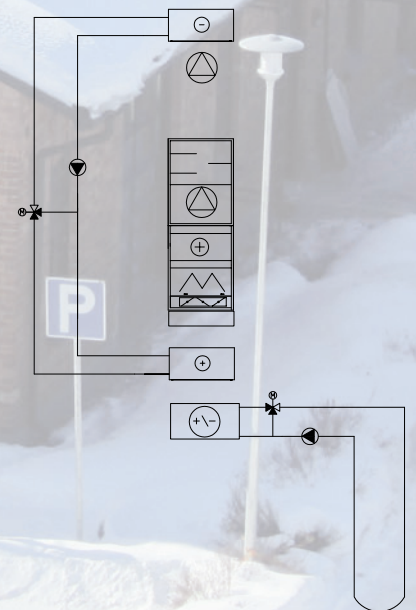


RETERMIA NEWS

NUMERO 2/2014



Passiivijärjestelmissä on tulevaisuus

Etuina suuri huipunleikkauskyky,
korkea COP ja lyhyt
takaisinmaksuaika.

Pääkirjoitus



Passiivijärjestelmissä on tulevaisuus

EU:n siirtyessä kohti lähes nollaenergiarakentamista (nZEB) myös kansalliset energiatehokkuusvaatimukset rakentamisessa tulevat jäsenmaissa lähivuosina kiristymään. Suomen kansallista määritelmää lähes nollaenergiarakennukselle työstetään parhaillaan FinZEB-hankkeessa. Lähes nollarakennukset ovat hyvin energiatehokkaita, tuottavat itse energiaa ja hyödyntävät uusiutuvia energianlähteitä, kuten aurinko- ja tuulienergiaa sekä maaperän energiaa. Rakennusten ominaiskulutuksen pienentyessä yhä suurempi osa lämmityskustannuksista painottuu energian kuluttamisen sijaan lämmitysjärjestelmän investointi- ja perusmaksuihin. Ilmanvaihto on usein suurin yksittäinen lämmitysenergian kuluttaja rakennuksessa. Ilmanvaihdon LTO-laitteiden lämpötilasuhdetta kasvatettaessa kasvaa myös tuloilman vuosihyötysuhde, muttei samassa suhteessa kuin kasvatettu lämpötilasuhde. Erityisesti huurtumisherkkyys ilmanvaihdon lämmöntalteenotolla kasvaa, kun yksittäisen laitteen lämpötilasuhde kasvatetaan maksimiarvoonsa. Tästä johtuen ilmanvaihdon lämmöntalteenoton huipunleikkauiskyky ei suurella osalla LTO-järjestelmistä tule kasvamaan, vaikka lämpötilasuhdetta kasvatettaisiin nykyisestä.

Tulevaisuudessa tullaan siis maksamaan suhteessa yhä enemmän lämmityskapasiteetin olemassa olosta, ei niinkään lämmön kulutuksesta – jollei jotain tehdä toisin.

Uusien rakennusten jäähdytysenergian kulutus kasvaa nykyisestä – jollei jotain tehdä toisin.

Älykkäillä suunnitteluratkaisuilla voidaan vaikuttaa voimakkaasti niin lämmityksen ja jäähdytyksen huippu-
tehon tarpeeseen kuin vuotuisen lämmön, kylmän ja sähköenergian tarpeeseen. Tässä numerossa esittelemme yhden älykkään suunnitteluratkaisun: tuloilman passiivilämmitys- ja jäähdytysratkaisun, joka hyödyntää maaperän energiaa. Tässä ratkaisussa on useita ominaisuuksia, jotka tulevat yhä tärkeämmäksi siirryttäessä kohti nZEB-rakentamista, kuten uusiutuvan energian hyödyntäminen, hyvä kannattavuus nopealla takaisinmaksuajalla, suuri huipunleikkauiskyky ja vuotuinen energiakerroin. Passiivijärjestelmien lisäksi myös erilaiset hybridijärjestelmät tulevat lähivuosina varmasti lisääntymään. Tässä kehityksessä olemme yrityksenä mielellämme mukana. Parhaat ratkaisut usein syntyvät tilaajien, suunnittelijoiden ja laitetoimittajien yhteistyössä.

Vuoden kääntyessä kohti loppuaan haluan kiittää kaikkia asiakkaitamme ja yhteistyökumppaneitamme kuluneesta vuodesta, joka on ollut Retermialle monelta osin historiallinen. Tänä vuonna saimme tekniseen myyntiin kaksi vahvistusta, LVI-insinöörit Vesa Yläsen ja Lassi Saarisen. Lisäksi lanseerasimme Finnbuild-messuilla suurta mielenkiintoa herättäneen MINEX-ilmanvaihtokonesarjan sekä kehitimme neulalämmönsiirrinmalliston, jolla on mittauksin saavutettu 70 % lämpötilasuhde ilmapuolen painehäviön ollessa vain 40 Pa! Näihin ja muihin energiatehokkuusasioihin palaamme tarkemmin ensi vuoden Retermia news -lehdissä.

Antoisia lukuhetkiä, hyvää joulua ja onnellista uutta vuotta!

Markus Castrén
Toimitusjohtaja / Retermia Oy

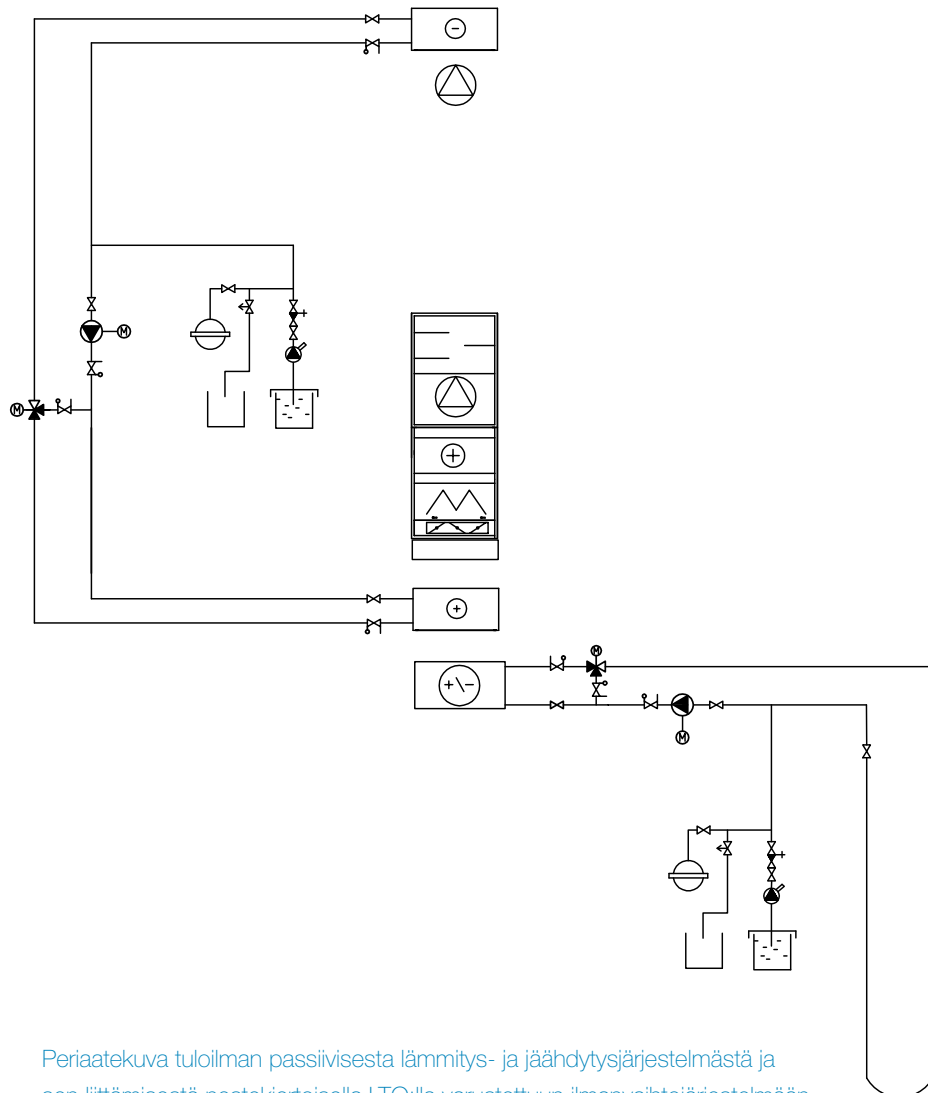
Tuloilman passiivinen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä

Geoenergiakaivojen suosio on kasvanut 2000-luvulla hyvin nopeasti. Maa- ja kallioperän pintaosiin varastoitunut lämpöenergia on peräisin pääosin auringosta. Syvemmällä kallioperässä lämpöenergia on maan sisuksissa radioaktiivisten aineiden hajoamisesta syntynyttä energiaa. Uusiutuvien energialähteiden käyttöä lisätään jatkuvasti, ja hankitun kokemuksen myötä niitä pystytään hyödyntämään hyvin neulaputkitekniikkaan perustuissa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmissä.

Järjestelmäkuvaus

Tuloilman passiivisessa lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmässä (passiivijärjestelmä) lämpökaivot liitetään suoralla kytkennällä neste-ilma -lämmönsiirtimeen, jonka tulee sijaita ilman virtaussuunnassa ennen ilmanvaihdon lämmöntalteenottoa. Putkistossa on liuospumppu ja tyypillisesti venttiili tehonsäätöä varten. **Teknisessä toteutuksessa** olennainen ero maalämpöjärjestelmiin on, että passiivijärjestelmässä ei tarvita kompressoria.

Levylämmönsiirtimen asentaminen keruupiiriin ja etulämmityspatterin väliin tulee kysymykseen kohteissa, joissa etulämmityspatteri sijaitsee korkealla ja hydrostaattinen paine nousisi verkostossa muutoin liian suureksi. Levylämmönsiirtimen lisääminen järjestelmään alentaa neste-ilma -patterille menevän liuoksen lämpötilaa ja täten heikentää vuotuista passiivilämmitysenergian saantia merkittävästi.



Periaatekuva tuloilman passiivisesta lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmästä ja sen liittämisestä nestekiertoisella LTO:lla varustettuun ilmanvaihtojärjestelmään.



Mikkelin ammattikorkeakoulun hallintorakennuksen passiivijärjestelmä, jossa tuloilman esilämmitys ja jäähdytys on toteutettu vesikatolla sijaitsevalla ilmanottokatoksella. Passiivijärjestelmää hyödynnetään myös tutkimus- ja opetuskäytössä.

Talvikautena passiivijärjestelmällä esilämmitetään tuloilmaa. Lämpökaivoista palaavan lämpimän nesteen lämpötila on sydäntalvella matala, $+2...+5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Lämmityskauden alussa maasta palaavan nesteen lämpötila saattaa olla tätä korkeampi (luokkaa $+5...+10\text{ }^{\circ}\text{C}$), jos passiivijärjestelmällä on kesäaikana viilennetty tuloilmaa. Passiivijärjestelmä saa lämmityskäytössä käyntiluvan, kun maasta palaavan nesteen lämpötila on korkeampi kuin ulkoilman lämpötila. Toisena tehoportaana tuloilman lämmitykselle toimii ilmanvaihdon lämmöntalteenotto ja kolmantena tehoportaana tuloilmakoneen lämmityspatterit.

Kesällä passiivijärjestelmällä viilennetään tuloilmaa. Kuivaavassa jäähdytyksessä tuloilman jälkilämmitys voidaan suorittaa energiatehokkaasti ilmanvaihdon LTO-järjestelmällä hyödyntäen poistoilman lämpöä.

Tukea suunnitteluun

Retermia tarjoaa LVI-suunnittelijoille veloituksetta teknistä tukea suunnittelukohteisiin. Teemme mitoitusien ja vuosisimulaatioiden lisäksi skemaattisia kytkentäkaavioita passiivijärjestelmistä. Kytkentäkaavoissa esitetään säädön periaate ja säädön kannalta olennaisten toimilaitteiden toiminta.

Olemme kehittäneet IDA-simulaatioympäristön päälle dynaamisen laskentamallin passiivijärjestelmästä, jota hyödynnämme asiakaspalvelutyössä. Laskentamallissamme passiivijärjestelmä on kuvattu termodynaamisena kokonaisuutena, jolloin **lämpökaivojen ja neulalämmönsiirtimien yhteisvaikutus järjestelmän tehoon ja muihin suoritusarvoihin on mallinnettu.** Täten mallilla voi tehdä herkkyystarkasteluja esimerkiksi tarvittavien lämpökaivojen lukumäärästä ja lämmönkeruupiirin optimaalisesta virtaamasta.

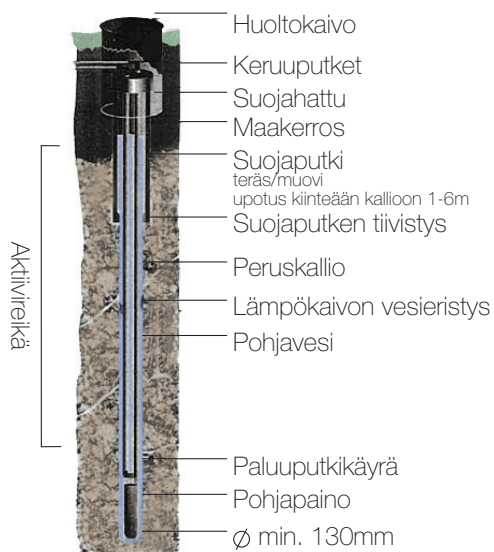
Passiivijärjestelmä voidaan integroida osaksi ilmanvaihdon LTO-, maalämpö-, tai tuloilman vapaajäähdytysjärjestelmää, kuten **Arlandan lentokentän** ratkaisussa.

Lämmönkeruupiirin mitoitus

Lämpökaivojen mitoituksessa on huomioitava porareian kokonaissyvyys ja aktiivisyvyys. Aktiivisyvyys on se osa lämpökaivossa olevasta lämmönkeruuputkesta, jossa keruuputket ovat vedessä. Keruuputkessa kiertävä neste ei ole kosketuksissa pohjaveden kanssa. Lisätietoja lämpökaivojen porauksesta ja normilämpökaivon rakenteesta löytyy Ympäristöministeriön ja Suomen Kaivonporausurakoitsijat ry:n kotisivuilta:

<http://www.poratek.fi>

http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/YO_2013_Energiakaivo%2824946%29



Liuvosvirtaama per lämpökaivo on tyypillisesti 0,5..0,7 l/s. Lämmönsiirtonesteinä on käytetty paikkakunnasta ja tehonsäättävästä riippuen 30...40 prosenttista vesi-etanoliseosliuosta. Toinen vaihtoehto on propyleeniglykoli, mutta se on lämmönsiirto-ominaisuuksiltaan etanolia huonompi sekä viskositeetiltaan suurempi. Nyrkkisääntönä passiivijärjestelmän lämpökaivojen mitoitukseen voidaan käyttää **1 kpl 200 m teholliselta**

syvyydeltään olevia lämpökaivoja per 1000 l/s tuloilmaa, maaperän ollessa kalliota ja kun kaivon ympärillä ei ole pohjaveden virtausta. Tällä mitoituksella maasta saadaan riittävä teho kesäaikaiseen tuloilman viilennykseen, eli tuloilma saadaan viilennettyä noin +17 °C lämpötilaan. Mikäli tuloilmalle on kesällä kuivaustarvetta, tulee kaivojen lukumäärän riittävyys tarkistaa dynaamisella laskentatyökalulla, jossa on kuvattu koko passiivijärjestelmä.

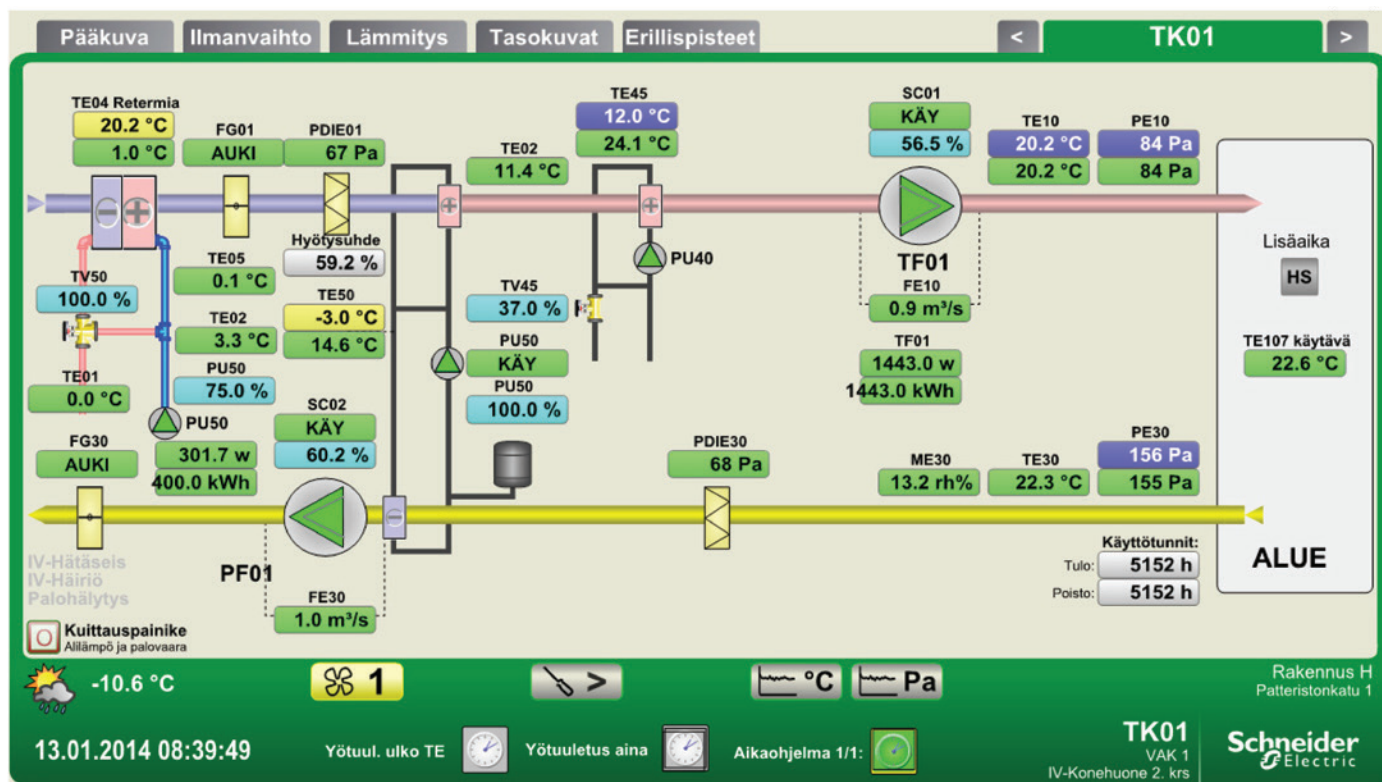
Lämpökaivojen poraaminen edellyttää aina toimenpidedelupaa. Jos lämpökaivo sijaitsee pohjavesialueella, tulee lämmönsiirtonesteen olla täysin myrkytön. Nesteen myrkyttömyys tarkoittaa etanoliliuoksissa käytännössä sitä, että nesteen tulee olla inhiboimaton (esimerkiksi Altia Oyj Naturet Geosafe). Tämä tulee huomioida putkiston, venttiilien ja liuospumppujen materiaalivalinnoissa. Propyleeniglykolia käytettäessä inhibiittien tulee olla täysin myrkyttömiä (esimerkiksi Algol Oyj Dowcal N).

Hyvä kannattavuus ja huipunleikkauskyky

Maaperän lämpötilataso on passiivijärjestelmässä lämmitystehoa rajoittava tekijä. Tämän vuoksi passiivijärjestelmä on suuren osan lämmityskaudesta pois käytöstä.

Tuloilman passiivisen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän kannattavuus perustuu sen talviaikaiseen lämmityksen huipunleikkaustehoon sekä kesäaikaiseen jäähdytystehoon, jonka ansiosta ilmanvaihtokoneita varten ei tarvitse hankkia veden jäähdytyskoneita. Talviaikainen huipunleikkausteho pienentää lämmitysjärjestelmän investointikustannuksia sekä kaukolämmön perusmaksuja. Passiivijärjestelmän myötä ilmanvaihdon LTO-järjestelmä toimii ilman tehonrajoitusta myös mitoituspakkasella. Tämä pienentää edelleen tuloilman lämmitysjärjestelmän mitoitusstehon tarvetta.

”Nyrkkisääntönä mitoitukseen voidaan käyttää 1 kpl 200 m syviä lämpökaivoja per 1000 l/s tuloilmaa.”



Valvomonäkymä MAMK H-rakennuksen passiivijärjestelmästä. Tuloilman lämpötila neulalämmönsiirtimen jälkeen on +1,0 °C ulkoilman ollessa -10,6 °C.

Neulalämmönsiirtimellä toteutetulle passiivijärjestelmälle voidaan määrittää vertailukelpoinen takaisinmaksuaika verrattuna kaukojäähdytykseen ja vedenjäähdytyskoneratkaisuun. Tämä osoitettiin Vesa Yläsen Mikkelin ammattikorkeakoulussa tekemässä opinnäytetyössä: ”Tuloilman passiivisen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän kannattavuuden tarkastelu”.

Järjestelmän muita etuja

Tuloilman passiivinen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä pienentää oleellisesti rakennuksen huipputehon tarvetta niin kesällä kuin talvella. Lisäksi sen tuottama lämpö ja kylmä ovat uusiutuvaa, kiinteistössä tuotettua energiaa. Passiivijärjestelmän vuotuinen COP riippuu järjestelmän ilma- ja nestepuolen painehäviöistä. **Neulalämmönsiirtimillä toteutetussa passiivijärjestelmässä lämmityksen vuotuinen lämpökerroin ja jäähdytyksen vuotuinen kylmäkerroin ovat luokkaa 15...25.** Lähes nollaenergiarakentamisessa nämä ominaisuudet tulevat entistäkin tärkeämmiksi.

Passiivijärjestelmä soveltuu käytettäväksi kaikkiin rakennustyyppisiin ja kaikkiin lämmitysmuotoihin. Kau-

kolämmityskohteissa passiivijärjestelmä mahdollistaa pienemmän huipputehontarpeen, jolloin hiilijalanjälkitään suuria huippuvoimaloita tarvitsee käyttää vähemmän kovilla pakkasilla.

Energialaskennassa huomioitavaa

Passiivijärjestelmällä varustetussa ilmanvaihtojärjestelmässä ulkoilma on esilämmitetty ennen kuin se tulee ilmanvaihdon LTO-järjestelmään. Näin ollen se pienentää ilmanvaihdon LTO:n vuotuista talteenotetun lämpöenergian määrää. Passiivijärjestelmä yhdessä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton kanssa aikaansaa suuremman vuotuisen lämpöenergian säästön kuin pelkkä ilmanvaihdon LTO. Passiivi- ja muiden vapaaenergioiden hyödyntäminen tulisi huomioida tuloilman vuosihyötysuhteen laskennassa. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikista eri ilmaisenergian lähteistä (poistoilma, aurinko, maaperä, vesistö jne) talteenotettujen energioiden summa tulisi laskea **tuntitasolla** tuloilman vuosihyötysuhteen jakoviivan QLTO-termiin. Tällöin tuloilman vuosihyötysuhteen ϵ_{vuosi} laskentayhtälö näyttäisi seuraavalta:

$$\varepsilon_{vuosi} = \frac{Q_{LTO}}{Q_{tulo}} = \frac{Q_{IVLTO} + Q_{muuLTO}}{Q_{tulo}}$$

missä:

Q_{IVLTO}	on ilmanvaihdon LTO-järjestelmän talteenottama vuotuinen lämpöenergia, kWh.
Q_{muuLTO}	on muista ilmaisenergianlähteistä (maaperä, vesi, aurinko, jäähdytysverkoston lämpökuorma) tuloilman lämmitykseen hyödynnetty vuotuinen lämpöenergia, kWh.
Q_{tulo}	on tuloilman vuotuinen lämmitysenergian tarve kun tuloilma lämmitetään ulkoilman lämpötilasta tuloilmakoneen sisäänpuhalluslämpötilaan, kWh.

Tämä tarkastelu kannustaisi aidosti energia- ja kustannustehokkaiden ratkaisujen suunnitteluun ja toteutukseen.

Useita referenssejä

Passiivijärjestelmät ovat selvästi yleistyneet viimeisen viiden vuoden aikana. Retermia Oy on ollut mukana toimittamassa lämmönsiirtimiä useisiin eri kokoluokan kohteisiin. Lämmitysmuotona kohteissa on ollut kaukolämpö, maa-kaasu tai maalämpö.

”Lämmityksen vuotuinen lämpökerroin ja jäähdytyksen vuotuinen kylmäkerroin ovat luokkaa 15...25.”

Kannattaako tuloilman passiivinen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä taloudellisesti?

Vesa Ylänen

Työssä suoritettiin passiivijärjestelmän teknistaloudellinen vertailu kaukojäähdytys- ja vedenjäähdytyskoneratkaisuun nähden. Ilmanvaihdon energiankulutus simuloitiin validoidulla dynaamisen laskennan IDA-ice 4.51-ohjelmistolla, joka sisälsi lämpökaivojen mallinnukseen borehole-mallin 0.3. Ilmavirtana simuloinnissa käytettiin 1 m³/s. Sisäänpuhallusilman asetusarvona käytettiin lämmitystilanteessa +19 °C ja viilennystilanteessa +17 °C. Aivan kuten autojen katsastuksessa, "kaasujalan paino" ei vaikuttanut energiamääriin, vaan energiankulutukset laskettiin SRakMK:n osan D3 toimistorakennuksen standardikäytöllä. Sää tietona käytettiin Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaista Helsinki-Vantaa säädataa.

Simulointitapauksessa VE1 oli tuloilman passiivinen lämmitys- ja viilennysjärjestelmä ennen tuloilmakonetta. Simulaatiotapaus VE2 tarkoitti tuloilmanjäähdytyksen toteuttamista vedenjäähdytyskoneella, jonka energiamuotona käytettiin sähköä. Simulaatiotapaus VE3 tarkoitti, että valittiin tuloilman jäähdytyksen toteutusvaihtoehdoksi kaukojäähdytys. Kaikissa simulaatiotapauksissa ilmanvaihtokoneiden lämmöntalteenoton lämpötilasuhde oli 65 % ja lämmityspatterin energiamuotona toimi kaukolämpö.

TAULUKKO 1. Työssä vertaillut lämmitys- ja jäähdytysratkaisut VE1, VE2 & VE3

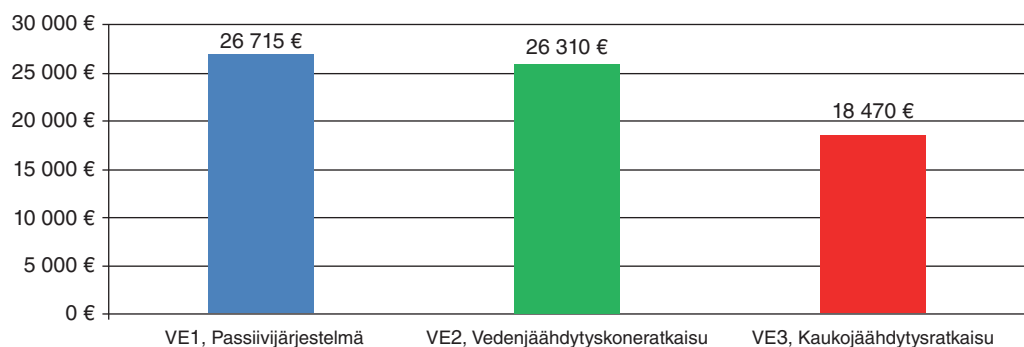
Simuloitava tapaus	Järjestelmän kuvaus
VE1	Passiivijärjestelmä ennen tuloilmakonetta, jolla suoritettiin talvella tuloilman esilämmitys ja kesäaikana tuloilman viilennys. Tuloilmakoneessa LTO (lämpötilasuhde 65 %) ja kaukolämpöön kytketty lämmityspatteri.
VE2	Tuloilmakoneessa LTO (lämpötilasuhde 65 %), kaukolämpöön kytketty lämmityspatteri sekä jäähdytyspatteri joka on kytketty vedenjäähdytyskoneeseen.
VE3	Tuloilmakoneessa LTO (lämpötilasuhde 65 %), kaukolämpöön kytketty lämmityspatteri sekä jäähdytyspatteri joka on kytketty kaukokylmään.

Nyrkkisääntö geokaivojen valintaan

Herkkyystarkastelu suoritettiin lämpökaivojen lukumäärän suhteen vaihtoehdoilla 1, 2, ja 3 kpl 200 metriä syviä geokaivoja. Tehdyn työn perusteella nyrkkisäännöksi todettiin case-tapauksessa, että 1 m³/s ilmavirralla tulee riittämään yksi aktiivisyvydeltään 200-metrinen lämpökaivo. Tällä mitoituksella voidaan tuottaa riittävä tuloilman jäähdytysteho ilmavirralla, kun kesäaikaan sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo on +17 °C. Kahdeksan vuoden laskentajaksolla ei ylittynyt kertaakaan sisäänpuhalluslämpötilan asetusarvo yhdellä 200-metrillä geonergiakaivolla.

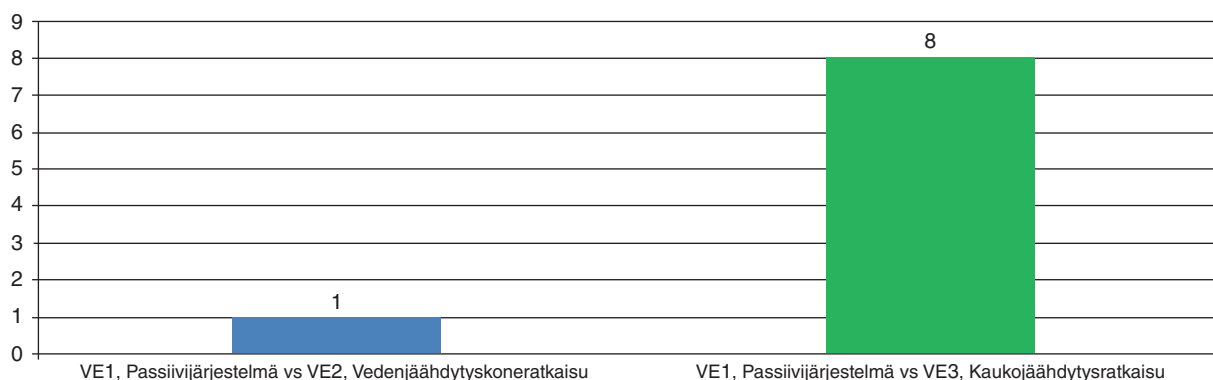
Takaisinmaksuaikoja

Kaikki kannattavuuslaskennassa käytetyt kustannustekijät kerättiin toteutuneina hintoina energiayhtiöltä, laitetoimitajilta ja urakoitsijoilta vuoden 2014 tiedoilla. VE1:sen takaisinmaksuaika on noin yksi vuosi verrattuna VE2:seen. VE1:sen takaisinmaksuaika on noin kahdeksan vuotta verrattuna VE3:seen. Passiivijärjestelmän VE1 takaisinmaksuaika tulee lyhentymään, jos ilmanvaihdon käyntiaika on pidempi kuin SRakMK:n osan D3 standardikäyttö sekä jos rakennus tulee sijaitsemaan pohjoisempana kuin Helsinki. Kondensoivan jäähdytyksen tapauksessa saattaisi tarvita 2 kpl aktiivisyvydeltään 200 metriä syviä geokaivoja, jolloin VE1:sen takaisinmaksuaika olisi noin kymmenen vuotta verrattuna VE2:seen sekä VE1:sen takaisinmaksuaika olisi noin kaksitoista vuotta verrattuna VE3:seen.



Eri ratkaisujen investointikustannukset.

Takaisinmaksuaika, vuosi



Passiivijärjestelmän takaisinmaksuaika VJK- ja kaukojäähdytysratkaisuun nähden

Todellisuudessa sähköliittymän hinta olisi voinut olla suurempi vedenjäähdytyskoneratkaisuun päädyttäessä, koska sähköliittymän koko mitoitetaan asiakkaan tarvitseman tehon mukaan (kW). Sähköliittymän hinnan vaikutusta ja uusintainvestointeja ei ole otettu huomioon kannattavuuslaskelmissa.

Vuotuiset lämpö- ja kylmäkertoimet

VE1:sen tapauksessa passiivijärjestelmästä saadaan yhdellä 200 metriä syvällä lämpökaivolla vuotuisesti jäähdytysenergiaa 2 260 kWh, ja apulaitteiden energiat koostuvat 40 kWh puhallinenergiasta ja 60 kWh pumppausenergiasta. Neulalämmönsiirtimellä toteutetulle passiivijärjestelmälle voidaan laskea tuloilman jäähdytyksen SEER-luku (Seasonal Energy Efficiency Ratio).

$$\text{SEER-JÄÄHDYTYS} = \frac{\text{vuotuinen tuotettu jäähdytysenergia, kWh}}{\text{vuotuinen käytetty sähköenergia, kWh}} = \frac{2\,260}{40 + 60} = 22,5$$

VE1:sen tapauksessa passiivijärjestelmästä saadaan yhdellä 200 metriä syvällä lämpökaivolla vuotuisesti lämmitysenergiaa 7 559 kWh, ja apulaitteiden energiat koostuvat 343 kWh puhallinenergiasta ja 71 kWh pumppausenergiasta. Neulalämmönsiirtimellä toteutetulle passiivijärjestelmälle voidaan laskea tuloilman lämmityksen vuotuinen lämpökerroin (Seasonal Coefficient of Performance), eli SCOP-luku:

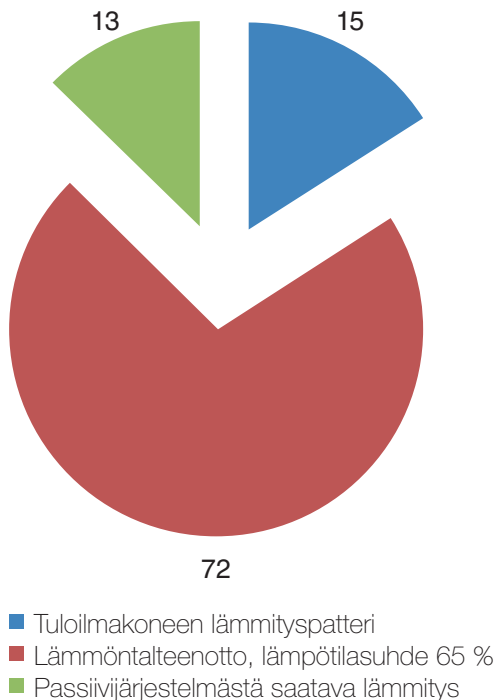
$$\text{SCOP-LÄMMITYS} = \frac{\text{vuotuinen tuotettu lämmitysenergia, kWh}}{\text{vuotuinen käytetty sähköenergia, kWh}} = \frac{7\,559}{343 + 71} = 18,2$$

SEER- ja SCOP-luvut saattavat heikentyä lämpökaivojen lukumäärän kasvaessa. Syynä tähän on liuosvirtaaman kasvusta aiheutuva pumppausenergian kasvu, joka on suoraan verrannollinen painehäviöön.

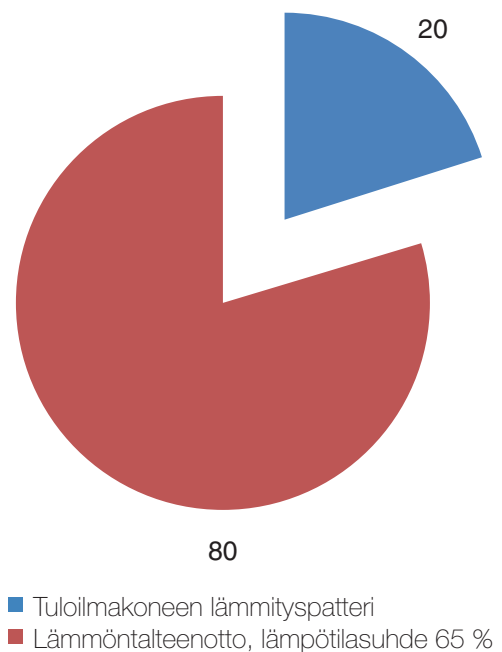
Muita johtopäätöksiä

Passiivijärjestelmä on parempi kuin kaukojäähdytys ja vedenjäähdytyskone, koska se vähentää myös tarvittavaa kaukolämmityksen huipputehoa tuloilman lämmittämiseksi, vaikka tarvitseekin lisälämmitystä osalle teholle.

VE1 kattaa yhdessä ilmanvaihdon lämmöntalteenoton kanssa vuotuisesta tuloilman lämmitysenergiatarpeesta noin 85 %. Loput tarvittavasta tuloilman lämmitysenergiasta otetaan kaukolämmityksestä. Passiivijärjestelmä on parhaimmillaan toimistorakennuksien, koulujen, hotellien tai teollisuuslaitosten tuloilman lämmitys- ja jäähdytysenergian tuottajana.

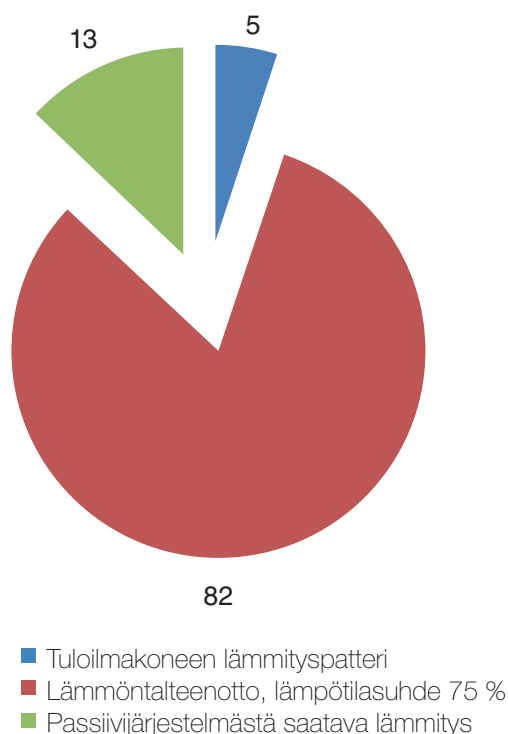


Vuotuisen ilmanvaihdon lämmitysenergian tarpeen jakaantuminen passiivijärjestelmällä varustetulla IV-koneella (simulaatiotapaus VE1)



Vuotuisen ilmanvaihdon lämmitysenergian tarpeen jakaantuminen tavanomaisella IV-koneella (simulaatiotapaukset VE2 ja VE3)

Passiivijärjestelmä tulee tarvitsemaan lisälämmitystä ilmanvaihtokoneen lämmityspatterista noin 5 %, jos ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämpötilasuhde on 75 %. Passiivijärjestelmän ansiosta huurteenestotoiminto ei rajoita ilmanvaihdon lämmöntalteenoton tehoa edes mitoituspakkasilla.



Ilmanvaihdon vuotuisen lämmitysenergian tarpeen jakaantuminen passiivijärjestelmällä varustetulla IV-koneella, kun LTO:n lämpötilasuhde on 75 %

Passiivijärjestelmässä maasta tuloilmaan hyödynnetyt kylmä- ja lämpöenergian määrät ovat vuositasolla lähellä toisiaan. Lämmitys- ja jäähdytyskäytön avulla saadaan maaperän lämpötase pidettyä energian tuottoon sopivana vuosikymmeniä, joten passiivijärjestelmä on asiakkaalle turvallinen kertainvestointi.



Vesa Ylänen

Vesa Ylänen, 2014: Tuloilman passiivisen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän kannattavuuden tarkastelu. Mikkelin AMK.

Lisätietoa opinnäytetyöstä:
<http://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-201405127221>

**”Passiivijärjestelmä on
asiakkaalle turvallinen
kertainvestointi”**

