Energia CASE3 UVLP	Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laadittu	Viim. muutos 12.2.2018	Laajitus/Tark. VilleS																																								
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																											
UUUINEN OSTOENERGIAN TARVE																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> <th>Energian hinta EUR/MWh</th> <th>Energian hinta EUR</th> <th>Perusmaksu EUR</th> <th>Yhteensä EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>185,1</td> <td>52,6</td> <td>10,4</td> <td>60,11</td> <td>11 124,62</td> <td>0,00</td> <td>11 124,62</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>236,7</td> <td>67,2</td> <td>13,3</td> <td>97,05</td> <td>22 969,22</td> <td>0,00</td> <td>22 969,22</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>421,7</td> <td>119,8</td> <td>23,7</td> <td>157,16</td> <td>34 093,84</td> <td>0,00</td> <td>34 093,84</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR	Lämmitysenergia	185,1	52,6	10,4	60,11	11 124,62	0,00	11 124,62	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	Sähköenergia	236,7	67,2	13,3	97,05	22 969,22	0,00	22 969,22	Yhteensä	421,7	119,8	23,7	157,16	34 093,84	0,00	34 093,84	Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.		
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR																																				
Lämmitysenergia	185,1	52,6	10,4	60,11	11 124,62	0,00	11 124,62																																				
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00																																				
Sähköenergia	236,7	67,2	13,3	97,05	22 969,22	0,00	22 969,22																																				
Yhteensä	421,7	119,8	23,7	157,16	34 093,84	0,00	34 093,84																																				
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="379 875 571 1066"> <p>ENERGIA</p>  </div> <div data-bbox="719 875 911 1066"> <p>HINTA</p>  </div> </div>																																											
CO₂ PÄÄSTÖT																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energiamuoto</th> <th>Osto-energia MWh</th> <th>CO₂ päästöt kg/MWh</th> <th>CO₂ päästöt ton CO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>185,1</td> <td>129,0</td> <td>23,9</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>236,7</td> <td>15,0</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>421,7</td> <td></td> <td>27,4</td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂	Lämmitysenergia	185,1	129,0	23,9	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	236,7	15,0	3,6	Yhteensä	421,7		27,4	<div style="text-align: center;"> <p>CO₂ PÄÄSTÖT</p>  </div>																						
Energiamuoto	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂																																								
Lämmitysenergia	185,1	129,0	23,9																																								
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																								
Sähköenergia	236,7	15,0	3,6																																								
Yhteensä	421,7		27,4																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energiamuoto</th> <th>Nimi</th> <th>Osto-energia MWh</th> <th>CO₂ päästöt kg/MWh</th> <th>CO₂ päästöt ton CO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">Kaukolämpö</td> <td>Kaukolämpö</td> <td>185,1</td> <td>129,0</td> <td>23,9</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Sähkö</td> <td>Sähkö</td> <td>236,7</td> <td>15,0</td> <td>3,6</td> </tr> <tr> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td></td> <td>421,7</td> <td></td> <td>27,4</td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Nimi	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂	Kaukolämpö	Kaukolämpö	185,1	129,0	23,9		0,0	0,0	0,0	Sähkö	Sähkö	236,7	15,0	3,6		0,0	0,0	0,0	Yhteensä		421,7		27,4															
Energiamuoto	Nimi	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂																																							
Kaukolämpö	Kaukolämpö	185,1	129,0	23,9																																							
		0,0	0,0	0,0																																							
Sähkö	Sähkö	236,7	15,0	3,6																																							
		0,0	0,0	0,0																																							
Yhteensä		421,7		27,4																																							

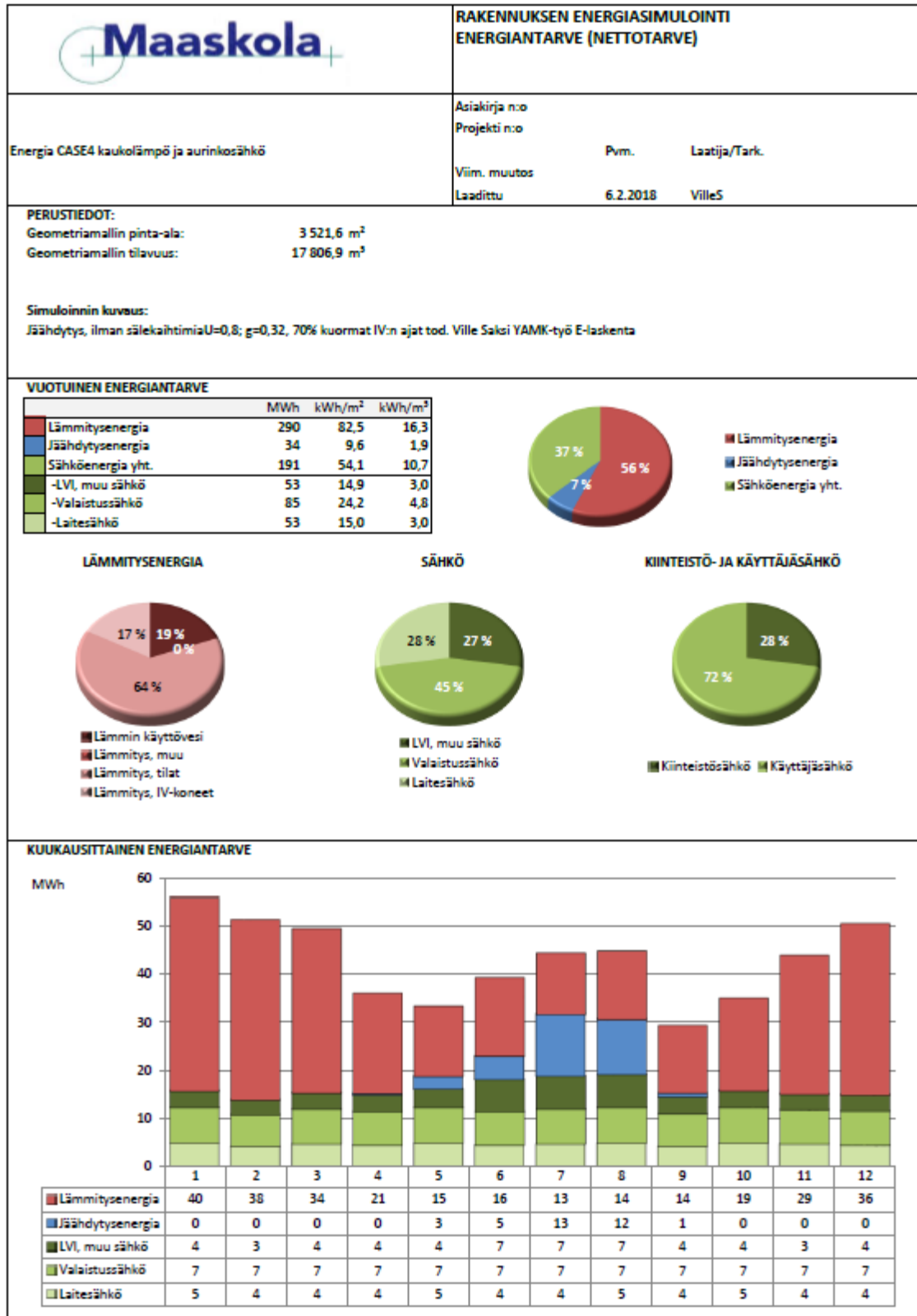
E-luku CASE3 UVLP: RIUSKA-energiasimulointi


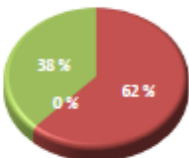
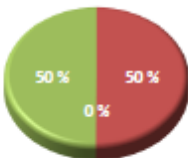
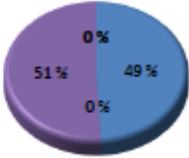

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
E-luku CASE3 UVLP		Asiakirja n:o		Pvm.	
		Projekti n:o		Laatija/Tark.	
		Viim. muutos		12.2.2018	
		Ladittu		Viite5	
Rakennuksen käyttötarkoitus		Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi		0			
Lämmitetty nettoala		3 521,6		m ²	
Ilmanvotoluku q50		1,0		m ³ /(h·m ²)	
Rakennusvaipan umpiosat		A	U	U A	%
		m ²	W/(m ² ·K)	W/K	
Ulkoseinät		1 581,5	0,17	274,68	26,5
Yläpohja		2 041,2	0,09	188,87	18,2
Alapohja		2 040,3	0,16	327,56	31,6
Ikkunat		217,8	0,99	216,46	20,9
Ulko-ovet		29,7	1,00	29,52	2,8
Kylmäsiilit				0,00	0,0
Ikkunat ilmansuunnittain		A	U-lasiosa	U-ikkuna	g-arvo
		m ²	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	-
Pohjoinen		60,6	0,89	0,98	0,6
Koitäinen		0,0	0,00	0,00	0,0
Itä		12,4	0,87	0,96	0,6
Keskko		0,0	0,00	0,00	0,0
Etelä		106,6	0,95	1,00	0,3
Lounas		0,0	0,00	0,00	0,0
Länsi		38,3	0,95	1,02	0,3
Luode		0,0	0,00	0,00	0,0
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	0,0
		217,8			
Ilmanvaihtojärjestelmä		Ilmavirta tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpö- tilasuhde	Jäätymisen esto
		(m ³ /s)/(m ³ /s)	KW/(m ³ /s)	-	°C
Ilmanvaihto, palvelualue 1 TKPK330 opetustilat 1.krs roottori		2,09	2,09	1,67	75
Ilmanvaihto, palvelualue 2 TKPK331 opetustilat 2 ja 3. krs root		4,33	4,33	1,75	75
Ilmanvaihto, palvelualue 3 TKPK332 liikuntasali roottori		5,70	5,70	1,72	75
Ilmanvaihto, palvelualue 4 TKPK334 pukuhuone ja liikat pois		2,06	2,06	1,67	63
Ilmanvaihto, palvelualue 5 TKPK336 porrashuone F roottori		0,03	0,03	1,80	75
Ilmanvaihto, palvelualue 6 TKPK335 porrashuone G roottori		0,03	0,03	1,80	75
Ilmanvaihto, palvelualue 7		0,36	0,36	0,42	0
Ilmanvaihtojärjestelmä		14,59	14,59	1,68	
Lämmitysjärjestelmä		Tuoton hyötysuhde	Joon ja luovut. hyötysuhde	Lämpökertoim ¹	Apulaitteiden sähkökäyttö ²
		-	-	-	W
Tilojen ja IV:n lämmitys		0,98	0,90	3,40	9 156,2
LKV:n valmistus		0,97	0,89	0,00	10,0
		¹ vuoden keskimääräinen lämpökertoim lämpöpumpulle			
		² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen			
Jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
		2,50			
LKV:n käyttö		m ³ /(m ² ·a)	yht. m ³ /a		
		0,188	662		
Sisäiset lämpökuormat		Ihmiset	Kulutusselaitteet	Valaistus	Käyttöaste
		W/m ²	W/m ²	W/m ²	-
			8	8	0,0/0,7
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvennys	


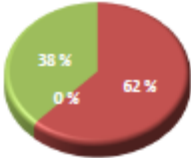
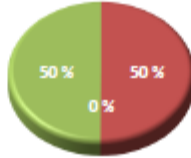

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET		
E-luku CASE3 UVLP	Asiakirja n:o			
	Projekti n:o			
	Pvm.	Laatija/Tark.		
	Viim. muutos Laadittu	12.2.2018	VilleS	
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	3 521,6	m ²		
E-luku	107	kWh/(m ² -a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² -a)
Sähkö	236 674	1,20	284 009	81
Kaukolämpö	185 071	0,50	92 536	26
Kaukojäähdytys	0	0,28	0	0
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0	0
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0
Yhteensä	421 745		376 544	107
Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m ² -a)		
Aurinkosähkö	0	0		
Aurinkolämpö	0	0		
Tuulisähkö	0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	98 574	28		
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
	kWh/(m ² -a)	kWh/(m ² -a)	kWh/(m ² -a)	
Lämmitysjärjestelmä	-			
Tilojen lämmitys ¹	9,3	43,2		
Tuloilman lämmitys	0,0	14,1		
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	15,9		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	14,9	-		
Jäähdytysjärjestelmä	3,8		0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39,2	-		
Yhteensä	67,2	73,2	0,0	
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m ² -a)		
Tilojen lämmitys ²	166 353	47,2		
Ilmanvaihdon lämmitys ³	45 109	12,8		
Lämpimän käyttöveden valmistus	38 738	11,0		
Jäähdytys	30 743	8,7		
² Sisäisiä vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmönlähteenoton kanssa				
Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m ² -a)		
Aurinko	31 575	9,0		
Ihmiset	105 143	29,9		
Kuluttajalaitteet	52 656	15,0		
Valaistus	85 318	24,2		
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat	17 227	4,9		
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	RIUSKA 5.1.9			
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys		

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																						
E-luku CASE3 UVLP	Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Viim. muutos Laadittu	Laatik/Tark. Ville5																																					
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																							
VUOTUIINEN OSTOENERGIAN TARVE																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>185,1</td> <td>52,6</td> <td>10,4</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>236,7</td> <td>67,2</td> <td>13,3</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>421,7</td> <td>119,8</td> <td>23,7</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Lämmitysenergia	185,1	52,6	10,4	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	236,7	67,2	13,3	Yhteensä	421,7	119,8	23,7																			
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³																																				
Lämmitysenergia	185,1	52,6	10,4																																				
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																				
Sähköenergia	236,7	67,2	13,3																																				
Yhteensä	421,7	119,8	23,7																																				
<div style="text-align: center;"> ENERGIA  </div>																																							
E-LUVUN ERITTELY																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Energiamuoto</th> <th rowspan="2">Osto-energia MWh</th> <th rowspan="2">Energia-muoto-kerroin</th> <th colspan="2">Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus</th> </tr> <tr> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>185,1</td> <td>0,50</td> <td>92,5</td> <td>26,3</td> </tr> <tr> <td>Kaukojäähdytys</td> <td>0,0</td> <td>0,28</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>236,7</td> <td>1,20</td> <td>284,0</td> <td>80,6</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuva</td> <td>0,0</td> <td>0,50</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Fossiilinen</td> <td>0,0</td> <td>1,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>E-luku</td> <td></td> <td></td> <td>107</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energia-muoto-kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus		MWh	kWh/m ²	Kaukolämpö	185,1	0,50	92,5	26,3	Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0	Sähkö	236,7	1,20	284,0	80,6	Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0	Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0	E-luku			107			
Energiamuoto				Osto-energia MWh	Energia-muoto-kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus																																	
	MWh	kWh/m ²																																					
Kaukolämpö	185,1	0,50	92,5	26,3																																			
Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0																																			
Sähkö	236,7	1,20	284,0	80,6																																			
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0																																			
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0																																			
E-luku			107																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Uusiutuva omavaraisenergia</th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>98,6</td> <td>28,0</td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>98,6</td> <td>28,0</td> </tr> </tbody> </table>	Uusiutuva omavaraisenergia	MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	Aurinkosähkö	0,0	0,0	Tuulisähkö	0,0	0,0	Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	98,6	28,0	Muu	0,0	0,0	Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	98,6	28,0																		
Uusiutuva omavaraisenergia	MWh	kWh/m ²																																					
Aurinkolämpö	0,0	0,0																																					
Aurinkosähkö	0,0	0,0																																					
Tuulisähkö	0,0	0,0																																					
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	98,6	28,0																																					
Muu	0,0	0,0																																					
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	98,6	28,0																																					
<div style="text-align: center;"> ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA  </div>	<div style="text-align: center;"> UUSIUTUVA OMAVARAIS- ENERGIA, JAKAUMA  </div>	<div style="text-align: center;"> UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA  </div>																																					


Energia CASE4 aurinkosähkö: RIUSKA-energiasimulointi





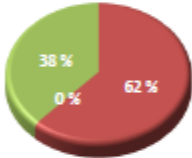
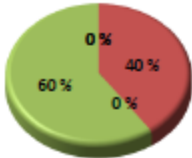
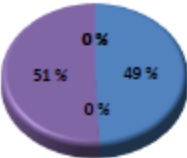

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																												
Energia CASE4 kaukolämpö ja aurinkosähkö	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu	Pvm. 6.2.2018	Laajitus/Tark. VilleS																																										
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																													
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> <th>Energian hinta EUR/MWh</th> <th>Energian hinta EUR</th> <th>Perusmaksu EUR</th> <th>Yhteensä EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>299,4</td> <td>85,0</td> <td>16,8</td> <td>60,11</td> <td>17 997,11</td> <td>0,00</td> <td>17 997,11</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>184,4</td> <td>52,4</td> <td>10,4</td> <td>97,05</td> <td>17 898,26</td> <td>0,00</td> <td>17 898,26</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>483,8</td> <td>137,4</td> <td>27,2</td> <td>157,16</td> <td>35 895,37</td> <td>0,00</td> <td>35 895,37</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR	Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	60,11	17 997,11	0,00	17 997,11	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	Sähköenergia	184,4	52,4	10,4	97,05	17 898,26	0,00	17 898,26	Yhteensä	483,8	137,4	27,2	157,16	35 895,37	0,00	35 895,37	Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.				
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR																																						
Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	60,11	17 997,11	0,00	17 997,11																																						
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00																																						
Sähköenergia	184,4	52,4	10,4	97,05	17 898,26	0,00	17 898,26																																						
Yhteensä	483,8	137,4	27,2	157,16	35 895,37	0,00	35 895,37																																						
ENERGIA 		HINTA 																																											
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>19,6</td> <td>5,6</td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>20,3</td> <td>5,8</td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>39,9</td> <td>11,3</td> </tr> </tbody> </table>			MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	Aurinkosähkö	19,6	5,6	Tuulisähkö	0,0	0,0	Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8	Muu	0,0	0,0	Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	39,9	11,3	ENERGIAMUODOT <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>EUR/MWh, max</th> <th>EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>58,61</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, lämpöpumppu</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, aurinkosähkö</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>100,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Ilmaisenergia, aurinkosähkö</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> </tbody> </table>			EUR/MWh, max	EUR	Kaukolämpö	58,61	0,00	Sähkö	100,00	0,00	Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00	Sähkö	100,00	0,00	Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00
	MWh	kWh/m ²																																											
Aurinkolämpö	0,0	0,0																																											
Aurinkosähkö	19,6	5,6																																											
Tuulisähkö	0,0	0,0																																											
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8																																											
Muu	0,0	0,0																																											
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	39,9	11,3																																											
	EUR/MWh, max	EUR																																											
Kaukolämpö	58,61	0,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00																																											
Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00																																											
Sähkö	100,00	0,00																																											
Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00																																											
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA, JAKAUMA 		UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA 																																											

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO₂-PÄÄSTÖT																																								
Energia CASE4 kaukolämpö ja aurinkosähkö	Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Laadittu	Pvm. 6.2.2018	Laajitus/Tark. Ville5																																						
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																									
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m³</th> <th>Energian hinta EUR/MWh</th> <th>Energian hinta EUR</th> <th>Perusmaksu EUR</th> <th>Yhteensä EUR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>299,4</td> <td>85,0</td> <td>16,8</td> <td>60,11</td> <td>17 997,11</td> <td>0,00</td> <td>17 997,11</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>184,4</td> <td>52,4</td> <td>10,4</td> <td>97,05</td> <td>17 898,26</td> <td>0,00</td> <td>17 898,26</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>483,8</td> <td>137,4</td> <td>27,2</td> <td>157,16</td> <td>35 895,37</td> <td>0,00</td> <td>35 895,37</td> </tr> </tbody> </table>		MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR	Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	60,11	17 997,11	0,00	17 997,11	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	Sähköenergia	184,4	52,4	10,4	97,05	17 898,26	0,00	17 898,26	Yhteensä	483,8	137,4	27,2	157,16	35 895,37	0,00	35 895,37	Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR																																		
Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	60,11	17 997,11	0,00	17 997,11																																		
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00																																		
Sähköenergia	184,4	52,4	10,4	97,05	17 898,26	0,00	17 898,26																																		
Yhteensä	483,8	137,4	27,2	157,16	35 895,37	0,00	35 895,37																																		
ENERGIA 		HINTA 																																							
CO₂ PÄÄSTÖT																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energiamuoto</th> <th>Osto-energia MWh</th> <th>CO₂ päästöt kg/MWh</th> <th>CO₂ päästöt ton CO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>299,4</td> <td>129,0</td> <td>38,6</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>184,4</td> <td>15,0</td> <td>2,8</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>483,8</td> <td></td> <td>41,4</td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂	Lämmitysenergia	299,4	129,0	38,6	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	184,4	15,0	2,8	Yhteensä	483,8		41,4																					
Energiamuoto	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂																																						
Lämmitysenergia	299,4	129,0	38,6																																						
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																						
Sähköenergia	184,4	15,0	2,8																																						
Yhteensä	483,8		41,4																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Energiamuoto</th> <th>Nimi</th> <th>Osto-energia MWh</th> <th>CO₂ päästöt kg/MWh</th> <th>CO₂ päästöt ton CO₂</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>Kaukolämpö</td> <td>299,4</td> <td>129,0</td> <td>38,6</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>Sähkö</td> <td>184,4</td> <td>15,0</td> <td>2,8</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td></td> <td>483,8</td> <td></td> <td>41,4</td> </tr> </tbody> </table>	Energiamuoto	Nimi	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂	Kaukolämpö	Kaukolämpö	299,4	129,0	38,6	Sähkö	Sähkö	184,4	15,0	2,8			0,0	0,0	0,0			0,0	0,0	0,0	Yhteensä		483,8		41,4											
Energiamuoto	Nimi	Osto-energia MWh	CO ₂ päästöt kg/MWh	CO ₂ päästöt ton CO ₂																																					
Kaukolämpö	Kaukolämpö	299,4	129,0	38,6																																					
Sähkö	Sähkö	184,4	15,0	2,8																																					
		0,0	0,0	0,0																																					
		0,0	0,0	0,0																																					
Yhteensä		483,8		41,4																																					

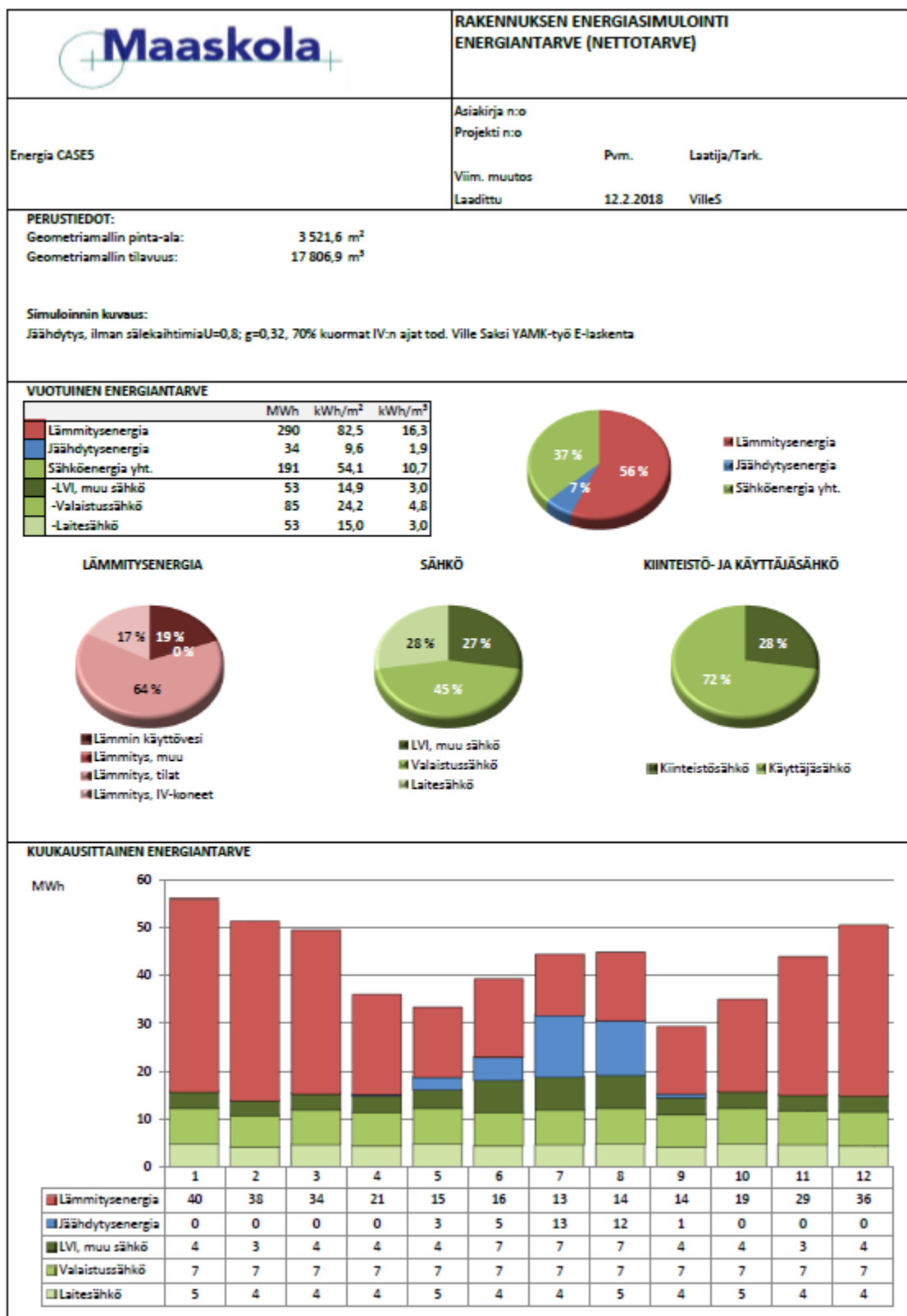
E-luku CASE4 aurinkosähkö: RIUSKA-energiasimulointi


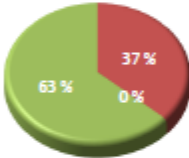
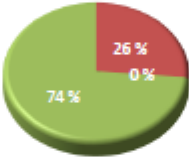


		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
E-luku CASE4 kaukolämpö ja aurinkosähkö		Asiakirja n:o				
		Projekti n:o				
		Viim. muutos		Pvm.	Lestija/Tark.	
		Ladittu		6.2.2018	VileS	
Rakennuksen käyttötarkoitus		Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset				
Rakennusvuosi		0				
Lämmitetty nettoala		3 321,6	m ²			
Ilmanvuotoluku q50		1,0	m ³ /(h·m ²)			
Rakennusvaipan umpiosat		A	U	U A	%	
		m ²	W/(m ² ·K)	W/K		
Ulkoseinät		1 581,5	0,17	274,68	26,5	
Yläpohja		2 041,2	0,09	188,87	18,2	
Alapohja		2 040,3	0,16	327,56	31,6	
Ikkunat		217,8	0,99	216,46	20,9	
Ulko-ovet		29,7	1,00	29,52	2,8	
Kylmäsiilit				0,00	0,0	
Ikkunat ilmansuunnittain		A	U-lasiosa	U-ikkuna	g-arvo	
		m ²	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	-	
Pohjoinen		60,6	0,89	0,98	0,6	
Koitilinen		0,0	0,00	0,00	0,0	
Itä		12,4	0,87	0,96	0,6	
Kaakko		0,0	0,00	0,00	0,0	
Etelä		106,6	0,95	1,00	0,3	
Lounas		0,0	0,00	0,00	0,0	
Länsi		38,3	0,95	1,02	0,3	
Luode		0,0	0,00	0,00	0,0	
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	0,0	
		217,8				
Ilmanvaihtojärjestelmä		Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpö- tilasuhde -	Jäätymisen esto °C	
Ilmanvaihto, palvelualue 1 TKPK330 opetustilat 1.krs roottori		2,09	2,09	1,67	75	
Ilmanvaihto, palvelualue 2 TKPK331 opetustilat 2 ja 3. krs root		4,33	4,33	1,75	75	
Ilmanvaihto, palvelualue 3 TKPK332 liikuntasali roottori		5,70	5,70	1,72	75	
Ilmanvaihto, palvelualue 4 TKPK334 pukuhuone ja ikiset pois		2,06	2,06	1,67	63	
Ilmanvaihto, palvelualue 5 TKPK336 porrashuone F roottori		0,03	0,03	1,80	75	
Ilmanvaihto, palvelualue 6 TKPK335 porrashuone G roottori		0,03	0,03	1,80	75	
Ilmanvaihto, palvelualue 7		0,36	0,36	0,42	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä		14,59	14,59	1,68		
Lämmitysjärjestelmä		Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovut. hyötysuhde	Lämpökerroin ¹	Apulaitteiden sähkökäyttö ² W	
Tilojen ja IV:n lämmitys		0,97	0,90	0,00	9 156,2	
LKV:n valmistus		0,97	0,89	0,00	10,0	
		¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
		² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
Jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -				
		2,50				
LKV:n käyttö		m ³ /(m ² ·a)	yht. m ³ /a			
		0,188	662			
Sisäiset lämpökuormat		Ihmiset W/m ²	Kulutusseläitteet W/m ²	Valaistus W/m ²	Käyttöaste -	
			8	8	0,0/0,7	
Päiväys	Alekirjoitus	Nimen selvennys				


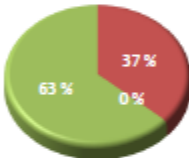
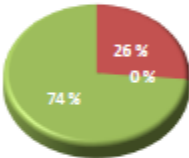
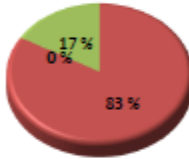
		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET			
E-luku CASE4 kaukolämpö ja aurinkosähkö		Asiakirja n:o			
		Projekti n:o		Pvm.	Laatija/Tark.
		Viim. muutos			
		Laadittu	6.2.2018	VilleS	
Rakennuksen käyttötarkoitus		Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi					
Lämmitetty nettoala		3 521,6	m ²		
E-luku		106	kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely		Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
		kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² ·a)
Sähkö		184 423	1,20	221 308	63
Kaukolämpö		299 403	0,50	149 701	43
Kaukojäähdytys		0	0,28	0	0
Uusiutuva polttoaine		0	0,50	0	0
Fossiilinen polttoaine		0	1,00	0	0
Yhteensä		483 826		371 009	106
Uusiutuva omavaraisenergia		kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinkosähkö		19 633	6		
Aurinkolämpö		0	0		
Tuulisähkö		0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia		20 290	6		
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus		Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
		kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	
Lämmitysjärjestelmä		-			
Tilojen lämmitys ¹		0,0	52,5		
Tuloilman lämmitys		0,0	14,1		
Lämpimän käyttöveden valmistus		0,0	15,9		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		14,9	-		
Jäähdytysjärjestelmä		3,8		0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus		39,2	-		
Yhteensä		57,9	82,5	0,0	
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen					
Energian nettotarve		kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Tilojen lämmitys ²		166 353	47,2		
Ilmanvaihdon lämmitys ³		45 109	12,8		
Lämpimän käyttöveden valmistus		38 738	11,0		
Jäähdytys		30 743	8,7		
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa					
³ laskettu lämmönlähteenoton kanssa					
Lämpökuormat		kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinko		31 575	9,0		
Ihmiset		105 143	29,9		
Kuluttajalaitteet		52 656	15,0		
Valaistus		85 318	24,2		
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat		17 227	4,9		
Laskentatyökalun nimi ja versio numero		RIUSKA 5.1.9			
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvennys	

	RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE																																							
E-luku CASE4 kaukolämpö ja aurinkosähkö	Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm. Laastija/Tark. Viim. muutos Laadittu	6.2.2018	VilleS																																					
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta																																								
UUUUNEN OSTOENERGIAN TARVE																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Lämmitysenergia</td> <td>299,4</td> <td>85,0</td> <td>16,8</td> </tr> <tr> <td>Jäähdytysenergia</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähköenergia</td> <td>184,4</td> <td>52,4</td> <td>10,4</td> </tr> <tr> <td>Yhteensä</td> <td>483,8</td> <td>137,4</td> <td>27,2</td> </tr> </tbody> </table>					MWh	kWh/m ²	kWh/m ²	Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8	Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	Sähköenergia	184,4	52,4	10,4	Yhteensä	483,8	137,4	27,2																	
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ²																																					
Lämmitysenergia	299,4	85,0	16,8																																					
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0																																					
Sähköenergia	184,4	52,4	10,4																																					
Yhteensä	483,8	137,4	27,2																																					
<p style="text-align: center;">ENERGIA</p> 																																								
E-LUVUN ERITTELY																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Energiamuoto</th> <th rowspan="2">Osto-energia MWh</th> <th rowspan="2">Energia- muoto- kerroin</th> <th colspan="2">Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus</th> </tr> <tr> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Kaukolämpö</td> <td>299,4</td> <td>0,50</td> <td>149,7</td> <td>42,5</td> </tr> <tr> <td>Kaukojäähdytys</td> <td>0,0</td> <td>0,28</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Sähkö</td> <td>184,4</td> <td>1,20</td> <td>221,3</td> <td>62,8</td> </tr> <tr> <td>Uusiutuva</td> <td>0,0</td> <td>0,50</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Fossiilinen</td> <td>0,0</td> <td>1,00</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>E-luku</td> <td></td> <td></td> <td>106</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus		MWh	kWh/m ²	Kaukolämpö	299,4	0,50	149,7	42,5	Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0	Sähkö	184,4	1,20	221,3	62,8	Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0	Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0	E-luku			106	
Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus																																					
			MWh	kWh/m ²																																				
Kaukolämpö	299,4	0,50	149,7	42,5																																				
Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0																																				
Sähkö	184,4	1,20	221,3	62,8																																				
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0																																				
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0																																				
E-luku			106																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Uusiutuva omavaraisenergia</th> <th>MWh</th> <th>kWh/m²</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Aurinkolämpö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> </tr> <tr> <td>Aurinkosähkö</td> <td>19,6</td> <td>5,6</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tuulisähkö</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia</td> <td>20,3</td> <td>5,8</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Muu</td> <td>0,0</td> <td>0,0</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:</td> <td>39,9</td> <td>11,3</td> </tr> </tbody> </table>				Uusiutuva omavaraisenergia		MWh	kWh/m ²	Aurinkolämpö	0,0	0,0	0,0	Aurinkosähkö	19,6	5,6		Tuulisähkö	0,0	0,0		Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8		Muu	0,0	0,0		Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:		39,9	11,3									
Uusiutuva omavaraisenergia		MWh	kWh/m ²																																					
Aurinkolämpö	0,0	0,0	0,0																																					
Aurinkosähkö	19,6	5,6																																						
Tuulisähkö	0,0	0,0																																						
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	20,3	5,8																																						
Muu	0,0	0,0																																						
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:		39,9	11,3																																					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div data-bbox="360 1547 587 1760"> <p style="text-align: center;">ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA</p>  </div> <div data-bbox="715 1547 911 1760"> <p style="text-align: center;">UUSIUTUVA OMAVARAIS- ENERGIA, JAKAUMA</p>  </div> <div data-bbox="1002 1547 1305 1760"> <p style="text-align: center;">UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA</p>  </div> </div>																																								


Energia CASE5 kaikki: RIUSKA-energiasimulointi





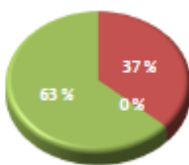
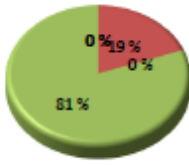
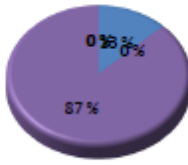
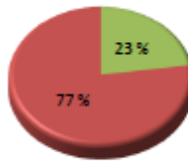
		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE					
Energia CASES	Asiakirja n:o						
	Projekti n:o						
	Pvm.	12.2.2018	Laatija/Tark.				
	Viim. muutos						
	Laadittu	12.2.2018	VilleS				
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³							
Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta							
UUUUTUVAN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	133,9	38,0	7,5	60,11	8 049,73	0,00	8 049,73
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	231,6	65,8	13,0	97,05	22 480,20	0,00	22 480,20
Yhteensä	365,6	103,8	20,5	157,16	30 529,94	0,00	30 529,94
				Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.			
ENERGIA		HINTA					
							
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA				ENERGIAMUODOT			
	MWh	kWh/m ²		EUR/MWh, max	EUR		
Aurinkolämpö	0,0	0,0		Sähkö	100,00	0,00	
Aurinkosähkö	19,6	5,6		Kaukolämpö	58,61	0,00	
Tuulisähkö	0,0	0,0		Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	133,6	37,9		Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00	
Muu	0,0	0,0		Sähkö	100,00	0,00	
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	153,2	43,5		Ilmaisenergia, lämpöpumppu	0,00	0,00	
				Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00	
				Sähkö	100,00	0,00	
				Ilmaisenergia, aurinkosähkö	0,00	0,00	
UUSIUTUVA OMAVARAIS- ENERGIA, JAKAUMA		UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA					
							


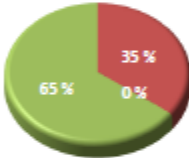
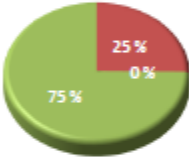


		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO₂-PÄÄSTÖT					
Energia CASES		Asiakirja n:o Projekti n:o	Pvm.	Laajitus/Tark.			
		Viim. muutos Laadittu	12.2.2018	VilleS			
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³							
Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta							
VUOTUIAIN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	133,9	38,0	7,5	60,11	8 049,73	0,00	8 049,73
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	231,6	65,8	13,0	97,05	22 480,20	0,00	22 480,20
Yhteensä	365,6	103,8	20,5	157,16	30 529,94	0,00	30 529,94
Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.							
ENERGIA		HINTA					
							
CO₂ PÄÄSTÖT							
Energiamuoto		Osto-energia	CO ₂ päästöt	CO ₂ päästöt			
Tyyppi		MWh	kg/MWh	ton CO ₂			
Lämmitysenergia		133,9	129,0	17,3			
Jäähdytysenergia		0,0	0,0	0,0			
Sähköenergia		231,6	15,0	3,5			
Yhteensä		365,6		20,7			
							
Energiamuoto		Osto-energia	CO ₂ päästöt	CO ₂ päästöt			
Tyyppi		MWh	kg/MWh	ton CO ₂			
Kaukolämpö	Kaukolämpö	133,9	129,0	17,3			
		0,0	0,0	0,0			
Sähkö	Sähkö	231,6	15,0	3,5			
		0,0	0,0	0,0			
		0,0	0,0	0,0			
Yhteensä		365,6		20,7			


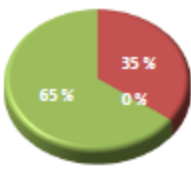
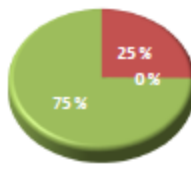
E-luku CASE5 kaikki: RIUSKA-energiasimulointi

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
E-luku CASE5		Asiakirja n:o Projekti n:o Viim. muutos Ladittu			
		Pvm.	Lestija/Tark.		
		12.2.2018	Vite5		
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset				
Rakennusvuosi	0				
Lämmitetty nettoala	3 521,6	m ²			
Ilmanvuotoluku q50	1,0	m ³ /(h·m ²)			
Rakennusvaipan umpiosat	A	U	U A	%	
	m ²	W/(m ² ·K)	W/K		
Ulkoseinät	1 581,5	0,17	274,68	26,5	
Yläpohja	2 041,2	0,09	188,87	18,2	
Alapohja	2 040,3	0,16	327,56	31,6	
Ikkunat	217,8	0,99	216,46	20,9	
Ulko-ovet	29,7	1,00	29,52	2,8	
Kytämäsillat			0,00	0,0	
Ikkunat ilmansuunnittain	A	U-lasiosa	U-ikkuna	g-arvo	
	m ²	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	-	
Pohjoinen	60,6	0,89	0,98	0,6	
Koillinen	0,0	0,00	0,00	0,0	
Itä	12,4	0,87	0,96	0,6	
Keskko	0,0	0,00	0,00	0,0	
Etelä	106,6	0,95	1,00	0,3	
Lounas	0,0	0,00	0,00	0,0	
Länsi	38,3	0,95	1,02	0,3	
Luode	0,0	0,00	0,00	0,0	
Kattoikkunat	0,0	0,00	0,00	0,0	
	217,8				
Ilmanvaihtojärjestelmä	Ilmavirta	Järjestelmän	LTO:n lämpö-	Jäätymisen	
	tulo/poisto	SFP-luku	tilasuhde	esto	
	(m ³ /s)/(m ³ /s)	KW/(m ³ /s)	-	°C	
Ilmanvaihto, palvelualue 1 TKPK330 opetustilat 1.krs roottori	2,09	2,09	1,67	75	-14
Ilmanvaihto, palvelualue 2 TKPK331 opetustilat 2 ja 3. krs root	4,33	4,33	1,75	75	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 3 TKPK332 liikuntasali roottori	5,70	5,70	1,72	75	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 4 TKPK334 pukuhuone ja liikeset pois	2,06	2,06	1,67	63	0
Ilmanvaihto, palvelualue 5 TKPK336 porrashuone F roottori	0,03	0,03	1,80	75	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 6 TKPK335 porrashuone G roottori	0,03	0,03	1,80	75	-5
Ilmanvaihto, palvelualue 7	0,36	0,36	0,42	0	-5
Ilmanvaihtojärjestelmä	14,59	14,59	1,68		
Lämmitysjärjestelmä	Tuoton	Jaon ja luovut.	Lämpökerroin ¹	Apulaitteiden	
	hyötysuhde	hyötysuhde	-	sähkökäyttö ²	
	-	-	-	W	
Tilojen ja IV:n lämmitys	0,99	0,90	3,40	9 156,2	
LKV:n valmistus	0,97	0,89	0,00	10,0	
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle					
² lämpöpumpujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökerrotimeen					
Jäähdytysjärjestelmä	Jäähdytyskauden painotettu				
	kylmäkerroin, -				
	2,50				
LKV:n käyttö	m ³ /(m ² ·a)		yht. m ³ /s		
	0,188		662		
Sisäiset lämpökuormat	Ihmiset	Kuluttajalaitteet	Valaistus	Käyttöaste	
	W/m ²	W/m ²	W/m ²	-	
		8	8	0,0/0,7	
Päiväys	Allekirjoitus		Nimen selvennys		

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET		
E-luku CASE5	Asiakirja n:o			
	Projekti n:o			
	Pvm.	Laatija/Tark.		
	Viim. muutos			
	Laadittu	12.2.2018	Ville5	
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	3 521,6	m ²		
E-luku	98	kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² ·a)
Sähkö	231 635	1,20	277 962	79
Kaukolämpö	133 917	0,50	66 958	19
Kaukojäähdytys	0	0,28	0	0
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0	0
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0
Yhteensä	365 552		344 921	98
Uusiutuva omavaraisenergia	kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinkosähkö	19 633	6		
Aurinkolämpö	0	0		
Tuulisähkö	0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	133 600	38		
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	
Lämmitysjärjestelmä	-			
Tilojen lämmitys ¹	9,3	43,2		
Tuloilman lämmitys	4,1	9,9		
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	15,9		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	14,9	-		
Jäähdytysjärjestelmä	3,8		0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus	39,2	-		
Yhteensä	71,4	69,1	0,0	
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Tilojen lämmitys ²	166 353	47,2		
Ilmanvaihdon lämmitys ³	45 109	12,8		
Lämpimän käyttöveden valmistus	38 738	11,0		
Jäähdytys	30 743	8,7		
² sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinko	31 575	9,0		
Ihmiset	105 143	29,9		
Kuluttajalaitteet	52 656	15,0		
Valaistus	85 318	24,2		
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat	17 227	4,9		
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	RIUSKA 5.1.9			
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys		


		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE		
E-luku CASE5	Asiakirja n:o			
	Projekti n:o			
	Pvm.		Laatija/Tark.	
	Viim. muutos			
	Laadittu	12.2.2018	VilleS	
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³				
Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, 70% kuormat IV:n ajat tod. Ville Saksi YAMK-työ E-laskenta				
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE				
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	
Lämmitysenergia	133,9	38,0	7,5	
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	
Sähköenergia	231,6	65,8	13,0	
Yhteensä	365,6	103,8	20,5	
				
E-LUVUN ERITTELY				
Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energia-muoto-kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus MWh	kWh/m ²
Kaukolämpö	133,9	0,50	67,0	19,0
Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0	0,0
Sähkö	231,6	1,20	278,0	78,9
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0
E-luku			98	
Uusiutuva omavaraisenergia				
	MWh	kWh/m ²		
Aurinkolämpö	0,0	0,0		
Aurinkosähkö	19,6	5,6		
Tuulisähkö	0,0	0,0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	133,6	37,9		
Muu	0,0	0,0		
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	153,2	43,5		
ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA				
				
UUSIUTUVA OMAVARAIS-ENERGIA, JAKAUMA				
				
UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA				
				


		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE					
Energia CASE6 vakioitu käyttö		Asiakirja n:o Projekti n:o	Pvm. Laajitus/Tark.				
		Viim. muutos Laadittu	12.2.2018 VilleS				
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³							
Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, D3 E-LUKU							
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	115,9	32,9	6,5	60,11	6 968,34	0,00	6 968,34
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	214,0	60,8	12,0	97,05	20 772,50	0,00	20 772,50
Yhteensä	330,0	93,7	18,5	157,16	27 740,84	0,00	27 740,84
				Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.			
ENERGIA		HINTA					
							
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA				ENERGIAMUODOT			
	MWh	kWh/m ²			EUR/MWh, max	EUR	
Aurinkolämpö	0,0	0,0		Sähkö	100,00	0,00	
Aurinkosähkö	19,6	5,6		Kaukolämpö	58,61	0,00	
Tuulivoima	0,0	0,0		Ilmaisen energia, lämpöpumppu	0,00	0,00	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	115,8	32,9		Ilmaisen energia, aurinkosähkö	0,00	0,00	
Muu	0,0	0,0		Sähkö	100,00	0,00	
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	135,4	38,4		Ilmaisen energia, lämpöpumppu	0,00	0,00	
				Ilmaisen energia, aurinkosähkö	0,00	0,00	
				Sähkö	100,00	0,00	
				Ilmaisen energia, aurinkosähkö	0,00	0,00	
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA, JAKAUMA		UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA					
							


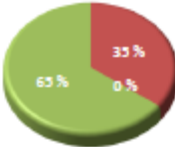



		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO₂-PÄÄSTÖT					
Energia CASE6 vakioitu käyttö		Asiakirja n:o Projekti n:o	Pvm.	Laatija/Tark.			
		Viim. muutos Laadittu	12.2.2018	VilleS			
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekäyttöä U=0,8; g=0,32, D3 E-LUKU							
UUUINEN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	115,9	32,9	6,5	60,11	6 968,34	0,00	6 968,34
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	214,0	60,8	12,0	97,05	20 772,50	0,00	20 772,50
Yhteensä	330,0	93,7	18,5	157,16	27 740,84	0,00	27 740,84
Energian hinta: Laskettu hinnan ja aikataulun mukaan.							
ENERGIA		HINTA					
							
CO₂ PÄÄSTÖT							
Energiamuoto		Osto- energia	CO₂ päästöt	CO₂ päästöt			
Tyyppi		MWh	kg/MWh	ton CO₂			
Lämmitysenergia		115,9	129,0	15,0			
Jäähdytysenergia		0,0	0,0	0,0			
Sähköenergia		214,0	15,0	3,2			
Yhteensä		330,0		18,2			
Energiamuoto		Osto- energia	CO₂ päästöt	CO₂ päästöt			
Tyyppi		MWh	kg/MWh	ton CO₂			
Kaukolämpö	Kaukolämpö	115,9	129,0	15,0			
		0,0	0,0	0,0			
Sähkö	Sähkö	214,0	15,0	3,2			
		0,0	0,0	0,0			
		0,0	0,0	0,0			
Yhteensä		330,0		18,2			



E-luku CASE6 kaikki + vakioitu käyttö: RIUSKA-energiasimulointi

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
E-luku CASE6 vakioitu käyttö		Asiakirja n:o		Projektin n:o	
		Pvm.		Laatija/Tark.	
		Viim. muutos		Ladittu	
		12.2.2018		VilleS	
Rakennuksen käyttötarkoitus		Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi		0			
Lämmitetty nettoala		3 521,6		m ²	
Ilmanvuotoluku q50		1,0		m ³ /(h·m ²)	
Rakennusväipan umpiosat		A	U	U A	%
		m ²	W/(m ² ·K)	W/K	
Ulkoseinät		1 581,5	0,17	274,68	26,5
Yläpohja		2 041,2	0,09	188,87	18,2
Alapohja		2 040,3	0,16	327,56	31,6
Ikkunat		217,8	0,99	216,46	20,9
Ulko-ovet		29,7	1,00	29,52	2,8
Kylmäsilillat				0,00	0,0
Ikkunat ilmansuunnittain		A	U-lasio	U-ikkuna	g-arvo
		m ²	W/(m ² ·K)	W/(m ² ·K)	-
Pohjoinen		60,6	0,89	0,98	0,6
Koillinen		0,0	0,00	0,00	0,0
Itä		12,4	0,87	0,96	0,6
Kaakko		0,0	0,00	0,00	0,0
Etelä		106,6	0,95	1,00	0,3
Lounas		0,0	0,00	0,00	0,0
Länsi		38,3	0,95	1,02	0,3
Luode		0,0	0,00	0,00	0,0
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	0,0
		217,8			
Ilmanvaihtojärjestelmä		Ilmanvirran tulo/poisto	Järjestelmän SFP-luku	LTO:n lämpö- tilausuhde	Jäätymisen esto
		(m ³ /s)/(m ³ /s)	kW/(m ³ /s)	-	°C
Ilmanvaihto, palvelualue 1 TKPK330 opetustilat 1.krs roottori		2,21	2,21	1,63	75
Ilmanvaihto, palvelualue 2 TKPK331 opetustilat 2 ja 3. krs roo		4,34	4,34	1,70	75
Ilmanvaihto, palvelualue 3 TKPK332 liikuntasali roottori		5,70	5,70	1,72	75
Ilmanvaihto, palvelualue 4 TKPK334 pukuhuone ja ikkaset poi		1,92	1,92	1,67	63
Ilmanvaihto, palvelualue 5 TKPK336 pormashuone F roottori		0,03	0,03	1,80	75
Ilmanvaihto, palvelualue 6 TKPK335 pormashuone G roottori		0,03	0,03	1,80	75
Ilmanvaihto, palvelualue 7		0,36	0,36	0,25	0
Ilmanvaihtojärjestelmä		14,60	14,60	1,66	-5
Lämmitysjärjestelmä		Tuoton hyötysuhde	Joon ja luovut. hyötysuhde	Lämpökerroin ^a	Apulaitteiden sähkönkäyttö ^b
		-	-	-	W
Tilojen ja IV:n lämmitys		0,99	0,90	3,40	9 156,2
LKV:n valmistus		0,97	0,89	0,00	10,0
^a vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle					
^b lämpöpumpputähtäläisissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen					
Jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
		2,50			
LKV:n käyttö		m ³ /(m ² ·s)	yht. m ³ /s		
		0,188	662		
Sisäiset lämpökuormat		Ihmiset	Kuluttajalaitteet	Vaaleistus	Käyttöaste
		W/m ²	W/m ²	W/m ²	-
		14	8	18	0,6/0,6
Päiväys		Allekirjoitus		Nimen selvitys	

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET		
E-luku CASE6 vakioitu käyttö		Asiakirja n:o		
		Projekti n:o		
		Viim. muutos	Pvm.	Laastija/Tark.
		Laadittu	12.2.2018	Ville5
Rakennuksen käyttötarkoitus	Yleissivistävien oppilaitosten rakennukset			
Rakennusvuosi				
Lämmitetty nettoala	3 521,6	m ²		
E-luku	90	kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)		
E-luvun erittely	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
	kWh/a	-	kWh/a	kWh/(m ² ·a)
Sähkö	214 039	1,20	256 847	73
Kaukolämpö	115 927	0,30	37 963	16
Kaukojäähdytys	0	0,28	0	0
Uusiutuva polttoaine	0	0,30	0	0
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0	0
Yhteensä	329 966		314 810	90
Uusiutuva omavarsainen energia	kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinkosähkö	19 633	6		
Aurinkolämpö	0	0		
Tuulisähkö	0	0		
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	115 759	33		
Rakennusten teknisten järjestelmien energiankulutus	Sähkö	Lämpö	Kaukojäähdytys	
	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	kWh/(m ² ·a)	
Lämmitysjärjestelmä	-			
Tilojen lämmitys ¹	7,1	33,0		
Tuloilman lämmitys	4,6	10,9		
Lämpimän käyttöveden valmistus	0,0	15,9		
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	18,8	-		
Jäähdytysjärjestelmä	3,3		0,0	
Kuluttajalaitteet ja valaistus	32,6	-		
Yhteensä	66,4	39,8	0,0	
¹ Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve	kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Tilojen lämmitys ²	127 089	36,1		
Ilmanvaihdon lämmitys ²	49 549	14,1		
Lämpimän käyttöveden valmistus	38 738	11,0		
Jäähdytys	26 484	7,5		
² Sisääntuloilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
³ laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat	kWh/a	kWh/(m ² ·a)		
Aurinko	31 575	9,0		
Ihmiset	61 777	17,5		
Kuluttajalaitteet	35 295	10,0		
Valaistus	79 413	22,6		
Lämpimän käyttöveden häviöenergiat	17 227	4,9		
Lasketustyökalun nimi ja versionumero	RIUSKA 3.1.9			
Päiväys	Allekirjoitus		Nimen selvennys	

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE	
E-luku CASE6 vakioitu käyttö		Asiakirja n:o	
		Projekti n:o	
		Pvm.	Laatija/Tark.
		Viim. muutos	
		Laadittu	12.2.2018 Ville5
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 3 521,6 m ² Geometriamallin tilavuus: 17 806,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: Jäähdytys, ilman sälekaihtimia U=0,8; g=0,32, D3 E-LUKU			
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE			
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³
Lämmitysenergia	115,9	32,9	6,3
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0
Sähköenergia	214,0	60,8	12,0
Yhteensä	330,0	93,7	18,5
ENERGIA			
			
E-LUVUN ERITTELY			
Energiamuoto	Osto-energia MWh	Energiamuotokerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus MWh kWh ₀ /m ²
Kaukolämpö	115,9	0,50	58,0 16,3
Kaukojäähdytys	0,0	0,28	0,0 0,0
Sähkö	214,0	1,20	256,8 72,9
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0 0,0
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0 0,0
E-luku	90		
Uusiutuva omavaraisenergia			
	MWh	kWh/m ²	
Aurinkolämpö	0,0	0,0	
Aurinkosähkö	19,6	5,6	
Tuulisähkö	0,0	0,0	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	115,8	32,9	
Muu	0,0	0,0	
Uusiutuvat omavaraisenergiat yhteensä:	135,4	38,4	
ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA			
			
UUSIUTUVA OMAVARAISENERGIA, JAKAUMA			
			
UUSIUTUVAN OMAVARAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA			
			

Kustannusarviot

Energiantuotantovaihtoehtojen vertailu

Vaihe 1 ja 2 Nykyinen koulu + laajennus Ulkolämpöpumpputeho 160 kW	Kaukolämpö	Ulkoilmalämpö + Kaukolämpö
Investointi	70 000 €	220 000 €
Kaukolämmön liittymismaksu	✓	✓
Kaukolämmön lämmönjakokeskus	✓	✓
Lämpöpumppujärjestelmä		✓
Ulkoilmalauhdutusjärjestelmä		✓
Sähköliittymän korotusmaksu		✓
Energiakustannukset	47 000 €/vuosi	24 000 €/vuosi
Kaukolämpöenergia	✓	✓
Sähköenergia		✓
Ylläpitokustannukset	8 000 €/vuosi	13 000 €/vuosi
Kaukolämmön perusmaksu	✓	✓
Kaukolämmön lämmönjakokeskus	✓	✓
Sähkön perusmaksu		✓
Lämpöpumppujärjestelmä		✓
Ulkoilmalauhdutusjärjestelmä		✓
Energia- ja ylläpitokustannukset yhteensä	55 000 €/vuosi	37 000 €/vuosi
Takaisinmaksuaika [vuotta]		8
Investoinnin tuotto		12 %

Laskelmien lähtötiedot ja tulokset on saatu Hepacon Oy Juuso Uotilan laatimasta kannattavuuslaskelmasta 6105 Nikkilän sydän

Aurinkosähköjärjestelmän kannattavuus

Nykyinen koulu + laajennus Aurinkosähköteho 44 kW, tuotto 43 MWh (5 %)	Nykyinen sähköliittymä	Nykyinen liittymä + Aurinkosähkö
Investointi	0 €	62 000 €
Paneelit		✓
Invertteri		✓
Tukirakenteet		✓
Sähkönsiirto- ja jakelujärjestelmä		✓
Energiakustannukset	79 700 €/vuosi	76 100 €/vuosi
Sähköenergia	✓	✓
Ylläpitokustannukset	2 900 €/vuosi	3 000 €/vuosi
Sähkön perusmaksu	✓	✓
Aurinkosähköjärjestelmän huolto		✓
Energia- ja ylläpitokustannukset yhteensä	82 600 €/vuosi	79 100 €/vuosi
Takaisinmaksuaika [vuotta]		18
Investoinnin tuotto		6 %

Laskentatapausten 1, 3, 4 ja 5 LCC-laskenta

LCC-laskenta

Skenaario		1: Kaukolämpö
Elinkaarijakson pituus	v	20
Investointikustannukset	€	0
Vuotuinen lämmöntarve	MWh/v	299,4
Lämpöenergian hinta	€/MWh	60,11
Vuotuinen lämpökustannus	€/v	17 996,93
Vuotuinen sähköntarve	MWh/v	204,1
Sähköenergian hinta	€/MWh	97,05
Vuotuinen sähkökustannus	€/v	19 807,91
Nimelliskorko	%	4
Inflaatio	%	2
Energian nimellinen hinnan nousu	%	3,5
Reaalikorko	%	1,96
Eskalaatio	%	0,48
Jaksollisten maksujen diskonttauskerroin		16,41
Jaksollisten laitteiston uusimisen diskonttauskerroin		0,00
Jaksollisten energiamaksujen diskonttauskerroin		19,02
Huolto- ym. kustannukset	€/v	5 200
Huoltokustannusten nykyarvo	€	85 350
Lämpökustannusten nykyarvo	€	342 310
Sähkökustannusten nykyarvo	€	376 756
Laitteiston uusimisen nykyarvo	€	0
Monta kertaa laitteisto uusitaan tarkasteluvälillä	kpl	0
E-luku kWh/(m ² a)		112
LCC (nykyarvo)	€	804 416

LCC-laskenta

Skenaario		3: UVLP
Elinkaarijakson pituus	v	20
Investointikustannukset	€	44 000
Vuotuinen lämmöntarve	MWh/v	185,1
Lämpöenergian hinta	€/MWh	60,11
Vuotuinen lämpökustannus	€/v	11 126,36
Vuotuinen sähköntarve	MWh/v	236,7
Sähköenergian hinta	€/MWh	97,05
Vuotuinen sähkökustannus	€/v	22 971,74
Nimelliskorko	%	4
Inflaatio	%	2
Energian nimellinen hinnan nousu	%	3,5
Reaalikorko	%	1,96
Eskalaatio	%	0,48
Jaksollisten maksujen diskonttauskerroin		16,41
Jaksollisten laitteiston uusimisen diskonttauskerroin		0,00
Jaksollisten energiamaksujen diskonttauskerroin		19,02
Huolto- ym. kustannukset	€/v	6 400
Huoltokustannusten nykyarvo	€	105 046
Lämpökustannusten nykyarvo	€	211 629
Sähkökustannusten nykyarvo	€	436 933
Laitteiston uusimisen nykyarvo	€	0
Monta kertaa laitteisto uusitaan tarkasteluvälillä	kpl	0
E-luku kWh/(m ² a)		107
LCC (nykyarvo)	€	797 608

LCC-laskenta

		4: Aurinkosähkö
Skenaario		
Elinkaarijakson pituus	v	20
Investointikustannukset	€	24 800
Vuotuinen lämmöntarve	MWh/v	299,4
Lämpöenergian hinta	€/MWh	60,11
Vuotuinen lämpökustannus	€/v	17 996,93
Vuotuinen sähköntarve	MWh/v	184,4
Sähköenergian hinta	€/MWh	97,05
Vuotuinen sähkökustannus	€/v	17 896,02
Nimelliskorko	%	4
Inflaatio	%	2
Energian nimellinen hinnan nousu	%	3,5
Reaalikorko	%	1,96
Eskalaatio	%	0,48
Jaksollisten maksujen diskonttauskerroin		16,41
Jaksollisten laitteiston uusimisen diskonttauskerroin		0,10
Jaksollisten energiamaksujen diskonttauskerroin		19,02
Huolto- ym. kustannukset	€/v	5 400
Huoltokustannusten nykyarvo	€	88 633
Lämpökustannusten nykyarvo	€	342 310
Sähkökustannusten nykyarvo	€	340 391
Laitteiston uusimisen nykyarvo	€	2454
Monta kertaa laitteisto uusitaan tarkasteluvälillä	kpl	0,1
E-luku kWh/(m ² a)		105
LCC (nykyarvo)	€	798 587

LCC-laskenta

Skenaario		5: Kaikki
Elinkaarijakson pituus	v	20
Investointikustannukset	€	68 800
Vuotuinen lämmöntarve	MWh/v	133,9
Lämpöenergian hinta	€/MWh	60,11
Vuotuinen lämpökustannus	€/v	8 048,73
Vuotuinen sähköntarve	MWh/v	231,6
Sähköenergian hinta	€/MWh	97,05
Vuotuinen sähkökustannus	€/v	22 476,78
Nimelliskorko	%	4
Inflaatio	%	2
Energian nimellinen hinnan nousu	%	3,5
Reaalikorko	%	1,96
Eskalaatio	%	0,48
Jaksollisten maksujen diskonttauskerroin		16,41
Jaksollisten laitteiston uusimisen diskonttauskerroin		0,00
Jaksollisten energiamaksujen diskonttauskerroin		19,02
Huolto- ym. kustannukset	€/v	6 600
Huoltokustannusten nykyarvo	€	108 329
Lämpökustannusten nykyarvo	€	153 091
Sähkökustannusten nykyarvo	€	427 519
Laitteiston uusimisen nykyarvo	€	0
Monta kertaa laitteisto uusitaan tarkasteluvälillä	kpl	0
E-luku kWh/(m ² a)		98
LCC (nykyarvo)	€	757 739