

Kivenlahden metrokeskus Energiatarkastelut

13.3.2017

Tuomo Niemelä

Johtava energia-asiantuntija

tuomo.niemela@granlund.fi

+358 40 662 1274



Sisällysluettelo

1.	Selvityksen tavoitteet ja lähtötiedot	4
1.1	Tavoitteet ja lähtötiedot	5
1.2	Tutkittava alue	6
2.	Alueen energiantarve	7
2.1	Laskennan perusteet ja lähtötiedot	8
2.2	Alueen vuosittainen energiantarve ja mitoitus-teho	10
3.	Tekniset ratkaisut ja näkökulmat	11
3.1	Kaukolämpö	12
3.2	Kalliolämpö ja -jäähdytys	14
3.3	Aurinkoenergia	22
3.4	Hukkalämpö ja energiankierrätys	30
3.5	Kesäaikaisen sisälämpötilan hallinta	32
3.6	Vyöhykejako ja tekniset tilavaraukset	51
3.7	Koneellinen jäähdytys	63



4.	Teknisten ratkaisujen vaikutukset kaavoitukseen	66
4.1	Julkisivu ja katto	67
4.2	Ulkoalueet ja metron tilojen huomioiminen	68
5.	Yhteenveto	69
5.1	Energianhankintaan liittyvät johtopäätökset kaavoitusta varten	70
5.2	Sisälämpötilan hallintaan liittyvät johtopäätökset kaavoitusta varten	71
6.	Tekniset liitteet	72
6.1	Alue-energiatarkastelu	73
6.2	Kesäajan sisälämpötilatarkastelu	77



1. Selvityksen tavoitteet ja lähtötiedot

1.1 Tavoitteet ja lähtötiedot

1.2 Tutkittava alue

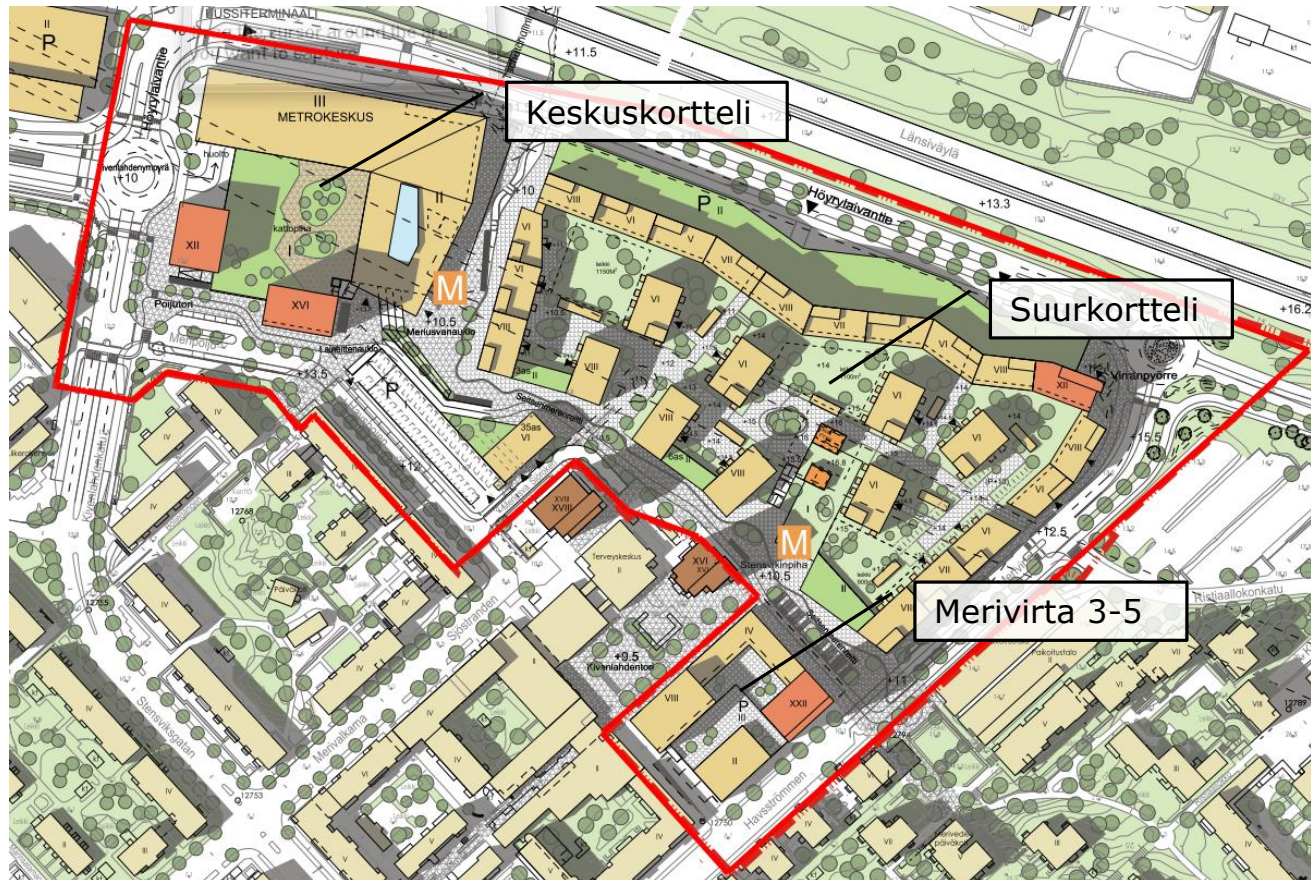


1.1 Tavoitteet ja lähtötiedot

- Selvityksen tarkoituksena oli tutkia Kivenlahden metrokeskusalueen teknisiä ratkaisuja siten, että kaavoituksella voidaan luoda edellytys alueen energiatehokkaaseen rakentamiseen ja uusiutuvien energiamuotojen hyödyntämiseen.
- Selvitys laadittiin Kivenlahden metrokeskuksen asemakaavaehdotuksen laatimisen tueksi. Selvityksessä on tutkittu alueen uudisrakentamista.
- Energiatarkastelu rajattiin koskemaan asemakaava-aluetta seuraavien korttelien osalta: Keskuskortteli (metrokeskuksen liike- ja asuinrakennukset), Suurkortteli (asuinrakennuksia) ja Merivirta 3 & 5 -rakennusten muodostama kortteli. Asemakaava-alueeseen kuuluva läntinen kortteli rajattiin tässä vaiheessa tarkastelun ulkopuolelle suunnitelmien keskeneräisyydestä johtuen. Selvityksessä tutkittiin seuraavia osa-alueita:
 - Maaenergiajärjestelmä porakaivoin lämmitykseen ja jäähdytykseen
 - Aurinkopaneelien hyödyntäminen rakennusten katoille huomioiden ympäristön ja ympäröivien rakennusten varjostukset
 - Kesäajan sisälämpötilan hallintaratkaisut siten, että asuinhuoneistot eivät lämpene haitallisesti kesäaikaan
 - Korkeiden tornitalojen talotekniset tilavaraukset pääpiirteittäin, jotta voidaan varmistua talotekniikan toteutettavuudesta rakennuksiin ja saada selville mahdolliset rajoitteet taloteknisille toteutusratkaisuille.



1.2 Tutkittava alue



Tutkittava energiatarkastelun alue Kivenlahden metrokeskuksen asemakaava-alueesta on rajattu kuvaan punaisella. Korkeimmat alueen taloista (12–22 –kerroksiset asuintalot) on korostettu punaisella värillä.

2. Alueen energiantarve

2.1 Laskennan perusteet ja lähtötiedot

2.2 Alueen vuosittainen energiantarve ja mitoitusarvio

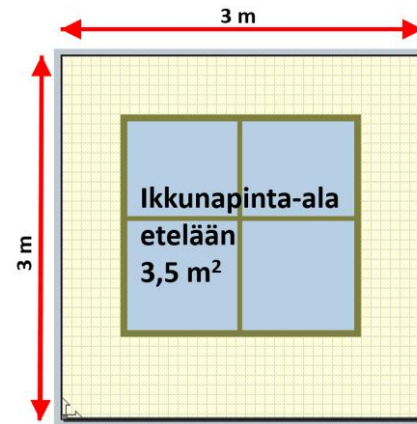


2.1 Laskennan perusteet ja lähtötiedot

- Selvityksen tarkoituksena on havainnollistaa alueen vuosittaista ostoenergiantarvetta sekä esittää arviot mitoitusvahvistustarpeista.
- Asuinrakennusten kerrokset on mallinnettu 3 metrin korkuisina.
- Rakennusten toisiaan varjostavat vaikutukset sekä lähiympäristöstä tulevat varjostukset on huomioitu simuloinnissa.
- Laskennassa on käytetty Helsinki-Vantaan 2012 testisäädataa (TRY2012).
- Laskentaohjelma: IDA-ICE 4.7.1



- Alueen rakennukset on mallinnettu käyttämällä tällä hetkellä voimassa olevien rakentamismääräysten mukaisia ulkovaipparakenteita ja taloteknisiä järjestelmiä.
- Lämpimän käyttöveden kulutus, sisäiset lämpökuormat, valaistus ja sähkölaitteet sekä ilmanvaihtojärjestelmät asetusarvoineen on otettu huomioon rakennusten todellisen arvioidun käytön mukaisesti.
- Lämmöntuotanto: Kaukolämpö
- Kylmäntuotanto: Kaukojäähdytys
- Ikkuna-aukotuksen osuus julkisivupinta-alasta:
 - Pohjoinen: 28 %
 - Itä: 33 %
 - Etelä: 39 %
 - Länsi: 33 %
- Lisätietoa laskennasta on esitetty tämän selvityksen liitteissä (Liite 6.1).



2.2 Alueen vuosittainen energiantarve ja mitoituslaskelma

- Alueen lämmitysenergian tarve yhteensä: noin **7 700 MWh/a**
 - Simulointien perusteella alueen mitoituslämmitysteho on noin 5,5 MW.
 - Simulointien perusteella alueen mitoituslämmitysteho ilmanvaihdon ja tilalämmityksen osalta on noin 5,0 MW.
- Alueen jäähdytysenergian tarve yhteensä: noin **500 MWh/a**
 - Simulointien perusteella alueen maksimiteho jäähdytyksen osalta on noin 2,5 MW.
- Alueen sähköenergian tarve yhteensä: noin **7 000 MWh/a**
 - Simulointien perusteella alueen maksimiteho sähkönkulutuksen osalta on noin 2,4 MW.



3. Tekniset ratkaisut ja näkökulmat

- 3.1 Kaukolämpö
- 3.2 Kalliolämpö ja -jäähdytys
- 3.3 Aurinkoenergia
- 3.4 Hukkalämpö ja energian kierrätys
- 3.5 Kesäaikaisen sisälämpötilan hallinta
- 3.6 Vyöhykejako ja tekniset tilavaraukset
- 3.7 Koneellinen jäähdytys



3.1 Kaukolämpö



Kaukolämpö

- Alue on mahdollista liittää kokonaisuudessaan Fortumin kaukolämpöverkkoon.
- Alueella voidaan käyttää myös hybridijärjestelmää, jossa kaukolämpö toimii esimerkiksi maaenergian rinnakkaisjärjestelmänä.
 - Fortum soveltaa hybridienergiajärjestelmiin ns. "Lisälämpö" -hinnoittelua, joka vaikuttaa järjestelmän mitoitukseen ja kustannustehokkuuteen.
 - Kaukolämmön energiamaksu (€/MWh) nousee tällöin merkittävästi, jos kaukolämpöä käytetään vain lisälämmityksenä kovilla pakkasilla.
 - Hybridijärjestelmän mitoitusta tulisi tarkastella kiinteistökohtaisesti.



3.2 Kalliolämpö ja -jäähdytys



Kalliolämpö ja –jäähdytys sekä laskennan perusteet

- Kalliolämpö tarkoittaa perinteistä maalämpöratkaisua, jonka avulla lämpöä otetaan energia-/porakaivoista.
- Rakennusten jäähdytysjärjestelmä on mahdollista toteuttaa myös kalliojäähdytyksellä.
 - Ratkaisu toimii perinteisen maalämpöjärjestelmän yhteydessä.
 - Talviaikaan järjestelmällä lämmitetään ja kesäaikaan jäähdytetään hyödyntämällä energiakaivoja.
- Laskennassa porakaivot on oletettu porattavaksi kohtisuoraan.
 - Tarkempi mitoitus lämpökaivokentän suhteen tulee tehdä kiinteistökohtaisesti, kun alueen suunnittelu etenee.
- Laskennassa oletuksena on, että porakaivoja voidaan sijoittaa myös kiinteistöjen alle.
- Kaivojen syvyys on tarkastelussa 400 metriä.
- Porakaivojen kustannusarvio (alv 0 %): 26 €/kaivo-m



- Porakaivoista saatava energia lämmityskäytössä asuinkerrostalojen tapauksessa: noin 90-120 kWh/kaivometri riippuen alueesta.
 - Mikäli porakaivoja porataan tiheästi, saattaa niiden tuotto heikentyä.
- Selvityksessä käytetty arvio tuotosta **lämmityskäytössä** on noin 100 kWh/kaivometri.
- Jäähdytyskäytössä porakaivoilla saadaan tuotettua kaikki asuinkerrostalojen vaatima jäähdytysenergian tarve, mikäli tämä otetaan mitoituksen lähtökohdaksi. Esimerkiksi tilanteessa, jossa pelkkä vapaajäähdytys ei riitä, voidaan jäähdytystä jatkaa koneellisesti maalämpöpumpuilla ja lauhduttaa syntyvä lämpöenergia takaisin porakaivokenttään.
- Liikerakennuksen osalta porakaivokentän toiminta lämmitys- ja erityisesti jäähdytyskäytössä tulee tarkastella erikseen.
 - Liikerakennuksen todellinen jäähdytystarve tarkentuu suunnittelun edetessä.



Keskuskortteli & Suurkortteli

Esitetyt etäisyydet ovat
ympyröiden säteitä.

- 10 m
- 7,5 m
- 3 m

Reunaehdoja porakaivojen sijoittamiselle alueella	Etäisyys [m]
Porakaivojen keskinäinen etäisyys	15
Etäisyys rakennuksesta (kun porataan rakennuksen ulkopuolelle)	3
Etäisyys metrotunnelista ja huoltotunneleista	10

Merivirta 3 & 5



Esitetyt etäisyydet ovat
ympyröiden säteitä.

- 7,5 m
- 3,0 m

Reunaehdoja porakaivojen sijoittamiselle alueella	Etäisyys [m]
Porakaivojen keskinäinen etäisyys	15
Etäisyys rakennuksesta (kun porataan rakennuksen ulkopuolelle)	3
Etäisyys tiestä	10

Maaenergiajärjestelmien alueellinen mitoitus –Keskus- ja Suurkortteli

Porakaivojen (maksimi)lukumäärä	86
Porakaivojen kustannusarvio [€]	~895 000
Kaivoista saatava energia [MWh/a]	~3 800
Energiantuotto lämpöpumpun kanssa [MWh/a], lämpöpumpun vuosihyötysuhde (SPF) ~3,5	~5 400
Osuus kokonaislämmitysenergiasta [%]	~65...75
Osuus jäähdytysenergiasta, asuinkerrostalot [%]	~100
Osuus jäähdytysenergiasta, liikerakennus [%]	Tarkentuu suunnittelun edetessä

- Alueen tarvitsema alustava lämmitysenergia on ~7 700 MWh/a, josta porakaivoilla voidaan tuottaa 65-75 %.
- Alueen tarvitsema alustava jäähdytysenergia on ~500 MWh/a, josta porakaivoilla voidaan tarvittaessa tuottaa kaikki asuinkerrostalojen jäähdytystarpeesta (~220 MWh/a).



Maaenergiajärjestelmien mitoitus

- Merivirta 3 & 5

Porakaivojen (maksimi)lukumäärä	15
Porakaivojen kustannusarvio [€]	~155 000
Kaivoista saatava energia [MWh/a]	~600
Energiantuotto lämpöpumpun kanssa [MWh/a], lämpöpumpun vuosihyötysuhde (SPF) ~3,5	~850

- Merivirta 3 & 5 -korttelin tarvitsemasta lämmitysenergian tarpeesta voidaan tuottaa arviolta 65-85 % kalliolämmöllä.
- Merivirta 3 & 5 -korttelin tarvitsema jäähdytysenergian tarve voidaan mitoitukselta riippuen kattaa kokonaan porakaivoista saatavalla kylmällä.
- Myös olemassa olevan pysäköintitalon alle voidaan tarvittaessa sijoittaa porakaivoja.



Johtopäätökset

- Selvityksen mukaan maaenergiaa voidaan hyödyntää huomattavassa mittakaavassa tarkastelualueella. Tästä syystä maanenergiajärjestelmien edellytykset tulisi huomioida kaavassa.
 - Keskeisimpänä sallivana tekijänä on lupa sijoittaa porakaivoja koko esitetylle alueelle ottaen kuitenkin huomioon metron maanalaisten tilojen aiheuttamat rajoitukset.
 - Lisäksi voitaisiin sallia vinoporaus ainakin tutkittavan alueen reuna-alueilla. Tämä mahdollistaa lämpökaivojen lukumäärän kasvattamisen ja entistä suuremman paikallisen uusiutuvan energian tuotannon alueella.
 - Yksi varteenotettava vaihtoehto voi lisäksi olla keskitetty aluekohtainen maalämpöratkaisu, missä useaa rakennusta palveleva järjestelmä asennetaan keskitetysti esimerkiksi piha-alueelle rakennettavaan tekniseen tilaan. Tällöin maalämpöjärjestelmän palveleminen rakennuksiin viedään ainoastaan lämpöjohtosyötöt.
 - On myös huomioitava, että teknisten tilojen tilavaraukset kasvavat, mikäli valitaan maalämpöjärjestelmä, jonka rinnakkaisjärjestelmänä on kaukolämpö (ns. hybridijärjestelmä).
- Teknisten tilojen **tilantarve maaenergiajärjestelmälle** on noin 20...30 m² asuinkerrostaloa kohden (vertailuna kaukolämpö noin 7...15 m²) ja noin 25...45 m² liikerakennuksessa riippuen valittavasta ratkaisukokonaisuudesta ja sen laajuudesta (lämmitys/jäähdytys ja mitoitus).
 - Teknisten tilojen mitoitus saadaan hallittua kiinteistökohtaisella arkkitehtisuunnittelulla suunnittelun edetessä, joten edellä mainitut reunaehdot huomioiden osa-alue ei aiheuta toimenpiteitä kaavoitusta ajatellen.
- Porakaivokentän ja koko maalämpöjärjestelmän kustannusoptimaalista mitoitusta ja toteutusperiaatetta suositellaan tarkasteltavaksi rakennuskohtaisella tasolla myöhemmässä suunnitteluvaiheessa.



3.3 Aurinkoenergia



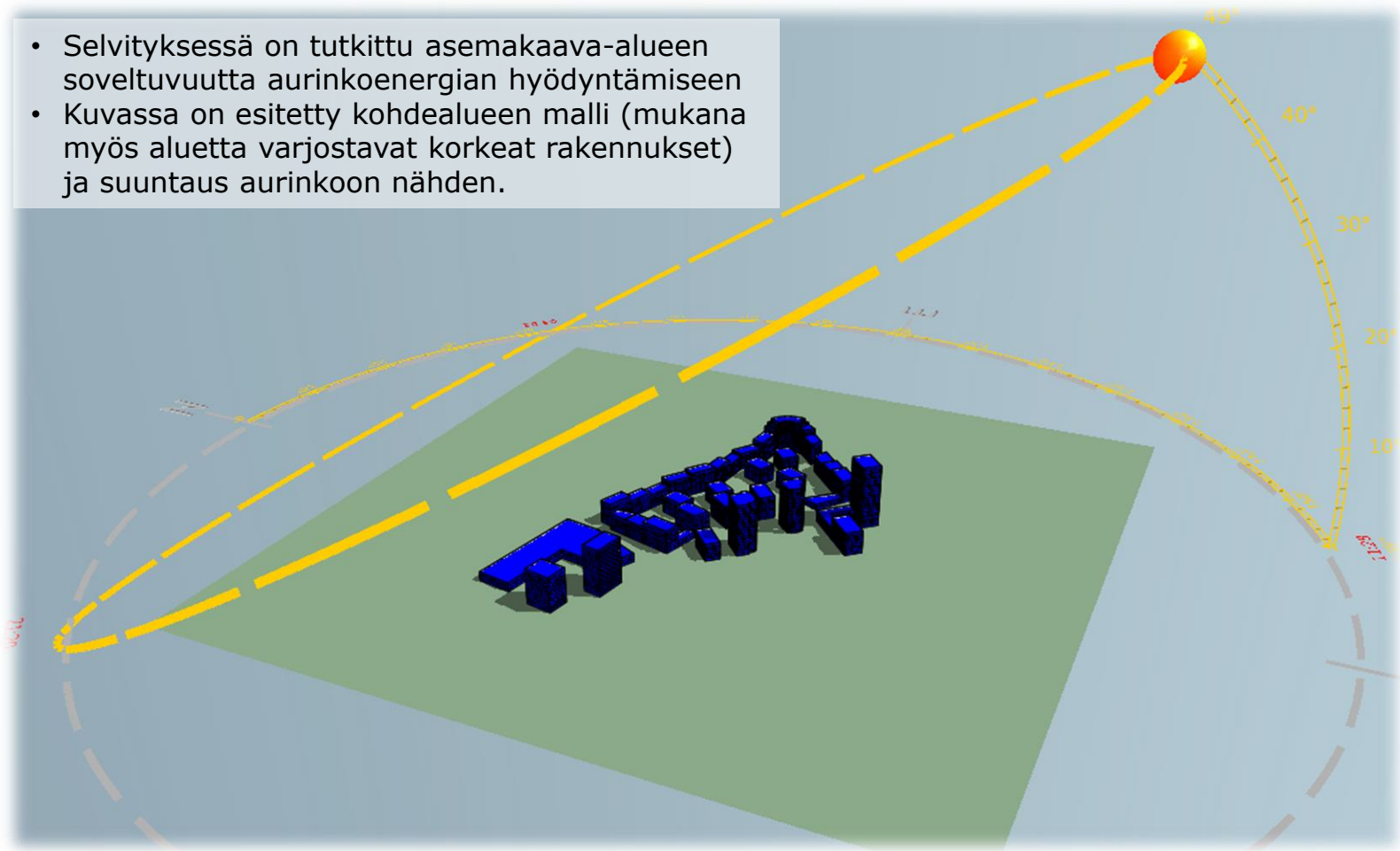
Aurinkoenergiajärjestelmien laskennan perusteet

- Aurinkoenergian hyödyntämisen osalta keskityttiin erityisesti aurinkosähköjärjestelmään, sillä se on tyypillisesti aurinkolämpöjärjestelmää kustannustehokkaampi vaihtoehto.
- Aurinkosähköratkaisuissa paneelipinnoille saapuva säteilyenergia muunnetaan sähköksi ja hyödynnetään rakennusten kiinteistösähkönkulutuksessa.
 - Nykyisillä sähkön hankinnan käytännöillä aurinkosähköllä voidaan tyypillisesti korvata ostoenergiaa vain kiinteistösähkön osalta, joten järjestelmillä tuotettua sähköä ei voida hyödyntää asuinkerrostalojen huoneistojen sähkönkulutuksessa.
- Selvityksen lähtötietoina on käytetty joulukuussa 2016 saatuja suunnittelutietoja (Arkkitehtitoimisto HKP Oy, 12.12.2016).
- Selvityksen tarkoituksena on havainnollistaa auringonsäteilyn intensiteettiä ja altistusaikaa rakennusten eri pinnoille, muun muassa kattopinnoille.
 - Tuloksissa esitetty altistusprosentti kuvaa sitä suhteellista osuutta, paljonko kyseiselle pinnalle osuu auringonsäteilyä suhteessa suurimpaan mahdolliseen säteilymäärään.
- Rakennusten kerrokset on mallinnettu 3 metrin korkuisina.
- Rakennusten toisiaan varjostavat vaikutukset sekä lähiympäristöstä tulevat varjostukset on huomioitu simuloinnissa.
- Laskennassa on käytetty Helsinki-Vantaan 2012 testisäädataa (TRY2012).
- Laskentaohjelma: IES VE

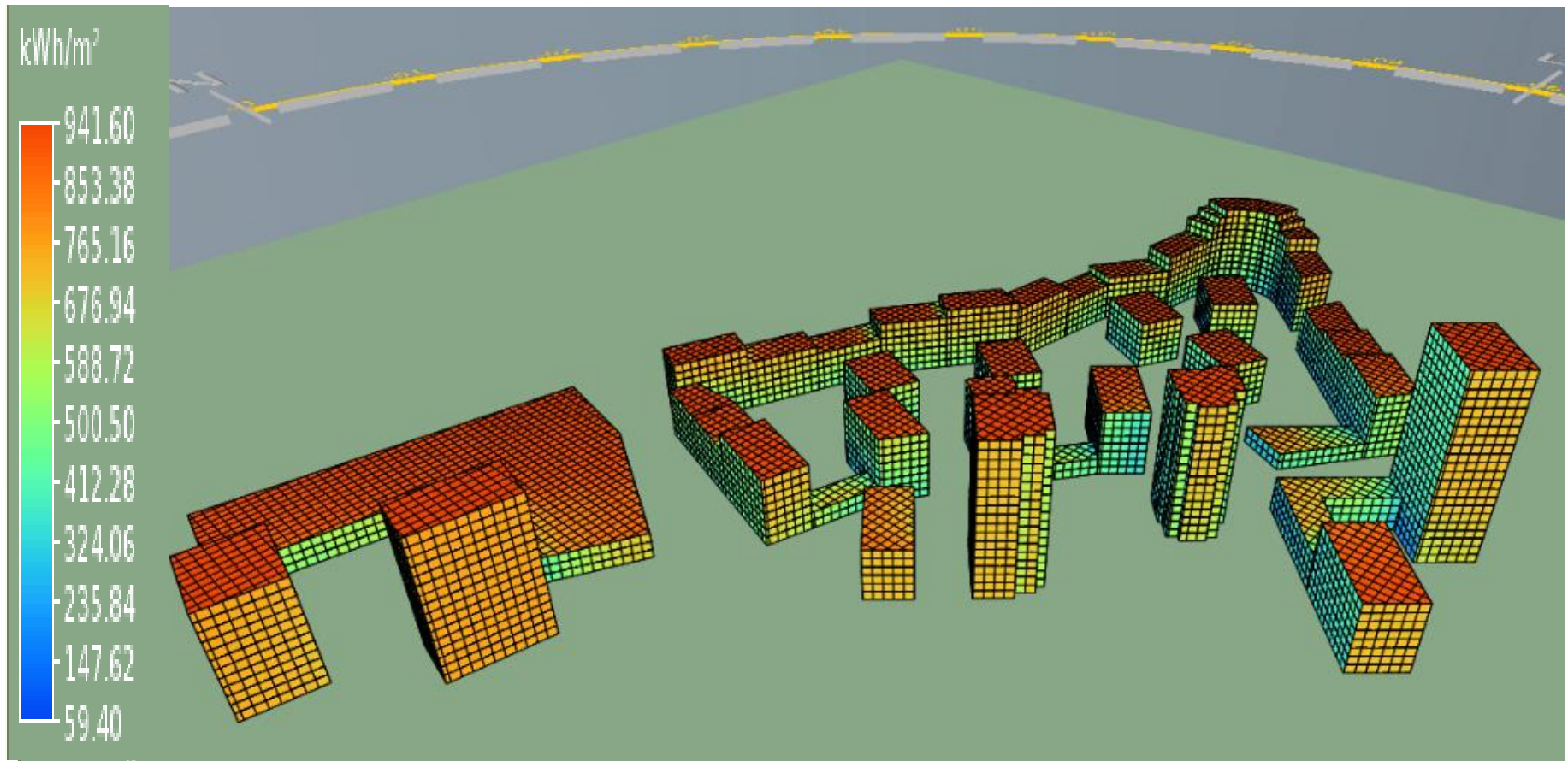


Tutkittava alue aurinkoenergian hyödyntämiseen

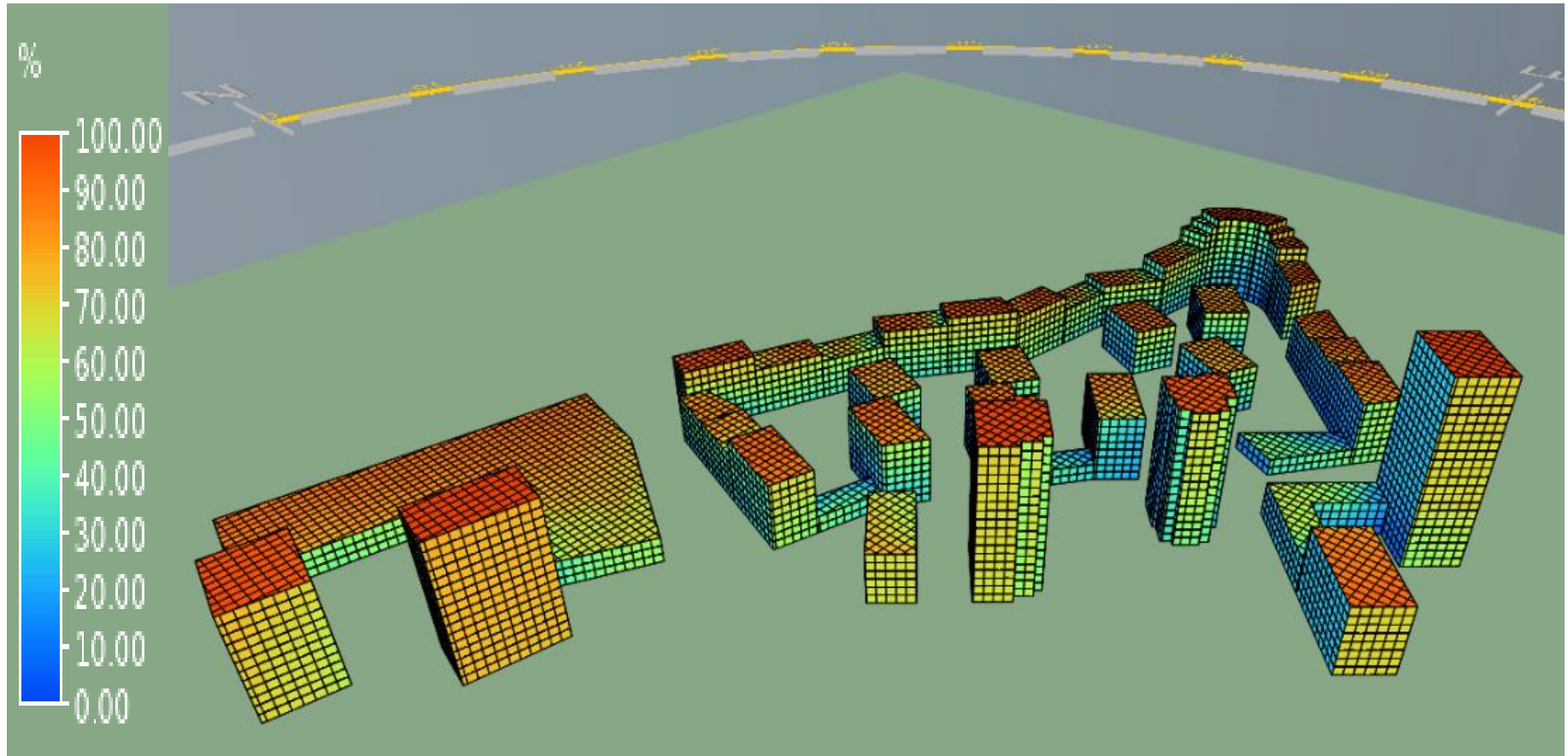
- Selvityksessä on tutkittu asemakaava-alueen soveltuvuutta aurinkoenergian hyödyntämiseen
- Kuvassa on esitetty kohdealueen malli (mukana myös aluetta varjostavat korkeat rakennukset) ja suuntaus aurinkoon nähden.



Auringon vuotuinen säteilyenergia eri pinnoille

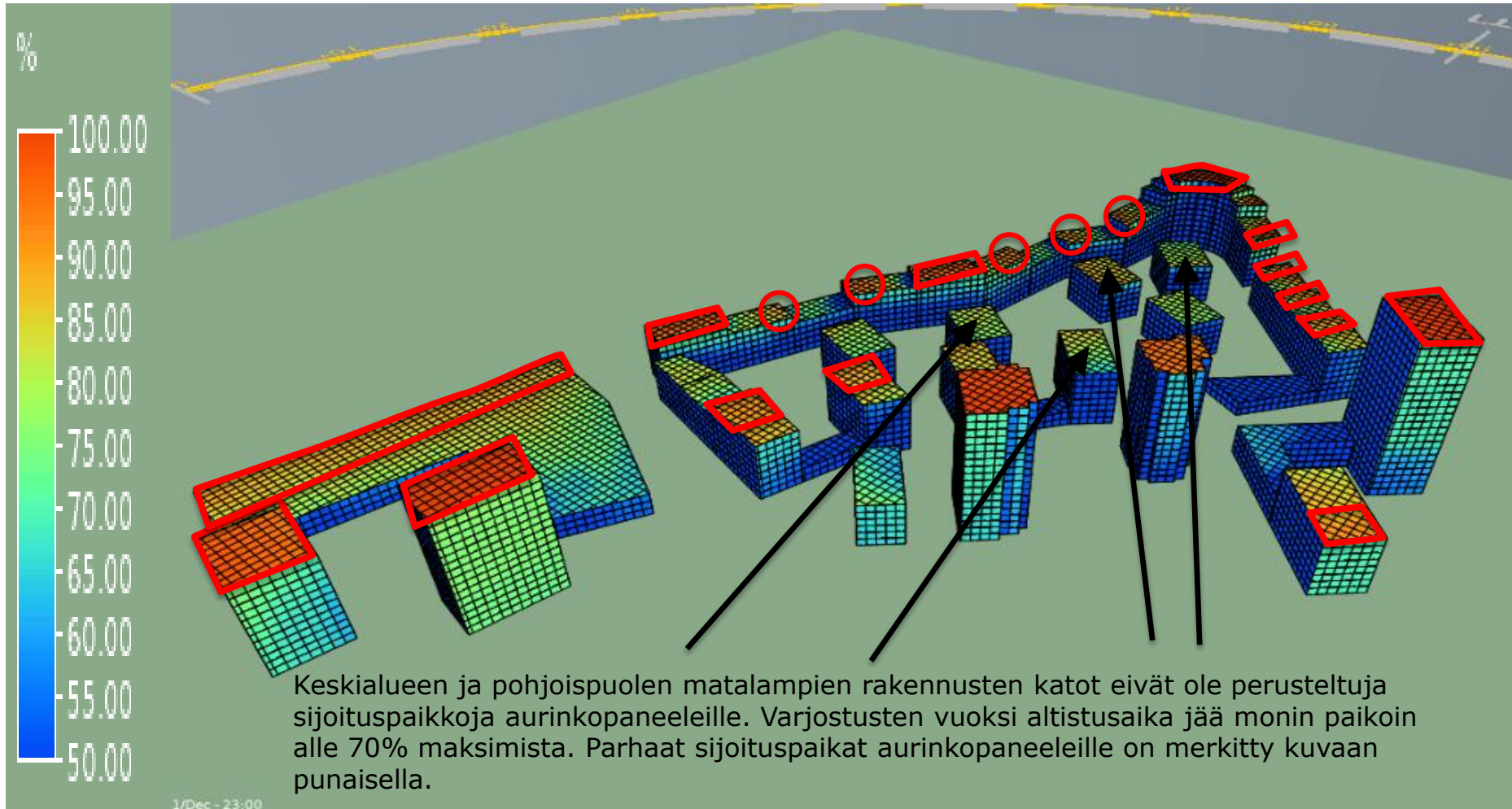


Auringonsäteilyn vuotuinen altistusaika eri pinnoille



Mitä korkeampi prosenttiosuus on, sitä parempi potentiaali pinnalla on aurinkopaneeleiden asennukselle.

Suosittelavat sijoituspinnat aurinkopaneeleille mm. kaavoitusta ja arkkitehtisuunnittelua varten



Aurinkosähköjärjestelmän mitoitus

Investointikustannus (alv. 0 %)	1,25 €/W _p (n. 200 €/paneeli-m ²)
Paneeleilla saatava todellinen tuotto	130-145 kWh/(m ² ,a)
Saatava tuotto 20-30 m ² paneelijärjestelmällä	2 600-4 400 kWh/a
Investointikustannukset 20-30 m ² aurinkopaneeleille (asennettuna)	4 000 – 6 000 € (alv. 0 %)

- Asuinrakennusten osalta aurinkopaneeleita on suositeltavaa sijoittaa noin 20-30 m² / rakennus, jotta paneeleilla saatava sähkö voidaan kokonaisuudessaan hyödyntää rakennuksen kiinteistösähköön.
 - Tällöin järjestelmän kokoluokka on noin 3-5 kW / rakennus.
- Liikerakennuksen osalta vastaavaa suositusta ei ole, vaan paneeleita voidaan haluttaessa sijoittaa useita satoja neliöitä. Rakennuksen sähkönkulutuksen ja aurinkosähkön tuoton yhteensovittaminen (tuoton ja kulutuksen suhde) ei muodostu ongelmaksi rakennuksen suuresta sähkökäyttökapasiteetista johtuen.



Aurinkojärjestelmiä koskevat johtopäätökset

- Suositeltavia sijoituspaikkoja aurinkopaneeleille ovat sellaiset pinnat/tasot, joissa auringonsäteilyn altistusosuus on yli 70 %.
- Simulointien perusteella lähes kaikkien rakennusten katot soveltuvat aurinkopaneelien asennukseen.
- Kattoasennus on suositeltavin asennustapa tutkitulla alueella kustannustehokkuuden näkökulmasta.
- Rakennusten kattomateriaalien väri on suositeltavaa valita valkoiseksi, mikäli päädytään asentamaan aurinkosähköpaneeleita ja lisäksi halutaan maksimoida paneelien sähköntuotto.
 - Valkoinen pinta madaltaa paneelien toimintalämpötilaa ja parantaa näin niiden hyötysuhdetta.
- Etelään suunnattujen rakennusten eteläjulkisivut soveltuisivat tarvittaessa myös aurinkopaneelien asennukseen, sillä säteilyn altistuminen näillä pinnoilla on riittävä.
 - Kohtisuoriin julkisivuihin asennettavat aurinkosähköpaneelit eivät kuitenkaan ole yhtä kustannustehokas ratkaisu kattoasennukseen verrattuna, ja rakennuskohtainen mitoitus on järkevä pitää sellaisena, että kaikki tuotettu sähköenergia voidaan hyödyntää korvaamalla kiinteistösähköä.



3.4 Hukkalämpö ja energiankierrätys



Hukkalämpö ja energiankierrätys

- Hukkalämmön ja energiankierrätyksen hyödyntäminen on mahdollista toteuttaa tutkitulla alueella.
- Keskuskorttelin liikerakennuksesta saatavaa hukkalämpöä olisi mahdollista jakaa muille rakennuksille. Tämä edellyttää kuitenkin rakennuksia yhdistävän energiaverkon rakentamista.
 - Yhteisen energiaverkon rakentamisen etuna on sen tuomat energianhankinnan kustannussäästöt. Lisäksi laajempi järjestelmä avaa mahdollisuuden hallita huipputehoja ja pienentää ulkopuolelta ostettavan energian määrää siirtämällä ylijäämälämpöä sinne, missä sitä kullakin ajanhetkellä tarvitaan.
 - Kiinteistökohtainen järjestelmä on kuitenkin yhteistä energiaverkkoa joustavampi ratkaisu, sillä alueellinen ratkaisu edellyttää osapuolten sitouttamista, hinnoittelukäytännöistä sopimista, tarkkaa mitoittamista sekä roolien ja vastuiden huolellista selvittämistä.



3.5 Kesäaikaisen sisälämpötilan hallinta



Sisälämpötilan hallintaan liittyvät tarkastelut

- Selvityksessä tutkittiin ennalta sovittujen rakennusten sisälämpötilaan liittyviä tekijöitä.
- Tarkastellut rakennukset olivat 16-kerroksinen asuinrakennus, Merivirta 3 -rakennus (22 kerrosta) ja Merivirta 5.
 - Näiden kohteiden osalta tutkittiin, millaisin keinoin sisälämpötila voidaan pitää kesäisin tavoitellulla tasolla ja mitä toteutus edellyttää kaavoituksessa.
- Laskentatapausten tarkemmat tulokset on esitetty raportin liitteessä (Liite 6.2).



16-kerroksinen tornitalo



Laskennan perusteet – 16-kerroksinen tornitalo

- Selvityksessä on tutkittu 16-kerroksisen rakennuksen osalta ratkaisuja, joissa käytetään keskitettyä ilmanvaihtoa jäähdytetyllä tuloilmaratkaisulla.
- Ylimmät välikerrokset osoittautuivat simulointien perusteella haastavimmiksi kerroksiksi lämpötilan hallinnan osalta kuin ylin kerros.
 - Tästä syystä 15. kerrosta on tutkittu tarkemmin tilakohtaisesti.
- Raportissa on esitetty lämpötilat kriittisimmän 15.kerroksen etelä-länsi –julkisivun tiloissa.
- MH (1hlö) tuloilmavirta: +8 l/s
- MH (2hlö) tuloilmavirta: +12 l/s
- Olohuone-keittiö-eteinen ilmavirta: +12 / -10 l/s
- Kuormat Rakennusmääräyskokoelman osan D3 (2012) mukaiset
- Simulointiohjelma: IDA-ICE 4.7.1



- Muita laskennan kannalta keskeisiä oletuksia:
 - Sälekaihtimet ovat kiinni (45 asteen kulmassa) kesäaikaan.
 - Ilman passiivista auringonsuojausta kesäajan sisälämpötilavaatimuksia ei simulointien perusteella täytetä.
 - Ulkopuolista auringonsuojausta ei ole.
 - Ulkovaipan rakenneratkaisut ovat Rakennusmääräyskokoelman osan D3 (2012) mukaiset.
 - Rakennuksen tiiveys on perustasoa (q_{50} -luku 1,5).
 - Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila on +18 °C (aktiivinen tuloilman jäähdytys).
 - Ikkunoiden pinta-alat on mallinnettu saatujen lähtötietojen mukaisesti (Arkkitehtitoimisto HKP Oy, 12/2016).
 - Ikkunoiden g-arvo = 55 %
 - Parvekelasien g-arvo = 65 %



Tutkitut laskentatapaukset

1. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit kiinni
 2. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit auki kesällä
 3. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit auki kesällä + auringonsuojakalvot
 4. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit auki vain eteläparvekkeilla + ikkunoiden g -arvo=0,35
- Simulointien perusteella sälekaihtimet tulee olla asennettuna ja niiden tulee lisäksi olla vähintään 30...45 asteen kulmassa kiinni aurinkoisimpina kesäpäivinä, jotta kesäajan yllämpenemisvaatimukset täytetään. Sälekaihtimien ei tarvitse olla täysin kiinni (90 asteen kulmassa).
 - Yllämpenemisen hallintaan vaikuttaa lisäksi etelä- ja länsijulkisivujen ikkuna-aukotus. Suurempi ikkuna-ala aiheuttaa lisähaasteita sisälämpötilan hallintaan.



Sisälämpötilan hallinnan kannalta kriittisimmät asuintilat



Kuvaan on merkitty punaisella sisälämpötilan hallinnan kannalta kriittisin olohuone ja sinisellä kriittisin makuuhuone.

Johtopäätökset

- Selvityksen mukaan tornitaloissa eteläjulkisivun asuinhuoneistojen yllämpeneminen voi muodostua haasteeksi suunnittelussa.
 - Lämpötilan hallinnan kannalta on erittäin tärkeää, että näiden asuinhuoneistojen parvekkeiden lasitukset ovat auki kesäaikaan.
 - Huomion arvoista on myös se, että erityisesti eteläjulkisivun ikkuna-aukotuksella voidaan myös vaikuttaa huoneistojen yllämpenemiseen pienentämällä ikkunapinta-alaa.
 - Tyypillisesti pienelläkin ikkunapinta-alan muutoksella on huomattava vaikutus huoneistojen lämpenemiseen.
- Selvityksen mukaan minimivaatimus sisälämpötilan hallinnan kannalta on aktiivinen tuloilman jäähdytys ja tehokas auringonsuojaus (vähintään sälekaihtimet ikkunavälissä) parvekelasien ollessa auki kesäaikaan (Tapaus 2).
- Käytettäessä aktiivista (=keskitettyä) tuloilman jäähdytystä sekä auringonsuojakalvoja tai parempia auringonsuojaikkunoita päästään erinomaiseen sisälämpötilan hallintaan (Tapaus 3).
- Melunhallinnan kannalta parvekelaseja voidaan kuitenkin joutua pitämään kiinni pohjoisjulkisivulla liikennemelun takia.
 - Simulointien perusteella parvekelasien pitäminen kiinni kesäaikaan ei kuitenkaan aiheuta ongelmaa pohjoispuolen asuinhuoneistojen sisälämpötilassa, mikäli rakennuksessa hyödynnetään aktiivista tuloilman jäähdytystä ja käytetään parempia auringonsuojaikkunoita (Tapaus 4).
 - Edellytyksenä on kuitenkin, että sälekaihtimia pidetään kiinni vähintään 45 asteen kulmassa.



Merivirta 3 & 5



Laskennan perusteet (Merivirta 3 & 5)

- Merivirta 3 osalta tutkitaan kerrosta 21. (haastavin kerros yllämpenemisen osalta).
- Merivirta 5 osalta tutkitaan kerrosta 7. (haastavin kerros yllämpenemisen osalta).
- Raportissa on esitetty lämpötilat kriittisimmissä tiloissa.
- MH (1hlö) tuloilmavirta: +8 l/s
- MH (2hlö) tuloilmavirta: +12 l/s
- Olohuone-keittiö-eteinen (3-4H+KT+S) ilmavirta: +13 / -17 l/s (Merivirta 3)
- Olohuone-keittiö-eteinen (3H+KT+S) ilmavirta: +12 / -10 l/s (Merivirta 5)
- Kuormat Rakennusmääräyskokoelman osan D3 (2012) mukaiset
- Simulointiohjelma: IDA-ICE 4.7.1



- Muita laskennan kannalta keskeisiä oletuksia:
 - Parvekelasitukset ovat auki kesäaikaan.
 - Sälekaihtimet ovat kiinni (45 asteen kulmassa) kesäaikaan.
 - Ilmanvaihdolle on olemassa huoneistokohtainen tehostusmahdollisuus.
 - Tapaukset, joissa IV-tehostus on mukana.
 - Ulkopuolista auringonsuojausta ei ole.
 - Ulkovaipan rakenneratkaisut ovat Rakennusmääräyskokoelman osan D3 (2012) mukaiset.
 - Rakennuksen tiiveys on perustasoa (q_{50} -luku 1,5).
 - Tuloilman sisäänpuhalluslämpötila on +18 °C.
 - Tapaus, jossa aktiivinen tuloilman jäähdytys on mukana.
 - Ikkunoiden pinta-alat on mallinnettu saatujen lähtötietojen mukaisesti (Arkkitehtitoimisto HKP Oy, 12/2016).
 - Ikkunoiden g-arvo = 55 %
 - Parvekelasien g-arvo = 65 %



22-kerroksinen tornitalo (Merivirta 3)

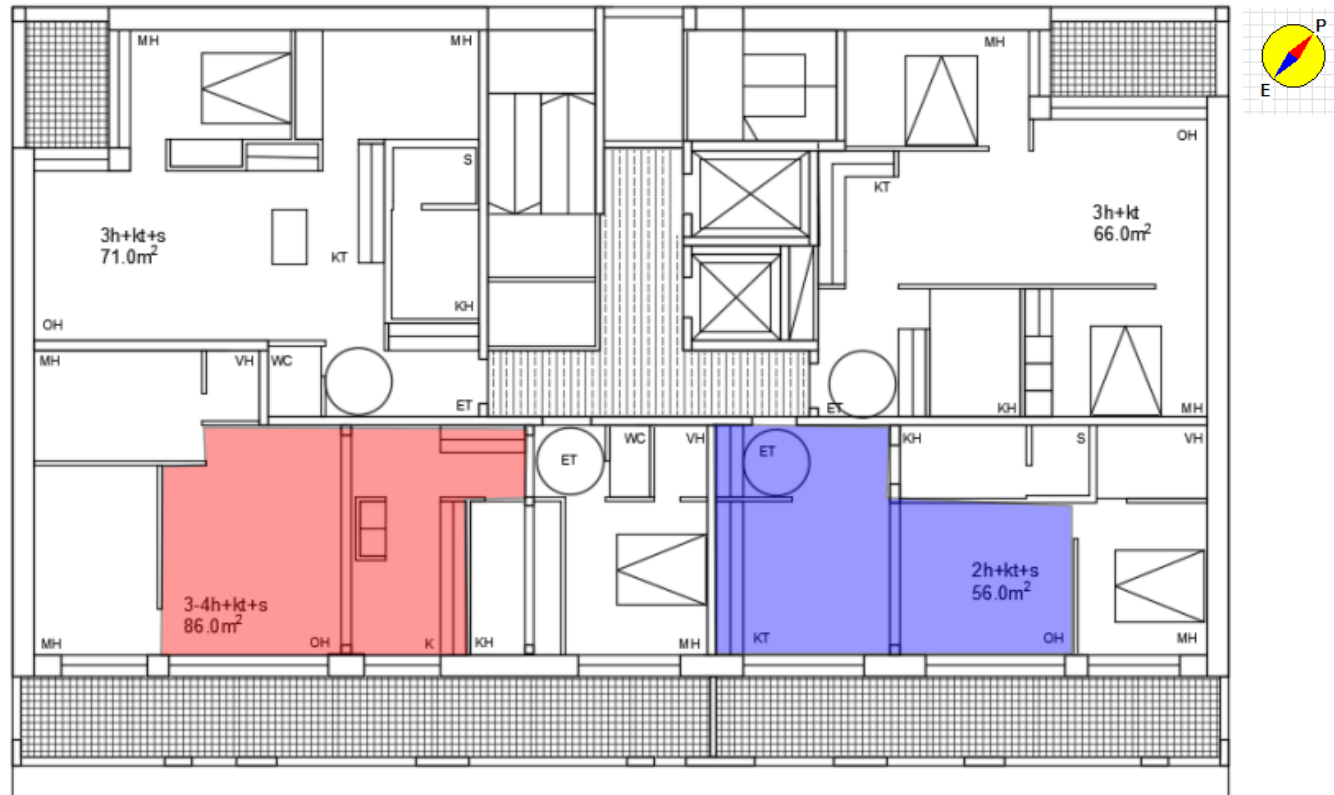


Tutkitut laskentatapaukset

1. Sälekaihtimet
 2. Sälekaihtimet + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)
 3. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon tehostus +30 %
 4. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon tehostus +30 % + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)
 5. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys
- Simulointien perusteella sälekaihtimet tulee olla asennettuna ja niiden tulee lisäksi olla vähintään 30...45 asteen kulmassa kiinni aurinkoisimpina kesäpäivinä, jotta kesäajan yllämpenemisvaatimukset täytetään. Sälekaihtimien ei tarvitse olla täysin kiinni (90 asteen kulmassa).
 - Yllämpenemisen hallintaan vaikuttaa lisäksi etelä-, länsi- ja itäjulkisivujen ikkuna-aukotus. Suurempi ikkuna-ala aiheuttaa lisähaasteita sisälämpötilan hallintaan.



Sisälämpötilan hallinnan kannalta kriittisimmät asuintilat



Kuvaan on merkitty sisälämpötilan hallinnan kannalta kriittisimmät tilat. Punaisella on merkitty 3-4 henkilön huoneiston (OH+K+ET) ja sinisellä 2 henkilön huoneiston (OH+KT+ET) kriittisimmät tilat.

Johtopäätökset

- Selvityksen mukaan kaakkojulkisivun asuinhuoneistojen yllämpeneminen voi muodostua haasteeksi suunnittelussa.
 - Lämpötilan hallinnan kannalta on erittäin tärkeää, että parvekkeiden lasitukset ovat auki kesäaikaan.
 - Huomion arvoista on myös se, että erityisesti ikkuna-aukotuksella voidaan myös vaikuttaa huoneistojen yllämpenemiseen.
 - Tyypillisesti pienelläkin ikkunapinta-alan muutoksella on jo huomattava vaikutus huoneistojen lämpenemiseen.
- Selvityksen mukaan minimivaatimus sisälämpötilan hallintaan on tehokas auringonsuojaus ja ilmanvaihdon tehostusmahdollisuus (Tapaus 3).
- Käytettäessä ilmanvaihdon tehostusmahdollisuuden lisäksi parempia auringonsuojaikkunoita (Tapaus 4) tai käytettäessä aktiivista (=keskitettyä) tuloilman jäähdytystä, päästään erinomaiseen sisälämpötilan hallintaan (Tapaus 5).



8-kerroksinen asuinkerrostalo (Merivirta 5)

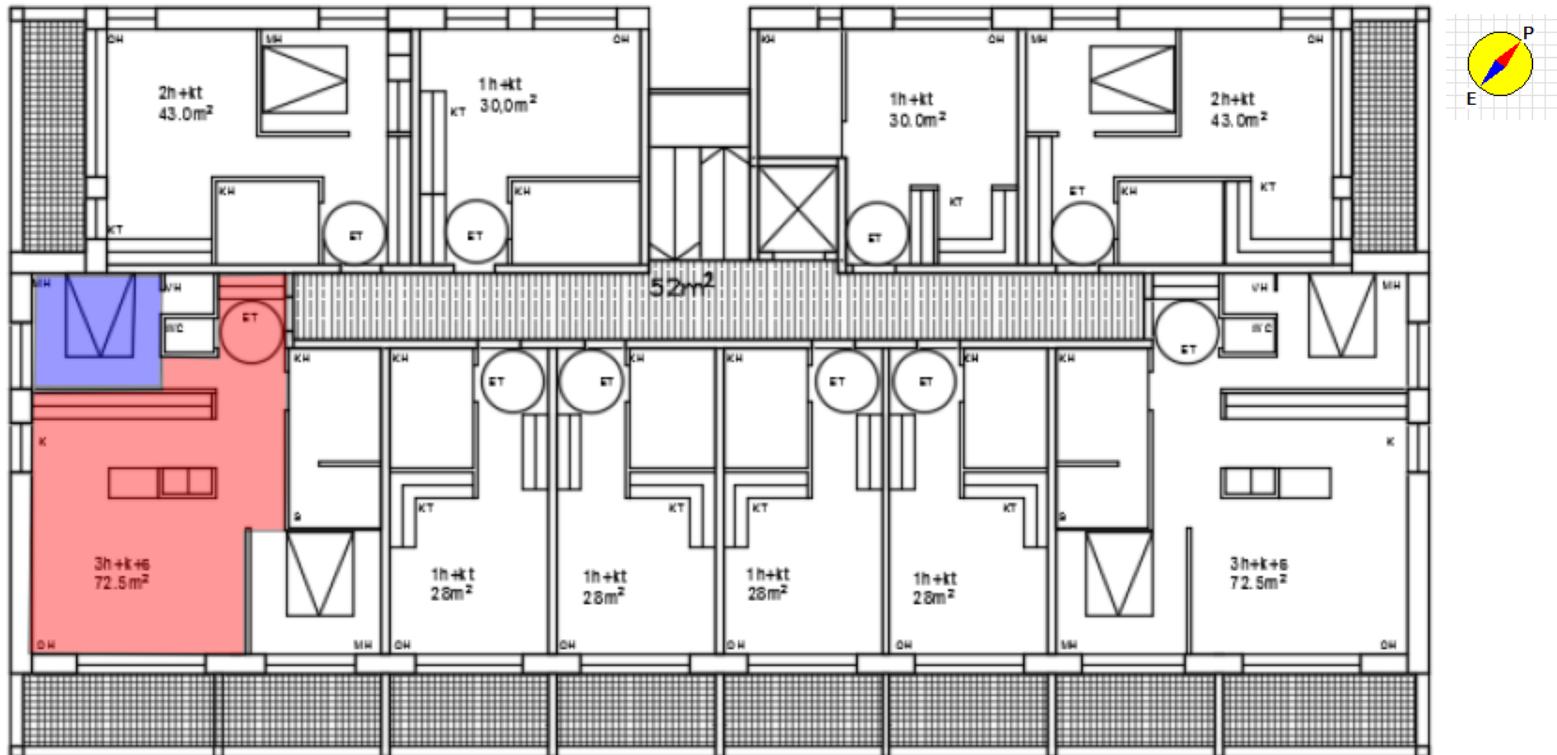


Tutkitut laskentatapaukset

1. Sälekaihtimet
 2. Sälekaihtimet + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)
 3. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon tehostus +30 %
 4. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon tehostus +30 % + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)
 5. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys
- Simulointien perusteella sälekaihtimet tulee olla asennettuna ja niiden tulee lisäksi olla vähintään 30...45 asteen kulmassa kiinni aurinkoisimpina kesäpäivinä, jotta kesäajan yllämpenemisvaatimukset täytetään. Sälekaihtimien ei tarvitse olla täysin kiinni (90 asteen kulmassa).
 - Yllämpenemisen hallintaan vaikuttaa lisäksi etelä-, länsi- ja itäjulkisivujen ikkuna-aukotus. Suurempi ikkuna-ala aiheuttaa lisähaasteita sisälämpötilan hallintaan.



Sisälämpötilan hallinnan kannalta kriittisimmät asuintilat



Kuvaan on merkitty punaisella sisälämpötilan hallinnan kannalta kriittisin olohuone ja sinisellä kriittisin makuuhuone.

Johtopäätökset

- Lounas-kaakko-julkisivujen asuinhuoneistojen yllämpeneminen voi muodostua haasteeksi suunnittelussa.
 - Lämpötilan hallinnan kannalta on erittäin tärkeää, että parvekkeiden lasitukset ovat auki kesäaikaan.
 - Huomion arvoista on myös se, että ikkuna-aukotuksella voidaan vaikuttaa huoneistojen yllämpenemiseen.
 - Tyypillisesti pienelläkin ikkunapinta-alan muutoksella on jo huomattava vaikutus huoneistojen lämpenemiseen.
- Selvityksen mukaan minimivaatimus sisälämpötilan hallintaan on huoneistokohtainen ilmanvaihdon tehostus (~30%) ja paremmat auringonsuojaikkunat (Tapaus 4).
- Aktiivisella (=keskitetyllä) tuloilman jäähdytyksellä päästään erinomaiseen sisälämpötilan hallintaan (Tapaus 5).



3.6 Vyöhykejako ja tekniset tilavaraukset



Tekniset tilavaraukset ja vyöhykejako

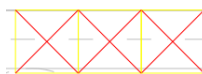
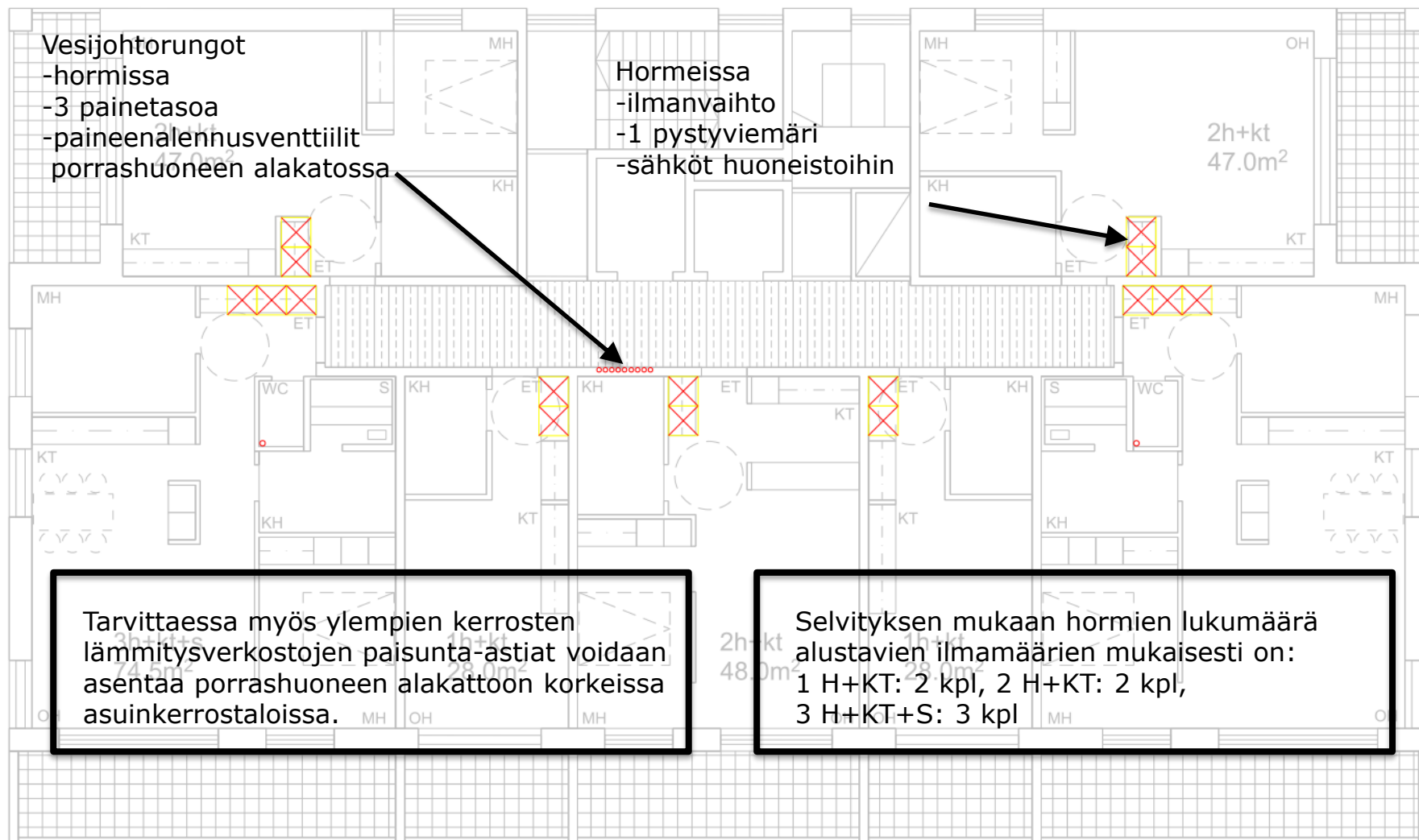
- Selvityksessä on tutkittu kriittisimpien 16- ja 22-kerroksisten tornitalojen sekä Meritorni 5 tilavaraustarpeita.
 - Matalampien rakennusten tilantarvevaatimukset ovat pienemmät.
- Tutkitaan, kuinka suuret ilmanvaihtokanavien ja LVI-putkistojen tilavaraukset tarvitaan ylimmän kerroksen asuntoihin, mikäli päädytään keskitettyyn ilmanvaihtojärjestelmään.
 - Hormikoko keskitetyssä järjestelmässä on 650x650 mm per hormi.
- Merivirran osalta tutkitaan lisäksi kuinka suuret tilavaraukset tarvitaan, mikäli päädytään huoneistokohtaiseen ilmanvaihtojärjestelmään.
 - Hormikoko huoneistokohtaisessa järjestelmässä on 400x400 mm per hormi.



16-kerroksinen tornitalo



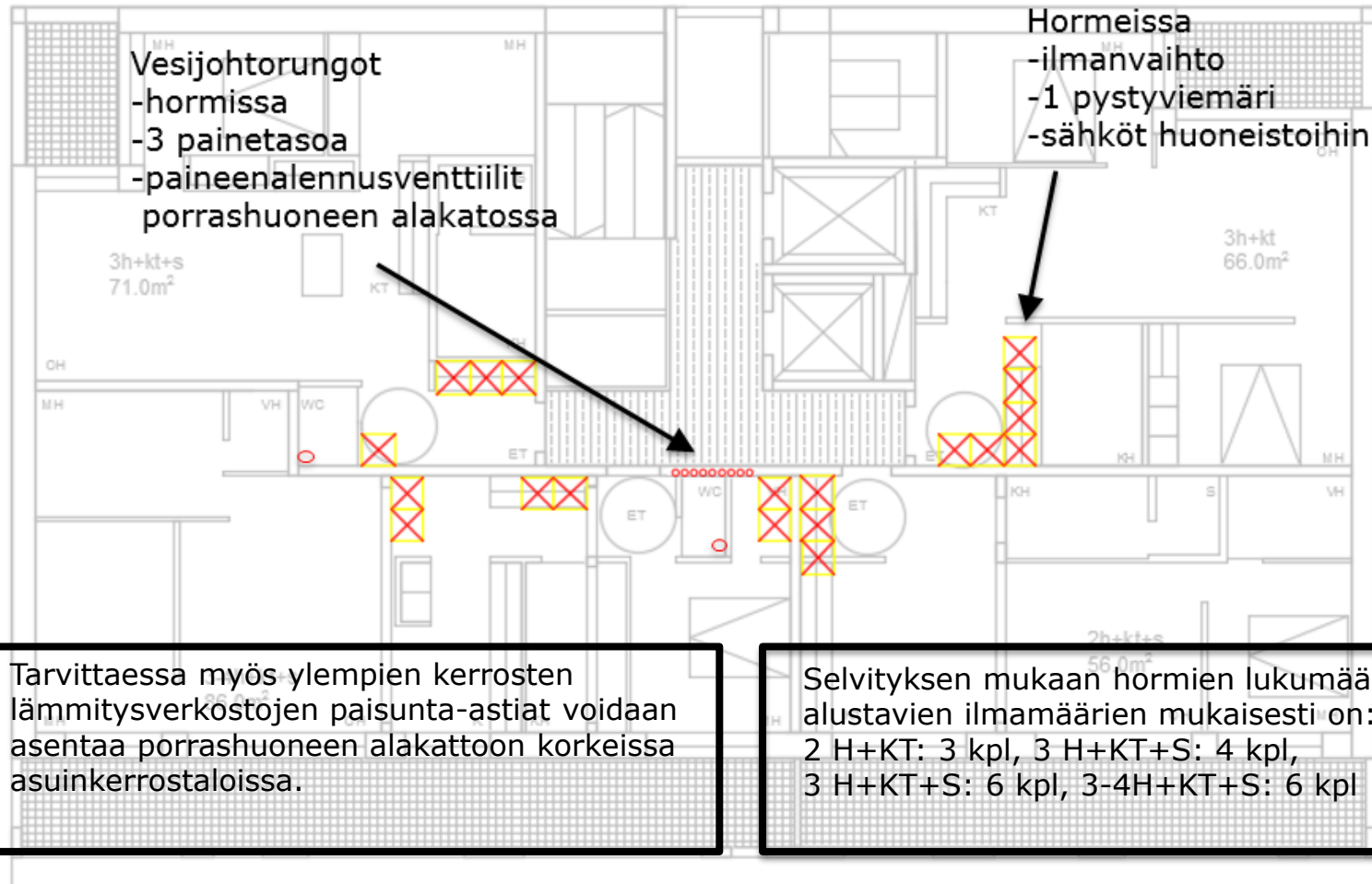
Esimerkki 16. kerrokseen vaadittavista teknisistä tilavarauksista (keskitetty ilmanvaihto)



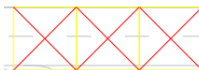
22-kerroksinen tornitalo (Merivirta 3)



Esimerkki 22. kerrokseen vaadittavista teknisistä tilavarauksista (keskitetty ilmanvaihto)



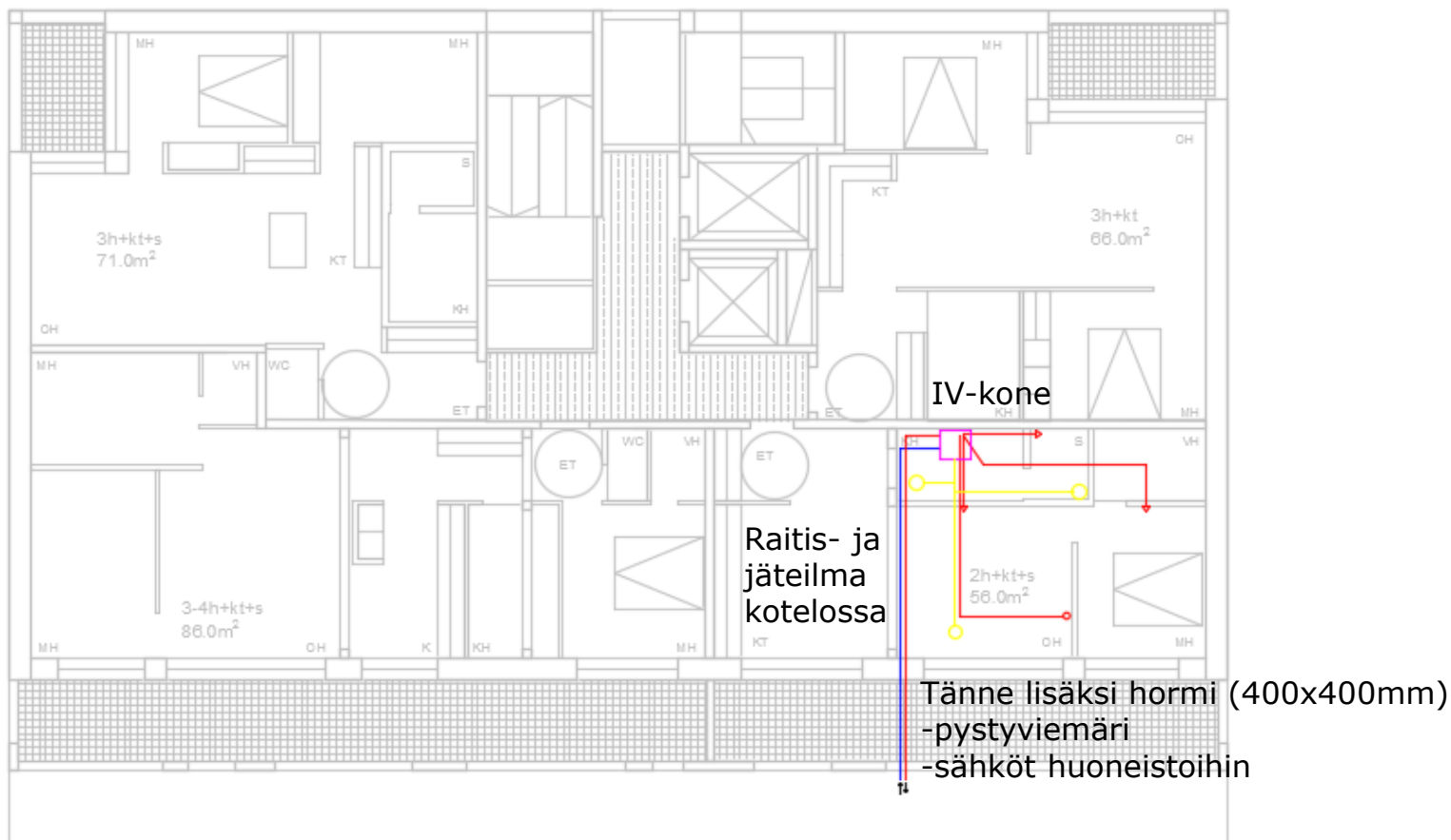
Hormin ala:
0,85 m²



Hormin ala: 1,3 m²



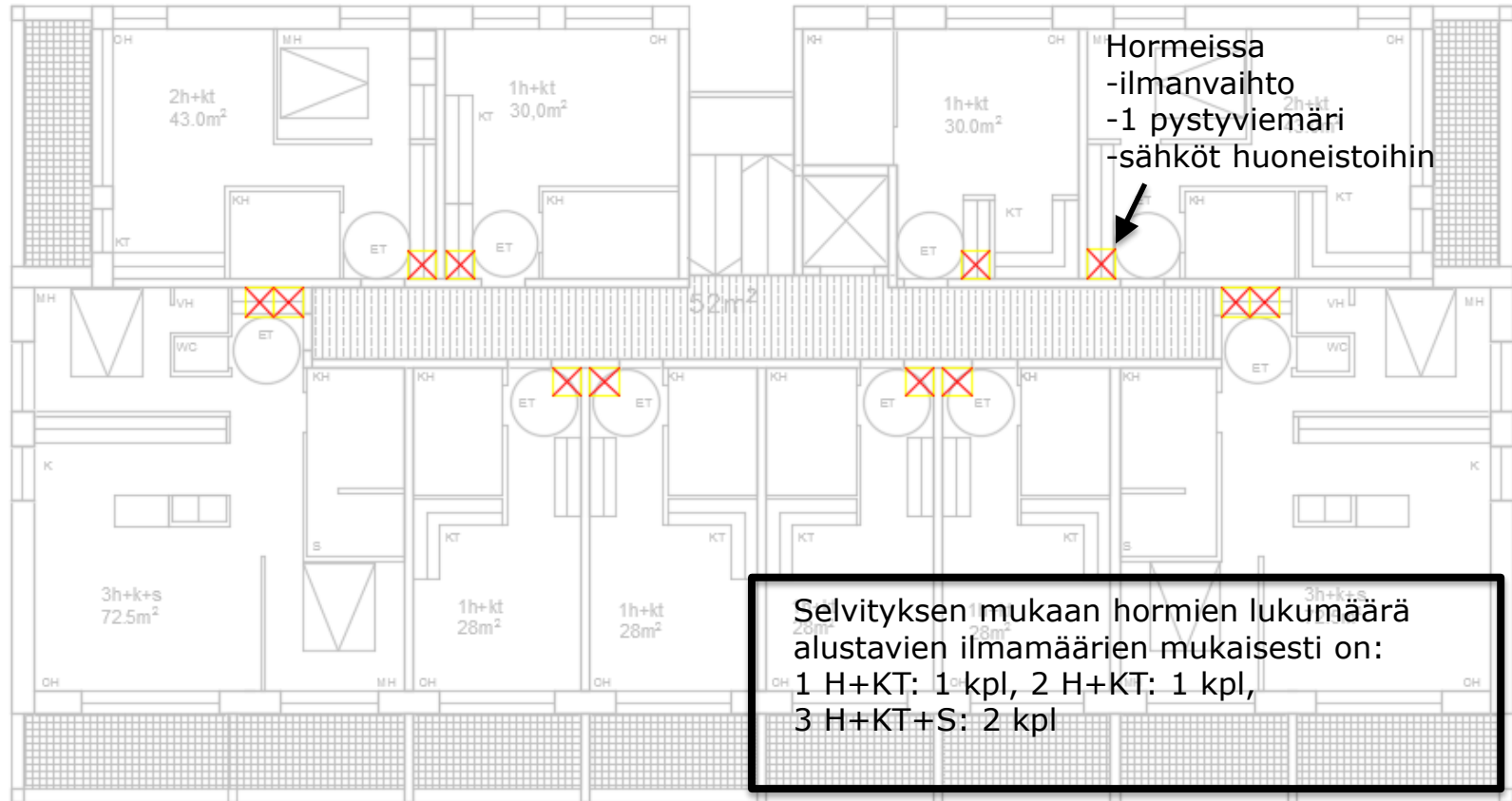
Esimerkki 22. kerrokseen vaadittavista teknisistä tilavarauksista (huoneistokohtainen ilmanvaihto)



8-kerroksinen asuinkerrostalo (Merivirta 5)



Esimerkki 8. kerrokseen vaadittavista teknisistä tilavarauksista (keskitetty ilmanvaihto)



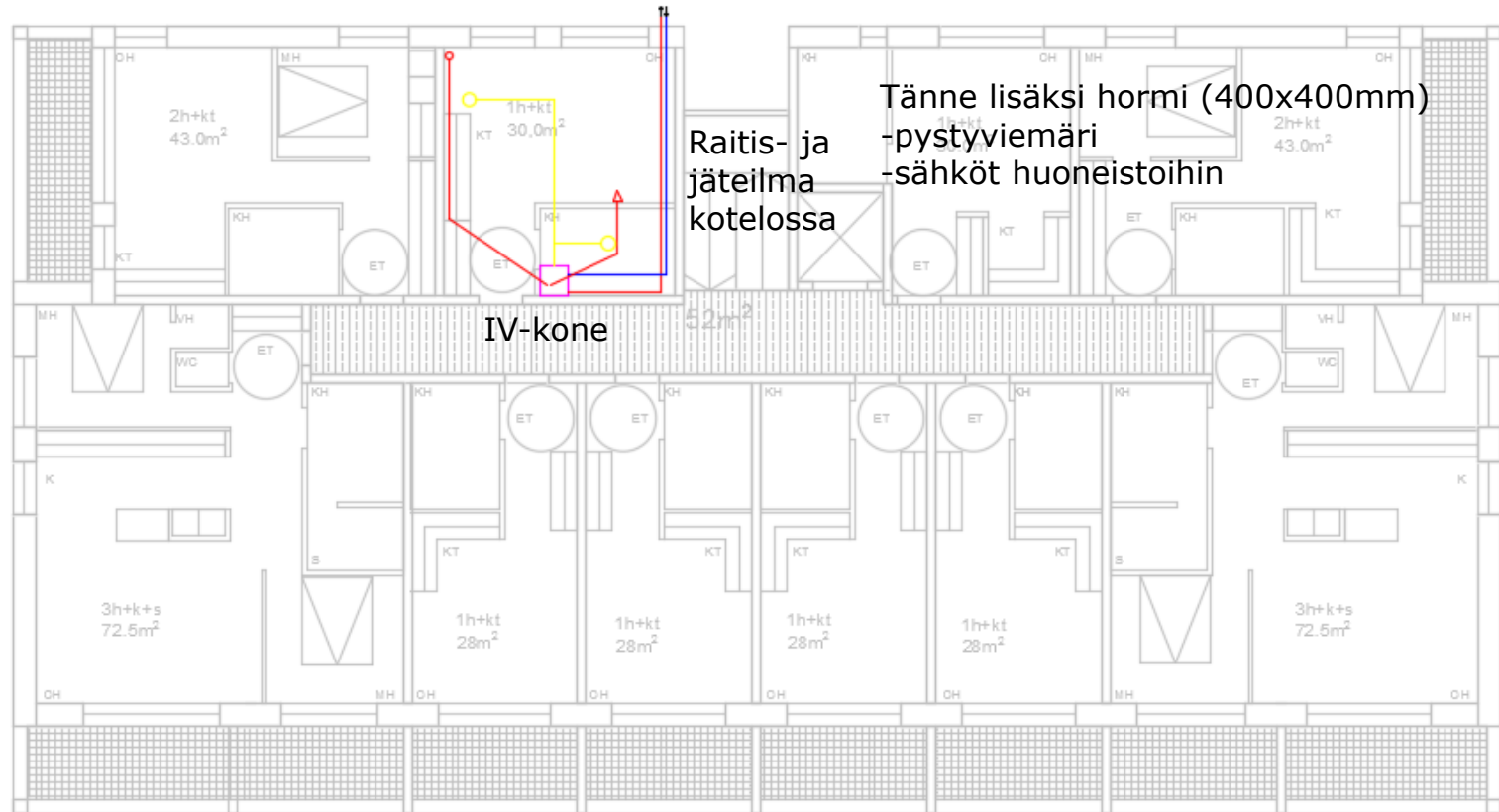
Hormin ala:
0,85 m²



Hormin ala:
0,42 m²



Esimerkki 8. kerrokseen vaadittavista teknisistä tilavarauksista (huoneistokohtainen ilmanvaihto)



Vyöhykejako

- Vyöhykkeellä tarkoitetaan vesi- ja lämpöjohtojen palvelualueita.
 - Palvelualueet voivat olla 22. kerroksisessa tornitalossa esimerkiksi seuraavat: 1-7 kerrokset, 8-14 kerrokset ja 15-22 kerrokset.
- Aikaisempaan korkeiden asuinrakennusten suunnittelutietoon perustuen 22-kerroksisessa asuinrakennuksessa riittää 3 vyöhykettä.
 - Tämä vaatii paineenkorotusasemia käyttövesiverkostoille ja lämmönsiirtimiä lämmitysverkostoille.
 - Nämä voidaan sijoittaa lämmönjakohuoneeseen tai ylempiin kerroksiin rakennettaviin teknisiin tiloihin.
- Tornitalossa tekniset tilat (lukuun ottamatta IV-konehuonetta) voidaan keskittää kellarikerrokseen ja paisunta-astiat sijoittaa välikerrosten alakattoihin.
- Toinen muuntojoustavampi ja helpommin huollettava tapa on sijoittaa kunkin vyöhykkeen tekniset tilat välikerrokseen.
 - Teknisten tilojen tilantarve välikerroksissa on noin 5 m²/vyöhyke (esimerkiksi 5 m² tekninen tila kerroksissa 8 ja 15).
- Lisäksi yhteen välikerrokseen voi olla perusteltua mahdollistaa toisen ilmanvaihdonkonehuoneen rakentaminen, jonka tilantarve on noin 25-35 m². Tämä mahdollistaa ilmanvaihdon toteutuksen kahdella ilmanvaihtokoneella keskitetyn ilmanvaihtoratkaisun tapauksessa ja pienentää hormien tilavaraustarpeita huoneistoissa. Ilmanvaihtokonehuonevaraus tulisi esimerkiksi kerrokseen 7, 8 tai 9.



Johtopäätökset

- Tilavaraustarkastelun perusteella nykyiset pohjaratkaisut on mahdollista toteuttaa myös keskitetyllä ilmanvaihdolla.
 - Pohjien tarkemmassa suunnittelussa on huomioitava hormien tilavaraustarpeet.
- Vesi-, lämpö- ja jäähdytysputkistojen osalta tilavaraukset eivät vaikuta muodostuvan ongelmaksi tutkittavissa kohteissa.
- Aikaisempaan kokemukseen perustuen voidaan todeta, että alle 22-kerroksisen asuinrakennuksen tekniikka mahtuu noin 15 m² lämmönjakohuoneeseen (lisäksi sähköpääkeskus noin 3...5 m²).
- Maalämpötapauksessa noin 20...30 m² lämmönjakohuone riittää.
- Suunnitteluratkaisusta riippuen eri vyöhykkeiden tekniikkaa voidaan sijoittaa sekä asuinkerrokseen että alimmassa kerroksessa sijaitsevaan lämmönjakohuoneeseen tai vaihtoehtoisesti pelkästään lämmönjakohuoneeseen.
 - Kerrokseen sijoitettuna tekniikka on helpommin huollettavissa, mutta vaatii tilavarauksia.
- Tekniset tilavaraustarpeet on huomioitava suunnittelussa.
 - Lämmönjakohuoneille on varattava riittävät tilat tyypillisesti kellarikerroksista
 - IV-konehuone- ja vedenjäähdytyskonevaraukset vesikatoille
 - IV-konehuonevaraus (25...35 m²) tarvittaessa myös yhteen välikerrokseen 16- ja 22-kerroksisissa tornitaloissa
 - Tekniset tilavaraukset (noin 5 m²/tekninen tila) yhteensä kahteen välikerrokseen 16- ja 22-kerroksisissa tornitaloissa
 - Hormien sijoittelu kerrokseen



3.7 Koneellinen jäähdytys



Koneellinen jäähdytys

- Selvityksen perusteella todettiin, että korkeissa tornitaloissa tarvitaan aktiivista jäähdytystä, mikäli käytetään keskitettyä ilmanvaihtojärjestelmää.
 - Huoneistoihin puhallettavaa tuloilmaa tulee kesäisin jäähdyttää.
- Yksi vaihtoehto tuloilman jäähdyttämiseksi on koneellinen vedenjäähdytysratkaisu.
 - Vedenjäähdytysjärjestelmät lauhduttimineen sijoitetaan rakennusten vesikatoille.
 - Toimii vaihtoehtoisena ratkaisuna kaukokylmälle.
- Maaenergiajärjestelmän tapauksessa erillinen vedenjäähdytyskoneikko tai kaukokylmä voidaan myös korvata maa-/kalliojäähdytyksellä.
 - Tämä tulee huomioida tilavarauksissa, kun jäähdytysputkistot johdetaan ylös IV-konehuoneeseen.
- Tarkemmat tiedot 16-kerroksisen tornitalon sekä Merivirta 3 & 5 kesäajan sisälämpötiloista ja jäähdytystarpeista on esitetty liitteissä (Liite 6.2).



Referenssikuva vesikatolle asennettavasta vedenjäähdytyskoneikosta

- Vedenjäähdytyskoneikkoja tarvitaan lähtökohtaisesti yksi koneikko yhtä ilmanvaihdonkonehuonetta kohti.
- Referenssikuvana esitetty koneikko riittää tornitalojen jäähdyttämiseen. Mikäli matalampia rakennuksia jäähdytetään, voidaan niissä käyttää kooltaan pienempää vedenjäähdytyskoneikkoa.

Äänitaso 55 dB (10 m etäisyydellä)



4. Teknisten ratkaisujen vaikutukset kaavoitukseen

4.1 Julkisivu ja katto

4.2 Ulkoalueet ja metron tilojen huomioiminen



4.1 Julkisivu ja katto

- Huoneistojen kesäaikaisen yllämpenemisen hallinta ei aiheuta julkisivuille mitään erityisvaatimuksia, mutta eteläjulkisivun ikkuna-aukotukseen on syytä kiinnittää huomiota, mikäli ikkunapinta-alan osuus kasvaa yli 40 %:iin julkisivupinta-alasta. Tällöin tulee panostaa entistä tehokkaampiin auringonsuojaratkaisuihin.
 - Edellytyksenä ratkaisuissa on, että käytetään aktiivista tuloilman jäähdytystä tai huoneistokohtaista ilmanvaihdon tehostusta.
- Tarkastelun perusteella kustannustehokkain passiivinen auringonsuojausratkaisu on sälekaihtimet ikkunoiden uloimmassa lasivälissä.
- Kaavoituksessa tulisi suosia vaaleita kattoja aurinkopaneelien hyötysuhteen maksimoimiseksi.
- Kaavoituksessa ei tulisi estää vedenjäähdytyskoneikkojen asennusta vesikatoille.



4.2 Ulkoalueet ja metron tilojen huomioiminen

- Kaavoituksessa tulisi harkinnan mukaan sallia vinoporakaivot, jotka ulottuvat yleisille alueille.
 - Vinoporaus mahdollistaa porakaivojen lukumäärän kasvattamisen tutkittavalla alueella.
- Yksi vartenotettava vaihtoehto on lisäksi ns. keskitetty aluekohtainen maalämpöratkaisu.
 - Useaa rakennusta palveleva järjestelmä asennetaan keskitetysti piha-alueelle omaan tekniseen tilaan. Tällöin järjestelmän palvelemaan rakennuksiin viedään ainoastaan lämpöputkistot.
 - Tilavaraus piha-alueille rakennettaville teknisille tiloille on alustavasti noin 60-100 m²/tekninen tila. Yksi tekninen tila palvelee noin 2-4 asuinkerrostaloa riippuen rakennusten koosta.
- Metrotunnelin ja maanalaisten huoltokäytävien sijainti on huomioitava porakaivojen sijoittelussa.
 - Varoetäisyys tunneleihin on oltava vähintään 10 metriä (Länsimetro Oy:n ohjeistus).
 - Metron maanalaiset tilat (metrotunneli ja huoltokäytävät) rajoittavat porakaivojen lukumäärää alueella.



5. Yhteenveto

5.1 Energianhankintaan liittyvät johtopäätökset kaavoitusta varten

5.2 Sisälämpötilan hallintaan liittyvät johtopäätökset kaavoitusta varten



5.1 Energianhankintaan liittyvät johtopäätökset kaavoitusta varten

- **Selvityksen perusteella asemakaavassa tulisi luoda edellytykset:**
 - Rakennus-/kiinteistökohtaisen maalämpöjärjestelmän asennus: lämpökaivojen poraus/asennus rakennusten alle ja piha-alueille.
 - Lisäksi tulisi mahdollistaa keskitetty maalämpöratkaisu, missä esimerkiksi piha-alueille tehdään erillisiä lämpökeskusrakennuksia (noin 60...100 m²/rakennus), joista lämpöä ja jäähdytystä jaetaan keskitetysti usealle asuinkerrostalolle.
 - Aurinkopaneelien asennus rakennusten katoille, paneelipinta-ala noin 20-30 m² / asuinkerrostalo. Liikerakennuksen/metrokeskuksen katolle *tarvittaessa* 200...400 m².
 - Kaavan olisi syytä mahdollistaa myös valkoiset vesikatot paneelien hyötysuhteen maksimoimiseksi.
 - Vedenjäähdytyskoneikkojen sijoittaminen rakennusten vesikatoille.
 - Tornitalojen osalta kaavoituksessa tulisi huomioida talotekniikan tilavarausvaatimukset ylemmissä kerroksissa.
 - 25-35 m² tilavaraus ilmanvaihdon konehuoneelle yhdessä välikerroksessa.
 - 5 m² tilavaraus vesi- ja lämpöjohtojen vyöhykekeskuksille yhteensä kahdessa välikerroksessa (yhteensä 10 m² / tornitalo).



5.2 Sisälämpötilan hallintaan liittyvät johtopäätökset kaavoitusta varten

- Huoneistojen kesäaikaisen yllämpenemisen hallinta ei aiheuta julkisivuille mitään erityisvaatimuksia, mutta eteläjulkisivun ikkuna-aukotukseen on syytä kiinnittää huomiota, mikäli ikkunapinta-alan osuus kasvaa yli 40 %:iin julkisivupinta-alasta.
 - Mikäli ikkunapinta-ala kasvaa merkittävästi, tulee tehokkaaseen auringonsuojaukseen panostaa enemmän.
 - Edellytyksenä ratkaisuissa on, että tornitaloissa käytetään aktiivista tuloilman jäähdytystä tai ilmanvaihdon tehostusta ja tehokasta auringonsuojausta (vähintään sälekaihtimet lasiväleissä).
 - Myös maaenergiajärjestelmän edellytysten huomioiminen tukee sisälämpötilan hallintamahdollisuuksia, sillä porakaivoja voidaan käyttää jäähdytyksessä kesäaikana. Järjestelmien toteutus on kuitenkin arvioitava kiinteistökohtaisesti.



6. Tekniset liitteet

6.1 Alue-energiatarkastelu

6.2 Kesäajan sisälämpötilatarkastelu



6.1 Alue-energiatarkastelu



Alue-energiatarkastelun lähtötiedot

***SRMK D5: Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5 (2012)**

	Asuinrakennukset	Liikerakennus
Säätiedosto	TRY Helsinki-Vantaa 2012	TRY Helsinki-Vantaa 2012
US/YP/AP U-arvo [W/K,m2]	0,17 / 0,09 / 0,16	0,17 / 0,09 / 0,16
Ikkunoiden U-arvo [W/K,m2]	1,0 (g-arvo=0,55)	1,0 (g-arvo=0,55)
Kylmäsiilat	SRMK D5* taulukot. 3.1-3.3	SRMK D5* taulukot. 3.1-3.3
Lämpimän käyttöveden ominaiskulutus [dm3/m2,a]	600	68
LTO [%] /jäätymisen esto	73 % / 0°C	75 % / -10°C
SFP-luku [kW/m3,s]	1,8	1,8
Lämmityksen / jäähdytyksen asetusarvo	21 / 27°C	21 / 23°C
Ilmamäärä [dm3/s,m2]	0,5	2,0

Alueen parkkihallit ja -tilat on mallinnettu ja simuloitu viimeisimmän massoittelun mukaisesti käyttämällä tavanomaisia suunnitteluratkaisuja ja taloteknisten järjestelmien asetusarvoja.



Alue-energiatarkastelun lähtötiedot

Lämpökuorma	Asuinrakennukset	Liikerakennus
Henkilöt [hlö/m2]	1/56	1/10
Valaistus [W/m2]	8	12
Laitteet [W/m2]	7	1
Henkilöiden aktiivisuustaso	1,2 MET	1,6 MET

Alueen parkkihallit ja -tilat on mallinnettu ja simuloitu viimeisimmän massoittelun mukaisesti käyttämällä tavanomaisia lämpökuormia ja tilatyypin käyttöasteita.



Alueen vuosittainen ostoenergiankulutus

		Ostoenergia	
		kWh	kWh/m ²
	Valaistus, kiinteistö	3410030	21.6
	LVI sähkö	2543132	16.1
	Yhteensä, Kiinteistösähkö	5953162	37.7
	Lämmitys, kaukolämpö	3439185	21.8
	LKV, kaukolämpö	4286004	27.2
	Kaukojäähdytys	423911	2.7
	Yhteensä, Kiinteistökaukolämpö	8149100	51.6
	Yhteensä	14102262	89.4
	Laitteet, asukas	1142755	7.2
	Yhteensä, Aukkaan sähkö	1142755	7.2
	Yhteensä	15245017	96.6



6.2 Kesäajan sisälämpötilatarkastelu



16-kerroksinen tornitalo

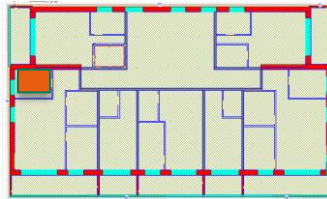
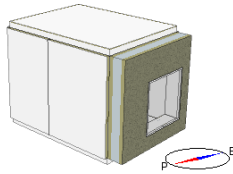


1. Sälekaihtimet + ilmanvaihtodon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit kiinni

Makuuhuone 1:

Maksimilämpötila: 29,8 °C

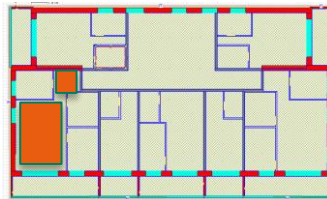
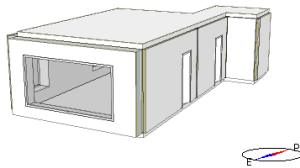
Operatiivinen maksimilämpötila: 30,1 °C



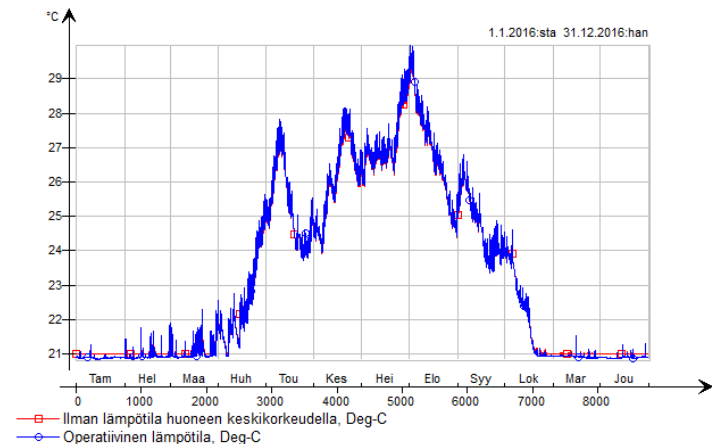
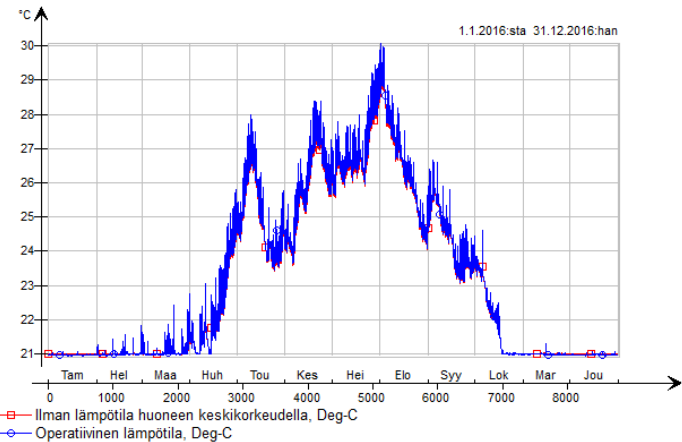
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 29,8 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 30,0 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
746 astetunnilla

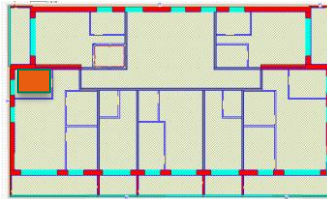
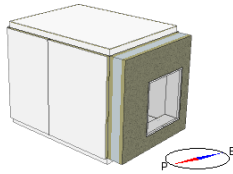


2. Sälekaihtimet + ilmanvaihtodon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit auki kesällä

Makuuhuone 1:

Maksimilämpötila: 28,5 °C

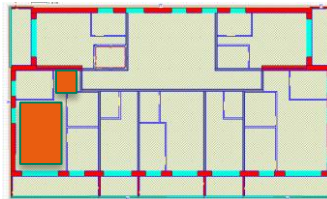
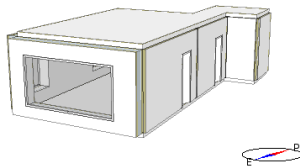
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,8 °C



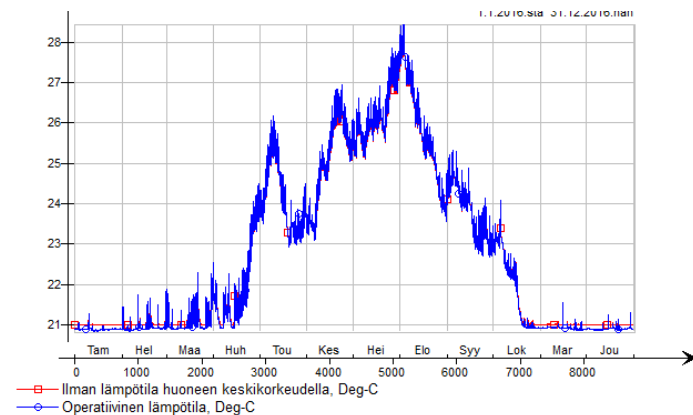
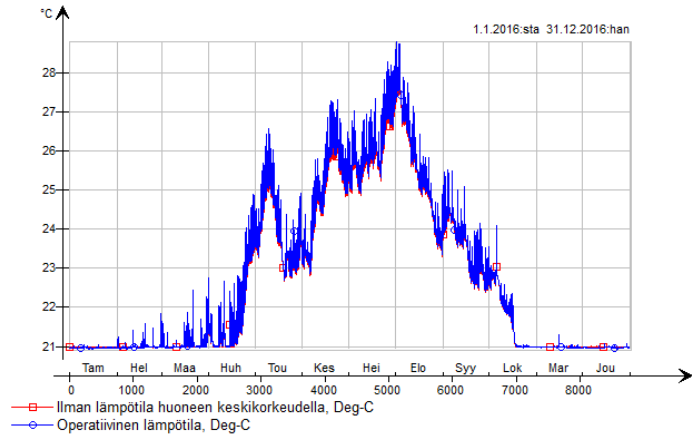
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 28,3 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 28,4 °C

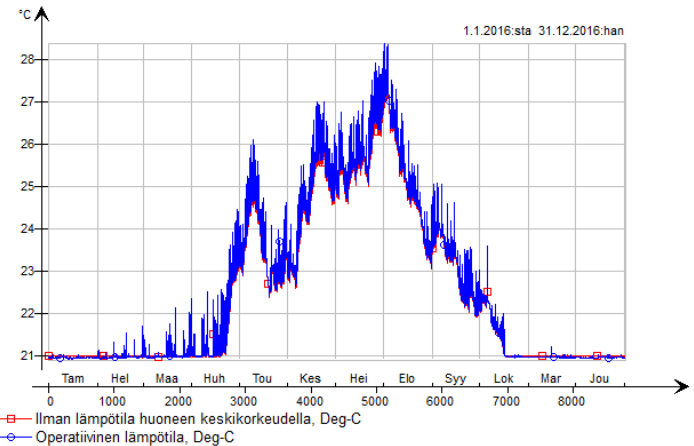
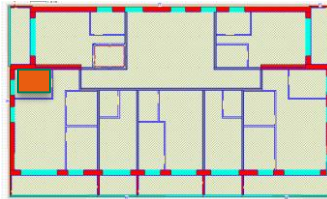
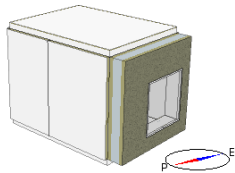


Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
120 astetunnilla

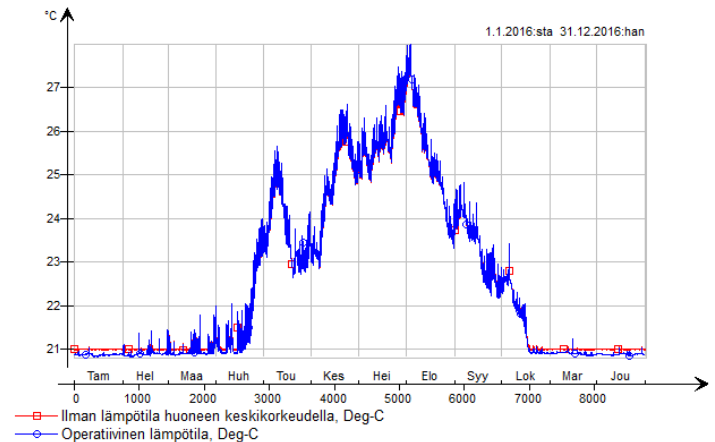
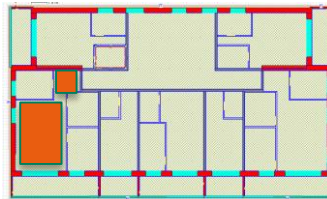
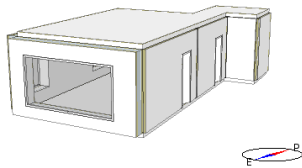


3. Sälekaihtimet + ilmanvaihtodon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit auki kesällä + auringonsuojakalvot

Makuuhuone 1:
Maksimilämpötila: 28,1 °C
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,4 °C



Olohuone, keittiö, eteinen:
Maksimilämpötila: 27,8 °C
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,0 °C



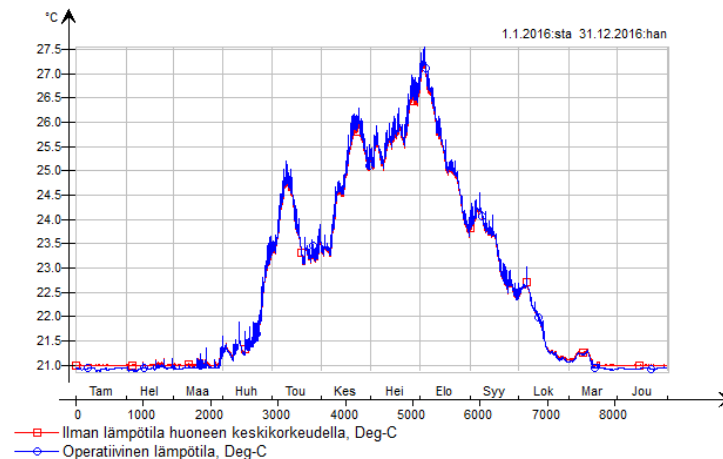
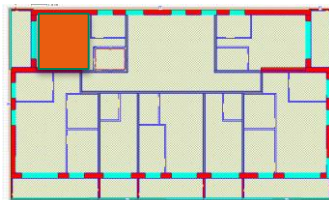
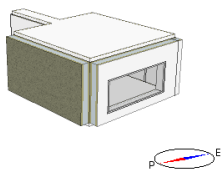
Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
41 astetunnilla

4. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys + parvekelasit auki vain eteläparvekkeilla + ikkunoiden g-arvo=0,35

Olohuone, keittiö, eteinen (2H+K):

Maksimilämpötila: 27,4 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 27,6 °C

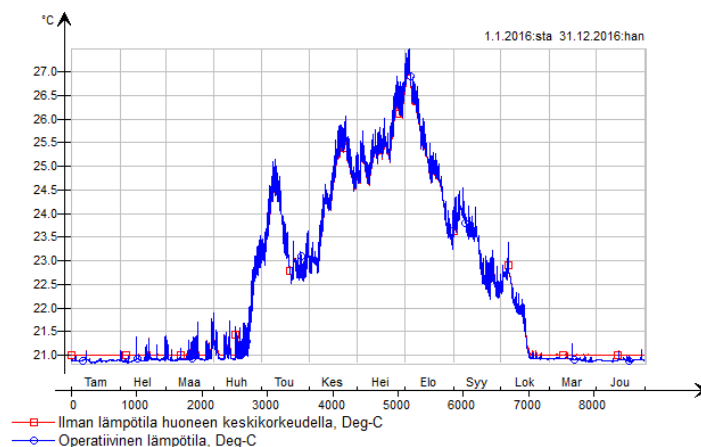
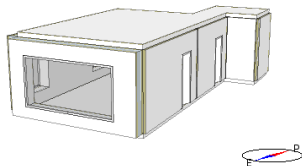


Olohuone, keittiö, eteinen (3H+K+S):

Maksimilämpötila: 27,4 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 27,5 °C

Ylilämpeneminen ei muodostu ongelmaksi länsijulkisivun huoneistossa, vaikka parvekelasit ovat kiinni (astetunnit 11).



22-kerroksinen tornitalo (Merivirta 3)

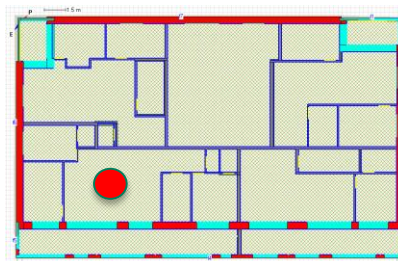


1. Sälekaihtimet

Olohuone, keittiö, eteinen :

Maksimilämpötila: 29,1 °C

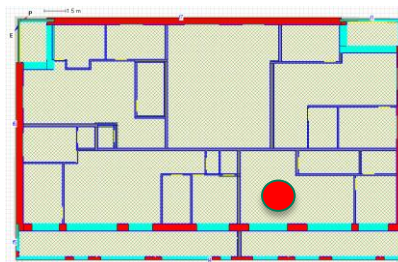
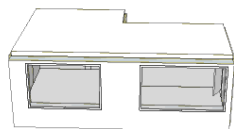
Operatiivinen maksimilämpötila: 29,1 °C



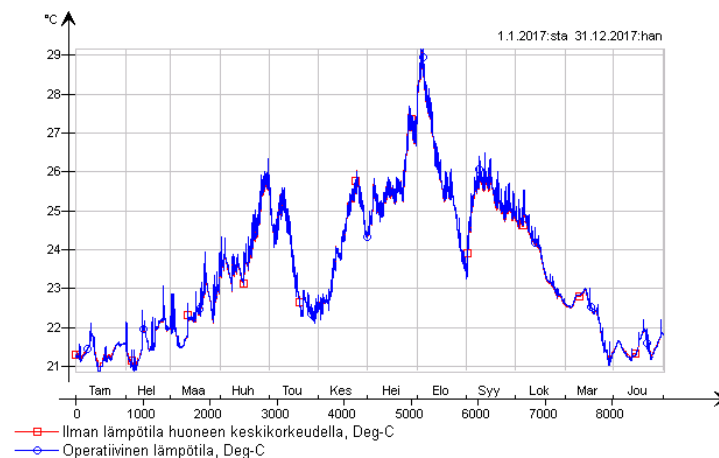
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 29,1 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 29,2 °C

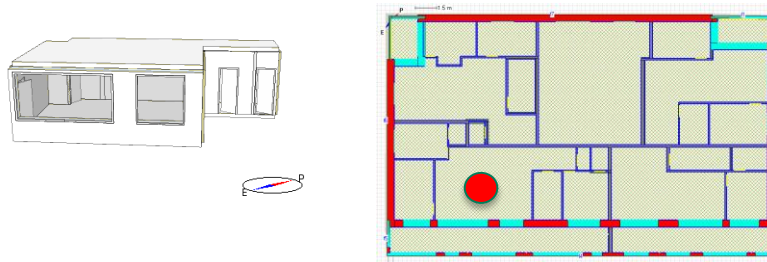


Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
339 astetunnilla

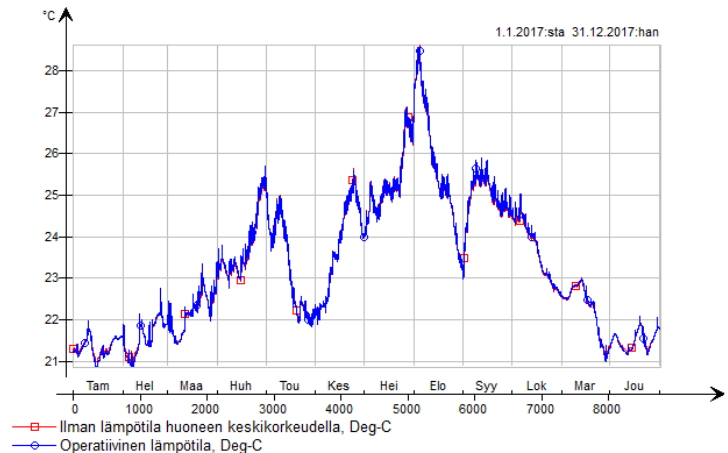
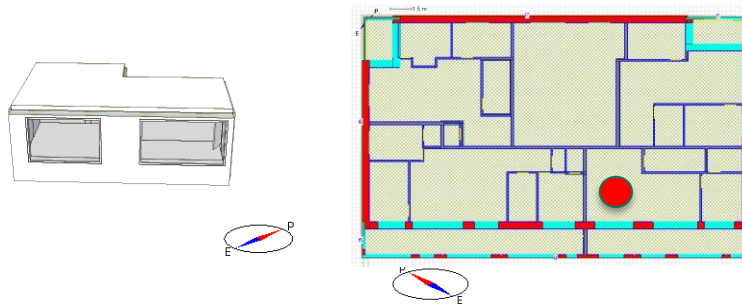


2. Sälekaihtimet + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)

Olohuone, keittiö, eteinen:
Maksimilämpötila: 28,7 °C
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,7 °C



Olohuone, keittiö, eteinen:
Maksimilämpötila: 28,6 °C
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,6 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
189 astetunnilla

3. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon tehostus +30 %

Olohuone, keittiö, eteinen :

Maksimilämpötila: 28,4 °C

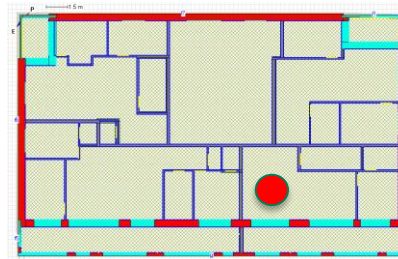
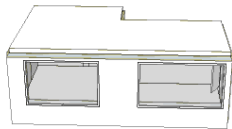
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,4 °C



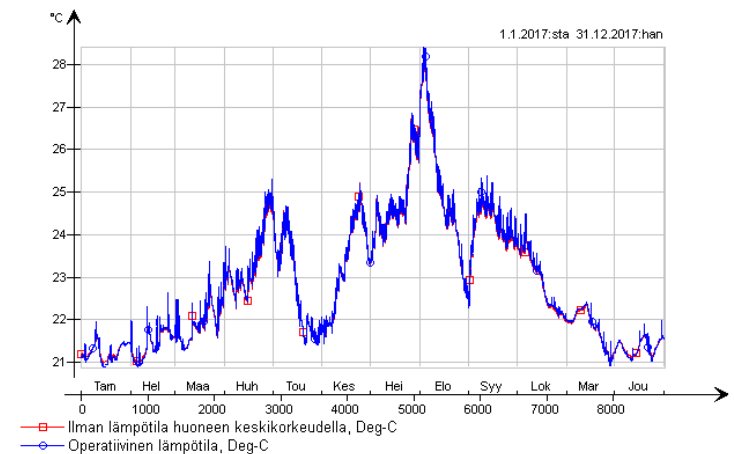
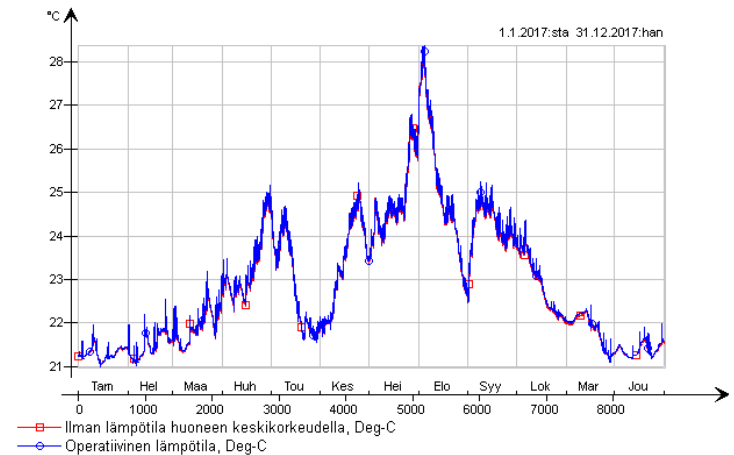
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 28,4 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 28,4 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
103 astetunnilla

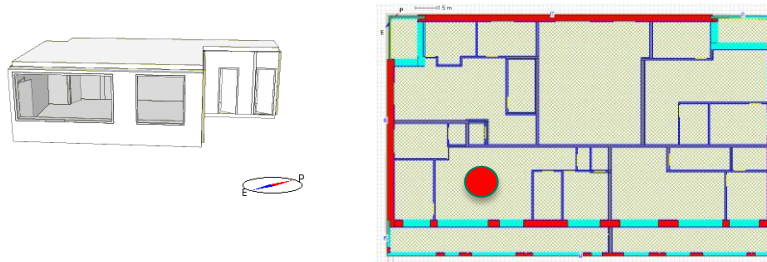


4. Sälekaihtimet + ilmanvaihtodon tehostus +30 % + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)

Olohuone, keittiö, eteinen :

Maksimilämpötila: 28,0 °C

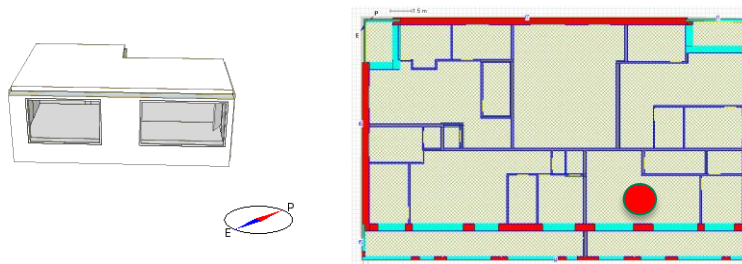
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,0 °C



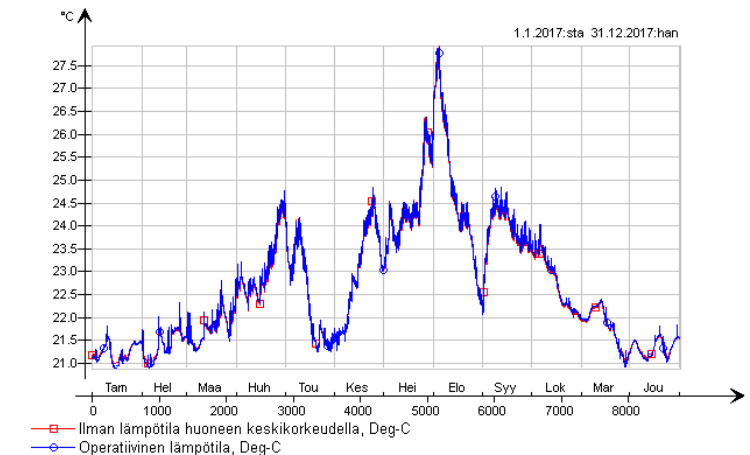
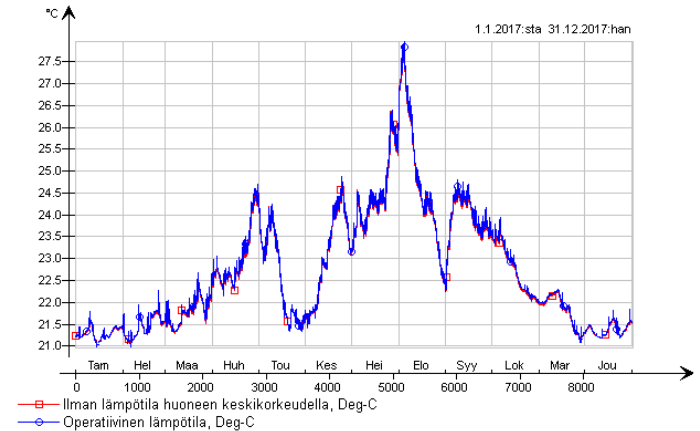
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 27,9 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 27,9 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
52 astetunnilla

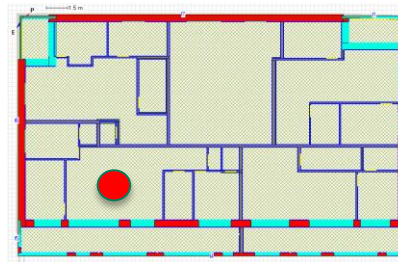


5. Sälekaihtimet + ilmanvaihtodon aktiivinen jäähdytys

Olohuone, keittiö, eteinen :

Maksimilämpötila: 26,8 °C

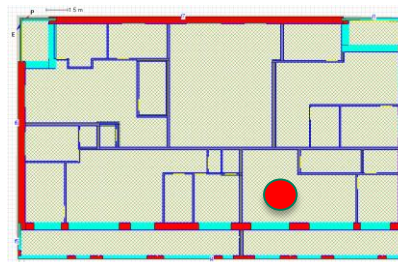
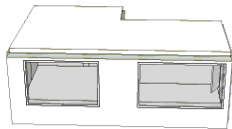
Operatiivinen maksimilämpötila: 26,9 °C



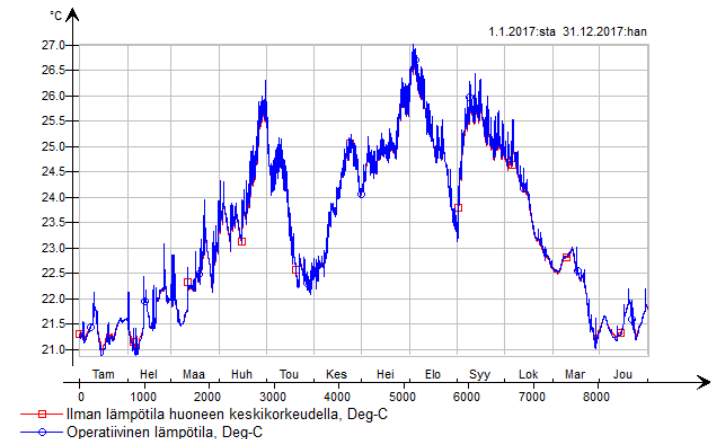
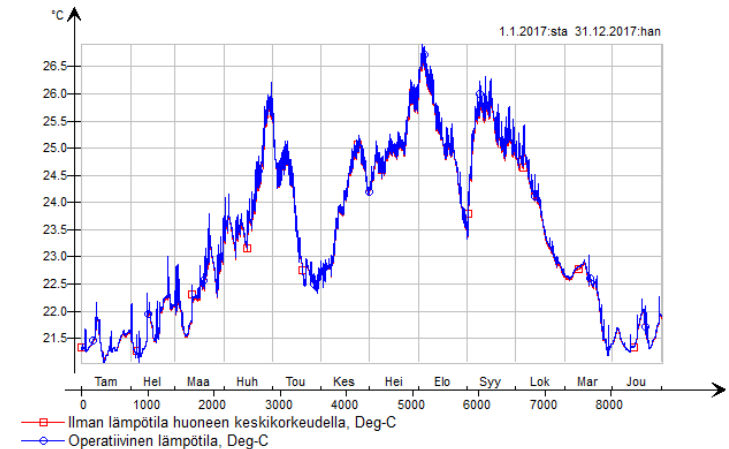
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 26,9 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 27,0 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
0 astetunnilla



8-kerroksinen asuinkerrostalo (Merivirta 5)

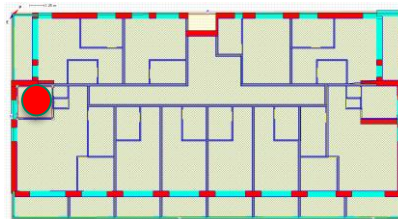
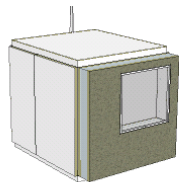


1. Sälekaihtimet

Makuuhuone 1:

Maksimilämpötila: 30,1 °C

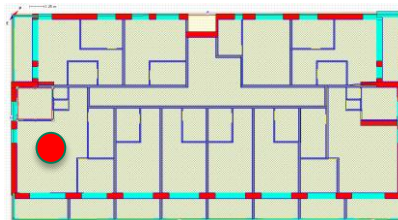
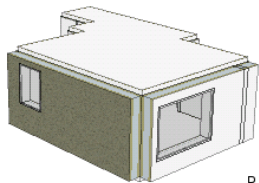
Operatiivinen maksimilämpötila: 30,3 °C



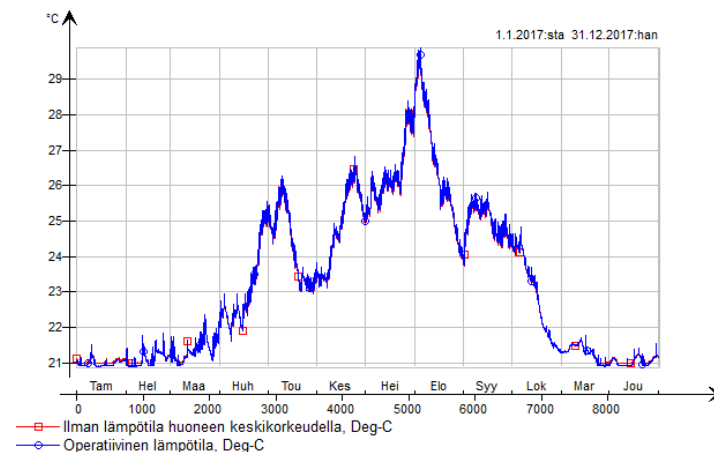
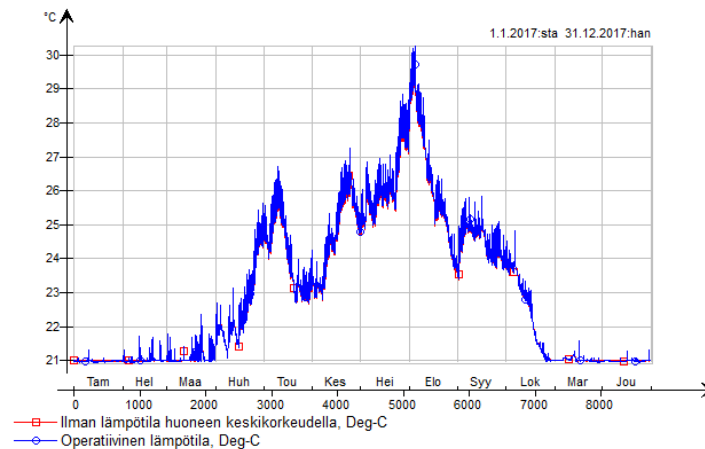
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 29,9 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 29,9 °C

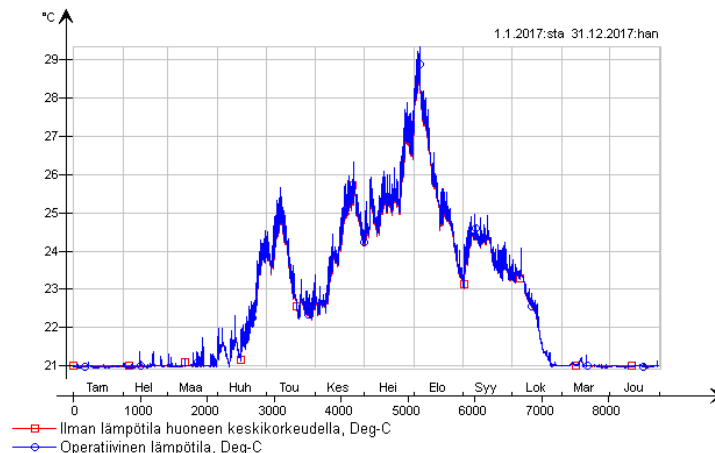
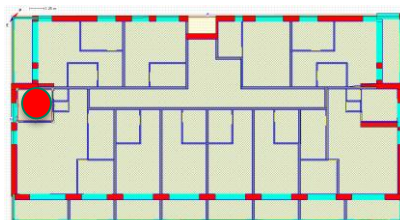
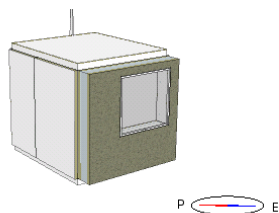


Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
565 astetunnilla

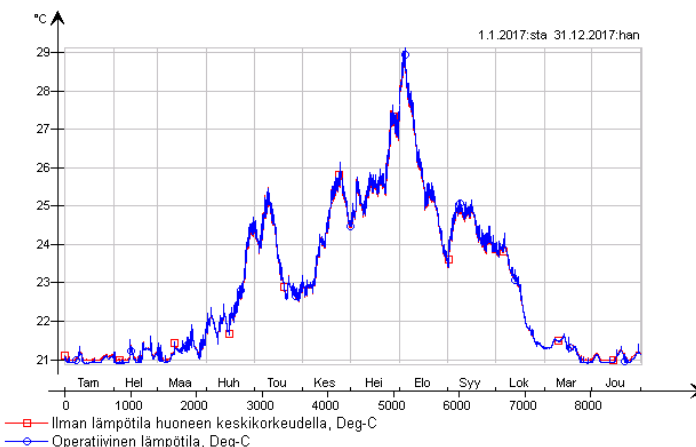
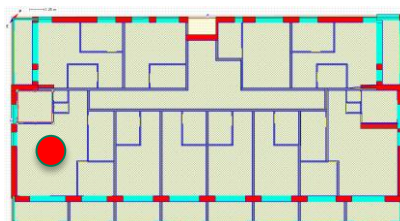
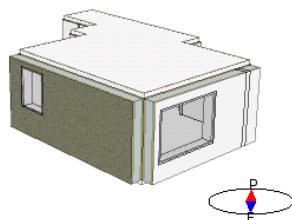


2. Sälekaihtimet + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)

Makuuhuone 1:
Maksimilämpötila: 29,3 °C
Operatiivinen maksimilämpötila: 29,3 °C



Olohuone, keittiö, eteinen:
Maksimilämpötila: 29,1 °C
Operatiivinen maksimilämpötila: 29,1 °C



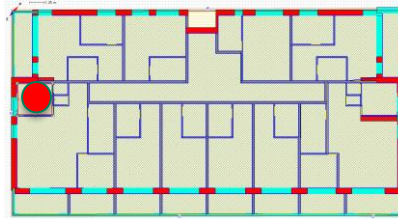
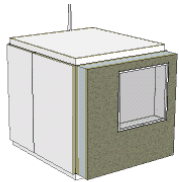
Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
284 astetunnilla

3. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon tehostus +30 %

Makuuhuone 1:

Maksimilämpötila: 29,3 °C

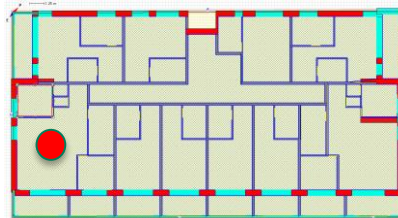
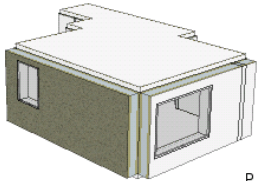
Operatiivinen maksimilämpötila: 29,4 °C



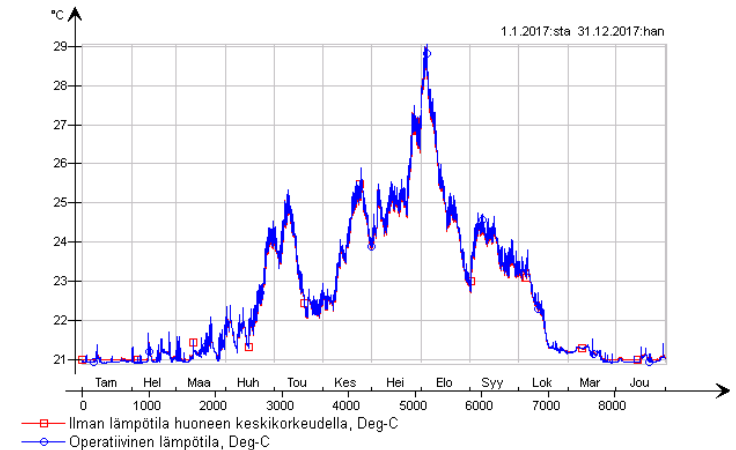
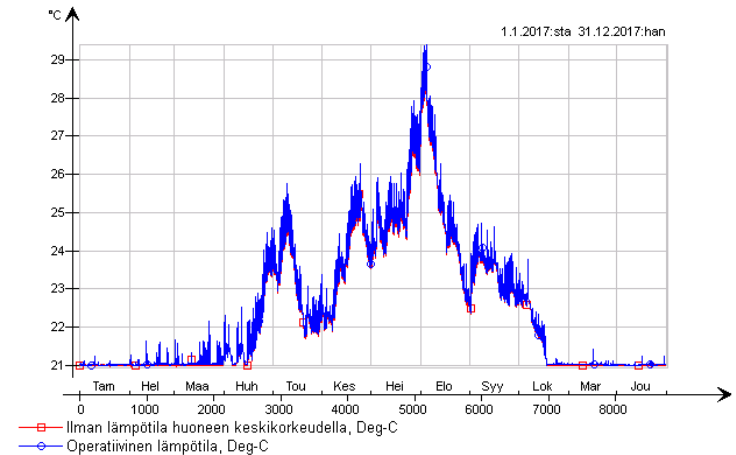
Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 29,0 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 29,1 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
198 astetunnilla

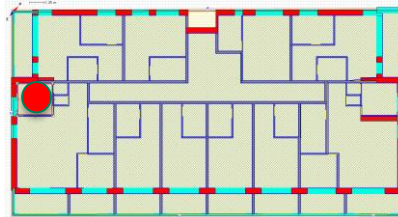
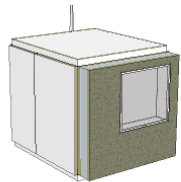


4. Sälekaihtimet + ilmanvaihtodon tehostus +30 % + parempi ikkuna (g-arvo 0,35)

Makuuhuone 1:

Maksimilämpötila: 28,5 °C

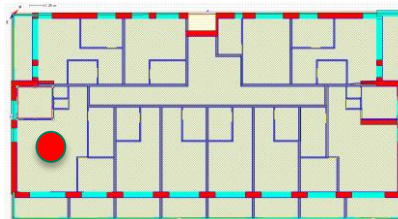
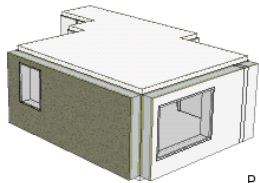
Operatiivinen maksimilämpötila: 28,6 °C



Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 28,4 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 28,4 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
84 astetunnilla

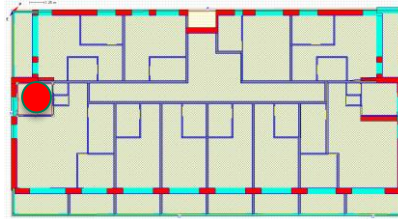
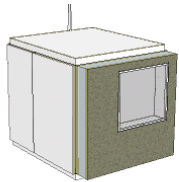


5. Sälekaihtimet + ilmanvaihdon aktiivinen jäähdytys

Makuuhuone 1:

Maksimilämpötila: 27,6 °C

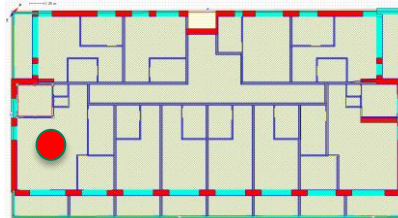
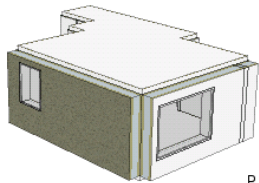
Operatiivinen maksimilämpötila: 27,8 °C



Olohuone, keittiö, eteinen:

Maksimilämpötila: 27,4 °C

Operatiivinen maksimilämpötila: 27,5 °C



Lämpötilaraja 27,0 °C ylittyy kriittisimmässä tilassa
25 astetunnilla

