



Sisäilmaopas 11

Sisäilmastoluokituksen lämpöolosuhteiden laskennalliset tarkastelut



SISÄILMAYHDISTYS

Sisäilmaopas 11 – Sisäilmastoluokituksen
lämpöolosuhteiden laskennalliset tarkastelut

Tämä opas on Sisäilmayhdistys ry:n omaisuutta. Se on laadittu huolellisesti käyttäen alan parhainta mahdollista saatavissa olevaa tietoa. Vastuu tämän oppaan sisältämän informaation soveltamisesta on sen käyttäjällä.

© 2023 Sisäilmayhdistys ry

Kaikki oikeudet pidätetään

Tämän oppaan tekstin ja kuvien jäljentäminen ilman julkaisijan tai alkuperäisen tekijänoikeuden haltijan kirjallista lupaa painamalla, monistamalla, valokuvaamalla, elektronisesti tallentamalla tai muulla tavoin on tekijänoikeuslain (404/61) mukaisesti kielletty.

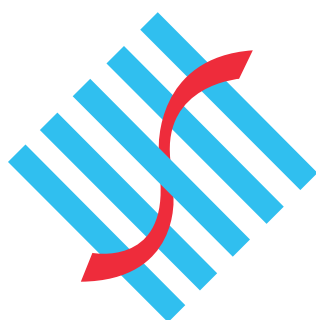
Pyynnöt saada kopioida tätä teosta kokonaan tai osittain tulee lähettää Sisäilmayhdistys ry:n vastuuhenkilölle (sisailmayhdistys.fi).

ISBN 978-952-5236-55-2

Sisällysluettelo

Esipuhe.....	5
1. Johdanto.....	6
2. Määritelmiä ja käsitteitä.....	8
3. Määräystenmukaisuus kesäajan huonelämpötilojen hallinnassa.....	10
Energiatehokkuusmääräysten (1010/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan	10
Sisäilmastoasetuksen (1009/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan.....	10
RTS-ympäristöluokitus.....	11
4. Sisäympäristön tavoitearvot.....	12
Sisäympäristön tekniset tavoitearvot rakennuksen käytön aikana.....	12
5. Rakennus- ja talotekniikkasuunnittelu ja laskentaproseduuri.....	16
Tavoitellut sisäilmaston tavoitearvot.....	16
Säätiedot.....	16
Rakennuksen tiedot.....	17
Rakennuksen ympäristö.....	17
Rakenteet.....	17
Ilmanpitävyys.....	17
Ikkunat.....	18
Sisäiset kuormat.....	19
Talotekniikka.....	20
Päivänvalo.....	22
Laskentatuloksien esittäminen.....	22
6. Laskennassa huomioitavia asioita.....	24
Operatiivinen lämpötila.....	24
Ilman liikenopeuden tavoitearvot.....	25
Valaistuksen tavoitearvot.....	26
Tavoitearvo vs. asetusarvo.....	26
Kastepistesäätö.....	26
Yötuuletus ja yöjäähdytys.....	27
Lähteet.....	29
Liite 1: Tietokanta lähtöarvoista tilojen olosuhdesimulointia varten.....	30
Liite 2: Avokonttorin sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S2.....	31
Liite 3: Avokonttorin säätarkastelu - Sisäilmastoluokka S2.....	45
Liite 4: Asuinkerrostalon sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S2.....	49
Liite 5: Asuinkerrostalon ilmamäärätarkastelu - Sisäilmastoluokka S2.....	62
Liite 6: Opetustilan sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S2.....	68
Liite 7: Neuvotteluhuoneen sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S1.....	80

Oppaan tuottamisen rahoittivat



SISÄILMAYHDISTYS

 **A-INSINÖÖRIT**



 CLIMA CONSULT

 **DAIKIN**

EQUA.

 **Granlund**

NCC 

RAMBOLL

SKANSKA

SRV

SWECO 

uponor

Esipuhe

Kuten Sisäilmastoluokituksessa 2018 todetaan ”Hyvä sisäilmasto on yksi rakentamisen tärkeimpiä tavoitteita. Sisäilmaston lopulliseen laatuun vaikuttavat yhtä lailla lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustyöt ja käytetyt materiaalit kuin myös rakennuksen käyttö ja kunnossapito. Hyvä sisäilmasto edellyttää esitettyjen asioiden huomioon ottamista suunnittelun, rakentamisen ja käytön kaikissa vaiheissa.”

Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus julkaistiin vuonna 1995 ja sen päivitettyt versiot vuosina 2001 ja 2008 nimillä *Sisäilmastoluokitus 2000* ja *Sisäilmastoluokitus 2008*. Sisäilmastoluokitus on yleisesti käytössä toimitilarakennusten sisäilmaston tavoitteiden asettamisessa.

Sisäilmayhdistyksen kehittämä Sisäilmastoluokituksen uusin versio ilmestyi toukokuussa 2018, jolloin sen sisältö päivitettiin käyttäjäkokemusten sekä uusimman tutkimustiedon perusteella. Lisäksi siinä otettiin huomioon sosiaali- ja terveysministeriön ja ympäristöministeriön vuosina 2015 ja 2017 antamien asetusten vaatimukset sekä standardeissa tapahtuneet muutokset.

Tämä opas tehtiin tarpeesta ohjeistaa Sisäilmastoluokituksen 2018 käyttöä käytännön laskentaesimerkkien kautta, joissa tuodaan esiin laskennan kulku, lähtötiedot, tavoitearvojen täytyminen ja tulosten esittäminen. Tässä oppaassa käydään läpi Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisten tavoitearvojen täytyminen esimerkkituloissa, joita esiintyy eri rakennustyypeissä. Painopisteinä ovat erityisesti ylläampeminen ja sen estäminen. Oppaalla halutaan yhdenmukaistaa ja ohjeistaa laskennallisia tarkasteluja.

Sisäilmastoluokituksen vuoden 2018 version laativat edellisten versioiden pohjalta Sisäilmayhdistys ry:n Jorma Säteri ja Mervi Ahola. Työ tehtiin yhteistyössä alan toimijoiden kanssa. Tämän oppaan tekijöinä olivat Mika Vuolle, Jouko Niemelä ja Toni Pölönen (Equa Simulation Finland Oy), Mervi Ahola (Sisäilmayhdistys ry), Jorma Säteri (Sisäilmayhdistys ry / Metropolia Ammattikorkeakoulu) sekä Risto Kosonen ja Juha Jokisalo (Aalto-yliopisto).

Hankkeen ohjausryhmän puheenjohtajana toimi Kimmo Liljeström (NCC Oy). Ohjausryhmään kuuluivat myös Joni Hilpinen (Sweco Finland Oy), Janne Jokisalo (Ramboll Finland Oy), Mikko Kouhia (Granlund Oy), Jussi Kummu (Daikin Oy), Pellervo Matilainen (Skanska Oy), Saija Nieminen (Uponor Suomi Oy), Juha Pentikäinen (Clima Consult Oy), Jere Pirhonen (SRV Oyj), Juhana Repo (Aurinkosuojaus ry / Artic-Kaihdin Oy), Lauri Savolainen (A-insinöörit) ja Marianna Tuomainen (Helsingin kaupunkiympäristön toimiala). Oppaan rahoituksesta vastasivat Sisäilmayhdistys ry sekä edellä mainitut yritykset.

Oppaan luonnosversioista järjestettiin syksyllä/talvella 2022–2023 lausuntokierros, josta saatu palaute on otettu huomioon tässä oppaassa. Oppaan tekijät ja ohjausryhmä suosittelevat oppaaseen tutustumista kaikille, jotka tekevät tai tilaavat Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisia laskennallisia tarkasteluja.

Espoossa, helmikuussa 2023

Equa Simulation Finland Oy

Sisäilmayhdistys ry

Aalto-yliopisto

1. Johdanto

Sisäilmastoluokitus 2018 on tarkoitettu rakennus- ja taloteknisen suunnittelun ja urakoinnin sekä rakennustarviketeollisuuden avuksi sisäympäristön tavoite- ja suunnitteluarvojen valitsemiseksi ja asettamiseksi. Sisäilmastoluokitusta käytetään, kun tavoitteena on rakentaa sisäympäristöltään terveellisiä, turvallisia ja viihtyisiä rakennuksia.

Sisäilmastoluokitus täydentää Suomen rakentamismääräyksiä, rakennustöiden yleisiä laatuvaatimuksia (*Maalaus- RYL 2012, RunkoRYL 2010, SisäRYL 2013, TalotekniikkaRYL 2002*), *rakennusselostusohjetta (RT 15-11176), LVI-selostusohjetta (LVI 03-10360)*, urakkarajaliitteen mallia (*RT 16-10699, LVI 03-10299*), RT- ja LVI-ohjekortteja sekä muita rakentamiseen liittyviä asiakirjoja. Luokitus ei kumoa viranomaissäädöksiä ja niistä julkaistuja tulkintoja.

Sisäilmastoluokitusta ei ole tarkoitettu käytettäväksi rakennuksen terveellisyysarvioinnissa. On huomattava, että tavoitearvojen alittuminen voi aiheuttaa oireita herkille ihmisille. Toisaalta tavoitearvojen ylittyminen ei nykytietämyksen mukaan merkitse välitöntä terveysvaaraa. Sisäilmaston terveyshaittojen arvioinnissa voidaan asuntojen ja muiden oleskelutilojen (muun muassa koulujen, päiväkotien, vanhusten palvelukeskusten yms.) osalta käyttää sosiaali- ja terveysministeriön asetusta *asunnon ja muun oleskelutilan terveydellisistä olosuhteista sekä ulkopuolisten asiantuntijoiden pätevyysvaatimuksista* (niin kutsuttu *Asumisterveysasetus 545/2015*) ja sitä täydentävää Valviran (Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston) *Asumisterveysasetuksen soveltamisohjetta*.

Tämän oppaan ohjeistuksella ja laskennallisten tarkastelujen esimerkeillä halutaan yhdenmukaistaa ja selkeyttää Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisia laskennallisia tarkasteluja ja sen tavoitearvojen käyttöä.

Keskeisen osan tästä oppaasta muodostavat erikseen raportoidut Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisten tavoitearvojen laskennalliset tarkastelut eri rakennustyypeissä. Tarkasteltavat tilat ovat koulun opetustila (S2), toimistorakennuksen avokonttoritila (S2) ja neuvotteluhuone (S1) sekä kerrostalohuoneiston asuinhuoneet (S2). Nämä laadintaesimerkit eivät ole esimerkkitulosteita tarkasteluista, vaan niissä on lähtöarvojen ja tulosten lisäksi pyritty kuvaamaan laskenta- ja suunnitteluprosessien kulkua vaihtoehtovertailuineen. Samoin laadintaesimerkeissä käytettyjä lähtöarvoja, esimerkiksi tuloilman lämpötilaa, ei tule käsitellä tarkastelujen oletusarvoina, vaan kyseisen laadintaesimerkin suunnitteluratkaisuna. Laadintaesimerkit ovat saatavilla osoitteessa <https://www.sisailmayhdistys.fi/julkaisut/Sisailmastoluokitus>. Samassa paikassa on myös tämä dokumentti ja erillinen säätiedostojen tarkastelu, joka tehtiin avokonttorin laskentatapaukseen. Tarkastelun perusteella valittiin Sisäilmastoluokitustarkasteluissa 2018 käytettävät säät (2007 ja 2018 paikkakuntakohtaiset hellekesät).

Luvussa 2 on esitetty tämän oppaan kannalta muutamia keskeisiä Sisäilmastoluokituksen 2018 määritelmiä ja käsitteitä.

Luvussa 3 on esitetty, mitä määräystenmukaisuus yleisesti tarkoittaa kesäajan huonelämpötilojen hallinnassa rakennuksen energiaselvitysvaiheessa ja suunnitellulla käytöllä. Sisäilmastoluokituksen tavoitearvot otetaan huomioon Rakennustietosäätiön vuonna 2017 julkaisemassa RTS-ympäristöluokituksessa, jota on käsitelty tämän oppaan **luvussa 3**.

Oppaan **luvussa 4** on esitetty Sisäilmastoluokituksen 2018 tekniset tavoitearvot käytön aikana. Tavoitearvot on asetettu luokissa S1 ja S2 operatiivisille lämpötiloille, ilman liikenopeedelle, sisäympäristön laadulle, ääniolosuhteille ja valaistukselle.

Luvussa 5 on tarkennettu rakennus- ja talotekniselle suunnittelulle asetettuja vaatimuksia, jotta tarkastelu olisi riittävä Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisen laskennallisen tarkastelun tekemiseksi. Itse laskentaproseduuri on kuvattu **luvussa 5**. Laskennassa erityisesti huomioitavia asioita on kuvattu **luvussa 6**, ja näitä huomioita on kirjattu tähän oppaaseen laskentaesimerkkien teon yhteydessä.

Liitteessä 1 on esitetty Sisäilmastoluokitustarkasteluissa tarvittavia lähtötietoja muun muassa sisäisten kuormien osalta. Liitteessä on annettu esimerkinomaisesti tämän oppaan tarkasteluissa käytettyjä lähtöarvojen lukuarvoja. Liite antaa kuvan eri toimijoille sovittavien lähtöarvojen laadusta ja määrästä. Esitetyjä arvoja voidaan käyttää tarkasteluissa, jos paremmin hanketta kuvaavia tietoja ei ole käytettävissä ja näin hankkeen eri osapuolten kesken sovitaan.

Sisäilmastoluokitustarkastelujen ajoitus ja lukumäärät tulee harkita aina projektikohtaisesti. Tarkastelujen tulee aina ohjata hanketta asetettuja tavoitteita kohden ja täten varmistaa tavoitteiden saavuttaminen. Eri hankevaiheissa tarkastelut tulee tehdä erilaisilla "tarkkuustasoilla" varmistuen kuitenkin, että tarkastelun ohjausvaikutus on oikeansuuntainen. Tyypillisesti hankkeissa tarvitaan enemmän kuin yksi tarkastelukerta.



2. Määritelmiä ja käsitteitä

Tässä osiossa käsitellään ne Sisäilmastoluokituksen 2018 määritelmät ja käsitteet, jotka ovat keskeisiä tämän oppaan tarkasteluissa. Tarkemmin määrittelyjä on esitetty Sisäilmastoluokituksessa.

Sisäilmastoluokitus on tarkoitettu käytettäväksi asettaessa sisäilmastotavoitteita, jotka koskevat tavanomaisia työ- ja asuintiloja (toimisto- ja julkiset rakennukset, koulu-, päiväkotit ja asuinrakennukset). Sisäilmastoluokitusta käytetään ensisijaisesti uudisrakennuskohteiden S1- ja S2-luokkien sisäilmastotavoitteiden asettamiseen, kun tavoitellaan määräystasoa parempaa sisäilmastoa. Soveltaen sitä voidaan käyttää myös perusparannushankkeen tavoitteiden asettelussa. Huoneiden poikkeuksellisia sisäilmastotavoitteita, erityistilojen vaatimuksia tai vaatimuksia tiloille, joiden ilmanvaihdon tarve määräytyy siinä tapahtuvan prosessin mukaan, ei luokituksessa esitetä, vaan ne on määriteltävä tapauskohtaisesti.

Sisäilmastoluokitus on kolmitasoinen: se sisältää laatuluokat S1, S2 ja S3. Sisäilmastoluokassa S1 päästään todennäköisimmin käyttäjätyytyväisyydeltään suurempaan osuuteen kuin muissa luokissa. Tavoitteen asettaminen sisäilmastolle edesauttaa eri toimijoiden yhteistyötä ja vähentää siten terveyttä tai viihtyvyyttä heikentävien ongelmien syntymisen riskiä.

Seuraavassa on esitetty Sisäilmastoluokituksessa 2018 esitetyt sisäilmastoluokkien S1, S2 ja S3 sanalliset määritelmät:

S1: Yksilöllinen sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on erittäin hyvä, eikä tiloissa ole havaittavia hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat viihtyisät, eikä vetoa tai yllälämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet, ja hyviä valaistusolosuhteita on tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.

S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä, eikä tiloissa ole häiritseviä hajuja. Sisäilmaan yhteydessä olevissa tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllälämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.

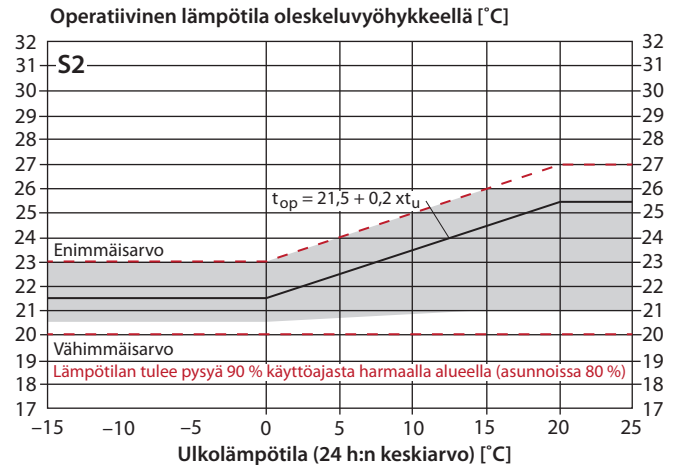
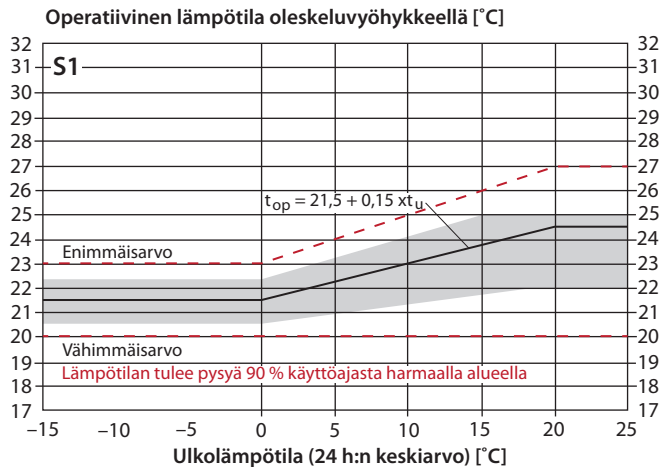
S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät maankäyttö- ja rakennuslain nojalla annetut säädökset ja terveydensuojelulain perusteella asetetut vähimmäisvaatimukset. Asetusten vaatimusten täyttyminen ei välttämättä edellytä S3-luokan tavoitearvojen käyttämistä. S3-luokan arvot esitetään tässä ensisijaisesti vertailun tueksi.

Eri suureiden tavoite- ja suunnitteluarvot voidaan valita eri laatuluokista. Tarvittaessa jonkin suureen arvo voidaan määritellä tapauskohtaisesti.

Operatiivisen lämpötilan Sisäilmastoluokituksen 2018 tavoitearvoihin liittyvät määritelmät

Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot esitetään Sisäilmastoluokituksessa 2018 alla olevan mukaisella graafisella raportointipohjalla ja kuvassa näkyvillä määrittelyillä. Raportoinnin määrittelyjä on selvennetty kuvan alla.



Ulkolämpötila (24 h:n keskiarvo) [°C]

Ulkolämpötilalla t_u tarkoitetaan ulkoilman 24 tunnin liukuvaa keskiarvoa lähimmällä säähavaintopaikalla.

Operatiivinen lämpötila oleskeluvyöhykkeellä [°C]

Operatiivinen lämpötila mitataan esimerkiksi nestepatsaslämpömittarilla tai sähköisellä anturilla oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin (työpisteessä 0,6 m) korkeudelta standardin *SFS EN 12599* mukaisesti. Operatiivisen lämpötilan sijaan voidaan usein tarkastella huonelämpötilaa. Jos pintojen lämpötilat kuitenkin poikkeavat selvästi ilman lämpötilasta (esimerkiksi huonosti eristetty vaippa, 2-lasiset ikkunat, suuret ikkunat, useita ulkoseiniä, lattian alla lämmittämätön tila, auringonsäteily, lattialämmitys, kattolämmitys, jäähdytyskatto), operatiivinen lämpötila määritetään laskemalla se ilman ja pintojen lämpötiloista tai mittaamalla se esimerkiksi pallolämpömittarilla standardin *SFS EN 12599* mukaisesti.

Operatiivisen lämpötilan tulee olla tavoitearvon sallitun vaihteluvälin alueella olosuhteiden pysyvyyden edellyttämä aika rakennuksen suunnitellusta käyttöajasta laskettuna. Lämpötilan yhden tunnin liukuva keskiarvo ei saa suunnitellulla käytöllä (mitoitussäällä tarkasteluna käyttöaikana) alittaa vähimmäisarvoja tai ylittää enimmäisarvoja.

Tilan käyttäjän toivomuksesta sisälämpötilan voidaan antaa laskea alle tavoitetason tai kesällä nousta yli tavoitetason.

3. Määräystenmukaisuus kesäajan huonelämpötilojen hallinnassa

Energiatehokkuusmääräysten (1010/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan

Uuden rakennuksen energiatehokkuusvaatimusten täyttäminen osoitetaan energiaselvityksellä, joka on päivitettävä ennen rakennuksen käyttöönottoa, jos lupavaiheen energiaselvityksen perusteena oleviin suunnitelmiin on tullut muutoksia. Energiaselvityksen yksi osa on laskennallinen kesäaikainen huonelämpötila asetuksen 29 §:n mukaan.

29 §. Laskennallinen kesäajan huonelämpötila

Laskennallinen kesäajan huonelämpötila ei saa ylittää jäähdytysrajan arvoa 27 celsius-astetta käyttötarkoitukseluokassa 2 ja jäähdytysrajan arvoa 25 celsiusastetta käyttötarkoitukseluokissa 3–8 enemmän kuin 150 astetuntia kesäkuun 1 päivän ja elokuun 31 päivän välisenä aikana suunnitteluratkaisun mukaista ilmapirtaa käyttäen. Kesäajan huonelämpötilan vaatimuksenmukaisuus on osoitettava eri tilatyypin lämpötilalaskennalla. Laskennassa on käytettävä ilmapirtaa lukuun ottamatta E-luvun laskennan mukaisia lähtötietoja. Kesäajan huonelämpötilaa koskevaa vaatimusta ei sovelleta käyttötarkoitukseluokkaan 1 ja 9 kuuluviin rakennuksiin. Kesäajan huonelämpötilan laskennassa on käytettävä dynaamista laskentatyökalua.

Tällä tarkastelulla osoitetaan kohteen kesäajan huonelämpötilojen energiatehokkuusasetuksen vaatimuksenmukaisuus. Tarkastelu tulee tehdä kyseissä asetuksessa annetuilla vuoden 2012 säätiedoilla ja vakioituilla sisäisillä lämpökuormilla. Tarkastelussa huomioidaan kohteeseen suunnitellut ilmamäärät sekä passiiviset ja käyttötekniset lämpötilan hallintakeinot.

Tämä tarkastelu ei riitä varmistamaan sisäilmastoasetuksen vaatimusten täyttymistä, mutta ohjaa kuitenkin hyvin perusratkaisuihin myöhemmin tehtävää sisäilmastosuunnittelua silmällä pitäen.

On myös huomattava, että tässä tarkastellaan huoneen ilman lämpötilan astetuntisummaa, kun Sisäilmastoluokituksessa tarkastellaan operatiivista lämpötilan pysyvyyttä.

Sisäilmastoasetuksen (1009/2017) vaatimukset kesäajan huonelämpötilojen hallintaan

Ympäristöministeriön asetuksessa (1009/2017) uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdesta annetaan 4 § huonelämpötilojen suunnitteluarvot, jotka tulee täyttää rakennuksen *suunnitellulla käytöllä*. On myös huomattava, että sisäilmastoasetus asettaa ilman lämpötilan lisäksi vaatimuksia myös muille suureille.

Määräysten mukaisuus 1009/2017:n mukaan vastaa S3-sisäilmastoluokkaa.

4 §. Huonelämpötilojen suunnitteluarvot

Rakennuksen huonelämpötilan on oltava suunniteltuna käyttöaikana viihtyisä, eivätkä ilman liike, lämpötilasäteily, lämpötilan vaihtelu, lämpötilaerot ja pintalämpötilat saa sitä heikentää.

Huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona on käytettävä lämpötilaa 21 celsiusastetta. Huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa huonelämpötila voi vaihdella välillä 20–25 celsiusastetta lämmityskaudella ja välillä 20–27 celsiusastetta lämmityskauden ulkopuolella. Erityisestä syystä, kuten tilan erityisiä lämpötiloja edellyttävän toiminnan tai tilan erityisluonteen vuoksi, voidaan huonelämpötilan suunnitteluarvona ja huonelämpötilan hallinnan suunnittelussa käyttää näistä arvoista poikkeavia lämpötiloja.

Huonelämpötilojen hallinnan suunnittelun perusteena käytettävänä mitoittavina säätietoina on käytettävä liitteessä 1 esitetyjä eri säävyöhykkeille säädetyjä testivuoden säätietoja ja eri säävyöhykkeille säädetyjä lämmityskauden mitoittavia ulkoilman lämpötiloja.

RTS-ympäristöluokitus

Rakennustietosäätöön ylläpitämän RTS-ympäristöluokituksen versiossa 1.11 viitataan lämpöolosuhteiden osalta Sisäilmastoluokitukseen 2018 /RTS-ympäristöluokitus v1.11/.

Sekä S1- että S2-sisäilmastoluokkien toteutuminen osoitetaan suunnitteluvaiheessa lämpöolosuhteiden olosuhdesimulointiraportin yhteenvedolla.

RTS-ympäristöluokituksen lisäohjeissa on asetettu vaatimus, että simuloinnit tulee tehdä dynaamisella laskentaohjelmistolla, jolla voidaan simuloida tilan lämpötilat vähintään tunnin tarkkuudella koko vuoden ajalle. Samoin olosuhdesimulointiraportille asetetuissa vaatimuksissa mainitaan, että raportissa tulee esittää yhteenveto tuloksista sekä laskentatulosteet, joista ilmenevät kuormitukset, laskennan lähtötiedot sekä tilan operatiivisen lämpötilan pysyvyys sisäilmastoluokan mukaisissa rajoissa tilan käyttöaikana sekä pohjakuva tarkasteltujen tilojen sijainnista.

Olosuhdesimuloinnit tulee tehdä ensisijaisesti rakennuksen suunnitellun käytön mukaisilla valaistus-, laite- ja henkilökuormilla ja suunnitelluilla käyttöajoilla. Jos suunniteltua käyttöä ei ole tiedossa tai arvioituun suunniteltuun käyttöön perustuvat kuormat ovat alhaisemmat kuin Sisäilmastoluokituksen **taulukossa 2.4.1** esitetyt oletusarvot, käytetään laskennassa **taulukon 2.4.1** arvoja.

Samoin ohjeistetaan, että olosuhdesimuloinneissa käyttöaste tulee laskea ajallisena käyttöasteena. Esimerkiksi ajallinen käyttöaste 0,6 tulee huomioida niin, että tilassa on täysi kuormitus 60 % käyttöajasta, eikä siten, että kuormitus olisi 60 % koko ajan.

Olosuhdesimuloinnin laskennan perusteiden vastaavuus toteutukseen varmennetaan ja siitä laaditaan tarkastusmuistio. Tarkastuksessa varmistetaan aurinkosuojausten, tilajäähdytyksen järjestelmän, valaistustavan ja -ohjauksen sekä laite- ja henkilökuormituksen vastaavuus olosuhdesimulointeihin kaikissa simuloituissa tilatyypeissä.

Riittävä ilmanvaihto voidaan osoittaa myös täyttämällä S1- tai S2-luokan mukaisen mitoittavan henkilömäärän mukaiset tilatyypikohtaiset ulkoilmavirrat.

Vaatimuksen täytyminen voidaan osoittaa laskelmilla, **simuloinneilla** tai mitoittamalla tilat Sisäilmastoluokituksen 2018 taulukon 2.4.3 "Ulkoilmavirtojen mitoitusarvot" mukaisilla mitoitusarvoilla.

4. Sisäympäristön tavoitearvot

Sisäympäristön tekniset tavoitearvot rakennuksen käytön aikana

Taulukoissa 1.3.1–1.3.5 on esitetty sisäilmaston tekniset tavoitearvot, joita käytetään sisäilmaston tavoitetason määrittelyssä rakennushankkeen suunnitteluvaiheessa. Tavoitearvot koskevat huonetilan oleskeluvyöhykettä (ilman liikenopeuden osalta työpistettä 0,1 ja 1,1 metrin korkeudelta mitattuna). Oleskeluvyöhyke alkaa lattiasta ja ulottuu 1,8 metrin korkeuteen sekä 0,6 metrin päähän seinistä. Äänitasoja tarkastellaan yleensä joko 1,2 tai 1,5 metrin korkeudella lattiasta. Mittaukset tehdään näitä koskevien kansainvälisten standardien mukaisesti.

Taulukko 1.3.1. Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot eri sisäilmastoluokissa.

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	21,5 ¹⁾	21,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,15 \times t_u$ ¹⁾	$21,5 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	24,5 ¹⁾	25,5	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama ylöspäin			
$t_u \leq 0$ °C	< 22,5	< 23	
$0 < t_u \leq 15$ °C	< $22,5 + 0,166 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 25	< 26	
Lämpötilan sallittu vaihteluväli [°C] poikkeama alaspäin			
$t_u \leq 0$ °C	> 20,5	> 20,5	
$0 < t_u \leq 20$ °C	> $20,5 + 0,075 \times t_u$	> $20,5 + 0,025 \times t_u$	
$t_u > 20$ °C	> 22	> 21	
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]			
$t_u \leq 0$ °C	< 23	< 23	
$0 < t_u \leq 20$ °C	< $23 + 0,2 \times t_u$	< $23 + 0,2 \times t_u$	
$t_u > 15$ °C	< 27	< 27	
$t_u \leq 10$ °C			< 25 (26) ²⁾
$t_u > 10$ °C			< 27 (32) ²⁾
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	> 20	> 20	> 20 (18) ²⁾
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjästä]			
– toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	
– asunnot	90 %	80 %	

¹⁾ S1-luokassa operatiivisen lämpötilan on oltava tila-/huoneistokohtaisesti aseteltavissa välillä $t_{op} \pm 1,5$ °C. Jos samassa huoneessa on useita henkilöitä, käytetään lämpötilan tavoitetasona taulukossa esitettyjä tavoitearvoja.

²⁾ Suluissa ovat Asumisterveysasetuksen mukaiset toimenpiderajat.

Lämpötilalla t_{ilma} tarkoitetaan liikkuvan ilman lämpötilaa tarkastelupisteessä. Ilman liikenopeudella tarkoitetaan kolmen minuutin keskiarvoa työpisteessä. Se mitataan suuntariippumattomalla anemometrillä standardin *SFS EN 12599* mukaisesti. Tulosten käsittelyssä mittaustulos ja asetettu tavoitearvo esitetään kahden desimaalin tarkkuudella siten, että viimeinen merkitsevä numero on 0 tai 5.

Hiilidioksidipitoisuustavoite koskee ihmisperäistä hiilidioksidia. Olosuhteiden pysyvyyttä tarkastellaan hiilidioksidipitoisuuden yhden tunnin liukuvan keskiarvon avulla. Pienhiukkasten tavoitearvo on keskimääräinen pitoisuus sisäilmassa 24 tunnin mittauksen aikana. Radonpitoisuus määritellään Säteilyturvakeskuksen hyväksymällä mittausmenetelmällä.

PM_{2,5}-hiukkaspitoisuudella tarkoitetaan huoneilmassa leijuvaa pölyä, jonka hiukkasten aerodynaaminen halkaisija on alle 2,5 µm. Hiukkaspitoisuus mitataan standardin *SFS-EN 12341* mukaisesti rakennuksen normaalin käytön aikana, ja mittaus kestää 24 tuntia.

Standardin *SFS-EN 12464-1* lisäksi S1- ja S2-luokan asuintiloille on seuraavat lisävaatimukset:

- Asuintilojen keittiöiden ja kylpyhuoneiden työalueiden valaistusvoimakkuuden tulee olla vähintään 300 luksia.
- S1-luokan asuin- ja oleskelutiloissa tulee olla himmentimellä ohjattu valaisinpistorasia ja ikkunoissa säädettävä aurinkosuojaus (esimerkiksi säleverhot tai markiisit).

Taulukko 1.3.2. Ilman liikenopeuden tavoitearvot.

	S1	S2	S3
Vetoa aistivien osuus, <i>draft rate</i> (DR) [%]	10	15	
Ilman liikenopeus [m/s]			
$t_{\text{ilma}} = 21 \text{ °C}$	< 0,15	< 0,15	0,2 (talvi)
$t_{\text{ilma}} = 23 \text{ °C}$	< 0,15	< 0,20	
$t_{\text{ilma}} = 25 \text{ °C}$	< 0,20*	< 0,25*	0,3 (kesä)*

* Paikallisesti voidaan hyväksyä korkeampia ilmannopeuksia termisen viihtyvyyden lisäämiseksi, kun käytössä ei ole koneellista jäähdytystä.

Taulukko 1.3.3. Sisäympäristön laadun tavoitearvot.

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuuslisä * [ppm]	< 350	< 550	< 800
Radonpitoisuus [Bq/m ³]	< 100	< 100	< 200
PM _{2,5} [µg/m ³]	< 10	< 10	< 25
PM _{2,5} sisällä/ulkona	< 0,5	< 0,7	-
Ilman suhteellinen kosteus [% RH]	-	-	-
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
– toimi- ja opetustilat	90 %	90 %	-
– asunnot	90 %	80 %	-

* suurempi kuin ulkoilman hiilidioksidipitoisuus

Taulukko 1.3.4. Esimerkkejä akustisten suureiden tavoitearvoista tavanomaisimpien tilojen tapauksessa standardin SFS 5907 mukaisesti.

Tila ja suure	Merkintä	Yks.	S1	S2	S3
Asuinhuone					
Äänitasoeroluku asuntojen välillä	$D_{nT,w}$	dB	≥ 58	≥ 55	≥ 55
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	dB	≤ 49	≤ 53	≤ 53
LVIS-laitteiden äänitase asuinhuoneissa	$L_{A,eq}$	dB	≤ 24	≤ 28	≤ 28
LVIS-laitteiden äänitase keittiössä	$L_{A,eq}$	dB	≤ 33	≤ 33	≤ 33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase päiväsaikaan klo 7–22	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase yöaikaan klo 22–7	$L_{A,eq,22-07}$	dB	≤ 25	≤ 30	≤ 30
1—2 hengen toimistohuone					
Äänitasoeroluku työhuoneiden välillä	$D_{nT,w}$	dB	≥ 44	≥ 40	≥ 35
Äänitasoeroluku käytävälle	$D_{nT,w}$	dB	≥ 30	≥ 25	-
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika ¹⁾	T	s	≤ 0,5	≤ 0,6	≤ 0,7
LVIS-laitteiden äänitase	$L_{A,eq}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 40	≤ 40	≤ 40
Neuvotteluhuone					
Äänitasoeroluku naapurihuoneeseen	$D_{nT,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 40
Äänitasoeroluku käytävälle	$D_{nT,w}$	dB	≥ 35	≥ 30	≥ 30
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	dB	≤ 58	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika ¹⁾	T	s	≤ 0,5	≤ 0,6	≤ 0,7
Puheensiirtoindeksi ³⁾	STI	-	≥ 0,8	≥ 0,7	≥ 0,7
LVIS-laitteiden äänitase	$L_{A,eq}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 35
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 40
Avotilatoimisto⁴⁾					
Äänitasoeroluku työhuoneeseen	$D_{nT,w}$	dB	≥ 30	≥ 25	≥ 25
Äänitasoeroluku neuvotteluhuoneeseen	$D_{nT,w}$	dB	≥ 35	≥ 30	≥ 30
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Häiritsevyysetäisyys ²⁾	r_D	m	≤ 4	≤ 6	≤ 8
Puheensiirtoindeksi ³⁾	STI	-	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5
Jälkikaiunta-aika ¹⁾	T	s	≤ 0,40	≤ 0,50	≤ 0,60
LVIS-laitteiden äänitase	$L_{A,eq}$	dB	35	35	40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 40	≤ 40	≤ 45
Opetustila					
Äänitasoeroluku luokkien välillä ja luokasta käytävään, kun välissä ei ole ovea	$D_{nT,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 44
Äänitasoeroluku luokkien välillä ja luokasta käytävään, kun välissä on ovi	$D_{nT,w}$	dB	≥ 39	≥ 34	≥ 34
Askeläänitasoluku ympäristöstä	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika ^{1,5)}	T	s	0,4–0,6	0,5–0,7	0,5–0,7
Puheensiirtoindeksi ^{3,5)}	STI	-	≥ 0,75	≥ 0,70	≥ 0,70
LVIS-laitteiden äänitase	$L_{A,eq}$	dB	≤ 30	≤ 33	≤ 33
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 30	≤ 35	≤ 35
Terveydenhoidon vastaanottohuone, tutkimushuone, hoitohuone					
Äänitasoeroluku naapurihuoneeseen	$D_{nT,w}$	dB	≥ 48	≥ 44	≥ 40
Äänitasoeroluku käytävälle	$D_{nT,w}$	dB	≥ 39	≥ 34	≥ 34
Askeläänitasoluku ympäröivistä tiloista	$L'_{nT,w} + C_{1,50-2500}$	dB	≤ 63	≤ 63	≤ 63
Jälkikaiunta-aika ¹⁾	T	s	≤ 0,6	≤ 0,8	≤ 0,8
Puheensiirtoindeksi ³⁾	STI	-	≥ 0,70	≥ 0,60	≥ 0,60
LVIS-laitteiden äänitase	$L_{A,eq}$	dB	≤ 35	≤ 40	≤ 40
Rakennuksen ulkopuolisten lähteiden äänitase	$L_{A,eq,07-22}$	dB	≤ 35	≤ 35	≤ 35

¹⁾ Jälkikaiunta-aika koskee taajuuksia 125–4000 Hz. Taajuuksilla 250–4000 Hz sallitaan ±0.1 s ylitys. Taajuudella 125 Hz sallitaan ±0.3 s ylitys.

²⁾ Puheen häiritsevyysetäisyys r_D mitataan ISO 3382-3:n mukaan, jossa mittaluvut korvaavat jälkikaiunta-ajan käytön avotilatoimistoissa. r_D kertoo, minkä etäisyyden jälkeen puheensiirtoindeksin STI-arvo laskee alle arvon 0,50. Ohjearvot on esitetty ohjeessa *RIL 243-3-2008*.

³⁾ Puheensiirtoindeksi mitataan vuonna 2018 julkaistavan ympäristöministeriön ohjeen mukaisella etäisyydellä.

⁴⁾ Avotilatoimistoissa tulisi olla taustäänitase 40–45 dB $L_{A,eq}$ (spektri *RIL 243-3-2008* mukaan), jotta puheäänit eivät erottuisi pitkien matkojen päähän. Taustäänit voidaan helpoiten luoda erillisellä puheenpeittoäänijärjestelmällä.

⁵⁾ Avoimissa oppimisympäristöissä sovelletaan avotoimiston arvoja.

Taulukko 1.3.5. Esimerkkejä valaistussuunnittelun tavoitearvoista SFS-EN 12464-1:n mukaan.

	S1	S2	S3
Valaistusvoimakkuus, työalue [lx]	> 500	> 500	-
Valaistusvoimakkuus, lähialue [lx]	> 300	> 300	-
Häikäisyindeksi UGR_L	< 19	< 19	-
Värintoistoindeksi R_a	> 80	> 80	-



5. Rakennus- ja talotekniikkasuunnittelu ja laskentaproseduuri

Seuraavassa on lyhyesti kuvattu, mitä kohteen Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisessa tarkastelussa tulisi vähintään ottaa huomioon laskelmissa ja dokumentoita. Laskennassa erityisesti huomioitavia asioita on lisäksi esitetty **luvussa 6**. Luvun 6 mukaisia huomioita on kirjattu ylös laskentaesimerkkien teon yhteydessä.

Tavoitellut sisäilmaston tavoitearvot

Tavoitearvoja on asetettu S1- ja S2-luokissa operatiivisille lämpötiloille, ilman liikenopeudelle, sisäympäristön laadulle, ääniolosuhteille ja valaistukselle. Esitetään, mitä tavoitearvoja tarkastelu koskee, ja kirjataan tarvittaessa, mitä tarkasteluja tai niiden osia hankkeen yhteydessä ei tehdä.

Operatiivisen lämpötilan määrittämisessä esitetään, missä tilan kohdassa tai kohdissa tarkastelu on tehty. Tarkastelukohdan tulee olla tyypillinen tai keskeinen oleskelualue huoneen kalustuksen ja geometrian perusteella. Hankkeen alkuvaiheessa, kun kalustekuvia ei ole käytettävissä taikka tutkittaessa muuntojoustavuuden vaikutusta, voidaan tarkastelupisteeksi valita sijainti, joka on 1,5 metrin päässä ikkunan keskipisteestä. Kriittisesti tarkasteltaessa se voi lisäksi olla esimerkiksi huoneen haastavin oleskeluryhmä, jota on selvitetty esimerkiksi tutkimalla operatiivista lämpötilaa kesätilanteessa eri kohdissa huonetilaa ennen varsinaista tarkastelua. Operatiiviset lämpötilat selvitetään laskennallisissa tarkasteluissa dynaamisella simuloinnilla.

Sisäilman laadun tavoitearvona esitetään hiilidioksidipitoisuudelle annettu tavoitearvo, jonka toteutuminen selvitetään laskennallisissa tarkasteluissa dynaamisella simuloinnilla.

Mikäli hankkeessa tarkastellaan Sisäilmastoluokitusta 2018 ilman liikenopeuden tavoitearvoja, tulee laskennat tehdä CFD-simuloinnilla tai vähintään sellaisilla kehittyneillä ohjelmistojen huonemalleilla, joilla pystytään laskemaan huoneilman kerrostumista ja paikallisia ilman liikenopeuksia.

Jos hankkeessa tarkastellaan Sisäilmastoluokituksen 2018 ääniolosuhteiden ja valaistuksen tavoitearvoja, tulee tarkasteluissa hyödyntää hankkeessa käytettyjen kyseisten teknisten tuotteiden valmistajien julkaisemiin standardeihin perustuvia tuotetietoja ja laskentoihin soveltuvia validoituja ohjelmistoja.

Säätiiedot

Esitetään rakennuksen sijaintipaikkakunta ja ilmoitetaan, millä ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 mukaisella säävyöhykkeellä rakennus sijaitsee.

Tätä opasta varten tehtiin sää tarkasteluja esimerkkikohteessa, ja ne on esitetty **liitteessä 7**. Näiden ja muiden opasta koskevien tarkastelujen kautta päädyttiin Sisäilmastoluokituksen 2018 laskennallisissa tarkasteluissa käyttämään mitattuja, vuosien 2007 ja 2018 sää tietoja. Ympäristöministeriön asetuksessa esitetty normaalivuoden 25 °C:n ylittävien ulkolämpötilojen asetuntisumma on 45 °Ch, kun mitattujen vuosien 2007 ja 2018 asetuntisummat ovat 130 °Ch ja 719°Ch. Normaalivuoden sää tiedoissa on 4 päivän mittainen yhtenäinen hellejakso, kun vuoden 2018 mitatussa sää datassa on 25 päivän mittainen yhtenäinen hellejakso.

Tarkastelu tehdään joko nykyilmastoon nähden normaalilla hellekesällä 2007 tai nykyilmastoon nähden erityisen helteisellä kesällä 2018. Vuosi valitaan hankkeessa halutun riskitason perusteella. Mikäli valitaan hyvin pieni riskitaso, tarkastelu tehdään vuoden 2018 säällä. Hankkeessa voidaan poikkeustapauksessa perustellusti myös sopia edellä mainitusta poikkeavasta simulointisäästä.

Rakennuksen säävyöhyke määrää Sisäilmastoluokituksen 2018 laskennalliseen tarkasteluun käytetyn säätiedoston paikkakunnan seuraavassa esitetysti.

Käytettäessä Ilmatieteen laitoksen mittaamia vuosien 2007 ja 2018 säitä

- säävyöhykkeillä I ja II käytetään Vantaan paikkakuntaa
- säävyöhykkeellä III käytetään Jyväskylän paikkakuntaa
- säävyöhykkeellä IV käytetään Sodankylän paikkakuntaa
- myös muun paikkakunnan ja/tai mitatun datan käyttö on mahdollista, jos saatavissa on kyseisen paikkakunnan vuoden 2007 tai 2018 säätiedot.
 - Muiden paikkakuntien vuosien 2007 tai 2018 säitä ei ole kuitenkaan tarkasteltu Sisäilmastoluokituksen 2018 oppaan tekemisen yhteydessä, joten tiedossa ei ole niitä koskevat mahdolliset poikkeukselliset paikalliset olosuhteet.

Edellä esitetyt, vuosien toteutuneet 2007 ja 2018 paikkakuntakohtaiset, säät ovat tähän tarkasteluun normaalisti valittavat säät. Ne edustavat todellisia paikkakuntakohtaisia hellekesiä, jollaisia nykyilmastossa esiintyy. Niiden käyttö vastaa siten Sisäilmastoluokituksen 2018 tarkastelun luonnetta, jossa muiltakin osin pyritään realistisuuteen rakennusta, sen tiloja ja olosuhteita tarkasteltaessa.

Rakennuksen tiedot

Annetaan rakennuskohde ja sen osoite sekä rakennuksen käyttötarkoitukseluokka. Lisäksi kerrotaan joko olemassa olevan rakennuksen valmistumisvuosi tai ilmoitetaan uudisrakennuksen arvioitu valmistumisvuosi.

Rakennuksen ympäristö

Esitetään, miten rakennuksen oma varjostus, viereiset varjostavat rakennelmat ja rakennuksen muu ympäristö on mallinnettu ja huomioitu laskennassa, ja tehdään tämän mukainen mallinnus.

Rakenteet

Esitetään, mitkä ovat mallinnettujen vaipan rakenteiden rakennetyypit ja pääasialliset rakennusmateriaalit tai viitataan muihin suunnitelmiin, jolloin ilmoitetaan, minkä päivämäärän suunnitelmista tiedot ovat ja mitkä tiedot ovat laskijan arvioita.

Esitetään, mitkä ovat mallinnettujen vaipan rakenteiden U-arvot.

Esitetään, mitkä ovat (myös dynaamiseen laskentaan vaikuttavien) tarkasteltavien tilojen väliseinien ja välipohjien rakennetyypit ja pääasialliset rakennusmateriaalit.

Ilmanpitävyys

Rakennuttajan valitseman ilmanpitävyystavoitteen toteutuminen tulee todentaa tiiviysmittauksella sisäilmastoluokissa S1 ja S2. Mittauksen yhteydessä tulee tehdä ilmapuotojen paikannus ja mahdollisten

vuotopaikkojen tiivistys. Menettely on suositeltavaa myös S3-luokassa, jossa mittausta kevyempänä arviointikeinona voidaan käyttää rakennesuunnittelijan (tai muun vastaavan asiantuntijan) toteuttamaa valvontaa. Tarkempia ohjeita tiiviysmittaukseen on kirjassa *Rakennusten tiiviysmittaus* (Paloniitty, S. 2012).

Ilmoitetaan rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku q_{50} . Lisäksi ilmoitetaan, miten se on todennettu tai miten se, uuden rakennuksen tapauksessa, tullaan todentamaan.

Ikkunat

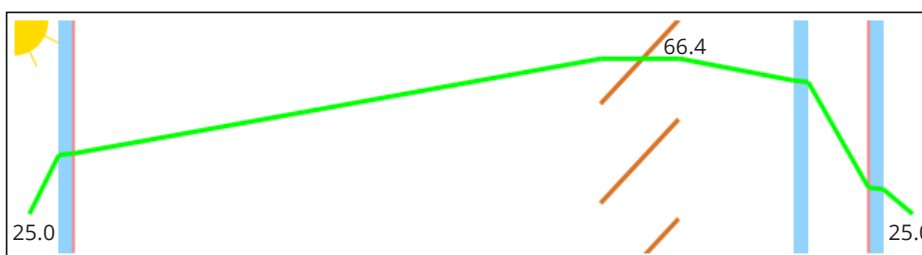
Ikkunoiden mallinnus tehdään yksityiskohtaista ikkunamallia käyttäen. Kaikki yksityiskohtaisiin ikkunoihin ja säteilynsuojaukseen liittyvät asiat esitetään kuvin ja taulukoin unohtamatta ikkunoiden säteilynsuojaukseen liittyvää mahdollista säätöä. Ikkunan lasitus on syytä kuvata lasi lasilta, koska aurinkosuojauksen vaikutuksen huomioiminen kertoimella lasitukseen ei johda kaikissa tapauksissa luotettavaan lopputulokseen. Esimerkiksi kaihtimen vaikutus kokonaisuuteen on erilainen kolmelasisessa kirkkaassa ikkunassa kuin aurinkosuojauksessa. Sen lisäksi aurinkosuojauksien tuoteominaisuuksia ei pystytä erottamaan vakiokertoimilla. Hankkeen alkuvaiheessa tehtävissä tarkasteluissa voidaan käyttää tyypillisiä yksikohtaisia lasituksia, joiden arvot vastaavat riittävällä tarkkuudella koko lasituksen arvoja. Myöhemmin, ikkunan lasituksen tarkentuessa, valittu lasitus kuvataan yksityiskohtaisemmin tuotearvoilla.

Alla on lueteltu ikkunoiden mallinnuksessa huomioitavia asioita:

- Sisäilmastoluokituksen 2018 tarkasteluun tulisi käyttää ikkunamallia, jossa lasitus mallinnetaan ikkunaruuu ja -välitila kerrallaan. Ikkunoihin mallinnetaan
 - suunnittelun mukainen geometria
 - tuotetta vastaavat lasiruutujen valon- ja säteilynläpäisyominaisuudet
 - tuotteen mukaiset lasin välitilojen paksuudet ja täytekaasun ominaisuudet
 - oikeaan kohtaan lasirakenteessa asennetut kaihtimet ja muut auringonsäteilynsuojaratkaisut
 - yksityiskohtaiset ikkunan sisä- ja ulkopuoliset säteilynsuojaratkaisut suunnitelmien mukaisella geometrialla, materiaaleilla ja ohjauksella/säädöllä
 - suunnitelmia vastaava ikkunakarmi ja ikkunan sisäänveto.

Seuraavassa on esimerkki lasituksesta, jota käytetään opetustilan laskentaesimerkissä.

Kerros	d [mm]	T[°C]	α_e [-]
Ulkopuoli		25.0	
1. Pilkington Suncool™ 70/40 4 mm (Pilkington)	4.0	41.0	0.260
2. DEFAULT-AIR	140.0	56.1	
3. Venetian blind	21.2	66.4	0.227
4. DEFAULT-AIR	30.0	59.7	
5. Pilkington Optifloat™ 4mm (Pilkington)	4.0	60.5	0.015
6. Air (10%) / Argon (90%) Mix (WIN7)	16.0	46.1	
7. Pilkington Optitherm™ S1A 4 mm (Pilkington)	4.0	31.8	0.019
Sisäpuoli		25.0	



Sisäilmastoluokituksen mukaisessa tarkastelussa ikkunatuuletusta ei oteta huomioon, vaan ikkunatuuletus on yleensä tiloissa tehostusmahdollisuutena, kun on poikkeukselliset ulkoilmaolosuhteet ja/tai sisäiset kuormat. Laadintaesimerkeissä ikkunatuuletusta ei ole tarkastelu.

Sisäiset kuormat

Esitetään kaikkien tilojen henkilö-, valaistus- ja laitekuormat sekä niiden profilointi.

Sisäiset kuormat mallinnetaan suunnitellun käytön mukaan, jos se on tiedossa tai jos se pystytään arvioimaan.

Jos käyttöä ei suunnitteluvaiheessa tunneta, voidaan käyttää Sisäilmastoluokituksen 2018 **taulukossa 2.4.1** lueteltuja arvoja. Jos muusta ei ole erikseen suunnitelmissa sovittu, näitä arvoja käytetään myös todentamisessa. Tämän oppaan **liitteessä 1** on myös esitetty tilatyyppien sisäisiä kuormia profiileineen.

Seuraavissa taulukoissa esitetyt suunnitteluarvot on tarkoitettu käytettäväksi erityisesti lämmitys- ja jäähdytyslaitteiden mitoituksessa. Suunnittelijoiden on lisäksi yhdessä rakennuttajan kanssa määriteltävä ja kirjattava sopimukseen olosuhteet, kuten tilan sisäinen kuormitus ja käyttö (henkilömäärä, valaistus, laitekuorma jne.), joissa suunnitteluarvot toteutuvat. Jos käyttöä ei suunnitteluvaiheessa tunneta, voidaan käyttää **taulukossa 2.4.1** lueteltuja arvoja. Jos muusta ei ole erikseen suunnitelmissa sovittu, käytetään näitä arvoja myös todentamisessa. Tarkasteluissa käyttöaste tulisi kuitenkin profiloida 0:n ja 100:n prosentin välille siten, että taulukossa esitetty keskimääräinen käyttöaste toteutuu.

Sisäiset kuormat tulee mallintaa ympärivuotiselle käytölle huomioimalla mahdollinen jaksottainen käyttö, vuorokaudenaika ja viikonpäivät. Tämä koskee sekä itse kuormia (W, henkilöiden lukumäärä) että niiden profilointia.

Taulukko 2.4.1. Tilojen käyttöprofiilit ja sisäiset lämpökuormat, jos todellista käyttöä ei ole tiedossa.

Rakennus / tila	Kellonaika	Käyttöaika		Henkilö- tiheys m ² /hlö	Käyttö- aste	Valaistus W/m ²	Laitteet W/m ²	Ihmiset ^{1,4)} W/m ²
		h/vrk	vrk/vko					
Asuintilat (pientalo)	00:00-24:00	24	7	37	0,6	8 ²⁾	2,4 ³⁾	2
Asuintilat (kerrostalo)	00:00-24:00	24	7	25	0,6	8 ²⁾	3 ³⁾	3
Toimistotilat	07:00-18:00	11	5	12	0,55	12	15	6
Neuvottelutilat	08:00-17:00	9	5	3	0,6	12	18...60	25
Opetustilat	08:00-16:00	8	5	2	0,5	18	12	35
Päiväkodin ryhmätilat	07:00-18:00	11	5	2	0,4	18	12	35
Liiketilat	07:00-21:00	14	7	17	0,55	15...70	8	5
Hotellihuone	00:00-24:00	24	7	19	0,5	14	7	4
Ravintolatilat	10:00-22:00	102	7	3	0,4	20	20	26
Urheilutilat	07:00-23:00	16	7	21	0,6	20	24	5
Terveystiloja	00:00-24:00	24	7	8	0,8	9	3	10

Kuormien profiloinnissa tulee huomioida henkilöiden, laitteiden ja valaistuksen kuormat realistisesti siten, että kuormat joko ovat tai eivät ole päällä (laitteiden lepotilan kulutusta lukuun ottamatta). Esimerkiksi yksittäinen henkilö oleskelee tai ei oleskele tilassa, mutta ei ole tilassa kuormana esimerkiksi 50-prosenttisesti. Lisäksi profiloiteja tehtäessä tulee huomioida, että kuormat ovat tilan käyttöön ja kuorman luonteeseen nähden järkevän keskimääräisen ajan päällä vuotuisella tasolla laskettuna. Jos tätä keskimääräistä vuotuista käyttöä ei voida kuormalle arvioida todellista käyttöä vastaavaksi, voidaan käyttää Sisäilmastoluokituksen 2018 **taulukon 2.4.1** mukaisia keskimääräisiä arvoja tai suoraan tämän oppaan esimerkeissä käytettyjä profiloiteja. Sama pätee myös itse tilojen kuormille (W, henkilöiden lukumäärä, ominaisteho W/m²).

Tiloihin mallinnetaan kuormista se osa, joka tulee kuormana tiloihin. Esimerkiksi pesukoneessa ja astianpesukoneessa on 2 kW:n sähkövastus, jonka tehosta pääosa menee veden lämmitykseen. Lämmitetty käytetty vesi johdetaan viemäriin.

Henkilöt

Tarkasteltaviin tiloihin tulee mallintaa ja profiloida arvioidun päivittäisen suunnitellun käytön mukainen määrä henkilöitä. Henkilöiden aktiivisuus tulee huomioida laskennassa.

- Tavanomaisessa istumatyössä ja oleskelussa käytetään Sisäilmastoluokituksen 2018 **taulukon 2.4.1** mukaisesti aikuisille aktiivisuutta 1,2 met ja vastaavasti lapsille aktiivisuutta 1,0 met.
- Nukkuvan henkilön aktiivisuutena (makuuhuoneet) käytetään ASHRAE Fundamentals 2017 -standardin mukaisesti 0,7 met.
- Kun aktiivisuus selvästi poikkeaa normaalista, tulee käyttää ASHRAE Fundamentals 2017 -standardin mukaista henkilön toimintaa parhaiten kuvaavaa aktiivisuutta (met).

Valaistus

Tarkasteltaviin tiloihin tulee mallintaa tehot suunnitelmien mukaisesti ja profiloida ne suunnitellun käytön mukaan.

Valaistusta käytetään tiloissa läsnäolon aikana, jollei suunniteltu käyttö muuta edellytä. Valaistusprofiilit voidaan määrittää keskimääräisen vuoden tilanteen mukaan, mutta jaksottainen rakennuksen käyttö tulee huomioida erikseen.

Silloin, kun pyritään Sisäilmastoluokituksen 2018 valaistuksen tavoitearvoihin, tulee mallinnetuilla valaistustehoilla täyttää Sisäilmastoluokituksen kohdan 1.3.5 valaistuksen tavoitearvot.

Laitteet

Tarkasteltaviin tiloihin tulee mallintaa ja profiloida arvioidun päivittäisen suunnitellun käytön mukainen laite-teho. Laittekuormista mallinnetaan se osa, joka tulee kuormana tiloihin.

Talotekniikka

Lämmitys ja jäähdytys

Esitetään tilojen ja ilmanvaihdon lämmitys- ja jäähdytystapa, laitetyypit, asetusarvot, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien mitoitus-tehot ja verkostojen mitoituslämpötilat.

Tiloihin tulee suunnitella ja mallintaa lämmitys- ja jäähdytysuonelaitteet tiloittain sen mukaisesti, miten laitteet on sijoitettu ja mikä on niiden teho, asetusarvot ja säätö. Ilmanvaihdolla tilaan tuotujen

lämmitys- ja jäähdytystehojen tulee vastata suunnittelussa käytettyjä tilakohtaisia ilmavirtoja ja ilman sisäänpuhalluslämpötiloja.

Tilojen olosuhteisiin vaikuttavat häviöt, kuten lämpimän käyttöveden kierto häviöt, putkihäviöt ja kanavahäviöt, tulee myös mallintaa aina, kun ne ovat laskennan kannalta merkittäviä.

Ilmanvaihto

Esitetään mallinnettavien tilojen ilmanvaihtokoneet ja niiden lämmitys- ja jäähdytystapa, tilakohtaiset ilmavirrat ja ilmavirtasäätö sekä tuloilman lämpötilasäätö. Esitetään ilmanvaihdon SFP-luvut ja tuloilman lämpeneminen puhaltimissa ja kanavistossa.

Ilmanvaihtoon liittyvistä säädöistä ja ohjauksista ilmoitetaan ja mallinnetaan tila-/IV-konekohtaisesti vähintään

- IV-koneiden ja erillispuhaltimien aikaohjelmat
- IV-koneiden tuloilman lämpötilan säätö- ja ohjaustapa ja sen asetusarvot eri tilanteissa
- IV-koneilta tilaan tulevat tulo-/poistoilmavirrat (käyttöaikana ja käyttöajan ulkopuolella) ja niiden ohjaustapa (vakio/muuttuva)
- tilakohtaiset muuttuvailmavirtaohjausten säätö- ja ohjaustapa sekä asetusarvot (esimerkiksi lämpötila- ja/tai CO₂-säätö)
- mahdollisten IV-koneiden yötuuletus/jäähdytystoimintojen säätö- ja ohjaustapa sekä asetusarvot
- mahdolliset tuloilman jälkilämmittimet tai jäähdyttimet ja niiden lämpötilaohjaukset tila- tai aluekohtaisesti
- silloin, kun Sisäilmastoluokituksen 2018 olosuhdemallinnukseen tehtävä malli koskee vain osaa rakennuksen tiloista ja osaa IV-koneiden palvelualueista. Tällöin mallinnuksessa tulee käyttää edellä mainittuihin asetuksiin perustuvia arvioituja keskimääräisiä asetusarvoja ja asetuksia, joilla pyritään huomioimaan järjestelmän osittainen mallinnus.
 - Esimerkiksi sisäänpuhalluslämpötila ja yötuuletuksen/jäähdytyksen asetusarvot tulee arvioida realistisesti vastaamaan osittaista mallinnusta. Tällöin esimerkiksi vuodenaika ja käyttötilanteet tulee huomioida siten, että mallinnetut asetusarvot vastaisivat käytön aikana kokonaisessa rakennuksessa toteutuvia arvoja.

Tuloilman lämpeneminen ilman sisäänotossa ja kanavistossa tulee huomioida aina, kun se on merkittävää. Erityisesti se tulee huomioida, kun suunnitellaan eristämättömiä kanavaosuuksia ja/tai auringon tai laitteiden lämmittäessä rakenteita ja tiloja, jotka liittyvät kanavistoon tai ilman sisäänantuontiin.

Suunnitteluilmamäärien asetannassa tulisi huomioida, että ne täyttävät tilakohtaisesti myös Sisäilmastoluokituksen 2018 valitun sisäilmastoluokan tavoitearvot. Asuinrakennuksen yhteydessä asian varmentaminen voidaan tehdä, kuten tämän oppaan **liitteessä 4** on esitetty. Valitun sisäilmastoluokan Sisäilmastoluokituksen 2018 mukaisen tilakohtaisen ilmamäärän tulee aina täyttää seuraavat perusvaatimukset:

- Sisäilmastoluokituksen 2018 sisäilmastoluokkaa vastaava tilakohtainen ilmamäärä, taulukko 2.4.3
- Sisäilmastoluokituksen 2018 sisäilmastoluokkaa vastaava ilman hiilidioksidipitoisuudelle asetettu tavoitearvo, **taulukko 1.3.3**. Ulkoilman hiilidioksidipitoisuutena käytetään 400 ppm
- Suunnitteluratkaisun tulee täyttää valituilla ilmamäärillä Sisäilmastoluokituksen kohdan 1.3.4 ääniolosuhteiden tavoitearvot.

Päivänvalo

Päivänvalolle ei Sisäilmastoluokituksen 2018 tarkastelussa ole asetettu tavoitearvoja. Päivänvalolle hyvin asetetut tavoitteet tuovat tarvittavan vastavoiman aurinkokuorman pienentämiselle ikkunapinta-alan, ikkunalasituksen ja aurinkosuojauksen avulla.

Sisäilmastoluokituksessa 2018 kuitenkin todetaan:

”Rakennuksen ja sen ikkunarakenteiden suunnittelussa on varmistuttava riittävästä näköyhteydestä sisältä ulos ja hyödynnettävä päivänvaloa mahdollisimman paljon. Auringon suoran säteilyn aiheuttama ylikämpeneminen sekä heijastukset ja häikäisy on pyrittävä estämään. S1-luokan tiloissa on suositeltavaa käyttää käyttäjien toiveiden ja/tai auringon säteilyvoimakkuuden mukaan säätyviä auringonsuojaratkaisuja.”

Kun tehdään Sisäilmastoluokituksen 2018 dynaamisia tarkasteluja operatiivisille lämpötiloille ja jäädytyksen mitoitustarkasteluja, olisi tarkasteluissa aina suositeltavaa ottaa huomioon myös päivänvalo.

- Päivänvaloa voidaan hyödyntää tilojen valaistuksessa käyttämällä valaistuksen päivänvalo-ohjausta.
- Päivänvalo-ohjauksella voidaan pienentää valaistuksen sähköenergiankulutusta ja tilojen jäädytysenergiankulutusta sekä pienentää jäädytysjärjestelmän investointikustannuksia.
- Päivänvalo-ohjauksen avulla voidaan hyödyntää auringosta tilojen lämmitykseen saatavaa auringon säteilyn ilmaisenergiaa.
- Päivänvalo-ohjauksella voidaan parantaa tilojen lämpöolosuhteita.
- Päivänvalo-ohjauksella voidaan vähentää häikäisyä ja parantaa tilojen valaistusolosuhteita.
- Myös mahdolliset häikäisyhaitat tulee huomioida ja selvittää niiden torjumista.

Päivänvalosuunnittelun tulisi aina kulkea käsi kädessä ikkunasuunnittelun ja tilojen olosuhteiden ja energiankulutuksen suunnittelun kanssa. Dynaamisella simuloinnilla voidaan selvittää tilojen päivänvalokertoimet ja niiden jakaumat tiloissa, samoin kuin päivänvalolla tilojen eri alueille saatavat valaistusvoimakkuudet.

Päivänvalolaskennassa on tärkeää myös muistaa asettaa maan pinnan ja tarkasteltavien tilojen sisäpintojen lyhytaaltoisen säteilyn heijastuskertoimet pinnan ominaisuuksia vastaaviin arvoihin. Esimerkiksi valkoisille tavanomaisille seinäpinnoille heijastuskerroin on 0,8:n luokkaa, kun se tumman vihreälle pinnalle on noin 0,2.

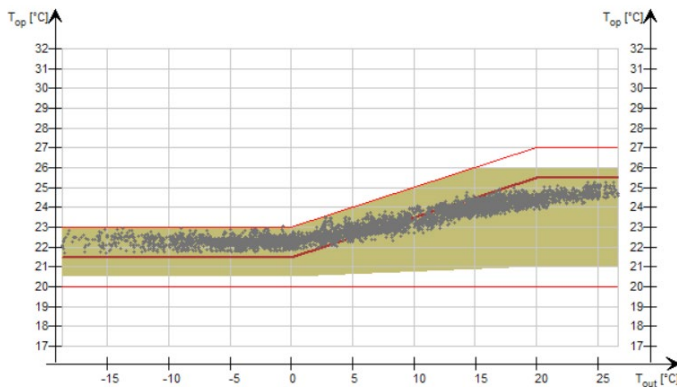
Laskentatuloksien esittäminen

Esitetään, mitä dynaamista simulointiohjelmistoa, sen versiota ja mahdollista ohjelmiston lisäosaa on käytetty Sisäilmastoluokituksen 2018 operatiivisen lämpötilan ja sisäympäristön laadun laskennallisiin tarkasteluihin.

Jos teknisiä tavoitearvoja on esitetty ilman liikenopeuksille ja joiden Sisäilmastoluokituksen 2018 tarkasteluissa on käytetty CFD-ohjelmistossa, tulee erikseen mainita, mitä ohjelmistoa, laskentamenettelyä ja laskentaohjelman mahdollista lisäosaa on laskelmiin käytetty.

Jos ääniolosuhteille ja valaistukselle on esitetty teknisiä tavoitearvoja, tulee tarkasteluihin käytetyt ohjelmistot esittää raportissa.

Operatiivisen lämpötilan toteutuminen esitetään sisäilmastoluokan mukaan graafisesti raportointikuvaajalla, joka on esitetty Sisäilmastoluokituksen 2018 kuvassa 2. Lisäksi annetaan operatiivisen lämpötilan pysyvyyksien lukuarvot Sisäilmastoluokituksen 2018 taulukon 1.3.1 mukaisesti. Hiilidioksidipitoisuuden pysyvyydet esitetään lukuarvoina luokituksen taulukon 1.3.3 mukaisesti. Seuraavassa on esimerkki näistä dynaamisen laskennan perusteella raportoitavista tuloksista.



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	4585 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	4585 (100 %)
Yhteensä:		4586

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	89 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Edellä esitettyjen visuaalisten ja tavoitearvojen pysyvyyttä koskevien lukuarvojen lisäksi tulee sanallisesti todeta, täyttääkö laskennallinen tarkastelu Sisäilmastoluokituksen 2018 tavoitearvot. Mikäli ei, tulisi tarkentaa, missä kohdin tarkastelu ei niitä täytä ja mihin tavoitearvoon tai pysyvyyteen täyttämättä jääminen liittyy. Lisäksi tulee esittää poikkeamien suuruus tavoitearvoihin ja pysyvyyksiin nähden ja esittää, millä muutoksilla tavoitearvot voitaisiin saavuttaa.

Laskentatulokset voidaan yhteisesti hyväksyä eri osapuolten kanssa kohteeseen riittävinä, vaikka ne eivät kaikilta osiltaan täyttäisikään asetettuja Sisäilmastoluokituksen 2018 tavoitearvoja ja niiden pysyvyyksiä. Tämä edellyttää rakennuttajan/tilaajan hyväksyntää ja sitä, että ylityksestä ei katsota olevan merkittävää haittaa tilojen käyttäjille. Erityisesti tätä voisi soveltaa, jos laskennallinen operatiivinen lämpötila ylittää välikaudella muutamina tunteina maksimilämpötilan raja-arvon.

Sisäilmastoluokituksessa 2018 ei ole annettu huoneilman kosteusolosuhteille tavoitearvoja. Luokituksen mukaisesti mahdollista kostutusta käytettäessä ilman suhteellisen kosteuden tulee kuitenkin olla alle 60 %, eikä kostutus saa aiheuttaa kosteus- ja mikrobivaurioiden riskiä. Simulointituloksiin on suositeltavaa kirjata kosteusolosuhteisiin liittyviä havaintoja erityisesti silloin, jos joihinkin tutkittuihin ratkaisuihin liittyy kohonneita huoneilman suhteellisia kosteuksia tai korkeita kastepisteen lämpötiloja.

Jos kyseessä on kohde, jonka talotekniikkajärjestelmälle ja/tai rakennustekniselle toteutukselle halutaan tehdä vertailevia energiankäyttö- ja/tai elinkaarilaskelmia, on suositeltavaa tarkastella myös kohteen olosuhteita Sisäilmastoluokituksen 2018 laskennalla samoissa tutkittavissa tapauksissa. Näin saadaan aikaan kokonaisvaltaisia tarkasteluja valintoja varten.

Tarkasteltavat laskentatapaukset ja niiden lähtöarvot on esitettävä raportissa selkeästi siten, että käy ilmi, mitkä tiedot liittyvät mihinkin laskentatapaukseen ja mitkä ovat kunkin laskentatapauksen tulokset.

6. Laskennassa huomioitavia asioita

Operatiivinen lämpötila

Sisäilmastoluokituksessa lämpöolosuhteiden tavoitearvot on asetettu sekä operatiivisina lämpötiloina että vetoa aistivien osuutena [Draft Rate, DR (%)] ja ilman liikenopeuksina. Luokituksessa ei ole otettu kantaa siihen, missä kohdassa tilaa nämä tulisi, mukaan luettuna operatiivinen lämpötila, simuloida. Operatiivinen lämpötila tulee simuloida ensisijaisesti lämpöolosuhteiden hallinnan kannalta haastavassa sijainnissa, esimerkiksi 1,5 metrin päästä isoimmasta ikkunasta ikkunan keskelle laskettuna. Vaihtoehtona on myös tarkastelu yhdessä pisteessä oleskeluvyöhykkeen keskellä. Tarkastelupisteen valinnassa tulee huomioida suunnitteluvaihe, mahdollinen kalustekuvien puute ja muuntojoustavuus.

Olosuhdesimulointi voidaan tehdä myös useammalle sijainnille: esimerkiksi 1 × 1 metrin välein koko oleskeluvyöhykkeellä ja mahdollisesti myös eri korkeuksilla tai kalustekuvien mukaan määritetyillä sijainneilla. Jos laskettavassa tilassa tarkastellaan useampia sijainteja, eri pisteiden tuloksia voidaan käsitellä eri tavoilla. Eri pisteiden tuloksista voidaan laskea esimerkiksi keskiarvo tai mediaani, jonka mukaan vaatimusten täyttymistä tarkastellaan.

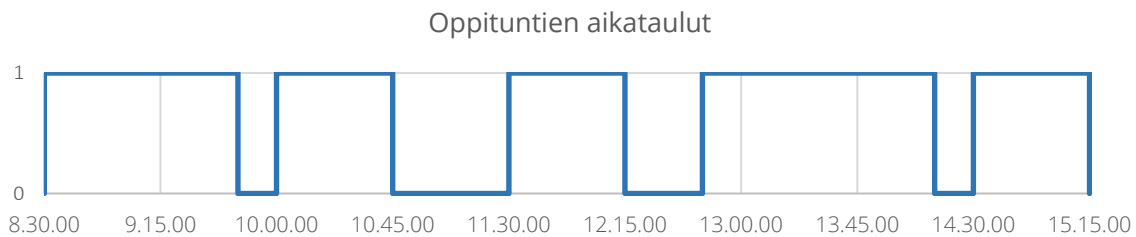
Operatiivisen lämpötilan tarkastelupisteen tai -pisteiden sijainti ja tulosten käsittelytapa tulee sopia hankkeessa ennen simulointitarkasteluja.

Opetustilaesimerkissä +23 °C:n ylittävien tuntien lukumäärissä oli 200 tunnin ero eri tarkastelupisteen mukaan, kun tarkastellaan lukuvuoden arkipäivien kello 8:n ja 16:n välistä aikaa.

Asuntojen käyttö on jatkuvaa toisin kuin muissa käyttötarkoitukseluokissa mukaan lukien majoitus- ja liikerakennukset.

- Pääsääntönä käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennuksissa (asuinrakennukset) tulisi operatiivisten lämpötilojen pysyvyys raportoida kaikissa asuinhuoneissa jatkuvan 24/7 käytön mukaisilta tunneilta.
- Asuinrakennuksissa makuuhuoneiden oletetaan olosuhteiltaan olevan valmiina päivä- ja ilta-aikaiseen käyttöön, vaikka niihin olisikin mallinnettu vain nukkumiseen liittyvä yökäyttö.
 - Mallinnuksen ulkopuolella tämä tarkoittaisi sitä, että osa muualle asuntoon mallinnetuista henkilöistä siirtyisi makuuhuoneen kuormaksi, mikä samalla vähentäisi muiden tilojen mallinnuskuormaa.
 - Jos taas esimerkiksi etätyökäyttö olisi jo mallinnettu makuuhuoneeseen ja olohuone olisi tästä syystä päivällä tyhjä, oletettaisiin vastaavasti, että olohuone on olosuhteiltaan silti jatkuvasti valmiina käyttöön.
- Poikkeuksena käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennuksissa (asuinrakennukset) raportoidaan operatiivisten lämpötilojen pysyvyys läsnäolon mukaisilta tunneilta, silloin kun läsnäolo vaikuttaa suunnitelmien mukaisesti asetusarvoihin ja olosuhteisiin ja sen todellinen säätö -ja ohjaustapa viiveineen ja ennakoiteineen on mallinnettu simulointiohjelmaan. Olosuhteet on tällöin simuloitava dynaamisella vuosisimuloinnilla, johon asunnon käyttö on profiloitu kotona/poissa-automatiikalla suunnitelmien mukaisesti.

Lämpöolojen pysyvyydelle on asetettu vaatimus prosenttiosuutena käyttöajasta. **Liitteen 6** opetus-tilaesimerkissä tila on suunnitellusti käytössä arkipäivisin alla olevan profiilin mukaisesti. Opetustila ei ole käytössä joulu- ja kesäloman (3.6.–11.8.) aikana. Yksittäisiä lomapäiviä (pääsiäinen, vappu jne.) ei ole otettu huomioon.



Muiden kuin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennuksissa operatiivisten lämpötilojen pysyvyys raportoidaan Sisäilmastoluokituksen 2018 raportoinnissa pääsääntöisesti läsnäoloajalta. Opetustilaesimerkissä operatiivisten lämpötilojen pysyvyys on raportoitu yllä olevan kuvaajan mukaisesti oppituntien aikana.

Toinen vaihtoehto olisi raportoida pysyvyys siltä ajalta, kun tilan tulisi olla käytettävissä eli esimerkiksi opetusrakennuksessa lukuvuoden arkipäivien kello 8:n ja 16:n välisenä aikana. Tämä voisi vaikuttaa operatiivisiin lämpötiloihin huomattavasti esimerkiksi vain hiilidioksidipitoisuuden mukaan ohjautuvassa IMS-järjestelmässä. Samoin tuntimäärän kasvaessa pysyvyyden prosenttiosuudet vaihtelevat.

Ilman liikenopeuden tavoitearvot

Operatiivisten lämpötilojen tavoitearvojen lisäksi Sisäilmastoluokituksessa lämpöolosuhteiden tavoitearvot on asetettu vetoa aistivien osuudelle [Draft Rate, DR (%)] ja ilman liikenopeuksille. Ilman liikenopeudella tarkoitetaan Sisäilmastoluokituksessa kolmen minuutin keskiarvoa työpisteessä.

Energia- ja olosuhdetarkasteluun käytettävissä ohjelmistoissa on lähes poikkeuksetta täysin sekoittunut huonetilamalli, joka tarkoittaa sitä, että ilman lämpötila on sama joka kohdassa ilmatilavuutta. Paikallisen ilman lämpötilan lisäksi DR:n laskemisessa tarvittavat paikallinen ilmanopeus ja turbulenssiaste eivät ole simuloitavissa perinteisillä energia- ja olosuhdesimulointiohjelmistoilla. Näiden suureiden tarkastelemiseksi tarvitaan CFD-laskentaa eli numeeristen virtauskenttien laskentaa (wikipedia.org/wiki/Computational_fluid_dynamics). CFD-ohjelmistoilla voidaan suorittaa vain yhden ajanhetken laskentaa. Näin ollen tarkasteluajanhetken valinta on kriittistä, kun halutaan tarkastella keskimääräisiä taikka ääritilanteiden olosuhteita.

IDA Indoor Climate and Energy -ohjelmiston (IDA ICE) versiossa 5.0 on julkaistu "ei-täysin-sekoittunut huonemalli", jolla voidaan "flow element"-menetelmään perustuen laskea koko vuoden simuloinnilla paikallisia ilman nopeus ja vetokriteerejä (Lars Eriksson, et al.). IDA ICE -ohjelmistoon on saatavissa *Open Foam* (openfoam.com) CFD-laskentaytimeen perustuva CFD-laskennan lisäosa. Molempia ominaisuuksia on käytetty **liitteen 5** esimerkissä.

Näidenkin tavoitearvojen simulointitarkastelusta tai niiden tekemättä jättämisestä tulisi sopia hankkeessa ja tehdä siitä tarvittavat kirjaukset hankkeen dokumentaatioihin. CFD-laskenta on harvoin tarpeellista tavanomaisissa hankkeissa ja tiloissa, mutta erikoistiloissa, esimerkiksi suurissa aulatilaisissa ja konserttisaleissa, tarkastelut voivat olla hyvin perusteltuja.

Valaistuksen tavoitearvot

Useiden maiden rakentamismääräysten minimiarvoissa on määritelty raja-arvoja päivänvalolle esimerkiksi päivänvalokertoimien (käytetään usein myös termiä *päivänvalosuhte*) minimiarvoina. Ympäristöluokituksissa on asetettu erilaisia päivänvaloon kohdistuvia raja-arvoja, kuten *Daylight Autonomy*. Pohjoismaisessa Joutsenmerkissä opetustiloille on asetettu päivänvalosuhteen tavoiteraja-arvoksi 2,2 %, jonka tulee täyttää 50 % tilan käytettävässä olevasta alasta.

Sisäilmastoluokituksessa on annettu raja-arvoja valaistussuunnittelulle, mutta ei päivänvalolle. **Liitteen 6** opetustilaesimerkissä keskimääräinen päivänvalokerroin on 0,35 %, ja vain 5 % oleskeluvyöhykkeen pinta-alasta ylittää raja-arvon 2,2 %. Näin ollen tila ei täytä Joutsenmerkin vaatimusta.

Tavoitearvo vs. asetusarvo

Oppaan **luvussa 4** on esitetty Sisäilmastoluokituksen 2018 tekniset tavoitearvot käytön aikana. Tavoitearvot on asetettu S1- ja S2-luokissa operatiivisille lämpötiloille, ilman liikenopeedelle, sisäympäristön laadulle, ääniolosuhteille ja valaistukselle.

Jotta teknisten tavoitearvojen mukaisiin olosuhteisiin ja tavoitearvojen pysyvyyksiin päästään dynaamisessa simuloinnissa ja myös käytännössä kohteessa, tulee tavoitearvoihin liittyvät asetusarvot asettaa hieman tiukemmin kuin itse tavoitearvot.

Esimerkiksi jäähdystystä tarvitsevassa kohteessa operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo S2-luokassa (27 °C) ylittyy kesähelteellä, jos jäähdystyksen asetusarvo asetetaan tätä enimmäisarvoa vastaten arvoon 27 °C. Näin tapahtuu dynaamisessa simuloinnissa silloinkin, kun tilan asetusarvona käytetään operatiivista lämpötilaa. Yleensä jäähdystyksen asetusarvo asetetaan ja mittaus tehdään kuitenkin ilman lämpötilan mukaan, joka kesätilanteessa on usein (kuumista pinnoista johtuen) matalampi kuin operatiivinen lämpötila. Ilman lämpötilan asetusarvona tulee käytännössä ja dynaamisessa simuloinnissa tyypillisesti käyttää kesähelteellä 23–25 °C, jotta operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo 27 °C ei ylity.

Sama tapahtuu myös matalilla ulkolämpötiloilla, jos jäähdystyksen asetusarvona käytetään samaa arvoa kuin operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo. Dynaamisella simuloinnilla käytetyllä säällä ja eri jäähdystyksen mitoituksilla (eri päivinä ja kuukausina) voidaan tutkia mitä ilman lämpötilan asetusarvoa (ja säätöä mukaan lukien yötuuletus/jäähdytys) operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo ja operatiivisen lämpötilan pysyvyys koko käytetyllä ulkolämpötila-alueella edellyttää. Tässä on huomionarvoista, että operatiivisen lämpötilan pysyvyys halutulla alueella on enimmäis- ja vähimmäisarvojen lisäksi Sisäilmastoluokituksen 2018 säädön asetusarvoja (lämmitys ja jäähdytys) ja itse säätöä (dynaamisessa simuloinnissa ja käytännössä) määräävä tekijä.

Vastaavasti pyrittäessä ilman hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvoon 950 ppm (ulkoilman hiilidioksidipitoisuus 400 ppm), tarpeenmukaisen säädön mukaisena hiilidioksidipitoisuuden asetusarvona tulee käyttää 950 ppm:ää pienempää asetusarvoa. Tällöin voidaan esimerkiksi käyttää ilman hiilidioksidipitoisuuden mukaan kasvavaa ilmavirtaa, joka nousee tarvittavaan maksimiarvoonsa, kun hiilidioksidipitoisuus saavuttaa esimerkiksi 900 ppm (P-säätö), tai PI-säätöä, jossa ilmavirta kasvaa maksimiarvoonsa, kun hiilidioksidipitoisuus pyrkii kohoamaan esimerkiksi 900 ppm:n yläpuolelle.

Kastepistesäätö

Kondensoimattomissa huonelaitteissa (kuten jäähdytyspalkki ja jäähdytyspaneeli) ei ole tippuvesialtaita tai kondenssiveden viemärintiä. Kastepistesäätöä käytetään kondensoimattomien huonelaitteiden kanssa, jotta jäähdytyslaitteiden viileisiin osiin ei kondensoidu vettä, joka tiivistyisi ja tiputtaisi vettä ympäristöönsä.

Vaikka jäähdytysputket ovat yleensä eristettyjä, kondenssi itse jäähdytyslaitteessa estetään pitämällä jäähdytyksen menoveden lämpötila jatkuvasti huoneilman kastepisteen yläpuolella, jolloin jäähdytyslaitteen pintojen lämpötila ei laske niin matalaksi, että kondenssia pääsisi syntymään.

Menoveden lämpötilan nostaminen pienentää jäähdytyslaitteesta saatavaa tehoa merkittävästi. Pienennys maksimitehoja tarkasteltaessa on likimain suoraan verrannollinen jäähdytysveden keskimääräisen lämpötilan ja huoneilman lämpötilan erotukseen.

Jäähdytyksen mitoitusolosuhteissa mitoittavan ulkoilman kosteus ja lämpötila ovat korkeita (Ulkoilman entalpia on korkea.), jolloin ulkoilman kastepiste on korkea. Kun ulkoilman kastepiste on korkea, myös sisäilman kastepiste pyrkii nousemaan, jolloin kastepisteohjattujen huonelaitteiden tehonluovutuskyky pienenee. Näin tapahtuu helteisenä kesänä kaikkina hellepäivinä ja sitä enemmän, mitä korkeampi on ulkoilman entalpia.

Dynaamisessa simuloinnissa on kondensoimattomille huonelaitteille käytettävä jatkuvaa tarpeenmukaista kastepistesäätöä. Lisäksi huonelaitteiden mitoituksessa on kastepisteen vaikutus otettava huomioon huonelaitteiden valinnassa, jolloin huonelaitteet tulee mitoittaa korotetulle huonelaitteen menoveden lämpötilalle, jolla varmistetaan tehon riittävyys mitoitusolosuhteissa. Toisin sanoen jäähdytyksen tehontarpeen mitoitus tulee tehdä dynaamisella simuloinnilla, jossa kastepisteohjaus on asetettu toimimaan.

Lopuksi todetaan, että silloin, kun käytetään kondensoivia huonelaitteita tai tarkastellaan IV-koneen jäähdytyspattereita, kondenssin syntyminen vaikuttaa mitoittavaan jäähdytystehoon, ja se on otettava huomioon IV-jäähdytyspatterien ja kondensoivien huonelaitteiden mitoituksessa. Teho kasvaa kondenssin seurauksena sitä enemmän, mitä kylmempää jäähdytysnestettä käytetään ja mitä kosteampaa käsiteltävä ilma on.

Yötuuletus ja yöjäähdytys

Yötuuletuksella/yöjäähdytyksellä tilojen lämpötila pyritään laskemaan alueelle, joka on tyypillisesti esimerkiksi 1–3 °C alle jäähdytyskauden huoneilman asetusravon. Toiminnolla voidaan "varata jäähdytystä" rakenteisiin ja estää/rajoittaa jäähdytyksen käynnistymistä aamulla sisäisten kuormien aktivoituessa. Tilan matalampi aamulämpötila laskee dynaamisessa laskennassa (ja käytännössä) myös päiväaikaista huoneilman lämpötiloja ja operatiivisia lämpötiloja. Tarpeenmukaisella yötuuletuksella ja yöjäähdytyksellä voidaan pienentää rakennuksen tarvitsemää jäähdytyksen päiväaikaista huipputehoa ja jäähdytyksen vuotuista energiankulutusta.

Yötuuletuksella tarkoitetaan rakennuksen tiloja viileämmän ulkoilman käyttöä rakennuksen tilojen viilentämiseen yöaikaan ilman koneellista jäähdytystä. Yötuuletuksen aikana, kun tuloilmakanavat on eristetty, voidaan tiloihin puhaltaa alimmillaan noin 15 °C:n ulkoilmaa ilman, että syntyy riskiä liian matalan sisäänpuhalluslämpötilan aiheuttamasta kondenssista tuloilmaelimissä. Tuloilman lämpötilan säädössä voidaan tarvittaessa lisäksi käyttää kastepisteohjausta.

Yötuuletus toteutetaan useimmiten rakennuksen omilla IV-koneilla. Yötuuletuksen aikana voidaan tehostaa viilennysvaikutusta kasvattamalla ilmvirtaa esimerkiksi 30 % normaaliarvoa suuremmaksi. Näin tapahtuu etenkin käytettäessä pieniä ilmanvaihtomääriä, kuten tyypillisesti asuntokäytössä, jossa asuntokohtainen ilmvirtataso on normaalisti tyypillisesti alueella 0,35...0,7 l/sm². Silloin, kun perusilmanvaihto on tätä selvästi suurempi, riittää yötuuletukseen yleensä normaalikäytön vakioilmavirta tai lämpötilaohjattu tarpeenmukainen muuttuvaimavirta.

Jos muuttuvilmavirtajärjestelmän kanssa käytetään yksinomaan viileällä ulkoilmalla toteutettavaa yötuuletusta ilman huonelaitteilla toteutettavaa (vapaa)jäähdytystä, on järkevää laskea MIV-järjestelmän ilmavirtaohjauksen huoneilman asetusarvoa normaalia päiväkäytön asetusta esim. 1...3 °C normaaliasetusta alemmaksi, jotta yötuuletus toimii tehokkaasti. Koska yötuuletuksella ei haluta aktivoida tilojen lämmitysjärjestelmää, tulisi huolehtia, että yötuuletus katkaistaan, ennen kuin tilojen lämmitysjärjestelmän asetusarvo saavutetaan. Mikäli yötuuletuksen aikana on mahdollista, voidaan ohjelmallisesti tai muuten sulkea lämmityshuonelaitteiden toiminta.

Yötuuletukselle asetetaan oma aikaohjelma, joka pisimmillään voi olla esimerkiksi kello 22–06 siten, että se toimii tyypillisesti rakennuksen käyttöajan ulkopuolella ennen työpäiviä tai esimerkiksi silloin, kun asunnon käyttäjät ovat nukkumassa. Lisäksi, jos rakennuksessa on länteen ja luoteeseen suuntautuvia tiloja ikkunoineen, tulee harkita IV-koneen päiväohjelman automaattista pidennystä illansuussa, jos huoneiden lämpötilat kohoavat tällöin voimakkaasti. Jos rakennuksessa on jaksottainen IV-koneen käyttö, joka aktivoituu yöaikana, tulisi tällöin yötuuletuksen mukainen alhainen ulkoilman viilennystä hyväksikäyttävä lämpötila ja muut yötuuletuksen asetusarvot pysyä voimassa, vaikka jaksottainen käyttö aktivoituu. Päiväkäyttöön siirryttäessä tulee päivittäisen aikaohjelman asetusten yliajaa yötuuletuksen asetukset.

Yötuuletukselle asetetaan aikaohjelman lisäksi kalenteriohjaus ja ulkolämpötilaraja, jolla varmistetaan, että yötuuletus ei turhaan aktivoidu lämmityskaudella tai kylmillä ulkolämpötiloilla. Yötuuletuksen aikaohjelman sopiva pituus tulisi rakennuskohtaisesti tutkia dynaamisella simuloinnilla, jotta yötuuletus aktivoituu juuri silloin ja sen pituisena jaksona, jota käytännössä tarvitaan.

Yöjäähdytyksellä tarkoitetaan rakennuksen tilojen viilentämistä koneellisella jäähdytyksellä yöaikaan. Koneellista jäähdytystä voidaan käyttää tuloilman jäähdytykseen ja/tai huonelaitteiden jäähdytykseen. Koneellisen jäähdytyksen kanssa on joissakin järjestelmissä mahdollista hyödyntää yhtä aikaa myös vapaajäähdytystä, jossa hyödynnetään viileää ulkoilmaa joko suoraan tai lämmönsiirtimien kautta. Yöjäähdytykseen pätevät edellä esitetyt samat huomioon otettavat asiat kuin yötuuletuksessakin.

Yöjäähdytyksen erityispiirteitä yötuuletukseseen verrattaessa:

- Yöjäähdytyksessä tilat viilenevät tehokkaasti ja nopeasti. Yöjäähdytyksen aikaohjelman pituudeksi riittää yötuuletukselta lyhyempi jakso (esimerkiksi 2–3 tuntia ennen IV-koneen käynnistymistä aamuyöllä).
- Yötuuletukseseen verrattuna yöjäähdytys toteutetaan koneellisesti esimerkiksi jäähdytyskompressoreilla käyttämällä sähköä, mutta lyhyellä aikaohjelmajaksolla se kuluttaa vähemmän puhallinsähköenergiaa kuin yötuuletus. Lisäksi yöjäähdytyksen käytöllä voidaan "varata" jäähdytystä rakenteisiin ja alentaa päiväaikaista jäähdytyksen huipputehoa enemmän kuin yötuuletukselta käytettäessä. Simuloimalla on mahdollista selvittää, millä asetuksilla vuotuinen jäähdytysenergiankulutus saadaan tasolle, joka on usein alempi kuin pelkkää yötuuletukselta käytettäessä.
- Yöjäähdytys toimii myös silloin, kun yöaikainen ulkolämpötila on yli 20 °C, jolloin yötuuletuksen vaikutus on vähäinen. Yöjäähdytystä voidaan käyttää siis (myös) silloin, kun viileää ulkoilmaa ei ole saatavissa.

Lähteet

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2017. ASHRAE Fundamentals 2017.

Eriksson Lars, Grozman Grigori, Grozman Pavel, Sahlin Per, Havgaard Vorre Mette, and Ålenius Lars. CFD-Free, Efficient, Micro Indoor Climate Prediction in Buildings. First Building Simulation and Optimization Conference Loughborough, UK 10-11 September 2012.

Paloniitty S. Rakennusten tiiviysmittaus. Suomen Rakennusmedia Oy. 2012.

Rakennustietosäätiö RTS sr, 2020. RTS-ympäristöluokitus v1.11. Asuinrakennukset 2018 - Arviointikriteeristö.

Liite 1: Tietokanta lähtöarvoista tilojen olosuhdesimulointia varten

Rakennushankkeen alkuvaiheessa lähtöarvot lämpöolosuhteiden tarkastelua varten ovat usein puutteelliset. Jotta lämpöolosuhteiden laskennallinen tarkastelu saadaan ohjaamaan rakennusten suunnittelua oikeaan suuntaan jo aikaisessa vaiheessa, on luotu Excel-tiedosto tukemaan laskennan tekijää määrittämään tarkasteltavien tilojen lähtötietoja.

Tietokannan tiedoston etusivulla valitaan rakennustyyppi, tilatyyppi sekä lähteeksi tietty standardi, luokitus tai muu, joiden perusteella saadaan keskeiset suunnittelu- tai tavoitearvot esimerkiksi lämpöolosuhteiden laskennallista tarkastelua varten. Tiedoston yhdellä välilehdellä on lähtötietolomake, jota laskennan tekijä voi hyödyntää hankkeen lähtötietojen keräyksessä. Lisäksi tiedostossa on välilehti tilojen sisäisistä kuormista, jota voidaan hyödyntää laitteiden lämpökuormien, valaistuksen lämpökuormien tai kosteuskuormien arvojen määrittämisessä.

Kyseinen tiedosto on osoitteessa sisailmayhdistys.fi/julkaisut/Sisailmastoluokitus. Samassa paikassa on myös IDA ICE -"resource container", josta tietokannan sisältöä voidaan siirtää IDA ICE -laskentaan.

Tietokanta lähtöarvoista tilojen olosuhdesimulointia varten, v1.01 - 10.03.2023

Rakennustyyppi: Erilliset pientalot, rivitalot, ketjutalot ja asuin kerrostalot

Tilatyyppi: Asuinhuone - Makuuhuone 1 henkilö

Lähde: SISÄILMASTOLUOKITUS 2018 S2

Tietokannan tekijä ei takaa, että tietokannan tiedot olisivat virheettömiä tai ajantasaisia. Vastuu tietokannan perusteella aloitettavien laskennallisten tarkastelujen tulosten oikeudesta on käyttäjällä.

Aloita valitsemalla Rakennustyyppi, Tilatyyppi ja Lähde

Valittu lähde: Sisäilmastoluokitus 2018, RT 07-11297

Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot

Vähimmäisarvo	20	°C	Lisätieto: Pysyvyyden tavoite > 20,5, kun tu...
Tavoitearvo	21,5 + 0,2 x tu	°C	Lisätieto: 0 < tu ≤ 20 °C (Ulkolämpötilalla tu...
Enimmäisarvo	27	°C	Lisätieto: Pysyvyyden tavoite < 26, kun tu > 1...

Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot

Sisäilman laadun tavoitearvot

Hiihtidioksidipitoisuus	< 550	ppm	Lisätieto: *Suurempi kuin ulkoilman hiihtidioksidipitoisuus
Radonpitoisuus	<100	Bq/m ³	Lisätieto: -
PM _{2,5}	<10	µg/m ³	Lisätieto: -
PM _{2,5} sisällä/ulkona	<0.7		Lisätieto: -
Ilman suhteellinen kosteus	-	% RH	Lisätieto: -
Olosuhteiden pysyvyys	80	% käyttöajasta	Lisätieto: -

Sisäilman laadun tavoitearvot

Ilmanvaihdon normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot

Ulkoilmavirta

Minimi per m ²	-	l/s,m ²	Lisätieto: -
Mitoitus per m ²	-	l/s,m ²	Lisätieto: -
Mitoitus per hlö	-	l/s,hlö	Lisätieto: -
Mitoitus l/s	-	l/s	Lisätieto: -
Tehostus l/s	-	l/s	Lisätieto: -

Poistoilmavirta

Minimi per m ²	-	l/s,m ²	Lisätieto: -
Mitoitus per m ²	-	l/s,m ²	Lisätieto: -
Mitoitus per hlö	-	l/s,hlö	Lisätieto: -
Mitoitus l/s	-	l/s	Lisätieto: -
Tehostus l/s	-	l/s	Lisätieto: -

Tarpeenmukainen ohjaus

Ilmanvaihdon käyntiaika

Ilmanvaihdon normaalin käyttötilanteen mitoitusarvot

Henkilöiden käyttöasteet ja kuormat

Henkilökuormat

Määrä, hlö	-	hlö	Lisätieto: Huomioi myös huoneistokohainen
Määrä, hlö/m ²	0,0270	hlö/m ²	Lisätieto: Kerrostaloissa 0.04 hlö/m ²
Aktiiviteetti	1,2	MET	Lisätieto: -
Vaatetus	-	CLO	Lisätieto: -

Läsnäoloaika

Arkisin, Ma-Pe	00-24	Lisätieto: -
Lauantai	00-24	Lisätieto: -
Sunnuntai	00-24	Lisätieto: -

Olosuhdesimuloinnin käyttöasteet

Henkilökuormien käyttöaste (Maanantai - Perjantai)

0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10
0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60

Henkilökuormien käyttöaste (Lauantai)

Lähtötietolomake olosuhde, huippulämpötilan tai jäähdytysmitoituksen simulointia varten

TARKASTELTAVA TILA / VYÖHYKE

KÄYTTÄJÄN LÄHTÖTIEDOT

Henkilömäärä:

Aikataulu:

Laitteet:

RAKENTEIDEN LÄHTÖTIEDOT

Rakennetyyppi:

Ikkunat:

Ilman-suunta	U-arvo	g-arvo	LT	ST	Karmin osuus, %	Auringonsuojaus
--------------	--------	--------	----	----	-----------------	-----------------

Tilojen sisäisiä kuormia

Lähde: 2021 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

Equipment heating loads

Equipment	Average 15-min peak power consumption (range), W
Desktop computer	82 (26-151)
Laptop computer	53 (46-59)

Lighting heating loads

Common space type	Lighting Power Density, W/m ²
Atrium, <6.1 m in height	4,6
Atrium, >6.1 m and <12.2 in height	5,2

Vapor Released by Humans, Human Activities and Plants

Source	Unit	Release
Humans, Light activity	g/h	30-60
Humans, Medium activity	g/h	120-200

Liite 2: Avokonttorin sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S2

Rakennuksen tiedot

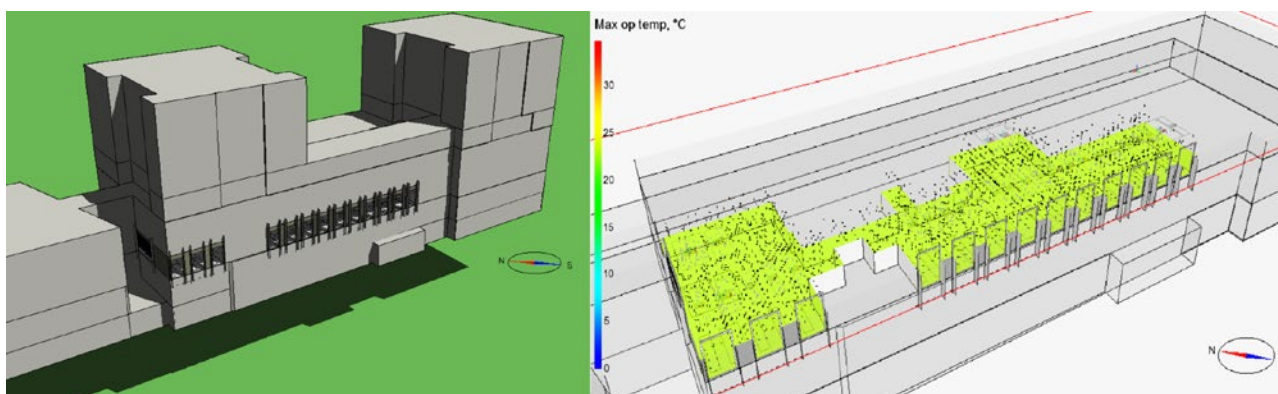
Rakennuskohde:	Toimisto Oy
Osoite:	Toimistokatu 12, 90777 Avotoimisto
Käyttötarkoituksiluokka:	3, Toimistorakennukset

Rakennuksen ympäristö

Viereiset varjostavat rakennukset ja rakennuksen osien oma varjostus on mallinnettu tarkasteluun.

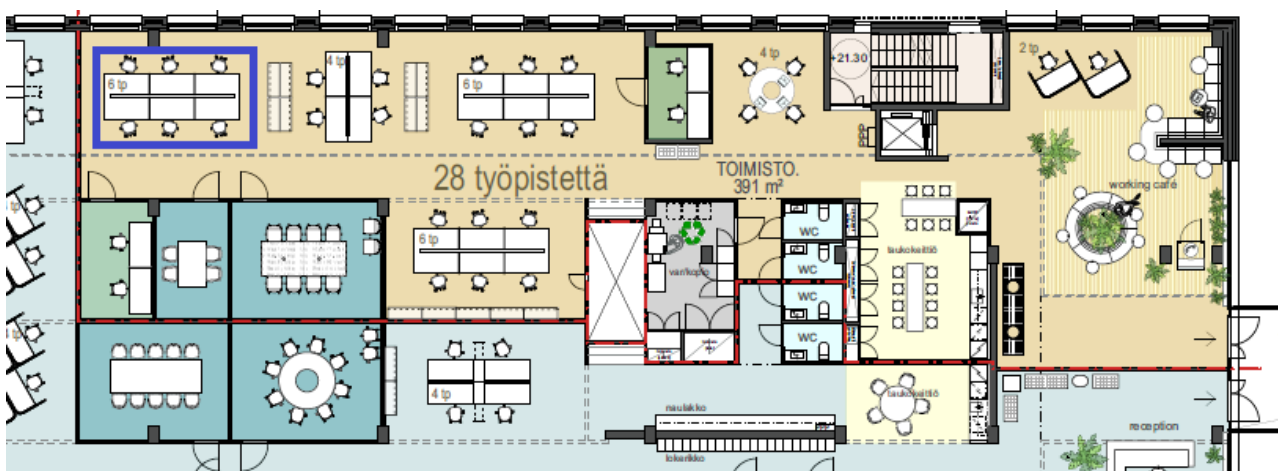
Tarkasteltavat tilat

Avokonttori	305 m ²	2. krs
-------------	--------------------	--------



Tarkasteltava avokonttoritila työpisteineen on esitetty alla kalustuspiirustuksessa vaaleanruskealla värillä. Avokonttoritilaan liittyy kuvan oikeassa reunassa työskentelyalue (*working cafe*), joka on mallinnettu osana avokonttoritilaa omilla sisäisillä kuormillaan.

Tarkasteluissa mallinnettiin kuvassa näkyvät työskentelyryhmät erikseen, jotta voitiin selvittää niiden alueella olevat operatiiviset lämpötilat. Tarkastelujen perusteella operatiivisen lämpötilan osalta haastavimmaksi osoittautui simuloinneissa kuvassa näkyvä sinisellä värillä ympäröity 6 henkilön pöytäryhmä, joka siitä syystä valittiin SIL 2018 luokan S2 tavoitearvojen tarkastelukohteeksi. Muiden pöytäryhmien kohdalla olevat olosuhteet poikkesivat tarkastelusta pöytäryhmästä vain vähäisissä määrin.



Rakenteet

Ulkoseinät ovat betoniseinäelementtejä mineraalivilla eristellä, U-arvo 0,17 W/m²K. Välipohja on ontelolaattarakenteinen. Avotoimiston ja muiden toimisto-osien väliset seinät ovat osastoivia paloeristettyjä levyseiniä. Saman paloalueen väliset seinät ovat äänieristettyjä levyseiniä. Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku on 2,0 m³/(hm²) ja se on todettu mittaamalla.

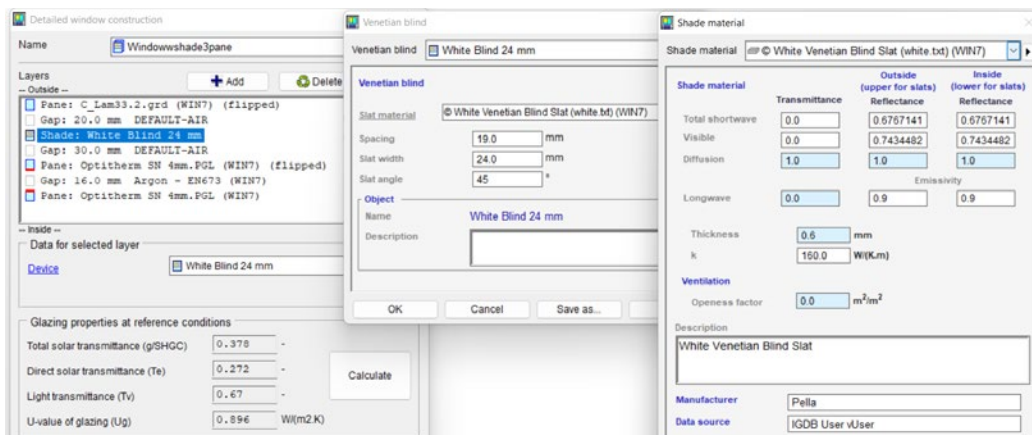
Ikkunat

Ikkunat ovat kaksipuitteisia pääosin puu-alumiini-ikkunoita (MSE), joissa on hyvä äänieristys. Avokonttorin oikeassa päädyssä olevan työskentelyalueen (*working cafe*) viereinen ikkuna oli tyypiltään julkisivuikkuna 3K eristyslasilla. Ikkunoiden ja niiden lasituksen keskeiset ominaisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa. Ikkunatuuletusta ei käytetä SIL 2018 luokitustarkasteluissa.

Asunnon Ikkunat	Määrä	Kok. Ala	g	T	Tvis	Lasitus U-arvo	Umpi- osan osuus	Umpi- osan U-arvo	Ikk. kok. U-arvo	Sisään- vedon syvyys	Auringon- suojaus
	kpl	m ²	-	-	-	W/m ² K	0...1	W/m ² K	W/m ² K	m	
Puu-alumiini MSE ikkuna	13	61,9	38	27	67	0,90	0,17	0,8	0,88	-	Sälekaihtimet, uloin lasiväli
Puu-alumiini MSE ikkuna (verho / screen tapauksessa)	13	61,9	25	16	55	0,91	0,17	0,8	0,89	-	Verho / screen, uloin lasiväli
Julkisivulasitus, 3K eristyslasi	1	14,5	38	27	67	0,88	0,11	1,5	0,95	0,05	Sälekaihtimet, sisäpuolella

Kaikkia ikkunoita ympäröivät seinärakenteet muodostavat ikkunoihin sivuvarjostuksen (0,3 m), joka on mallinnettu tarkasteluun. Ylä- ja alavarjostusta ei näistä rakenteista synny, joten ikkunavarjostusta ei ole tästä syystä myöskään mallinnettu ikkunasyvennyksenä paitsi julkisivulasituksen osalta, jossa on 0,05 m sisäänveto.

MSE Ikkunalasitus on kuvattu lasi lasilta seuraavan kuvan mukaisesti. Kuvasta nähdään myös käytetyn sälekaihdimateriaalin ominaisuudet ja säleiden mitat. Laskennan aikana säleiden kulma on 45°.

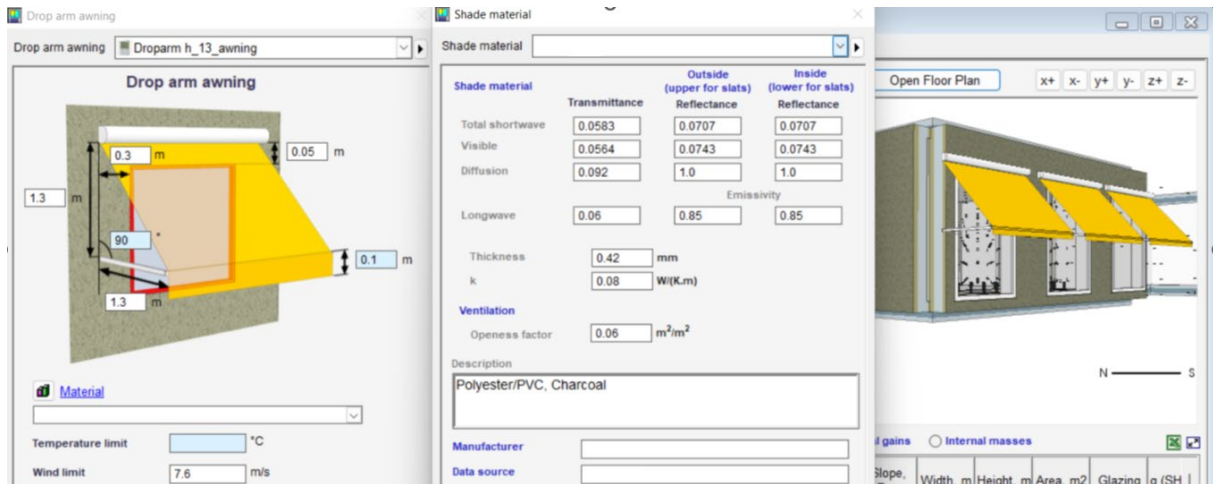


Julkisivulasitus eroaa MSE ikkunoista seuraavilta osilta:

- Uloin lasiväli on Argon täytteinen (3K eristyslasi)
- Karmiala on 11 % ja karmirakenteen U-arvo on 1,5 W/m²K
- Ikkunoissa on sisäpuoliset sälekaihtimet
- Ikkunoissa on 0,05 m sisäänveto

Laskentatapaus, jossa MSE ikkunoissa käytetään varsimarkiisia

Ikkunarakenne ja kaihtimet ovat kuten edellä on esitetty. Kaikissa (13 kpl) MSE Ikkunoissa (1,82 m x 2,63 m) on lisäksi alla olevan kuvan mukainen varsimarkiisi. Julkisivulasituksen yhteydessä ei käytetä varsimarkiisia.

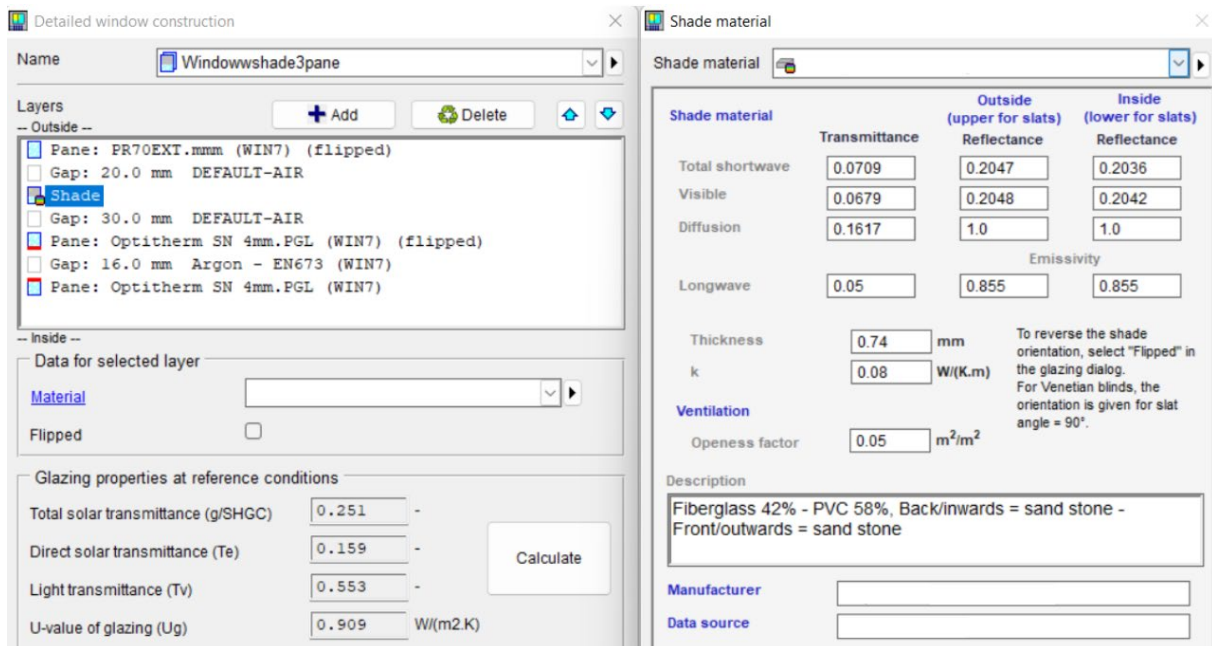


Varsimarkiiseja ohjataan päivänvalo- ja huonelämpötilaohjauksella seuraavasti:

- Mikäli ikkunavyöhykkeen työskentelyalueen valaistusvoimakkuustaso ylittää 550 lux, markiisi ohjataan alas.
- Mikäli ikkunavyöhykkeen työskentelyalueen valaistusvoimakkuustaso ylittää 500 lux ja lisäksi huonelämpötila ylittää jäähdytyksen asetusarvon markiisi ohjataan alas.
- Tehtyjen päivänvalotarkastelujen perusteella 500 luxin saavuttaminen koko 2 m leveällä ikkunaseinästä n. 1,6 m etäisyydellä sijaitsevalla työskentelyalueella edellyttää n. 850 luxin valaistusvoimakkuuden asetusarvon käyttöä työpisteeseen mallinnetun henkilön kohdalla. Ulkovyöhykkeellä oleva valaistuksen päivänvalo-ohjaus sammuttaa valaistuksen aina, jos koko työskentelyalueelle saadaan päivänvalolla 500 lux valaistusvoimakkuus.
- Lisäksi ikkunan uloimmassa lasivälissä on kaihtimet, jotka käyttäjä laskee ikkunaan, kun ikkunasta sisään tuleva säteilyteho ylittää 100 W/m², kuten myös perustapauksessa ilman markiisia. Tämä vaikuttaa myös työskentelyalueen valaistusvoimakkuuteen ja sitä kautta valaistusohjaukseen.

Laskentatapaus, jossa MSE ikkunoissa käytetään uloimmassa lasivälissä olevaa verhoa (*screen*), jota ohjataan päivänvalo- ja lämpötilasäädöllä.

- Ikkunarakenne ja verho (*screen*) on esitetty alla.
- Verhon täytyy estää häikäisyä ja tilojen tarpeetonta yllämpenemistä, mutta samalla sen käytöllä halutaan kuitenkin mahdollistaa riittävä päivänvalomäärä. Jotta tavoitteeseen päästään on perustellusti tarpeen (tehtyjen vaihtoehtosimulointien mukaan) käyttää hyvin eristetyin sisemmän 2 K eristyslasin lisäksi muita tapauksia parempaa uloimman lasin passiivista auringonsuojausta.



Verhoja ohjataan päivänvalo- ja huonelämpötilaohjauksella seuraavasti:

- Ohjaus tehdään samoin kuin edellä on esitetty markiisien tapauksessa.
- Lisäksi käyttäjä sulkee verhon, kun ikkunasta **sisään tuleva** säteilyteho ylittää 100 W/m². Tämä vaikuttaa myös työskentelyalueen valaistusvoimakkuuteen ja sitä kautta valaistusohjaukseen.

Sisäiset kuormat

Sisäiset kuormat on arvioitu tyypillisen suunnitellun käytön mukaan. Toimistossa työskentelevien henkilöiden lukumäärä ja työpisteiden sijoittuminen on mallinnettu kalustuspiirustuksen mukaan.

Avokonttoritila koostuu työskentelyryhmistä ja käytäväalueista sekä avokonttorin päässä sijaitsevasta työskentelyalueesta (*working cafe*).

Avokonttorin henkilökuormitus ja laitekuormitus on mallinnettu suunniteltua tyypillistä käyttöä kuvaavien jäljempänä esitettyjen henkilöiden käyttöprofiilien mukaan siten, että vuositasolla avokonttorissa toteutuu SIL 2018 taulukon 2.4.1 mukainen keskimääräinen käyttö (arkisin klo 7 – 18, 55 % käyttöprofiili). Tämän lisäksi mallinnettiin profiloituneen käytön ulkopuolinen jatkuva laitekuorma, jonka suuruus oli 5 % avokonttorin kokonaislaitekuormasta.

Työpäivien ulkopuolista Ilt- ja viikonloppukäyttöä ei mallinnettu.

Avokonttorin käyttöprofilointi tehtiin erikseen seuraaville alueryhmille:

- Käytäväalue
- 2 hengen työskentelyryhmä
- 4 hengen työskentelyryhmä
- 6 hengen työskentelyryhmä

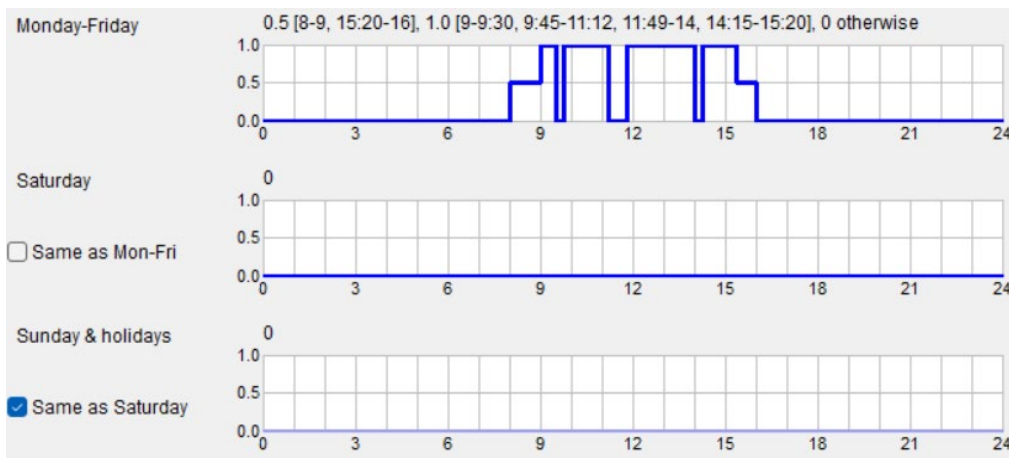
Kullekin alueryhmälle profiloitiin oma tyypillinen henkilö- ja laitekuormitus. Alueryhmän valaistus oli päällä, jos alueella oleskeli yksi tai useampi henkilö. Käytäväalueen valaistus oli jatkuvasti päällä arkisin klo 7 – 18.

Henkilöt

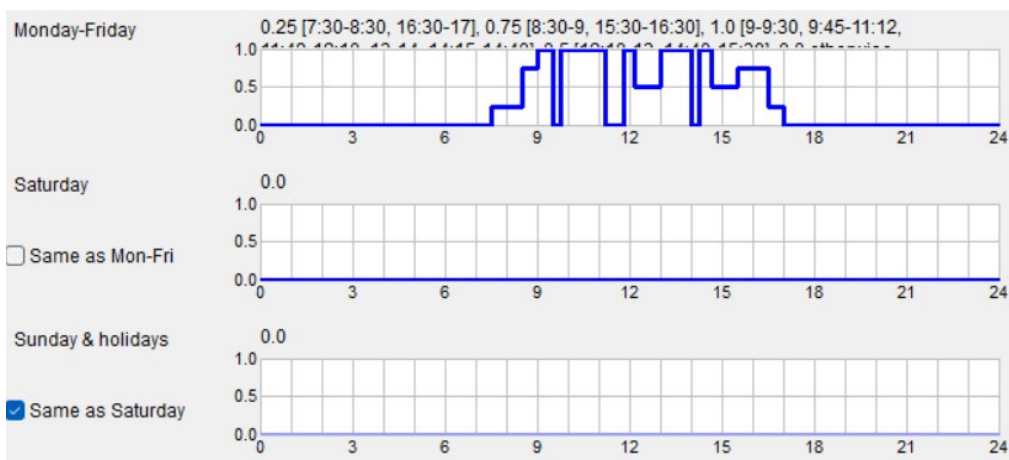
Avokonttorialueen henkilömäärä on yhteensä 42 henkilöä.

Käytäväalueille ei ole mallinnettu henkilöitä.

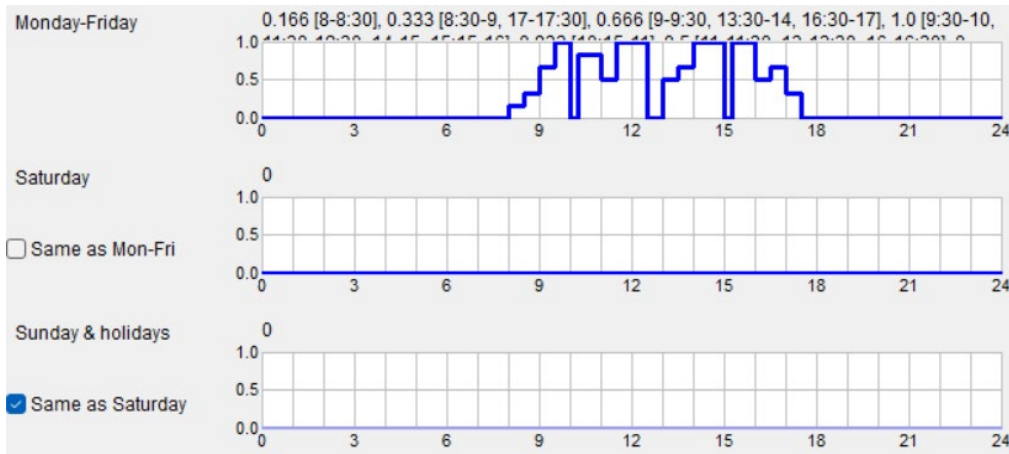
2 hengen työskentelyryhmän käyttöprofiili:



4 hengen työskentelyryhmän käyttöprofiili:



6 hengen työskentelyryhmän käyttöprofiili:



Valaistus

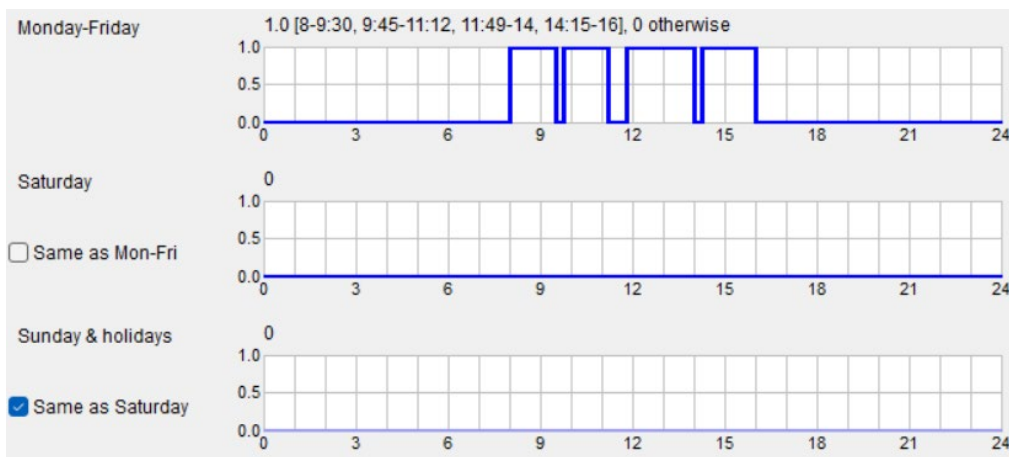
Avokonttorin valaistusratkaisulla täytetään Sisäilmastoluokituksen kohdan 1.3.5 valaistuksen tavoitearvot. Käytäväalueiden valaistusteho (led) on valaistussuunnitelmien mukaisesti 6,8 W/m².

Valaistusteho (led) avokonttorissa muilla kuin käytäväalueilla on valaistussuunnitelmien mukaisesti ja standardin *SFS-EN 12464-1* vaatimukset täyttäen 7,8 W/m². Valaistusta käytetään alueiden (työskentelyryhmien) läsnäolon aikana siten, että valaistus oli läsnäolo-ohjauksella päällä, jos alueella oleskeli yksi tai useampi henkilö.

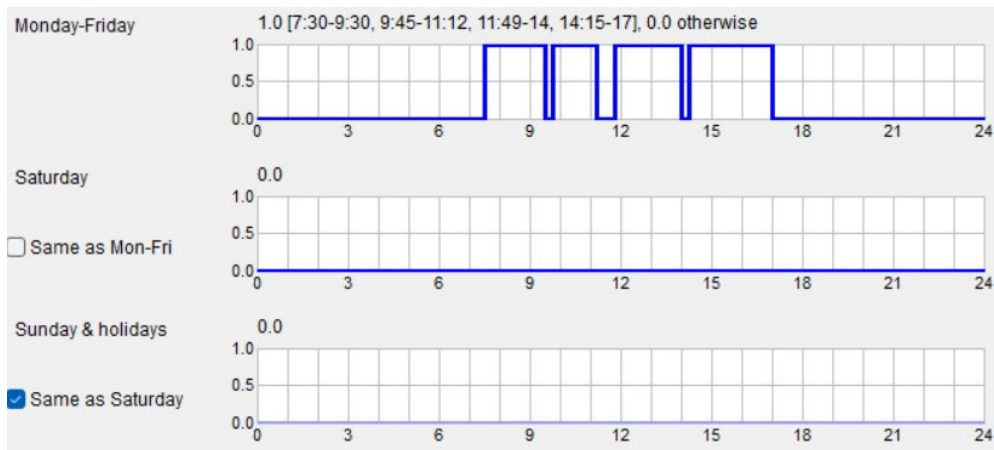
Varsimarkiisiin ja ikkunoiden uloimmissa lasivälissä olevan ohjatun verhon (*screen*) tapauksissa käytettiin ikkuna/ulkovyöhykkeellä päivänvalo-ohjausta.

- Ulkovyöhykkeellä oleva valaistuksen päivänvalo-ohjaus sammuttaa valaistuksen aina, jos koko työskentelyalueelle saadaan päivänvalolla 500 lux valaistusvoimakkuus.
- Simuloidun avokonttorialueen huoneala 299,1 m², josta päivänvalo-ohjatun ulkovyöhykkeen ala oli 161 m².
- Markiisien ja verhojen ohjauksia on tarkemmin kuvattu edellä tässä dokumentissa.

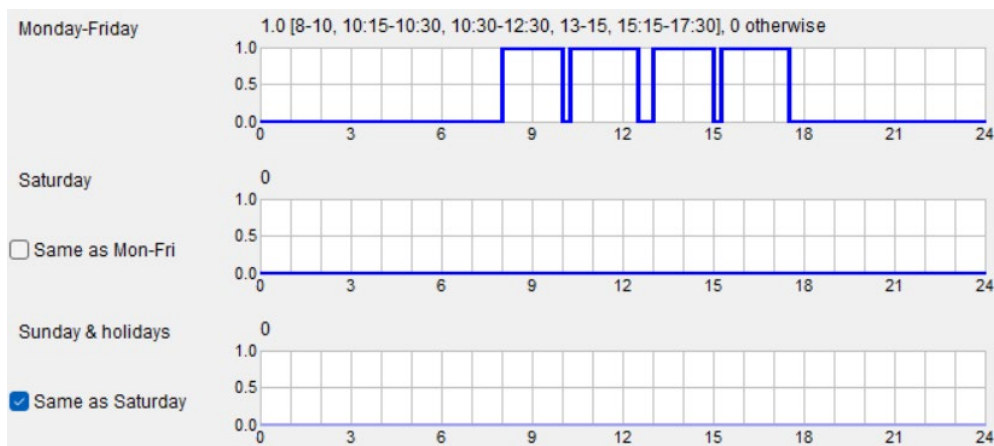
2 hengen työskentelyryhmän valaistusprofiili:



4 hengen työskentelyryhmän valaistusprofiili:



6 hengen työskentelyryhmän valaistusprofiili:



Laitteet

Laitekuormat on arvioitu tyypillisen avokonttorikäytön laitekuormaa vastaten. Toimistoon on mallinnettu laitteiden nimellistehoista se osa, jonka on arvioitu tulevan kuormana tiloihin. Kopio- ja tulostuslaitteet olivat erillisessä jäähdetyssä huoneessa avokonttorin ulkopuolella, ei itse avokonttoritilassa, eikä siten myöskään avokonttorin kuormana.

Laitteiden kuormitusprofiileina työskentelyaikana käytettiin edellä olevia henkilöiden käyttöprofiileja. Tämän lisäksi mallinnettiin profiloitun käytön ulkopuolinen jatkuva laitekuorma, jonka suuruus oli 5 % avokonttorin kokonaislaitekuormasta.

Avokonttorin laitekuorma annettiin erikseen seuraavasti:

- Käytäväalueella ei ollut laitekuormaa

Työskentelyalueet (laitekuorma tilaan yhteensä 3,64 kW):

- 2 hengen työskentelyalue, 40 W/henkilö (kannettava PC)
- 4 hengen työskentelyryhmä, 80 W/henkilö (kannettava PC ja näyttö)
- 4 hengen työskentelyalue, 40 W/henkilö (kannettava PC)
- 6 hengen työskentelyryhmä, 140 W/henkilö (työasema ja iso näyttö)
- Työskentelyalueella (*working cafe*), 40 W/henkilö (kannettava PC)

Talotekniikka

Lämmitys ja jäähdytys

Huoneissa on vesikiertoinen säteilypaneelilämmitys ja -jäähdytys. Tuloilmakoneessa on jäähdytyspatteri.

Jäähdytys mitoitetaan ja S2 tavoitearvotarkastelu tehdään kolmelle laskentatapaukselle, jotka ovat:

1. Perustapaus, jossa on g-arvoltaan 0,38 oleva ikkunalasitus ikkunan uloimpaan lasiväliin asetetuilla kaihtimilla
 - Kaihtimilla manuaalinen säätö käyttäjän toimesta.
 - Kaihtimet lasketaan alas, kun ikkunasta sisään tuleva säteilyteho ylittää 100 W/m². Tällä pyritään kuvaamaan käyttäjän toimintaa, kun auringon säteilytehoa tulee sisään huoneeseen ja se vaikuttaa lämpötuntemukseen.
 - Ei valaistuksen päivänvalo-ohjausta
2. Perustapaus (g-arvoltaan 0,38 oleva ikkunalasitus uloimpaan lasiväliin asetetuilla kaihtimilla), jonka lisäksi koko lounaaseen suunnatulla fasadilla varsimarkiisit ikkunoiden ulkopuolisena säteilysuojana.
 - Varsimarkiisien ohjaus päivänvalon ja huonelämpötilan mukaan.
 - Ulkovyöhykkeen valaistuksen päivänvalo-ohjaus.
 - Ikkunan uloimpaan lasiväliin asetetut kaihtimet, joilla manuaalinen säätö käyttäjän toimesta, kuten kuvattu edellä.
3. Lasin g-arvoltaan 0,25 oleva ikkuna sen uloimpaan lasiväliin asetetuilla ohjatuilla verhoilla (*screen*)
 - Verhojen ohjaus päivänvalon ja huonelämpötilan mukaan. Lisäksi verhoilla manuaalinen säätö käyttäjän toimesta, kuten kuvattu edellä. Verho laskeutuu, jos ohjaus ja/tai käyttäjän manuaalinen säätö aktivoituu.
 - Ulkovyöhykkeen valaistuksen päivänvalo-ohjaus.

Ilmanvaihto

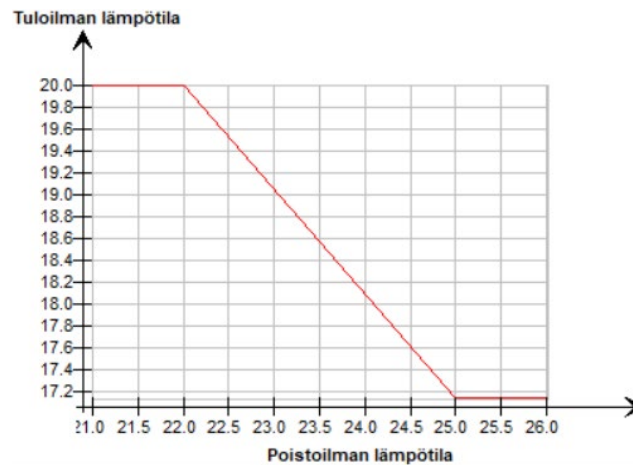
Ilmanvaihdosta huolehtii keskitetty tulo/poistoilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla. Ilmavirrat on valittu Sisäilmastoluokitus 2018 luokan S2 mukaisesti. Ilmavirtojen yleisenä mitoitusperusteena avokonttorissa ovat seuraavat:

- 11 l/(s, hlö) (toimitila, normaali tilatehokkuus, SIL 2018, luokka S2, taulukko 2.4.3)
- SIL 2018 S2 luokan ilman hiilidioksidipitoisuudelle asetetun tavoitearvon täyttö
- SFS-EN 16798-3:2017 S2-luokassa (0,35 l/(s, lattia-m²) ja lisäksi 7 l/(s, hlö))

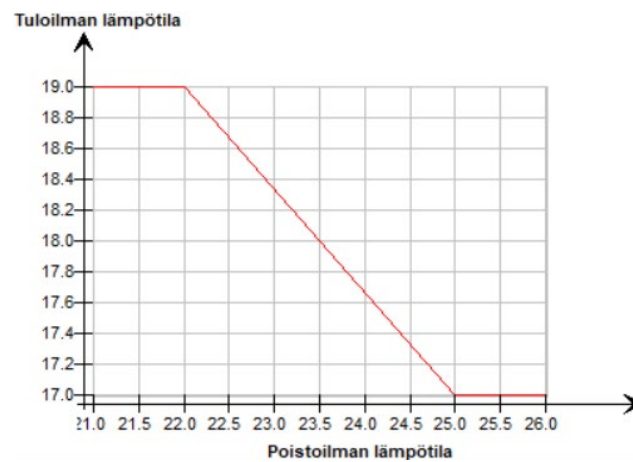
Edellä olevista mitoitusarvoista määrääväksi avokonttorissa muodostui henkilöperusteinen ilmavirta 11 l/(s, hlö), jota käyttäen avokonttoritilan ulkoilmavirraksi saatiin 462 l/s (1,54 l/sm²). Avokonttoritila koostuu työskentelyalueista ja niitä yhdistävistä avokäytävistä. Käytäväalueen LTO:lla varustetulla tulo/poistokoneella tuodaan käytäville 0,5 l/sm² ilmavirta ja loppu 417 l/s tuodaan pääilmanvaihtokoneella. IV:n käyttöajan (arkisin klo 6:30 – 18:30) ulkopuolella käytäväkoneelta saadaan käyttöajan ulkopuoliseen ilmanvaihtoon riittävä 0,15 l/sm² (45 l/s tulo/poisto) huuhteluilmavirta.

Suunnitteluratkaisu täyttää valituilla ilmamäärillä Sisäilmastoluokituksen 2018 kohdan 1.3.4 ääniolosuhteiden tavoitearvot.

Pääilmanvaihtokoneessa on 76 % lämpötilasuhteen lämmöntalteenotto ja ominaissähköteho on 1,73 kW/(m³/s). Tuloilman lämpötilan asetusarvoa ohjataan poistoilman lämpötilan mukaan alla olevan kuvan mukaisesti. Ilmanvaihtokoneessa on jäähdytyspatteri. Tuloilma lämpenee puhaltimessa hyötysuhteen mukaisesti, jolloin minimi sisäänpuhalluslämpötila on noin 18,0°C kanaviston ollessa hyvin eristetty.



Käytävätilojen IV-koneessa on 74 % lämpötilasuhteen lämmöntalteenotto ja ominaissähköteho on 1,75 kW/(m³/s). Tuloilman lämpötilan asetusarvoa ohjataan poistoilman lämpötilan mukaan alla olevan kuvan mukaisesti. Ilmanvaihtokoneessa on jäähdytyspatteri, jolla on toimintalupa pääilmanvaihtokoneen käydessä. Tuloilma lämpenee puhaltimessa hyötysuhteen mukaisesti, jolloin minimi sisäänpuhalluslämpötila on noin 18,0°C kanaviston ollessa hyvin eristetty.



Järjestelmähäviöt

Tarkastelussa on otettu huomioon tilaan tulevat säätämättömät lämpökuormat käyttövesi- ja lämmitysverkostosta. Kuormien suuruus on asetettu suunnitteluratkaisujen perusteella käyttäen Ympäristöministeriön teho- ja energialaskentaohjeen lukuarvoja.

Sisäilmaston tavoitearvot

Lämpöolosuhteiden tavoitearvoina on Sisäilmastoluokituksen 2018 luokan S2 tavoitearvot operatiivisen lämpötilan osalta. Sisäilman laadun tavoitearvo on asetettu hiilidioksidipitoisuudelle luokan S2 mukaisesti eli < 950 ppm, ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden ollessa noin 400 ppm.

Rakennus sijaitsee ilmastovyöhykkeellä I, joten sijaintina käytetään Helsinkiä. Tarkastelu on tehty Ilmatieteen laitoksen Vantaan 2007 mitatulla säädätällä. Vuoden 2007 Vantaan kesä oli nykyilmastoon nähden normaali hellekesä.

Sisäilmaluokituksen tarkastelu on tehty edellä esitetyn operatiivisen lämpötilan suhteen haastavimman avokonttorialueen (6 henkilön pöytäryhmä avokonttorin vasemmassa reunassa) kohdalla.

Keskeiset lähtötiedot:

ASETUSARVOT					
Vyöhyke	Lämmitys	IMS / Jäähdytys	maks. CO ₂	Suht kost.	Valaistusvoimakkuus
	°C	°C	ppm	%	lux
Avokonttori	21,0	22,5...24,5 / 22,5...24,5 ^{*1)}	950 ^{*2)}		500 lux työskentelyalueilla ^{*3)}

^{*1)} Suunnitelmien mukainen huonejäähdytyksen ja IMS-ilmavirtaohjauksen asetusarvo on alla olevan käyrän mukainen. Lämpötilasäädin toimii sarjassa. Ensinnostetaan avokonttorin ilmavirtaa alueella 43 %...100 % ja sen jälkeen avataan huonelaitteen jäähdytysventtiili.

^{*2)} CO₂-säätö toimii asetusarvolla 900 ppm. Säätö nostaa avokonttorin ilmavirtaa tarpeen mukaan alueella 43 %...100 %.

^{*3)} Muilla kuin työskentelyalueilla 300 lux. Päivänvalo-ohjausta käytettiin ikkunavyöhykkeiden työskentelyalueilla varsimarkiisin (laskentatapaus 2) ja ohjattujen verhojen (screen) (laskentatapaus 3) suunnittelutapauksissa.



RAKENTEET							
Rakennetyypit							
Ulkoseinät ovat betoniseinäelementtejä mineraalivilla eristellä. Välipohja on ontelolattarakenne. Avotoimiston ja muiden toimistosi- osien väliset seinät ovat osastoivia paloeristettyjä levyseiniä. Saman paloalueen väliset seinät ovat äänieristettyjä levyseiniä.							

Ikkunat	Pinta-ala	U-arvo	g-arvo	LT	ST	Karmin osuus	Auringon-suojaus
	m ²	W/m ² K	-	-	-	%	
Puu-alumiini MSE ikkuna	61,9	0,88	38	67	27	17	Sälekaihtimet, uloin lasiväli
Puu-alumiini MSE ikkuna (verho / screen tapauksessa)	61,9	0,89	25	55	16	17	Verho / screen, uloin lasiväli
Julkisivulasitus, 3K eristyslasi	14,5	0,95	38	67	27	11	Sälekaihtimet, sisäpuolella

SISÄISET LÄMPÖKUORMAT									
	Ihmiset			Valaistus		Laitteet			
		Määrä	met		W/m ²		W	kpl	kW
Avokonttori	Henkilöt	42	1,2	Työalueet	8,0	Kannettava PC	40	20	0,8
				Käytäväalueet	7,0	Kannettava PC + näyttö	80	4	0,32
						Työasema ja iso näyttö	140	18	2,52
				Yhteensä	2,3 kW	Yhteensä		42	3,64
Aikataulu ^a	Arkisin 07:30-17:30 (lisäksi profiloitun käytön ulkopuolinen laitekuorma)								

^a Edellä raportissa esitettyjen tarkennettujen aikataulujen ja profiilien mukaan. Lisäksi avokonttoritilaan kohdistuu jatkuva käytön ulkopuolinen (5 % eli 0,18 kW) laitekuorma (kuormaksi tilaan) kuten edellä on esitetty. Laitteiden kuormista taulukossa on esitetty se osa, joka tulee kuormaksi tilaan.

TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT			
Lämmitys-/jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytysjärjestelmä ^a	
		Teho	Verkosto
		W/m ² (huoneala)	°C (mitoitettava)
Paneelilämmitys (45/40°C)		20	-
Paneelijäähdytys, perustapaus ^a		28	16,0/18,4
Paneelijäähdytys, ohjattu markiisi ^a		17	16,0/18,4
Paneelijäähdytys, ohjattu verho (screen) ^a		24	16,0/18,4
IV-jäähdytys ^b		26	10,0/17,0

^a kastepisteohjattuna verkostohäviöillä (+10 %), ilman kastepisteohjausta 14/17°C.

^b ilman verkostohäviöitä, osa ilmoitetusta IV:n jäähdytystehosta on IV-patterissa tapahtuvaa kondenssia.

Ilmanvaihtojärjestelmä								
			Tuloilma		Poistoilma		Tuloilmalämpötila	η _{LTO}
			min.	maks. ^a	min.	maks. ^a	Lämm. Ja Jääh. ^b	
IV-kone	Järjestelmä	Ohjaus	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	°C	%
IVK-avotoimisto työalueet	MIV	CO ₂ + lämpötila	0,70	1,91	0,70	1,91	18,0...20,9	76
IVK-avotoimisto käytäväalueet	VIV	Jatkuva käyttö	0,5	0,5	0,5	0,5	18,0...19,9	74
Avotoimisto, yhteensä		Käyttöaikana	0,66	1,54	0,66	1,54		
Avotoimisto, yhteensä		Käyttöajan ulkopuolella	0,15	0,15	0,15	0,15		

^a mitoituserusteena SIL 2018 S2 luokan ilmamäärät ja CO₂ raja-arvo 950 ppm.

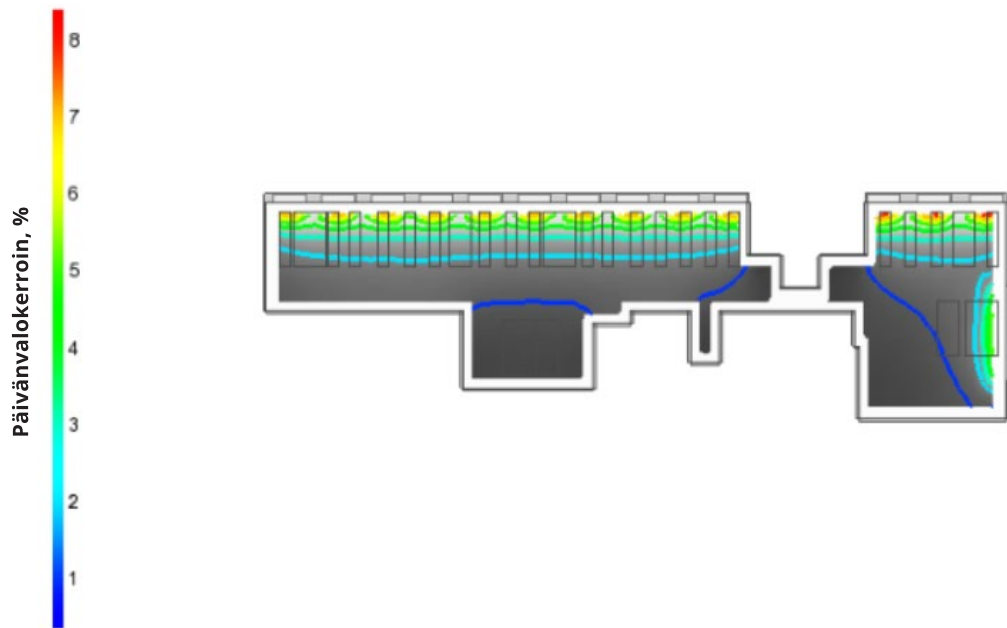
^b poistoilman lämpötilan mukaan ohjattu tuloilman lämpötila

Päivänvalokerroin oleskeluvyöhykkeellä

Päivänvalokerroinlaskentaan vaikuttaa pelkästään ikkunan ominaisuudet (ilman kaihtimia ja säteily-suojaratkaisuja).

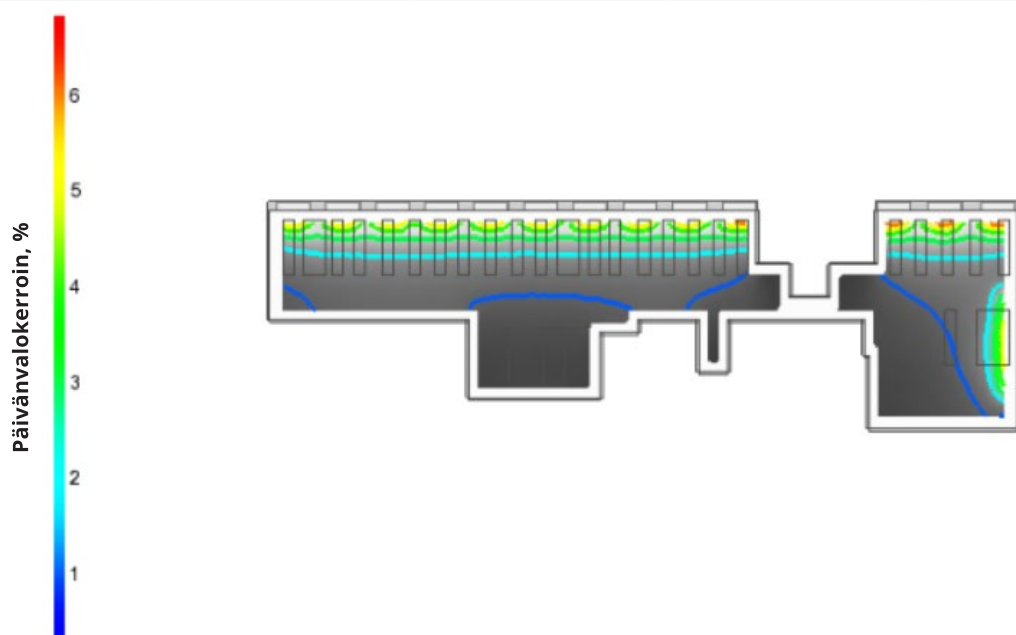
Avokonttorin päivänvalokerroin, perustapauksen mukainen ikkuna

Mediaani päivänvalokerroin	Keskiarvo päivänvalokerroin	Minimi päivänvalokerroin	Maksimi päivänvalokerroin	UR (päivänvalokerroin)
%	%	%	%	-
1,64	2,55	0,38	8,41	0,15



Avokonttorin päivänvalokerroin, ohjatun verhon (*screen*) tapauksen mukainen ikkuna

Mediaani päivänvalokerroin	Keskiarvo päivänvalokerroin	Minimi päivänvalokerroin	Maksimi päivänvalokerroin	UR (päivänvalokerroin)
%	%	%	%	-
1,54	2,10	0,31	6,83	0,15



SIL 2018 luokan S2 laskentatulokset

Laskenta on tehty IDA Indoor Climate and Energy 5.0 -ohjelmistolla.

Esitetään kolme SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot täyttävää tarkastelua.

Laskentatapaukset on tarkemmin kuvattu edellä raportissa. Tarkasteltavat laskentatapaukset ovat:

1. Perustapaus. Perustapauksessa g-arvoltaan 0,38 oleva ikkunalasitus ikkunan uloimpaan lasiväliin asetetuilla kaihtimilla
2. Varsimarkiisi. Varsimarkiisi perustapauksen mukaisissa ikkunoissa lounaaseen suuntautuvalla fasadilla. Laskentatapauksessa mukana ikkunavyöhykkeen valaistuksen päivänvalo-ohjaus.
3. *Screen-tapaus*. Ohjattujen verhojen (*screen*) laskentatapaus, jossa g-arvoltaan 0,25 oleva ikkunalasitus ikkunan uloimpaan lasiväliin asetetuilla ohjatuilla verhoilla (*screen*) lounaaseen suuntautuvalla fasadilla. Laskentatapauksessa mukana ikkunavyöhykkeen valaistuksen päivänvalo-ohjaus.

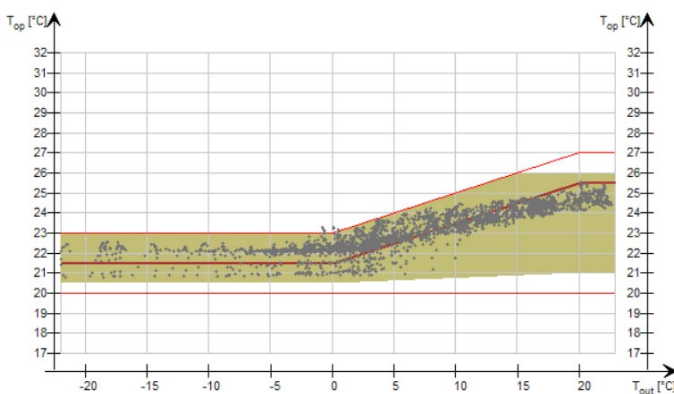
Huoneisiin on mitoitettu vesikiertoinen lämmitys ja jäähdytys säteilypaneeleilla. Vuosiajossa SIL 2018 luokan S2 täyttymisen kannalta jäähdytyspaneelien mitoituksen kriittisin ulkolämpötila-alue on $-5^{\circ}\dots+7^{\circ}\text{C}$.

Alla olevissa tarkasteluissa jäähdytysmitoitukset on tehty kesätilanteen mukaisesti, jolloin ne eivät aivan täytä SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvoja ulkolämpötila-alueella $-5^{\circ}\dots+7^{\circ}\text{C}$. Tarkennettuna operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo ylittyy ko. ulkolämpötila-alueen osalla enimmillään $+0,5^{\circ}\text{C}$. Muilta osin SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvot täytetään. Tilaaja hyväksyy tällä tarkennuksella saavutetut tavoitearvot.

Laskentatapaus 1. Perustapaus

Perustapauksessa saavutetaan pääosin SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot ilmanvaihdon mitoitus-jäähdytysteholla 11,1 kW ja huonejäähdyttimien mitoitusteholla 7,9 kW.

Avokonttori, SIL 2018 S2 raportti



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	2203 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	2203 (100 %)
Yhteensä:		2210

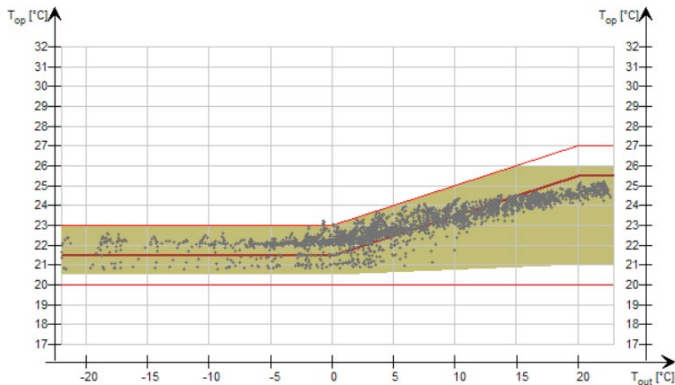
Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Laskentatapaus 2. Varsimarkiisi

Varsimarkiisin käytöllä, ikkunavyöhykkeen valaistuksen päivänvalo-ohjauksella, ilmanvaihdon mitoitusjäähdytysteholla 11,1 kW ja huonejäähdyttimien mitoitusteholla 5,0 kW saavutetaan pääosin SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Avokonttori, SIL 2018 S2 raportti



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	2205 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	2205 (100 %)
Yhteensä:		2210

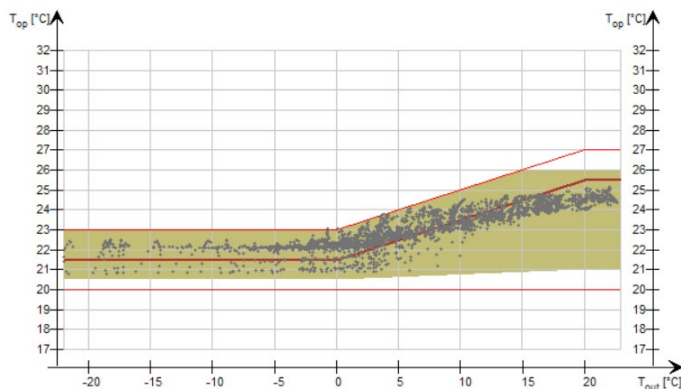
Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Laskentatapaus 3. Screen-tapaus

Ohjattujen verhojen (*screen*) käytöllä, ikkunavyöhykkeen valaistuksen päivänvalo-ohjauksella, ilmanvaihdon jäähdytysteholla 11,1 kW ja huonejäähdyttimien mitoitusteholla 7,1 kW saavutetaan pääosin SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Avokonttori, SIL 2018 S2 raportti



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	2207 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	2207 (100 %)
Yhteensä:		2210

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Liite 3: Avokonttorin säätarkastelu - Sisäilmastoluokka S2

Mitoitukset eri säätiedostoilla laskettuna

- 2012 testisää
- 2050 testisää (vanha)
- 2050 RCP 4.5
- 2007 Vantaa (mitattu)
- 2018 Vantaa (mitattu)

Rakennuksen tiedot

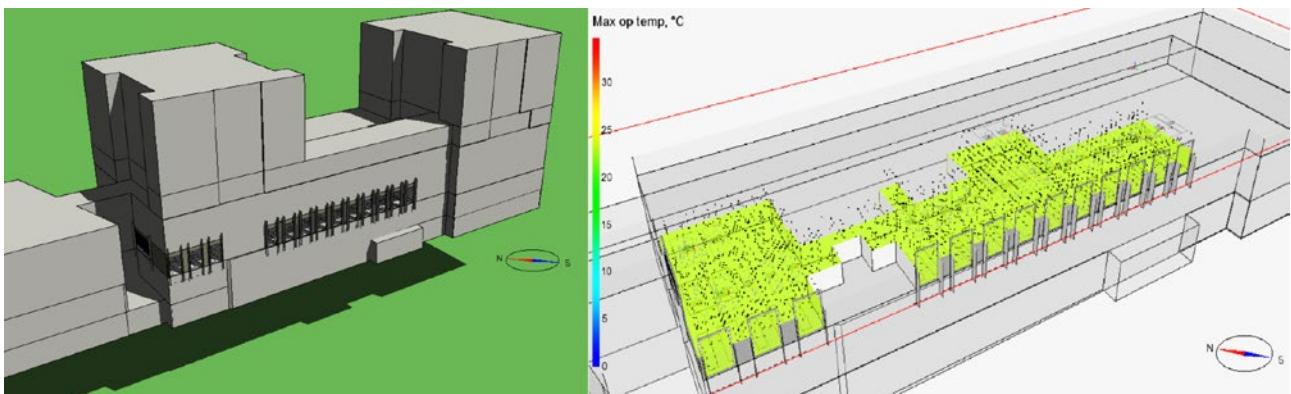
Rakennuskohde:	Toimisto Oy
Osoite:	Toimistokatu 12, 90777 Avotoimisto
Käyttötarkoitusluokka:	3, Toimistorakennukset

Rakennuksen ympäristö

Viereiset varjostavat rakennukset ja rakennuksen osien oma varjostus on mallinnettu tarkasteluun.

Tarkasteltavat tilat

Avokonttori	305 m ²	7. krs
-------------	--------------------	--------



Talotekniikka

Jäähdytysmitoitus

Huoneisiin on mitoitettu vesikiertoinen lämmitys ja jäähdytys säteilypaneelilla. Vuosiajossa SIL 2018 luokan S2 täyttymisen kannalta jäähdytyspaneelien mitoituksen kriittisin ulkolämpötila-alue on $-5\text{ °C}...+7\text{ °C}$. Kesällä vuosiajossa riittää hieman pienempi paneeliala.

Huom. Alla olevissa tarkasteluissa jäähdytysmitoitukset on tehty kesätilanteen mukaisesti, jolloin ne eivät aivan täytä SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvoja ulkolämpötila-alueella $-5\text{ °C}...+7\text{ °C}$. Tarkennettuna operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo ylittyy ko. ulkolämpötila-alueen osalla enimmillään $+0,5\text{ °C}$. Muilta osin SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvot täytetään.

Alla on tarkemmin kuvattu, miten avokonttorissa SIL 2018 S2 luokan vuositarkasteluun tehtiin jäähdytysmitoitukset. Muilta osin tarkempi avokonttoritilan mallinnuksien kuvaus esitetään (myöhemmin) dokumentissa "S2 SISÄILMASTOLUOKITUSTARKASTELU, Avokonttori –Sisäilmastoluokka S2, 2022".

Testisää 2012

Huonejäähdytyksessä IDA:n synteettinen kesän mitoitussää (ASHRAE 2013, Helsinki) johtaa riittävään jäähdytyspaneelimitoitukseen. Tällöin mitoituksessa on huomioitava paneeleille alimmillaan 15 °C menoveden lämpötila (usein paneeleille annetaan teho 14 °C menovedellä) ja pitää huolta, että sekä operatiivinen että ilman lämpötila on jäähdytyksen mitoituksessa maksimissaan noin 25 °C .

IV-jäähdytyksen osalta IDA:n synteettisen kesäsään maksimientalpia (53 kJ/kg) (ASHRAE 2013, Helsinki) jää liian alhaiseksi. Asettamalla käsin mitoitussään maksimientalpian arvoon 57 kJ/kg , voidaan IV-jäähdytys mitoittaa tälle entalpialle suoraan IDA:a käyttäen. Tällöin voidaan myös asettaa huonejäähdytysveden kastepisteohjaus ja määrittää huonejäähdytystarve suoraan IDA jäähdytysajon perusteella.

Testisää 2012 ei ilman entalpian kannalta kuvaa tyypillistä kesäsäätä. Yhden kuumen ja kostean päivän (01.08., korkeimman tunnin entalpiamaksimi n. 66 kJ/kg) lisäksi entalpiatasot kesällä ovat liian alhaisella tasolla kuvatakseen "todellista" nykyistä hellekesää. Kuumen ja kostean elokuun 1. päivän ulkopuolella korkein ulkoilman yhden tunnin entalpia on n. 53 kJ/kg .

Testisää 2050 (vanha versio)

Helsingin testisää 2050 (vanha) ei ilman entalpian kannalta kuvaa tyypillistä tulevaisuuden kesäsäätä. Yhden kuumen ja kostean päivän (01.08., korkeimman tunnin entalpiamaksimi n. 71 kJ/kg) lisäksi entalpiatasot kesällä ovat liian alhaisella tasolla kuvatakseen "todellista" tulevaisuuden hellekesää.

Vuoden 2050 Helsingin testisää (vanha) on lämpötilojen osalta testisäästä 2012 suuntaisierroilla tehty testisää. SIL 2018 tavoitearvojen mukaisilla operatiivisilla lämpötiloilla on matalimmilla ulkolämpötiloilla alemmat tavoitearvot. Pääosin tämän takia ei 2050 sää edellytä suurempitehoisia huonejäähdytyslaitteita 2012 säällä tarkasteltuihin nähden. Tämän osaltaan mahdollistaa myös (em. mitoituspäivää lukuun

ottamatta) alhaiset entalpiatasot (maks. 58 kJ/kg), jolloin kastepistesäätö ei vaikuta huonelaitteiden tehonmitoitukseen käytännössä juuri yhtään em. 2012 testisäätarkastelussa saatua enemmän.

Vaikka säässä esiintyy yhtenä päivänä entalpia n. 71 kJ/kg IV-jäähdytyksen mitoitus ei sellaisen entalpien käyttöä kuitenkaan 2018 SIL S2 luokan pääsyssä edellytä. Sama testisäällä 2012 edellä esitetty entalpiataso 57(58) kJ/kg riittää myös (vanhalla) 2050 testisäällä tehtyyn vuosiajoon.

RCP 4.5 2050 testisää

RCP testiskenaariot on tehty testisään 2020 pohjalta, joka 2012 säätä hieman paremmin kuvaa "todellista" hellekesää.

Kun käytetään Ilmatieteenlaitoksen Vantaan 2020 sään jäähdytyksen heinäkuun (2 % riskitaso) mitoituspäivän mitoitus tietoja, josta IDA:aan on tehty modifioitu synteettinen mitoitus sää, saadaan tuloksena 2012 säällä saatuun nähden noin 20 % suurempi jäähdytyspaneelien pinta-alatarve. Simulointi on suoritettu käyttäen kastepisteohjausta ja tarpeenmukaista yöjäähdytystä kuten 2012 säälläkin. Mitoituksessa Vantaan 2020 heinäkuun (2 % riskitaso) mitoitus säällä saavutettiin riittävä jäähdytysmitoitus sekä ilmanvaihdon että huonelaitteiden mitoitus RCP 4.5 2050 vuosiajoon.

Vantaan toteutunut v. 2007 sää

Vuoden 2007 Vantaan kesä oli nykyilmastoon nähden normaali hellekesä. Korkein yhden tunnin ulkoilman entalpia oli n. 62 kJ/kg eli lähelle sama arvo, joka on Vantaan 2020 jäähdytyksen heinäkuun 2 % mitoitus päivällä (n. 63 kJ/kg), josta IDA:aan on tehty modifioitu synteettinen mitoitus sää.

Kokeilemalla (SIL 2018 luokan S2 tavoitearvojen täyttymistä) saatiin tuloksena 2012 säällä saatuun nähden n. 20 % suurempi jäähdytyspaneelien pinta-alatarve. Simulointi suoritettiin käyttäen kastepisteohjausta ja tarpeenmukaista yöjäähdytystä kuten muillakin tutkituilla säillä. Mitoituksessa Vantaan 2020 heinäkuun (2 % riskitaso) mitoitus säällä saavutettiin riittävä jäähdytysmitoitus sekä ilmanvaihdon että huonelaitteiden mitoitus Vantaan 2007 säällä tehtyyn vuosiajoon.

Vantaan toteutunut v. 2018 sää

Vuoden 2018 Vantaan kesä oli poikkeuksellisen kostea ja helteinen. Erityisesti hellejakson pituus oli tällöin ennätyskellisen pitkä. Korkein yhden tunnin ulkoilman entalpia oli n. 66 kJ/kg eli sama arvo, joka on Vantaan RCP 4.5 2050 jäähdytyksen heinäkuun 2 % mitoitus päivällä, josta IDA:aan on tehty modifioitu synteettinen mitoitus sää.

Hyvin pitkä hellejakso osoittautui huonejäähdytystehon riittävyden kannalta haasteelliseksi. Kokeilemalla (SIL 2018 luokan S2 tavoitearvojen täyttymistä) saatiin tuloksena 2012 säällä saatuun nähden n. 32 % suurempi jäähdytyspaneelien pinta-alatarve. Simulointi suoritettiin käyttäen kastepisteohjausta ja tarpeenmukaista yöjäähdytystä kuten muillakin tutkituilla säillä. Mitoituksessa Vantaan RCP 4.5 2050 heinäkuun (2 % riskitaso) mitoitus säällä saavutettiin riittävä jäähdytysmitoitus sekä ilmanvaihdon että huonelaitteiden mitoitus Vantaan 2018 säällä tehtyyn vuosiajoon.

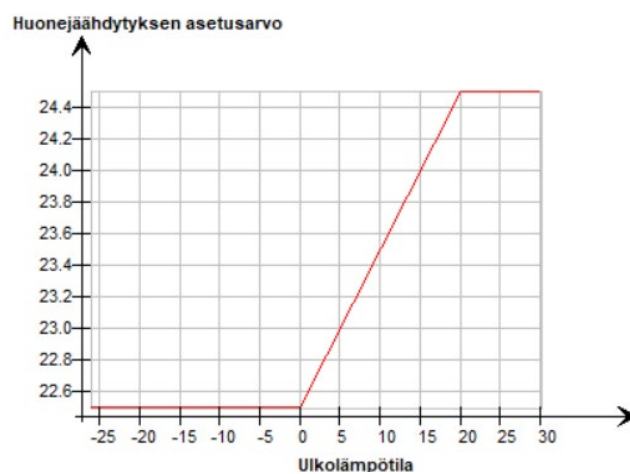
Sisäilmaston tavoitearvot

Lämpöolosuhteiden tavoitearvoina ovat Sisäilmastoluokituksen (2018) luokan S2 tavoitearvot operatiivisen lämpötilan osalta. Sisäilman laadun tavoitearvo on asetettu hiilidioksidille luokan S2 mukaisesti eli < 950 ppm.

Rakennus sijaitsee ilmastovyöhykkeellä I, joten sijaintina käytetään Helsinkiä.

ASETUSARVOT					
Vyöhyke	Lämmitys	IMS / Jäähdytys	maks. CO ₂	Suht. kost.	Valaistusvoimakkuus
	°C	°C	ppm	%	lux
Avokonttori	21,0	- / 22,5...24,5*	950		

* Suunnitelmien mukainen huonejäähdytyksen asetusarvo on alla olevan käyrän mukainen.



TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT					
Jäähdytysjärjestelmän mitoitus SIL 2018 S2 luokan tavoitearvojen täyttämiseen					
	Teho	Verkosto	Jäähdytys-paneeliala	Teho, huonejäähdytys, kp ohjattuna	Teho, IV-jäähdytys (menovesi 10°C)
	W/m ²	suunniteltu (m p) / mitoittava (m p) kp ohjattuna	Mitoittava ala kp ohjattuna m ²	kW	kW
2012 testisää	35	(14,0 17,0) °C / (15,0 17,7) °C	60,0	7,3	7,8
2050 testisää (vanha)		(14,0 17,0) °C / (15,0 17,7) °C	60,0	7,3	7,8
2050 RCP 4.5 testisää		(14,0 17,0) °C / (16,0 18,4) °C	72,0 (+20 %)	7,9 (+8 %)	11,1 (+42 %)
2007 Vantaa, mitattu		(14,0 17,0) °C / (16,0, 18,4) °C	72,0 (+20 %)	7,9 (+8 %)	11,1 (+42 %)
2018 Vantaa, mitattu		(14,0 17,0) °C / (16,0, 18,4) °C	79,2 (+32 %)	8,9 (+22 %)	12,8 (+64 %)

Ilmanvaihtojärjestelmä								
			Tuloilma		Poistoilma		Tuloilmalämpötila	η _{LTO}
			min.	maks. ^a	min.	maks. ^a	Lämm. Ja Jääh. ^b	
IV-kone	Järjestelmä	Ohjaus	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	°C	%
IVK-xxx	Muuttuvailmavirta	CO ₂ + lämpötila	0,66	1,55	0,66	1,55	18,0...20,9	70

^a Mitoitusperusteena SIL 2018 S2 luokan ilmamäärät ja CO₂ raja-arvo 950 ppm. Lämpötila- ja CO₂-ohjaus.

^b Poistoilman lämpötilan mukaan ohjattu tuloilman lämpötila.

Liite 4: Asuinkerrostalon sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S2

Rakennuksen tiedot

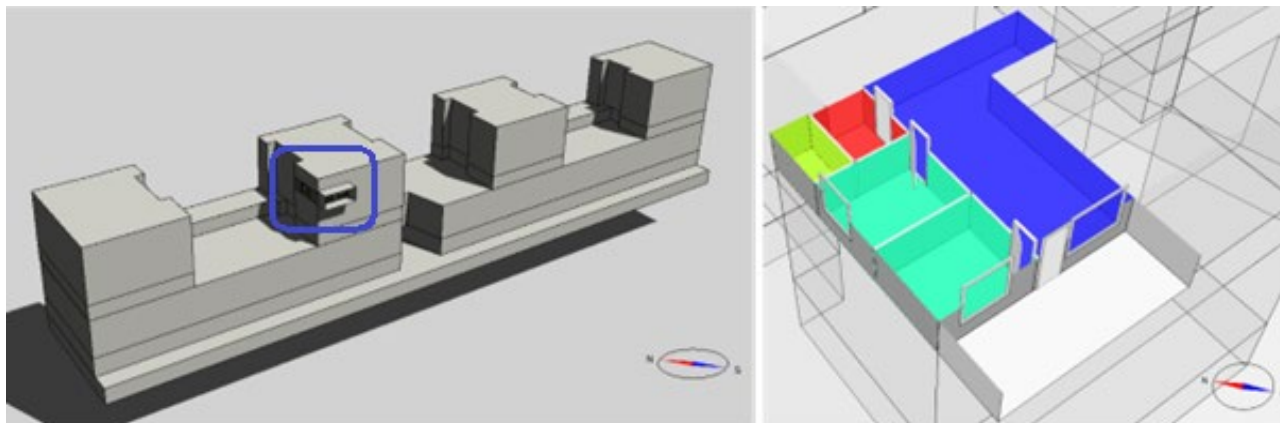
Rakennuskohde:	As Oy Kerrostalo
Osoite:	Asuntotie 7, 90999 Talopiha
Käyttötarkoituksiluokka:	2, Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa

Rakennuksen ympäristö

Viereiset (vähäisissä määrin) varjostavat rakennukset ja rakennuksen osien oma varjostus on mallinnettu tarkasteluun. Maan heijastuskertoimena on käytetty arvoa 0,3 ympäröivää maastoa (pääosin hiekkamaa) kuvaten.

Tarkasteltavat tilat

Keittiö-olohuone	37,4 m ²	7. krs
Makuuhuone 1	10,2 m ²	7. krs
Makuuhuone 2	9,9 m ²	7. krs



Rakenteet

- Ulkoseinät ovat betoniseinäelementtejä mineraalivilla eristellä, U-arvo 0,17 W/m²K.
- Välipohja on ontelolaattarakenteinen.
- Asuntojen väliset seinät ja asunnon ja portaikon vastaiset seinät ovat betoniseiniä ja huoneiden väliseinät eristämättömiä kevyitä kipsilevyseiniä.
- Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku on 0,9 m³/(hm²) ja se on todettu mittamalla.

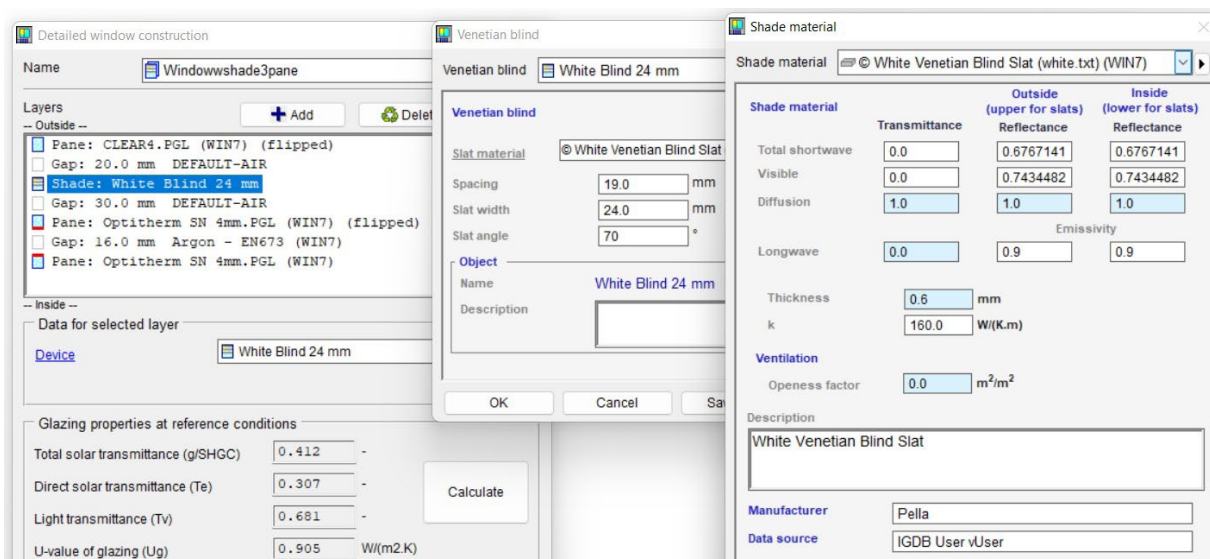
Ikkunat

Ikkunat ovat kaksipuitteisia puu-alumiini-ikkunoita (MSE). Puurakenteisessa parvekkeen ovessa ei ole lasitusta. Parvekkeen oven U-arvo on 0,7 W/m²K.

Ikkunan ja sen lasituksen keskeisen ominaisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa. Ikkunatuuletusta ei ole mallinnettu tässä tarkastelussa. Ikkunatuuletus toimii tiloissa tehostusmahdollisuutena, kun on poikkeukselliset olosuhteet ja/tai sisäiset kuormat.

Asunnon Ikkunat	Ala	g-arvo	T	Tvis	Lasitus U-arvo	Umpi- osan osuus	Umpi- osan U-arvo	Ikk. kok. U-arvo	Sisään- vedon syvyys	Auringon- suojaus
	m ²	-	-	-	W/m ² K	0...1	W/m ² K	W/m ² K	m	
Keittiö-olohuone	3,60	41	31	68	0,9	0,19	1,0	0,98	0,2	Sälelkaihtimet, uloin lasiväli
Makuuhuone 1	2,43	41	31	68	0,9	0,23	1,0	0,98	0,2	Sälelkaihtimet, uloin lasiväli
Makuuhuone 2	2,92	41	31	68	0,9	0,21	1,0	0,98	0,2	Sälelkaihtimet, uloin lasiväli

Ikkunalasitus on kuvattu lasilasilta alla olevan kuvan mukaisesti. Kuvasta voidaan nähdä myös käytetyn sälelkaihdim materiaalin ominaisuudet ja säleiden mitat. Laskennan aikana säleiden kulma on 70 astetta.



Olohuoneen ja makuuhuoneen 1 ikkunaa varjostaa parveke, jonka lasitus on jatkuvasti avoin. Varjostuksen lisäksi parveke ei muutoin vaikuta tilojen olosuhteiden laskentaan.

Sisäiset kuormat

Sisäiset kuormat on arvioitu tyypillisen suunnitellun käytön mukaan. Asunnossa asuu 4 henkilöä eli molempia makuuhuoneita käyttäjä kaksi henkilöä. Tätä käytetään mitoitusperusteena, koska tarkempi makuuhuoneiden henkilömäärä ei ole tiedossa. Arkisin asunnossa työskentelee yksi henkilö etätöissä.

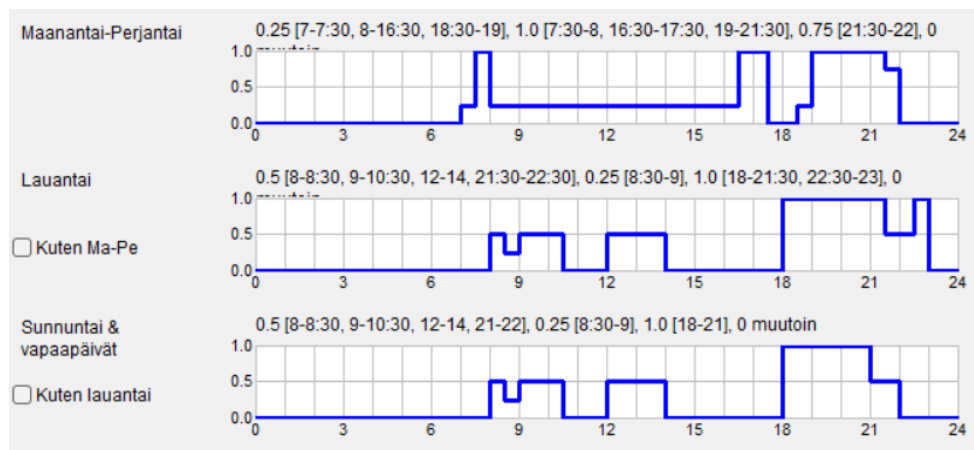
Viikonloppuna asunnon käyttö poikkeaa arkikäytöstä. Kesäloma-aikaa ei ole huomioitu profiileissa.

Henkilöt

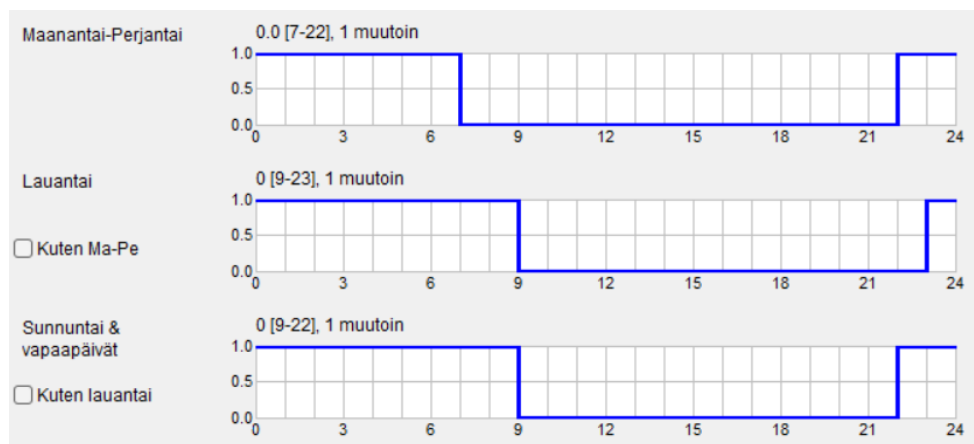
Molemmissa makuuhuoneissa nukkuu öisin kaksi henkilöä. Nukkuvan henkilön aktiivisuutena käytetään Ashrae Fundamentals 2017 -standardin mukaisesti 0,7 met. Olohuoneessa (Olohuone-keittiö -tilassa) oleskelee neljä henkilöä käyttöprofiilin mukaisesti. Työpäivien aikana siellä työskentelee yksi henkilö. Muualla kuin makuuhuoneissa henkilöiden aktiivisuutena käytetään 1,2 met.

Makuuhuoneiden ovet ovat auki päivisin ja suljettuna öisin. Mikäli makuuhuoneissa olisi päiväaikaista oleskelua ja kuormaa, esim. henkilö etätöissä ja makuuhuoneen ovi suljettuna, tulisi myös makuuhuoneessa käyttää tilakohtaista jäähdytystä (esim. toinen UILP-jäähdytysyksikkö) ilmanvaihdon jäähdytyksen lisänä. Lattiaviilennyksen tapauksessa myös makuuhuoneet ovat viilennettyjä, joten ratkaisu on valmiiksi joustava asunnon käytön muutoksille.

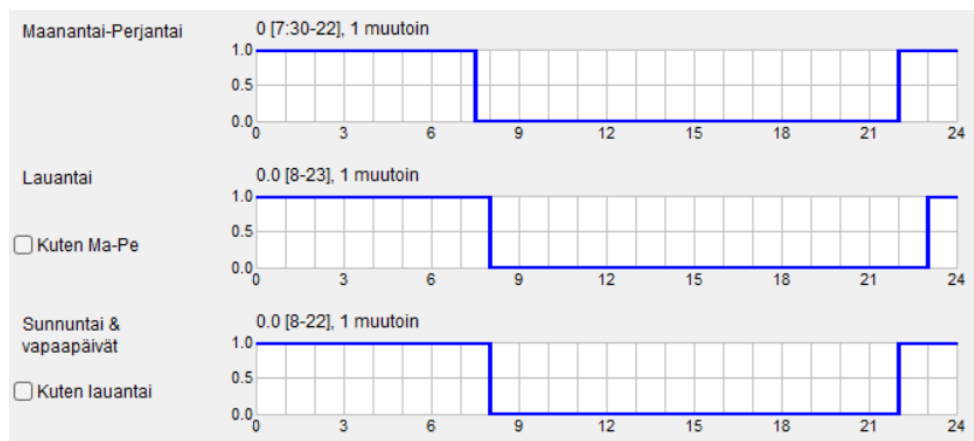
Olohuone-keittiön käyttöprofiili:



Makuuhuoneen 1 käyttöprofiili:



Makuuhuoneen 2 käyttöprofiili:

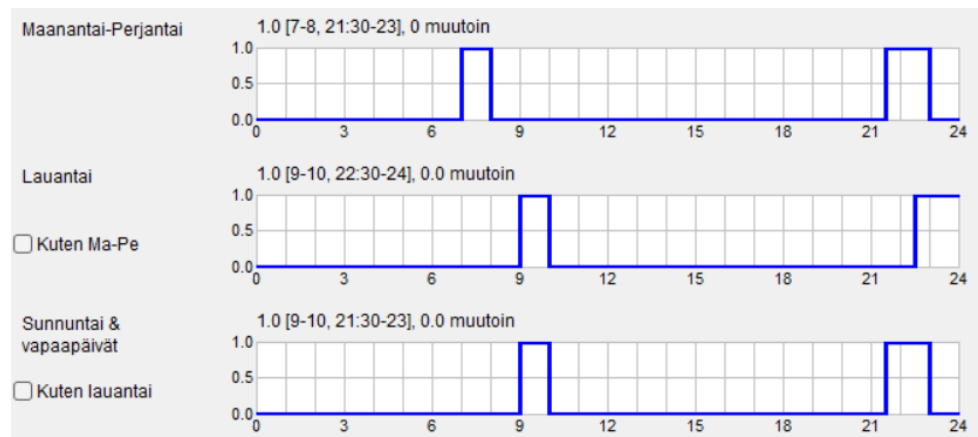


Valaistus

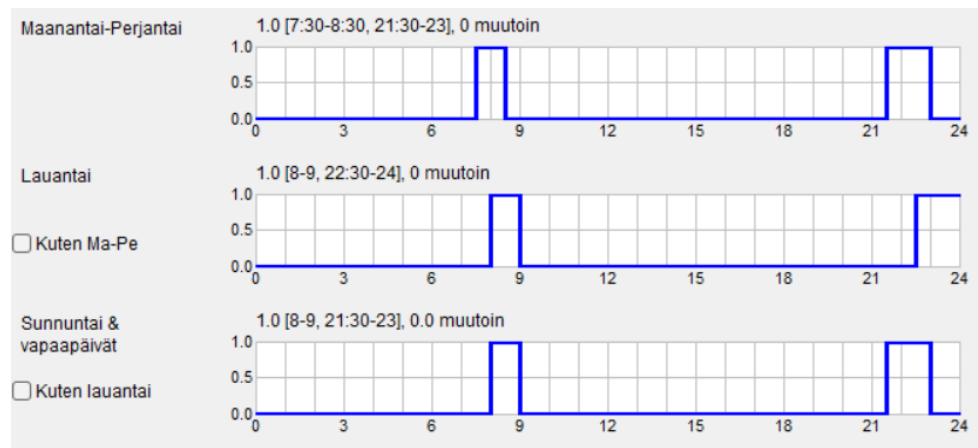
Valaistusteho on asuinhuoneissa 1,2–2,1 W/m² vastaten tyypillistä pienloiste- ja led-valonlähteillä tuotettua valaistusta. Valaistusta käytetään tilojen läsnäolon aikana. Valaistusprofiilit on määritetty keskimääräisen vuoden tilanteen mukaan. Valoisimpana aikana valoja käytetään hieman vähemmän ja pimeänä aikana vastaavasti enemmän kuin alla esitetyissä profiileissa.

Asuntoon arvioiduilla tyypillisillä valaistustehoilla täytetään Sisäilmastoluokituksen kohdan 1.3.5 valaistuksen tavoitearvot.

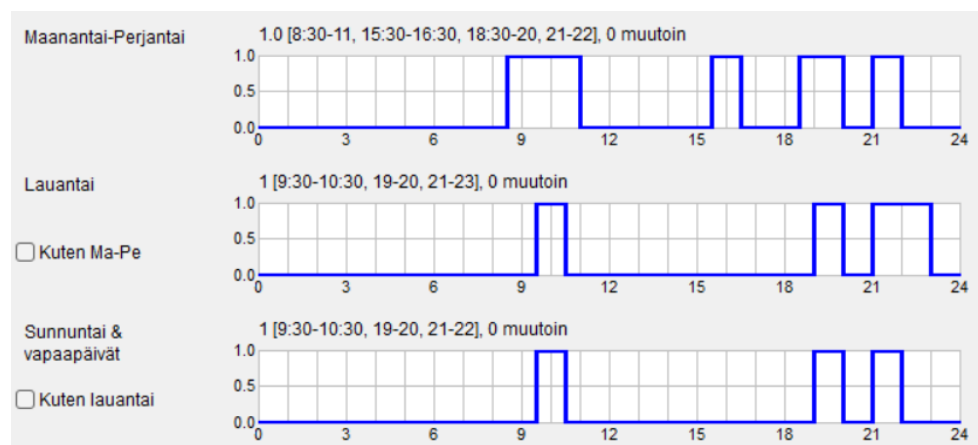
Makuuhuoneen 1
valaistusprofiili:



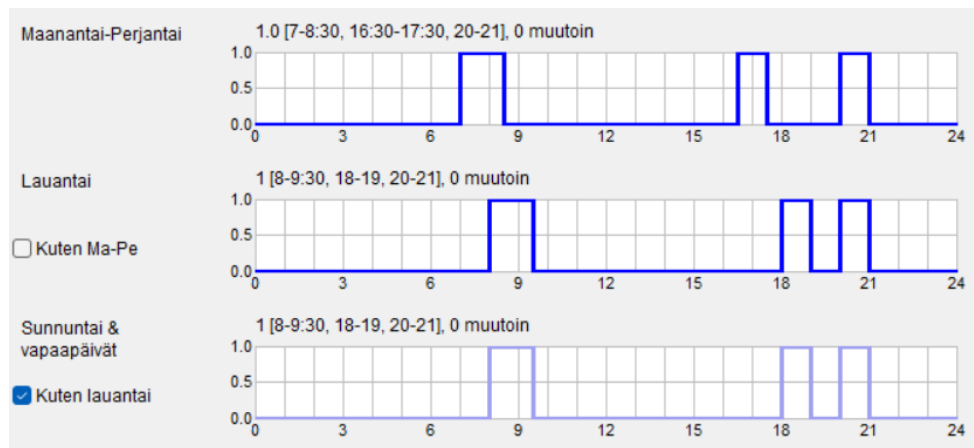
Makuuhuoneen 2
valaistusprofiili:



Olohuoneen
valaistusprofiili:



Keittiön valaistusprofiili:



Laitteet

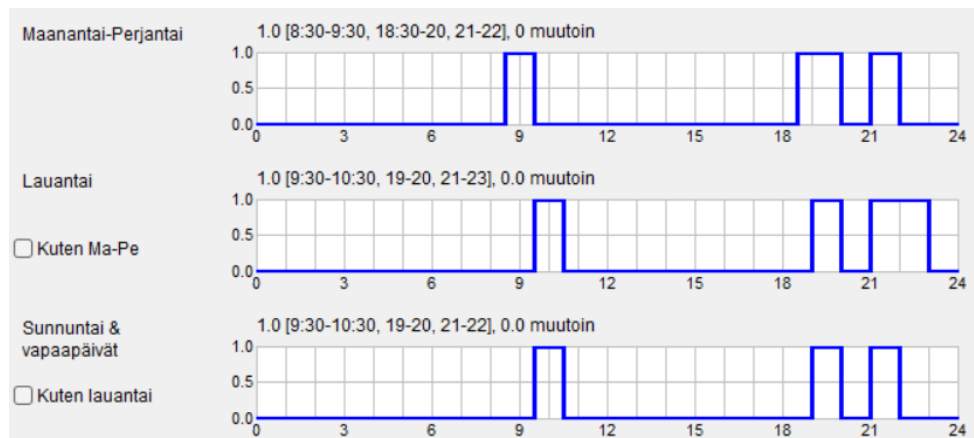
Laitekuormat on arvioitu tyypillisen pienen asunnon laitekuormaa vastaten. Laitetehot vastaavat tyypillistä laitteiden tehonkäyttöä. Asuntoon on mallinnettu laitekuormista se osa, joka tulee kuormana tiloihin. Esimerkiksi pesukoneessa ja astianpesukoneessa on 2 kW sähkövastus, jonka tehosta pääosa menee veden lämmitykseen. Lämmitetty käytetty vesi johdetaan viemäriin.

Keittiön arvioidut laitekuormat huonetilaan:

- Astianpesu, 200 W huonetilaan, 4 krt viikossa, 1,5 tuntia kerrallaan
 - Lauantaina ja sunnuntaina lisäksi 200 W, 1,0 tuntia kerrallaan
- Liesi, 390 W huonetilaan, 14 krt viikossa, 1,0 tuntia kerrallaan
- Jääkaappi ja pakastin, jatkuva keskiteho yhteensä 108 W

Olohuoneen arvioidut laitekuormat:

- Kannettava tietokone ja erillinen näyttö, 70 W, arkisin klo 7:30 – 16:30
- Televisio, 45 W, alla olevan profiilin mukaan.



Makuuhuoneiden 1 ja 2 arvioidut laitekuormat:

- Jatkuva laiteteho 5 W

Kylpyhuoneen arvioidut laitekuormat huonetilaan:

- Pyykinpesu, 400 W huonetilaan, 3 krt viikossa 1,0 tuntia kerrallaan

Talotekniikka

Lämmitys ja jäähdytys

Huoneissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Tuloilmakoneessa on jäähdytyspatteri. Lisäksi tarkastellaan mitä lisjäähdytystarvetta SIL 2018 S2 luokan tavoitearvojen saavuttaminen edellyttää.

Tässä raportissa tarkastellaan asunnon viilennystä, jossa jäähdyttävää tehoa tuodaan vain siinä määrin, jotta SIL 2018 S2 luokan operatiivisen lämpötilan tavoitearvot saavutetaan. Lisjäähdytyksen tuottamiseen tarkastellaan lattiaviilennystä sekä ulkoilmalämpöpumppua.

Lattiaviilennyksen osalta tämä tarkoittaa korkeaa viilennyksen nestekierron meno-paluu lämpötilaa 19°C/22°C, jonka tuottaminen voi tapahtua energiatehokkaasti vapaajäähdytysjärjestelmää hyödyntäen. Usein tällainen lattialämmitys/viilennysjärjestelmä pyritään toteuttamaan ns. *change over* -kytkennällä, jossa koko järjestelmään tuotetaan kesäkautena jäähdytystä ja talvikautena lämmitystä (ja tämän lisäksi mahdollisesti välikaudella tarpeenmukaisesti joko lämmitystä tai jäähdytystä). Tällöin SIL 2018 tarkastelun mukainen vuosisimulointi on tehtävä *change over* -kytkentää ja sen säätöä käyttäen, jotta voidaan selvittää täyttääkö ko. suunnitteluratkaisu operatiivisen lämpötilan tavoitearvot myös välikaudella, jolloin liikutaan tilakohtaisesti erilaisten lämmitys- ja jäähdytystilanteiden välillä.

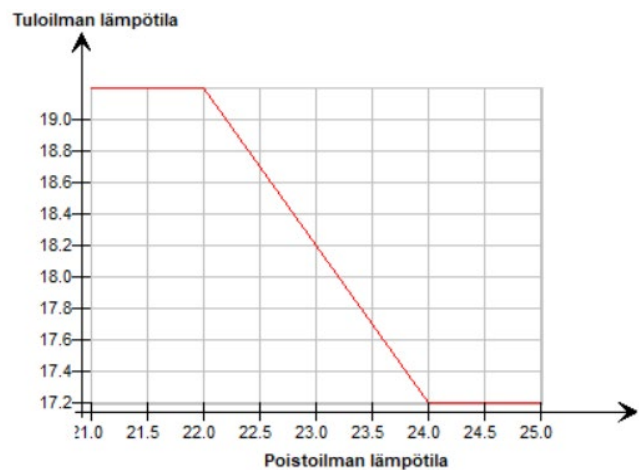
Tässä esimerkissä simuloitujen suunnitelmien mukaisessa lattialämmitys/viilennysjärjestelmässä on erilliset lämmitys- ja jäähdytysputkistot huonekohtaisella säädöllä, jolloin lämmitystä ja jäähdytystä voidaan tuottaa tiloihin tarpeenmukaisesti vuodenajasta riippumatta.

Ilmanvaihto

Ilmanvaihdosta huolehtii asuntokohtainen tulo/poistoilmanvaihtokone lämmöntalteenotolla. Ilmavirrat on valittu Sisäilmastoluokitus 2018 luokka S2 mukaisesti erillisen tarkastelun (Liite 5) perusteella. Ilmavirtojen yleisenä mitoitusperusteena on 8 l/(s, hlö), jonka lisäksi tarkistetaan, että SIL 2018 S2 luokan ilman hiilidioksidipitoisuudelle asetetut tavoitearvot täytetään.

Suunnitteluratkaisu täyttää valituilla ilmamäärillä Sisäilmastoluokituksen kohdan 1.3.4 äänisolosuhteiden tavoitearvot myös tarpeenmukaisella ilmavirtojen tehostuksella (30 %). Ilmavirtojen tehostus toimii lähinnä varalla (automaattisesti) esim. poikkeavan henkilökuormituksen tilanteessa. Simuloinneissa tehostus aktivoituu yökäytössä (klo 22 – 07) ulkoisista olosuhteista johtuen vain muutamana kaikkein kuumimpana ja kosteimpana päivänä, kun poistoilman lämpötila on kohonnut arvoon 27°C.

Ilmanvaihtokoneessa on 70 % lämpötilan-suhteen lämmöntalteenotto ja ominaissähköteho on 1,7 kW/(m³/s). Tuloilman lämpötilan asetusrava ohjataan poistoilman lämpötilan mukaan viereisen kuvan mukaisesti. Ilmanvaihtokoneessa on jäähdytyspatteri. Tuloilma lämpenee puhaltimessa hyötysuhteen mukaisesti ja lisäksi kanavistossa 0,2°C, jolloin tehostamattomilla ilmavirroilla minimi sisänpuhalluslämpötila on 18,2°C.



Järjestelmähäviöt

Tarkastelussa on otettu huomioon tilaan tulevat säätämättömät lämpökuormat käyttövesi- ja lämmitysverkostosta. Kuormien suuruus on asetettu suunnitteluratkaisujen perusteella käyttäen Ympäristöministeriön teho ja energialaskentaohjeen lukuarvoja.

Sisäilmaston tavoitearvot

Lämpöolosuhteiden tavoitearvoina ovat Sisäilmastoluokituksen 2018 luokan S2 tavoitearvot operatiivisen lämpötilan osalta. Sisäilman laadun tavoitearvo on asetettu hiilidioksidille luokan S2 mukaisesti eli < 950 ppm.

Kohteessa tarkasteltiin SIL 2018 S2 tavoitearvoista ainoastaan operatiivista lämpötilaa olohuoneen keskellä ja ilman laadun osalta CO₂-tavoitearvoja OH-keittiötilassa ja makuuhuoneissa. Ilman liikenopeuksia ja operatiivisen lämpötilan jakaumia tiloissa ei käsitelty. Tilakohtaisten olosuhteiden tarkempi analyysi edellyttäisi CFD simulointien tekemistä.

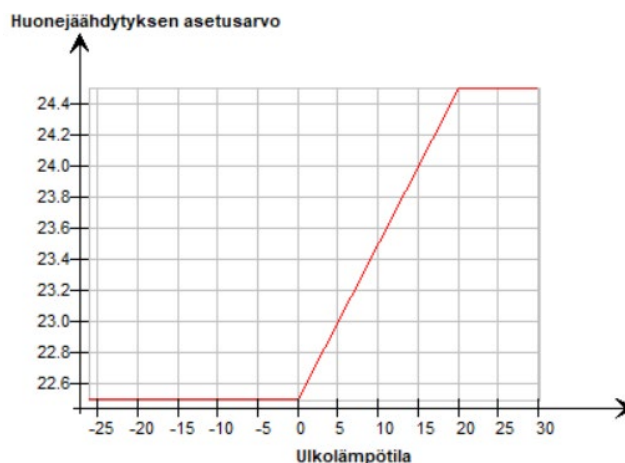
Rakennus sijaitsee ilmastovyöhykkeellä I, joten sijaintina käytetään Helsinkiä (Vantaa). Tarkastelu on tehty Ilmatieteenlaitoksen Vantaan 2018 mitatulla säädätällä. Vuoden 2018 Vantaan kesä oli nykyilmastoon nähden erityisen kuuma ja helteinen kesä.

Sisäilmaluokituksen tarkastelu on tehty tilan keskelle, olohuone-keittiötilassa olohuoneen keskelle.

Keskeiset lähtötiedot:

ASETUSARVOT					
Vyöhyke	Lämmitys	IMS / Jäähdytys	maks. CO ₂	Suht kost.	Valaistusvoimakkuus
	°C	°C	ppm	%	lux
Makuuhuone 1	21,5	- / 22,5...24,5*	950		
Makuuhuone 1	21,5	- / 22,5...24,5*	950		
Keittiö-olohuone	21,5	- / 22,5...24,5*	920		
Kylpyhuone	22,0				

* Suunnitelmien mukainen huonejäähdytyksen asetusarvo on alla olevan käyrän mukainen.



RAKENTEET							
Rakennetyypit							
Ulkoseinät ovat betoniseinäelementtejä mineraalivilla eristellä. Välipohja on ontelolattarakennetta. Lohkojen väliset sisäseinät ovat betoniseiniä ja lohkojen sisäiset väliseinät ovat kevyitä kipsilevyseiniä, joissa on eriste.							
Ikkunat (sälekaihtimet uloimmassa lasivälissä ja ne lasketaan alas suorassa auringonpaisteessa)	Pinta-ala	U-arvo	g-arvo	LT	ST	Karmin osuus	Auringon-suojaus
	m ²	W/m ² K	-	-	-	%	
Olohuone-keittiö	3,60	0,98	41	68	31	0,19	Sälekaihtimet
Makuuhuone 1	2,43	0,98	41	68	31	0,23	Sälekaihtimet
Makuuhuone 2	2,92	0,98	41	68	31	0,21	Sälekaihtimet

SISÄISET LÄMPÖKUORMAT									
	Ihmiset			Valaistus			Laitteet		
		Määrä	met		W	W/m ²		W	W/m ²
Olohuone-keittiö	Henkilöt	4	1,2	Yleisvalaistus		1,63	Kannettava PC + näyttö	70	
							Televisio	45	
							Jääkaappi ja pakastin	108	
							Astianpesu	200	
							Liesi	390	
Aikataulu ^a	Arkisin 07:00-22:00 Lauantaisin 08:00-23:00 Sunnuntaisin 08:00-22:00 (Arkisin kotona 1 henkilö etätöissä)								
Makuuhuone 1	Henkilöt	2	1,2	Yleisvalaistus		1,4	Laitekuorma	5	
Aikataulu ^a	Arkisin 22:00-07:00 Lauantaisin 23:00-09:00 Sunnuntaisin 22:00-09:00 (Valaistus päällä illalla ja aamulla, laitekuorma aina päällä)								
Makuuhuone 2	Henkilöt	2	1,2	Yleisvalaistus		1,1	Laitekuorma	5	
Aikataulu ^a	Arkisin 22:00-07:30 Lauantaisin 23:00-08:00 Sunnuntaisin 22:00-08:00 (Valaistus päällä illalla ja aamulla, laitekuorma aina päällä)								

^a Edellä raportissa esitettyjen tarkennettujen aikataulujen ja profiilien mukaan. Lisäksi asuntoon liittyvänä kuormana pyykinpesun kuorma kuten edellä on esitetty. Laitteiden kuormista vain osa tulee kuormaksi tiloihin, kuten on edellä tarkemmin esitetty.

TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT				
Lämmitysjärjestelmä			Jäähdytysjärjestelmä	
	Teho	Verkosto	Teho	Verkosto
	W/m ²	°C	kW	°C
Lattialämmitys	30	35/30	-	-
Lattiaviilennys ^a			0,5	19,0/22,0
OH-keittiön jäähdytys (UILP) ^a			0,4	kylmäaine
IV-jäähdytys			1,0	7,0/12,0

^a Laskentatapauksissa huonelämmityksessä lattialämmitys. Vaihtoehtoisena jäähdytysjärjestelmänä lasketaan 1. Lattiaviilennys ja IV-jäähdytys
2. UILP + IV-jäähdytys.

Ilmanvaihtojärjestelmä								
IV-kone	Järjestelmä	Ohjaus	Tuloilma		Poistoilma		Tuloilmalämpötila	η _{LTO}
			min.	maks. ^a	min.	maks. ^a	Lämm. Ja Jääh. ^b	
			l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	°C	
IVK-xxx	Vakioilmavirta	-	0,75	0,75	0,75	0,75	18,2...20,2	70

^a Mitoitusperusteena SIL 2018 S2 luokan ilmamäärät ja CO₂ raja-arvo 950 ppm. Tehostusvaraa (30 %) ei käytetä suunnitellulla käytöllä ilman laadun mitoittamisessa. Tehostusta ei myöskään käytetä SIL 2018 S2 luokan operatiivisen lämpötilan pysyvyyden saavuttamisessa mitoittavan ulkoilmaolosuhteen (ulkoilman entalpia 57 kJ/kg k.i.) alapuolella. SIL 2018 S2 mukainen ilmavirtojen asetanta on tehty tämän SIL luokitustarkastelu-esimerkin liitteen 1 mukaisesti.

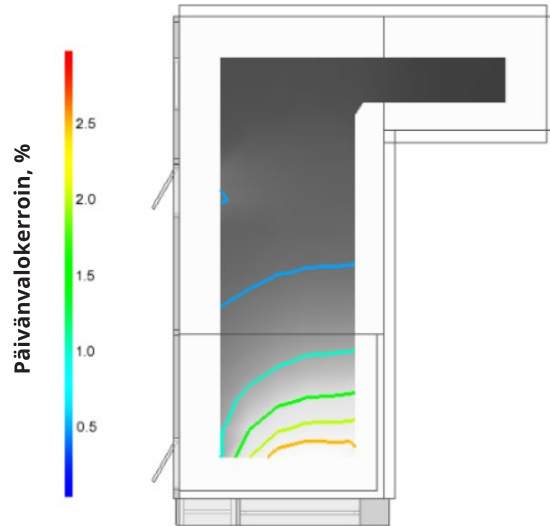
^b Poistoilman lämpötilan mukaan ohjattu tuloilman lämpötila

Päivänvalokerroin oleskeluvyöhykkeellä

Päivänvalokerroinlaskentaan ei vaikuta jäähdytysjärjestelmään tehdyt variaatiot.

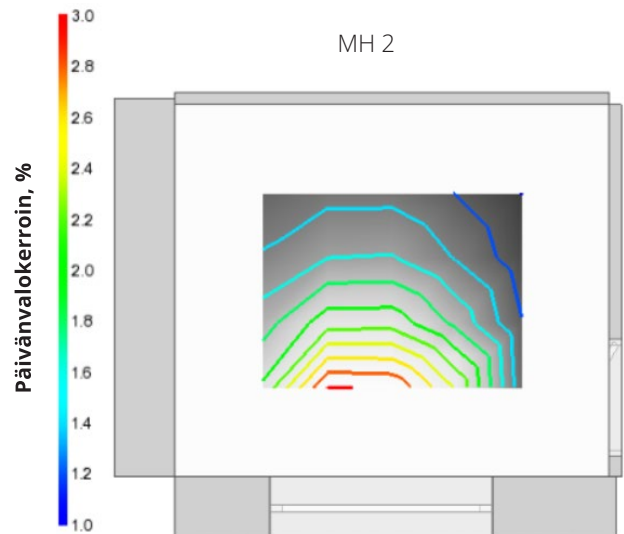
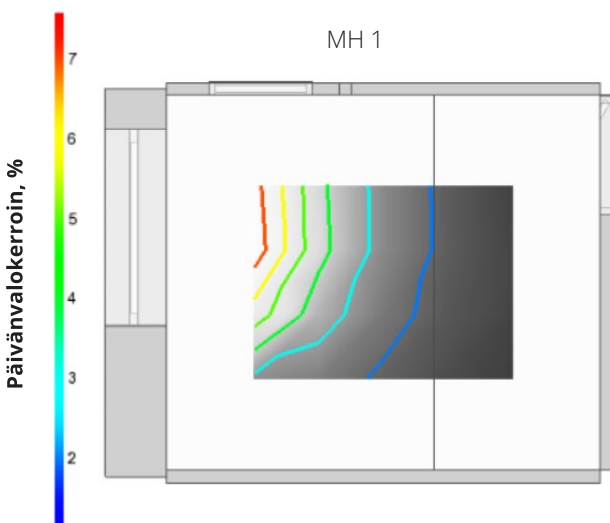
Olohuone-keittiön (ml. eteinen) päivänvalokerroin:

Mediaani päivänvalokerroin	Keskiarvo päivänvalokerroin	Minimi päivänvalokerroin	Maksimi päivänvalokerroin	UR (päivänvalokerroin)
%	%	%	%	-
0,83	1,03	0,04	2,98	0,04



Makuuhuoneiden päivänvalokertoimet:

	Mediaani päivänvalokerroin	Keskiarvo päivänvalokerroin	Minimi päivänvalokerroin	Maksimi päivänvalokerroin	UR (päivänvalokerroin)
	%	%	%	%	-
MH 1	2,36	2,94	1,18	7,58	0,40
MH 2	1,51	1,69	1,00	3,01	0,59



SIL 2018 luokan S2 laskentatulokset

Laskenta on tehty IDA Indoor Climate and Energy 5.0 -ohjelmistolla.

Esitetään kolme tarkastelua, joiden osalta tarkastellaan, täyttääkö ratkaisu SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Tarkasteltavat laskentatapaukset ovat:

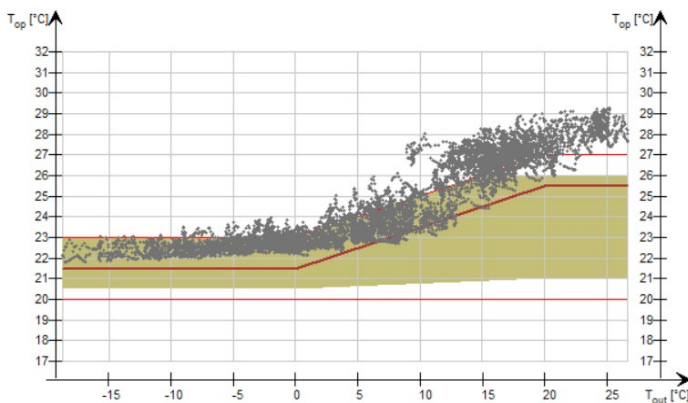
1. Pelkästään ilmanvaihdon jäähdytys
2. Asuinhuoneiden lattiaviilennys ja Ilmanvaihdon jäähdytys
3. Olohuone-keittiö -tilan jäähdytys ulkoilmalämpöpumpulla ja ilmanvaihdon jäähdytys

Läsnäolo ei tässä suunnitelmien mukaisessa rakennuksessa vaikuta asetusravoihin tai säätöön. Tällöin käyttötarkoitukseluokan 1 ja 2 rakennuksissa (asuinrakennukset) operatiivisten lämpötilojen pysyvyys raportoidaan kaikissa asuinhuoneissa jatkuvan käytön mukaisilta tunneilta (eli koko vuoden tunneilta).

Laskentatapaus 1. Pelkästään ilmanvaihdon jäähdytys

Pelkästään ilmanvaihdon jäähdytyksellä ei saavuteta SIL 2018 luokan S2 tavoitearvoja, kuten selviää alla olevista raporteista.

Olohuone-keittiö, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

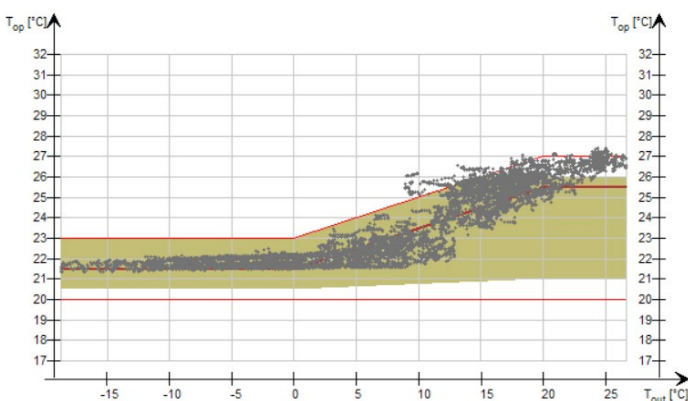
Pysyvyys alueella	T_{op} :	4922 (56 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	5249 (60 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	93 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Olohuoneen keskellä oleva operatiivinen lämpötila ylittää +27 °C läsnäoloaikana 1137 tunnin ajalla.

Makuuhuone 1, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

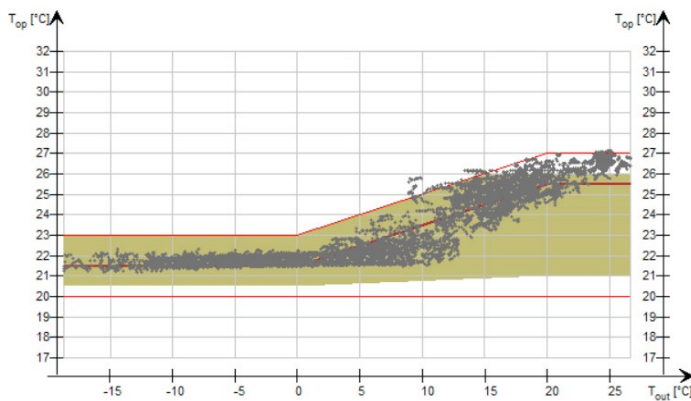
Pysyvyys alueella	T_{op} :	7651 (87 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8438 (96 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Makuuhuoneen 1 keskellä oleva operatiivinen lämpötila ylittää +27 °C läsnäoloaikana 105 tunnin ajalla. Makuuhuoneessa 1 ei saavuteta ilmanvaihdon jäähdytyksellä SIL 2018 luokan S2 tavoitearvoja.

Makuuhuone 2, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	7983 (91 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8649 (99 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Makuuhuoneen 2 keskellä oleva operatiivinen lämpötila ylittää +27 °C läsnäoloaikana 39 tunnin ajalla. Makuuhuoneessa 2 ei saavuteta ilmanvaihdon jäähdytyksellä SIL 2018 luokan S2 tavoitearvoja.

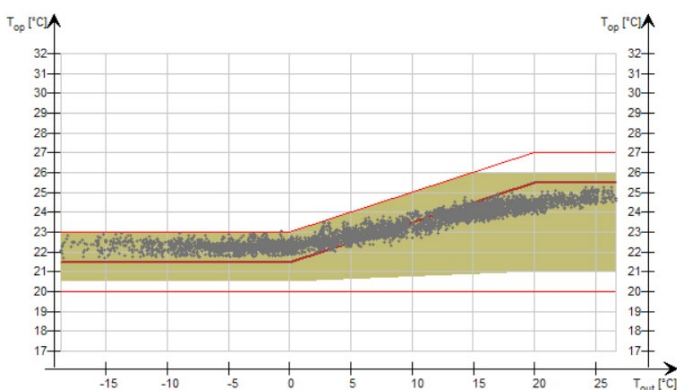
Laskentatapaus 2. Asuinhuoneiden lattiaviilennys ja Ilmanvaihdon jäähdytys

Asuinhuoneiden lattiaviilennyksellä ja Ilmanvaihdon jäähdytyksellä saavutetaan SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Korkein kastepisteen lämpötila simuloinneissa oli 18,6°C ja sitä vastaa suurin asuinhuoneen huoneilman suhteellinen kosteus 69 %.

Ilmanvaihdon jäähdytystä/kuivausta ei ole mahdollista jättää pois. Mikäli kuitenkin ilmanvaihdon jäähdytys ja kuivaus jätettäisiin pois, nousisi korkein simuloitu kastepiste arvoon 21,3°C ja tätä vastaava huoneilman suhteellinen kosteus arvoon 74 %. Esim. olohuoneessa huoneilman suhteellinen kosteus 60 % ylittyisi 434 tuntina vuodessa. Varsinaista asetettua raja- tai tavoitearvoa sisäilman suhteelliselle kosteudelle ei ole. Kostutusta käytettäessä ilman suhteellisen kosteuden tulee kuitenkin SIL 2018 mukaisesti olla alle 60 %.

Olohuone-keittiö, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

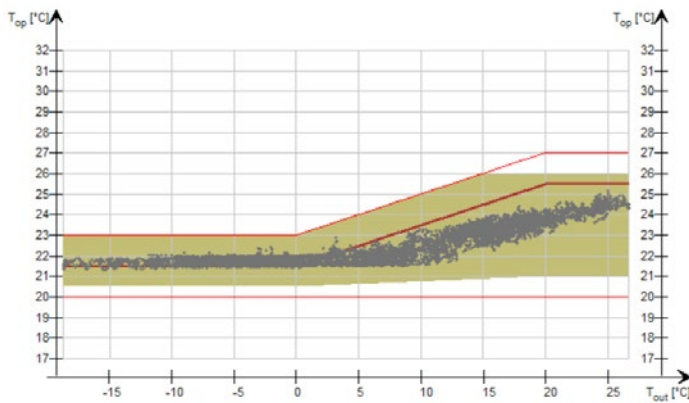
Pysyvyys alueella	T_{op} :	8760 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8760 (100 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	93 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Olohuoneessa saavutetaan lattiaviilennyksellä ja Ilmanvaihdon jäähdytyksellä SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Makuuhuone 1, SIL 2018 S2 raportti:



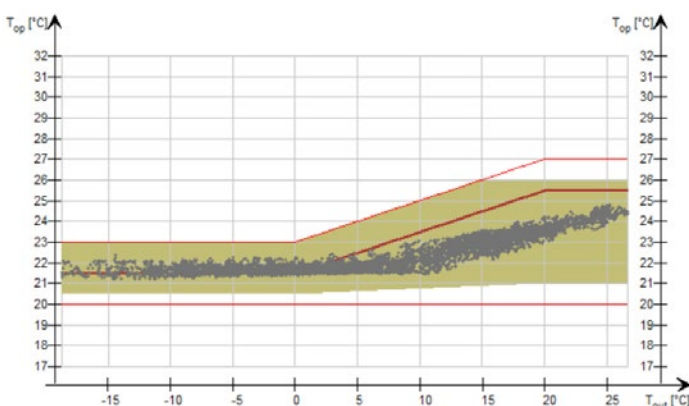
Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	8760 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8760 (100 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Makuuhuone 2, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	8760 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8760 (100 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Makuuhuoneessa 1 saavutetaan lattiaviilennyksellä ja ilmanvaihdon jäähdytyksellä SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Makuuhuoneessa 2 saavutetaan lattiaviilennyksellä ja ilmanvaihdon jäähdytyksellä SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

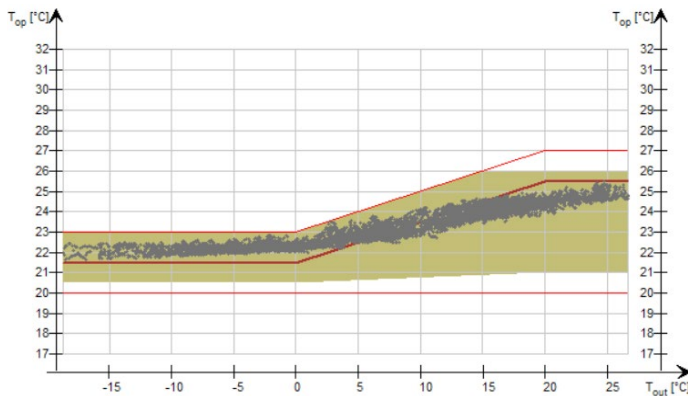
Laskentatapaus 3. Olohuone-keittiö -tilan jäähdytys ulkoilmalämpöpumpulla ja ilmanvaihdon jäähdytys

Olohuone-keittiö -tilan jäähdytyksellä ulkoilmalämpöpumpulla ja ilmanvaihdon jäähdytyksellä saavutetaan SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Korkein kastepisteen lämpötila simuloinneissa oli 18,2°C ja sitä vastaa asuinhuoneen huoneilman suhteellinen kosteus 70 %.

Ilmanvaihdon jäähdytystä/kuivausta ei ole suositeltavaa jättää pois. Mikäli kuitenkin ilmanvaihdon jäähdytys ja kuivaus jätettäisiin pois, nousisi korkein simuloitu kastepiste arvoon 20,4°C ja tätä vastaava huoneilman suhteellinen kosteus arvoon 74 % siitä huolimatta, että olohuoneen ulkoilmalämpöpumpun jäähdytystä ja kuivausta kasvatettaisiin olohuoneen lämpötilan tavoitearvot huomioiden. Samalla myös makuuhuoneiden kesäajan operatiiviset lämpötilat kohoaisivat n. 2°C alla laskettua korkeammalle tasolle.

Olohuone-keittiö, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

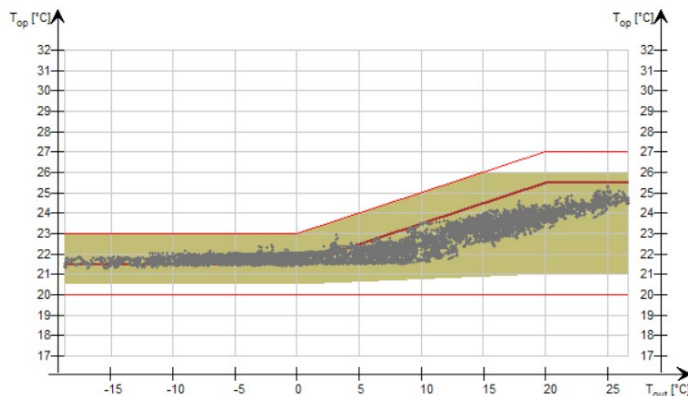
Pysyvyys alueella	T_{op} :	8760 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8760 (100 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	93 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Olohuoneessa saavutetaan olohuone-keittiö -tilan jäähdytyksellä ulkoilmalämpöpumpulla ja ilmanvaihdon jäähdytyksellä SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot.

Makuuhuone 1, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

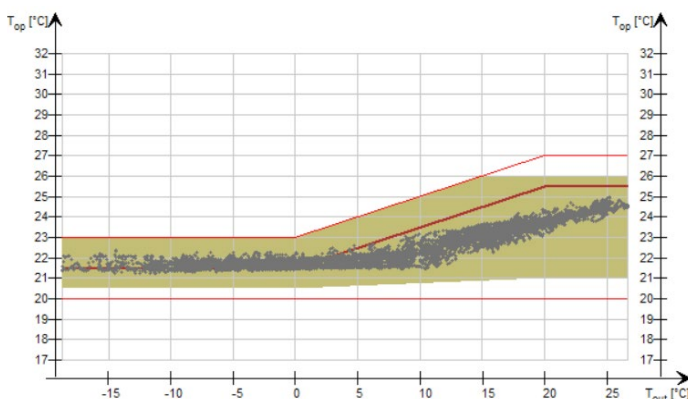
Pysyvyys alueella	T_{op} :	8760 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8760 (100 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Makuuhuoneessa 1 saavutetaan SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot, kun olohuone-keittiö -tila jäähdytetään ulkoilmalämpöpumpulla ja lisäksi käytetään ilmanvaihdon jäähdytystä.

Makuuhuone 2, SIL 2018 S2 raportti:



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	8760 (100 %)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	8760 (100 %)
Yhteensä:		8760

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Makuuhuoneessa 2 saavutetaan SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot, kun olohuone-keittiö -tila jäähdytetään ulkoilmalämpöpumpulla ja lisäksi käytetään ilmanvaihdon jäähdytystä.

Liite 5: Asuinkerrostalon ilmamäärätarkastelu - Sisäilmastoluokka S2

YMa 1009/2017 mukainen ilmavirtojen mitoitus ^{*1)}

YM asetus 1009/2017:

- *1) "Oleskelutilojen ulkoilmavirraksi on mitoitettava vähintään 6 dm³/s henkilöä kohti suunniteltuna käyttöaikana, jos tilan käyttötarkoituksesta ei aiheudu lisäilmavirran tarvetta."

Lisäksi on huomioitava, että tiedossa ei ole montako henkilöä on majoittuneena kummassakin makuuhuoneessa, joten molempiin makuuhuoneisiin mitoitetaan 6 dm³/s henkilöä kohden kahden henkilön kuormaa vastaten.

YM asetusta 1009/2017 on jatkotulkittu kuten oppaassa: "Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen", FINVAC ry, 2019:

"Jokaisen asuinhuoneen ulkoilmavirta on vähintään 0,35 dm³/s,m²"

"Jokaiseen asuinhuoneeseen on tuotava ulkoilmaa vähintään 8 l/s, yli 11 m² makuuhuoneisiin 12 dm³/s" (Olohuone on YM asetuksen 1008/2017 mukainen asuinhuone)

Laskentaesimerkissä (FINVAC, taulukko 2):

- keittiön poistoilmavirta vähintään 8 l/s (tehostuksella 25 l/s).
- KPH poistoilmavirta vähintään 10 l/s
- Mikäli tulo/poistoilmavirtojen tasapainotus on laskentaesimerkeissä edellyttänyt poistoilmavirtojen kasvattamista, opas on esittänyt että: "Suositeltavaa on kasvattaa kylpyhuoneen poistoa"

Lisäksi huomioitava, että YM asetuksen 1010/2017 momentin 29 esittämä laskennallinen kesäajan huonelämpötilan hallinta suunnitelmien mukaisilla ilmavirroilla, on tässä kohteessa myös ohjannut tuomaan olohuoneeseen suunnitelmien mukaisen 8 l/s ulkoilmavirran.

Tulo- ja poistoilmavirrat (YM asetus 1009/2017 ja ^{*1)}) ovat vähintään seuraavat:

Lattia-ala (huoneala)	Tuloilmavirta	Poistoilmavirta
	l/s	l/s
Koko asunto	32	32
OH	8	-
MH 1	12	-
MH 2	12	-
KPH	-	18
Keittiö	-	11
VH	-	3
Yhteensä	32	32

Tapaus 1 SIL 2018 S2, 3 hlö

(jos makuuhuoneiden yhteenlasketun henkilömäärän tiedettäisiin olevan 3 henkilöä)

Tarkasteltavat tilat

(ulkoilmavirrat mitoitusperusteet SIL 2018 S2, 3 hlö)

Lattia-ala (huoneala)	m ²	Kriteeri 1 Ulkoilmavirta S2 ja FINVAC	Kriteeri 1	hlö	Kriteeri 2 Ulkoilmavirta S2 ja FINVAC	Kriteeri 1 + Kriteeri 2
		(ℓ/sm^2)/ (ℓ/s)	ℓ/s	lkm	ℓ/s	ℓ/s
Koko asunto	63,5	0,5 (#1, #2)	32	3	yht. 32	32
Olohuone (K ja ET)	OH 17,5	OH 0,35 / 8 ℓ/s , ET ja K #S (#3, #4, #5)	8	3	24 (= 8 + 16#S) (#4, #6, #7)	8 (#7)
MH 1	9,8	0,35 / 8 ℓ/s (#4)	8	2	16 (#6)	16
MH 2	9,6	0,35 / 8 ℓ/s (#4)	8	1	8 (#6)	8
KPH	4,6	KPH #S (#3)	-	-	- (# 3)	-
VH	3,3	VH #S (#3)	-	-	- (# 3)	-
					Vaatimus yht.	32

#1, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

"Lisäksi tarkastetaan, että asunnon kokonaisulkoilmavirta on S1- ja S2-luokissa vähintään 0,5 dm³/s,m² ja S3-luokassa vähintään 0,35 dm³/s,m²."

#2, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

"Tilojen ulkoilmavirrat suunnitellaan standardin SFS-EN 16798-3:2017 mukaisesti"

"S2-luokka, ulkoilmavirta = 0,35 dm³/s, lattia m² ja lisäksi 7 dm³/s, henkilö"

- Laskentaesimerkissä tämä johtaisi S2 luokassa likimain seuraaviin asuinhuoneiden ulkoilmavirtoihin:
 - Olohuone 27 ℓ/s
 - MH 1 17 ℓ/s
 - MH 2 10 ℓ/s
- Todetaan edellisten vastaavan esim. toimistokäytön ulkoilmavirtojen tilakohtaista mitoitusta ja olevan siellä käyttökelpoisia SIL 2018 luokitusta tarkasteltaessa. Näitä ei tarkastella asuinrakennuksissa.

#S, Ulkoilmavirtaa voidaan korvata asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.

#3, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

"Asunnon muiden tilojen ilmavirrat mitoitetaan FINVAC-hankkeen (#4) "Selvitys asuinrakennuksen asuintilojen ja yhteistilojen ilmanvaihdon mitoituksista ja tilakohtaisista ohjearvoista" -mukaan."

#4, Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen, FINVAC ry, 2019, s. 5

"Jokaisen asuinhuoneen ulkoilmavirta on vähintään 0,35 dm³/s,m²"

"Jokaiseen asuinhuoneeseen on tuotava ulkoilmaa vähintään 8 ℓ/s , yli 11 m² makuuhuoneisiin 12 dm³/s"

#5, Eteinen ei ole asuinhuone, makuuhuoneet, olohuone ovat asuinhuoneita. (YMa 1008/2017).

#6, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 28

”Ulkoilmavirtojen mitoitussarvot asuintiloissa (oleskelu- ja makuuhuoneet), S2, 8 dm³/s,henk”

- Asunnossa asuu 3 henkilöä. Asunnon henkilöt oleskelevat asunnossa myös yhtäaikaisesti.
- MH 1 oleskelee 2 henkilöä
- MH 2 oleskelee 1 henkilö

#7, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

”Olohuoneen ilmavirtaa voidaan pienentää, jos makuuhuoneen ilmavirta poistuu olohuoneen kautta”

Laskentaesimerkissä makuuhuoneiden ilmavirroista 18 l/s poistuu olohuoneen kautta ja 6 l/s vaatehuoneen kautta. Yhteensä 16 l/s vaaditusta olohuoneen ulkoilmavirrasta (24 l/s) voidaan näin laskea poistuvan makuuhuoneista olohuoneen kautta. Olohuoneeseen tuodaan #3 mukaisesti 8 l/s ulkoilmavirta. On muistettava tarkistaa, että SIL 2018 S2 luokan vaatimus hiilidioksidipitoisuudelle tulee asuinhuonekohtaisesti täytettyä.

Tarkasteltavat tilat

(poistoilmavirrat mitoitusterusteet SIL 2018 S2, 3 hlö)

Lattia-ala (huoneala)	m ²	Kriteeri 1 Poistoilma- virta S2 ja Finvac	Kriteeri 1	Tulo-poisto tasapaino, Kriteeri 2 Poistoilma- virta S2 ja Finvac	Kriteeri 1 + Kriteeri 2
		(l/s)	l/s	l/s	l/s
Koko asunto	63,5	-	-	32 (#1, #8)	32
Keittiö-olohuone-eteinen	36,2	K 8 l/s (#9)	8	11 (#9, #10)	11
MH 1	9,8	- (#9)	-	-	-
MH 2	9,6	- (#9)	-	-	-
KPH	4,6	10 l/s (#9)	10	15 (#9, #10)	15
VH	3,3	6 l/s (#9)	6	6 (#9, # 10)	6
Yhteensä			24	32	32

#8, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

”Asunnon ulko- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi”

- Laskentaesimerkissä tuloilmavirran tulee edellä olevan tarkastelun mukaan olla S2 luokassa (SIL2018 S2, mitoitus 3 henkilöä) olla vähintään 32 l/s, joten myös poistoilmavirran on oltava vähintään 32 l/s.

#9, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

”Asunnon muiden tilojen ilmavirrat mitoitetaan FINVAC-hankkeen ”Selvitys asuinrakennuksen asuintilojen ja yhteistilojen ilmanvaihdon mitoituksista ja tilakohtaisista ohjearvoista” -mukaan.”(FINVAC)

- Laskentaesimerkissä (FINVAC, taulukko 2):
 - keittiön poistoilmavirta vähintään 8 l/s (tehostuksella 25 l/s).
 - KPH poistoilmavirta vähintään 10 l/s
 - Vaatehuoneen poistoilmavirta vähintään 6 l/s
 - Vaatimusta suoraan makuuhuoneista, olohuoneesta tai eteisestä tapahtuvalle poistolle ei ole.

#10, Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen, FINVAC ry, 2019, Laskentaesimerkit

Mikäli tulo/poistoilmavirtojen tasapainotus on laskentaesimerkeissä edellyttänyt poistoilmavirtojen kasvattamista, opas on esittänyt että: "Suositeltavaa on kasvattaa kylpyhuoneen poistoa"

- Laskentaesimerkissä KPH poistoa kasvatetaan 10 l/s → 15 l/s ja loppu tasapainotuksen vaatima poisto tehdään keittiöstä (8 l/s → 11 l/s).

Tarkasteltavat tilat

(ulkoilmavirrat mitoitusperusteet SIL 2018 S2, 3 hlö, Sisäilman laatu, hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvon toteutuminen valituilla ilmamäärillä)

Asuinhuone	Tuloilma	CO ₂
	l/s	ppm ^{*2)}
Olohuone (K ja ET)	8 (24) (#7)	< 950 ppm (91 % käyttöajasta)
MH 1	16	< 950 ppm (100 % käyttöajasta)
MH 2	8	< 950 ppm (100 % käyttöajasta)

*2) Tarkasteltu dynaamisella simuloinnilla IDA ICE 5.0 simulointiohjelmalla ulkoilman CO₂ taustapitoisuudella 400 ppm. Tulo-, poisto- ja siirtoilmareitit mallinnettu. Henkilöiden läsnäolo profiloitu ja mallinnettu oletetun todellisen käytön mukaan. Asunnossa työskentelee arkipäivisin yksi henkilö etätöissä. CO₂ pitoisuus ei ole ilmanvaihdon tehostusta ohjaava suure, joten pysyvyydet on simuloitu ilman ilmanvaihdon tehostusta.

Nukkuvan henkilön aktiivisuutena makuuhuoneissa käytettiin Ashrae Fundamentals 2017 -standardin mukaisesti 0,7 met. Muualla kuin makuuhuoneissa henkilöiden aktiivisuutena käytettiin 1,2 met.

Tarkastelun perusteella SIL 2018 luokan S2 ilman CO₂ pitoisuudelle annetut tavoitearvot (80 % pysyvyysvaatimus käyttöajasta) täyttyvät asuinhuoneissa, kun tulo- ja poistoilmavirralla on 32 l/s, eikä ilmamääriä tämän johdosta tarvitse kasvattaa.

Tulo- ja poistoilmavirrat ovat seuraavat:

	Tulo- ilmavirta	Poisto- ilmavirta
	l/s	l/s
Koko asunto	32	32
OH	8	-
MH 1	16	-
MH 2	8	-
KPH	-	15
Keittiö	-	11
VH	-	6
Yhteensä	32	32

TAPAUS 2, SIL 2018 S2, 4 hlö

Tarkasteltavat tilat

(ulkoilmavirrat mitoitusperusteet SIL 2018 S2, 4 hlö, (2 hlö /MH))

Lattia-ala (huoneala)	m ²	Kriteeri 1 Ulkoilma-virta S2 ja Finvac	Kriteeri 1	hlö	Kriteeri 2 Ulkoilma-virta S2 ja Finvac	Kriteeri 1 + Kriteeri 2
		(l/s/m ²)/ (l/s)	l/s	lkm	l/s	l/s
Koko asunto	63,5	0,5 (#1)	32	4	yht. 40	40
Olohuone (K ja ET)	OH 17,5	OH 0,35 / 8 l/s, ET ja K #S (#3, #4, #5)	8	4	32 (= 8 + 24#S) (#4, #11, #12)	8 (#12)
MH 1	9,8	0,35 / 8 l/s (#4)	8	2	16 (#11)	16
MH 2	9,6	0,35 / 8 l/s (#4)	8	2	16 (#11)	16
KPH	4,6	KPH #S (#3)	-	-	- (# 3)	-
VH	3,3	VH #S (#3)	.	-	- (# 3)	-
					Vaatus yht.	40

#11, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 28

"Ulkoilmavirtojen mitoitusarvot asuintiloissa (oleskelu- ja makuuhuoneet), S2, 8 dm³/s,henk"

- Asunnossa asuu 4 henkilöä. Asunnon henkilöt oleskelevat asunnossa myös yhtäaikaaisesti.
- MH 1 oleskelee 2 henkilöä
- MH 2 oleskelee 2 henkilöä

#12, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

"Olohuoneen ilmavirtaa voidaan pienentää, jos makuuhuoneen ilmavirta poistuu olohuoneen kautta"

Laskentaesimerkissä makuuhuoneiden ilmavirroista 26 l/s poistuu olohuoneen kautta ja 6 l/s vaatehuoneen kautta. Yhteensä 24 l/s vaaditusta olohuoneen ulkoilmavirrasta (32 l/s) voidaan näin laskea poistuvan olohuoneen kautta. Olohuoneeseen tuodaan #3 mukaisesti 8 l/s ulkoilmavirta. On muistettava tarkistaa, että SIL 2018 S2 luokan vaatimus hiilidioksidipitoisuudelle tulee asuinhuonekohtaisesti täytettyä.

Tarkasteltavat tilat

(poistoilmavirrat mitoitusperusteet SIL 2018 S2, 4 hlö, (2 hlö /MH))

Lattia-ala (huoneala)	m ²	Kriteeri 1 Poistoilma-virta S2 ja FINVAC	Kriteeri 1	Tulo-poisto tasapaino, Kriteeri 2 Poistoilma-virta S2 ja FINVAC	Kriteeri 1 + Kriteeri 2
		l/s	l/s	l/s	l/s
Koko asunto	63,5	-	-	40 (#1, #13)	40
Keittiö-olohuone-eteinen	36,2	K 8 l/s (#9)	8	14 (#3, #14)	14
MH 1	9,8	- (#9)	-	-	-
MH 2	9,6	- (#9)	-	-	-
KPH	4,6	10 l/s (#9)	10	20 (#9, #14)	20
VH	3,3	6 l/s (#9)	6	6 (#9, # 14)	6
Yhteensä			24	40	40

#13, Sisäilmastoluokitus 2018, s. 27

”Asunnon ulko- ja poistoilmavirrat mitoitetaan yhtä suuriksi”

- Laskentaesimerkissä tuloilmavirran tulee edellä olevan tarkastelun mukaan olla S2 luokassa (SIL2018 S2, mitoitus 4 henkilöä) olla vähintään 40 l/s, joten myös poistoilmavirran on oltava vähintään 40 l/s.

#14, Opas asuinrakennusten ilmanvaihdon mitoitukseen, FINVAC ry, 2019, Laskentaesimerkit

Mikäli tulo/poistoilmavirtojen tasapainotus on laskentaesimerkeissä edellyttänyt poistoilmavirtojen kasvattamista, opas on esittänyt että: ”Suositeltavaa on kasvattaa kylpyhuoneen poisto”

- Laskentaesimerkissä KPH poistoa kasvatetaan 10 l/s -> 20 l/s ja loppu tasapainotuksen vaatima poisto tehdään keittiöstä (8 l/s -> 14 l/s).

Tarkasteltavat tilat

(ulkoilmavirrat mitoitusterusteet SIL 2018 S2, 4 hlö, (2 hlö / MH), Sisäilman laatu, hiilidioksidipitoisuuden tavoitearvon toteutumisen valituilla ilmamäärillä)

Asuinhuone	Tuloilma	CO ₂
	l/s	ppm *3)
Olohuone (K ja ET)	8 (32) (#12)	< 950 ppm (89 % käyttöajasta)
MH 1	16	< 950 ppm (100 % käyttöajasta)
MH 2	16	< 950 ppm (100 % käyttöajasta)

*3) Tarkasteltu dynaamisella simuloinnilla IDA ICE 5.0 simulointiohjelmalla ulkoilman CO₂ taustapitoisuudella 400 ppm. Tulo-, poisto- ja siirtoilmareitit mallinnettu. Henkilöiden läsnäolo profiloitu ja mallinnettu oletetun todellisen käytön mukaan. Asunnossa työskentelee arkipäivisin yksi henkilö etätöissä.

Nukkuvan henkilön aktiivisuutena makuuhuoneissa käytettiin Ashrae Fundamentals 2017 -standardin mukaisesti 0,7 met. Muualla kuin makuuhuoneissa henkilöiden aktiivisuutena käytettiin 1,2 met.

Tarkastelun perusteella SIL 2018 luokan S2 ilman CO₂ pitoisuudelle annetut tavoitearvot (80 % pysyvyysvaatimus käyttöajasta) täyttyvät asuinhuoneissa, kun tulo- ja poistoilmavirralla on 40 l/s, eikä ilmamääriä tämän johdosta tarvitse kasvattaa.

Tulo- ja poistoilmavirrat ovat seuraavat:

	Tulo- ilmavirta	Poisto- ilmavirta
	l/s	l/s
Koko asunto	40	40
OH	8	-
MH 1	16	-
MH 2	16	-
KPH	-	20
Keittiö	-	14
VH	-	6
Yhteensä	40	40

Liite 6: Opetustilan sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S2

Rakennuksen tiedot

Rakennuskohde:	Koulukylän ala-aste
Osoite:	Koulukatu 1, 99999 Koulukylä
Käyttötarkoitukseluokka:	Opetusrakennus

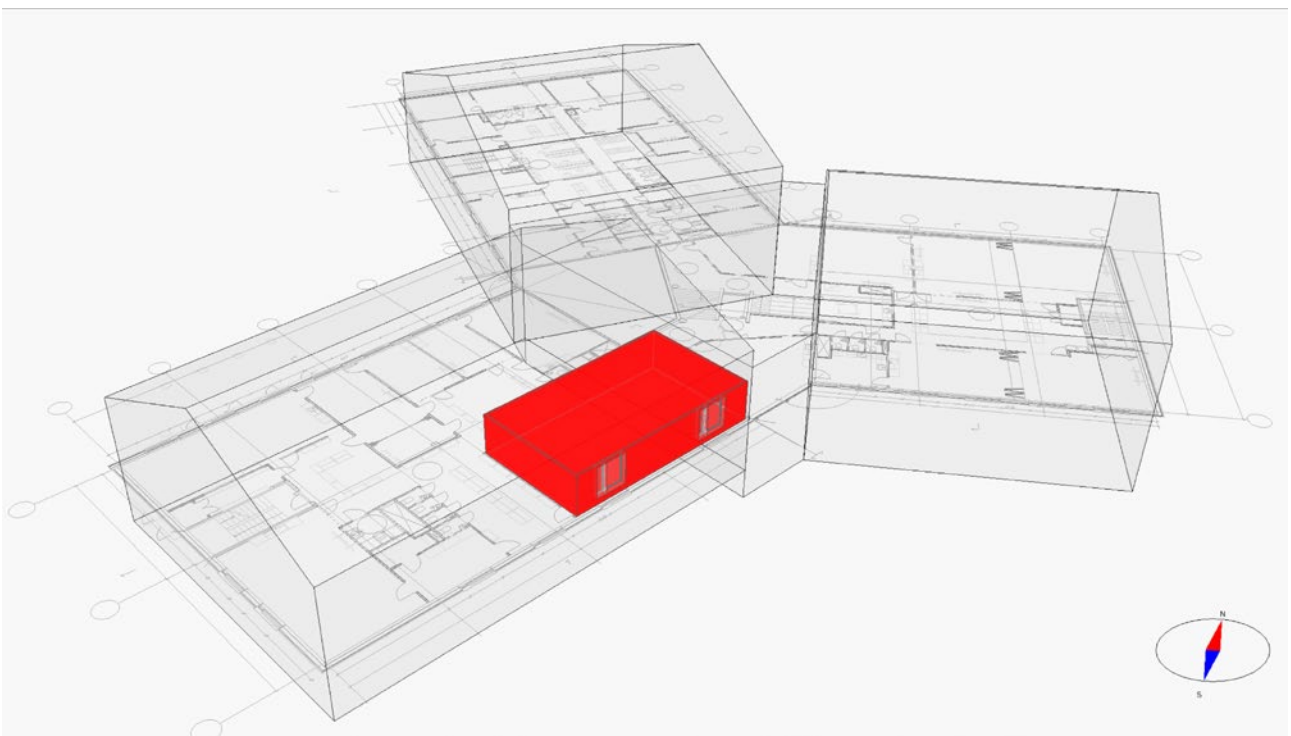
Rakennuksen ympäristö

Rakennus sijaitsee isolla tontilla, siten että rakennuksen omaa varjostusta lukuun ottamatta muita varjostavia elementtejä ei ole mallinnettu. Maan heijastuskertoimena on käytetty arvoa 0,2.

Tarkasteltavat tilat

Opetustila 327	46,5 m ²	2. kerros
Opetustila 329	49,5 m ²	2. kerros

Tilojen välillä on avattava seinä, joten tilat on tarkasteltu yhtenä tilana.

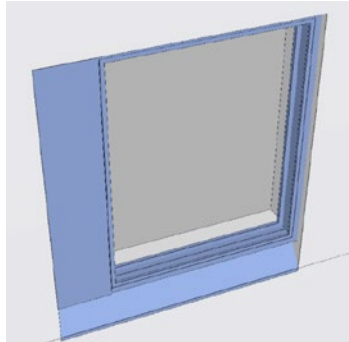


Rakenteet

- Ulkoseinät ovat betoniseinäelementtejä mineraalivillaeristellä, U-arvo 0,17 W/m²K.
- Välipohja on ontelolaattarakenteinen. Tiloissa on alaslaskettu katto.
- Lohkojen väliset sisäseinät ovat betoniseiniä ja lohkojen sisäiset väliseinät ovat kevyitä kipsilevyseiniä, joissa on eriste.
- Rakennuksen vaipan ilmanvuotoluku on 1,2 m³/(hm²).

Ikkunat

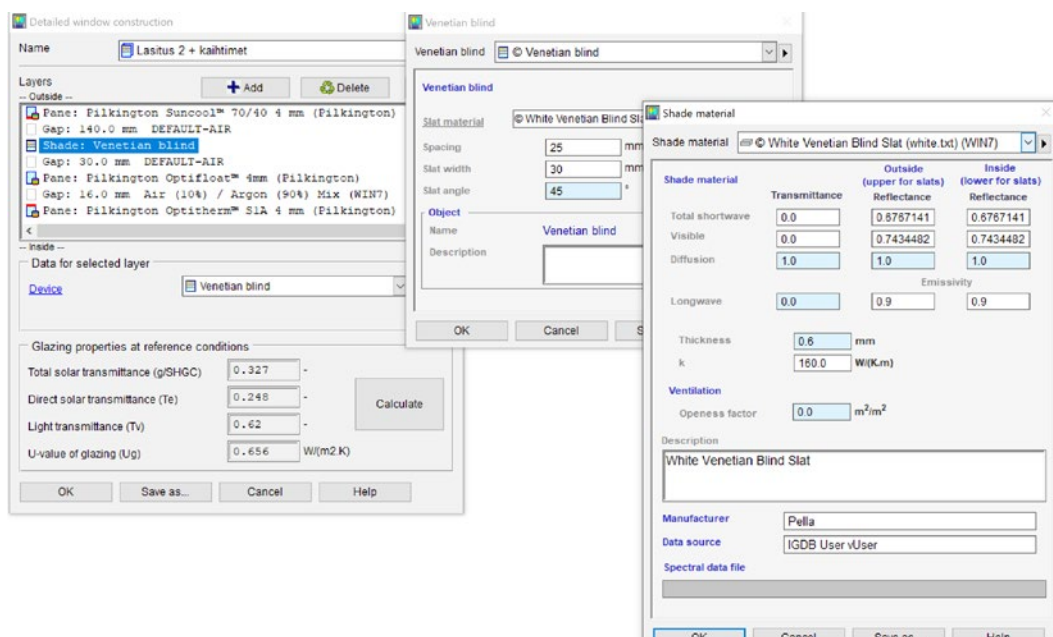
- Ikkunat ovat kaksipuitteisia puu-alumiini-ikkunoita (MSE).
- Tuuletusikkunan ulkopuolella on metallisäleikkö, jonka reikien osuus on 33 %.



Ikkunan ja sen lasituksen keskeiset ominaisuudet on esitetty alla olevassa taulukossa. Ikkuna on mallinnettu kahdessa osassa eli tuuletusikkuna on mallinnettu erikseen. Ikkunatuuletusta ei käytetä SIL 2018 luokitustarkasteluissa. Ikkunatuuletus toimii tiloissa tehostusmahdollisuutena, kun on poikkeukselliset olosuhteet ja/tai sisäiset kuormat.

Ikkunan osa	Ala	g-arvo	T	Tvis	Lasitus U-arvo	Umpi- osan osuus	Umpi- osan U-arvo	Ikk. kok. U-arvo	Sisäänvedon syvyys	Auringon- suojaus
	m ²	-	-	-	W/m ² K	0...1	W/m ² K	W/m ² K	m	
Kiinteä	2,70	33	62	25	0,65	0,20	1,55	0,83	0,26	Säleikaitimet
Tuuletusikkuna	1,30	33	62	25	0,65	0,31	1,55	0,93	0,26	Säleikkö

Ikkunalasitus on kuvattu lasilta alla olevan kuvan mukaisesti. Kuvasta nähdään myös valittujen säleikaitimien materiaalin ominaisuudet ja säleiden mitat. Laskennan aikana säleiden kulma on 45°.



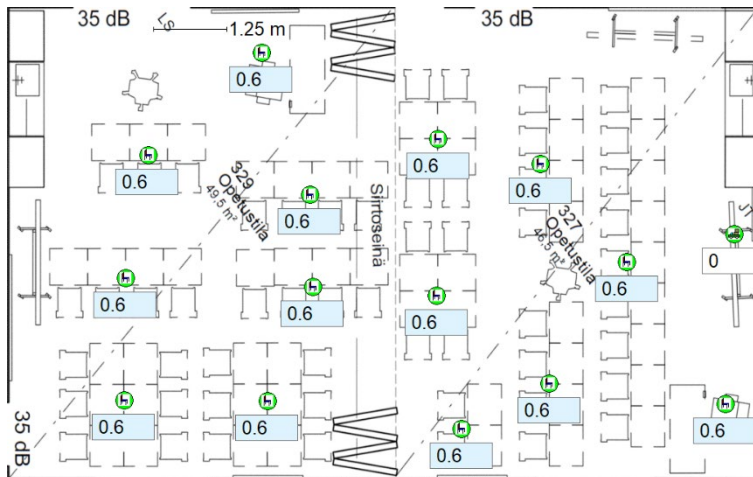
Sisäiset kuormat

Sisäiset kuormat on mallinnettu kalustekuvien ja suunnitellun käytön mukaan.

Opetustilat eivät ole käytössä joulu- ja kesäloman (23.12.-08.01. ja 03.06.-11.08.) aikana. Yksittäisiä lomapäiviä (pääsiäinen, vappu jne.) ei ole otettu kuormien aikatauluissa huomioon.

Henkilöt

Henkilömäärä on mallinnettu kalustekuvien mukaan.

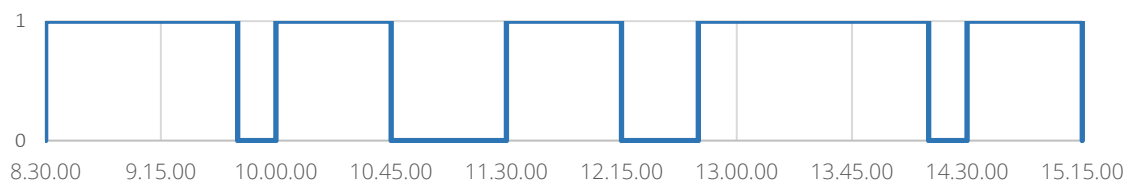


Opetustila	Tilan käyttäjämäärä
327	26
329	26
Yht.	52

Tiloissa on kaksi aikuista opettajaa (1,2 met) ja loput ovat lapsia (1,0 met). Henkilöt on mallinnettu ryhmittäin, jokaisella ryhmällä on pulpettiryhmän mukainen henkilömäärä ja sijainti luokkatilassa.

Opetustilat ovat käytössä arkipäivisin alla olevan profiilin mukaisesti.

Oppituntien aikataulut



Valaistus

Valaistussuunnitelmien mukainen ominaisteho on 6 W/m². Valaistus on päällä läsnäoloaikataulun mukaisesti. Suunnitelmien mukaisella valaistuksella täytetään Sisäilmastoluokituksen 2018 kohdan 1.3.5 valaistuksen tavoitearvot S2-luokassa.

Laitteet

Laiteluettelon mukaan molemmissa tiloissa on datatykki (120 W per laite) ja Smart Board (70 W per laite), jotka ovat päällä läsnäoloaikataulun mukaisesti. Lisäksi mallinnettiin käyttäjän ulkopuolinen jatkuva laite-teho (5 % nimelliskuormista, yhteensä 20 W).

Talotekniikka

Lämmitys ja jäähdytys

Huoneissa on vesikiertoinen lattialämmitys. Rakennus simuloidaan ilmanvaihdon jäähdytyksellä ja ilman sitä.

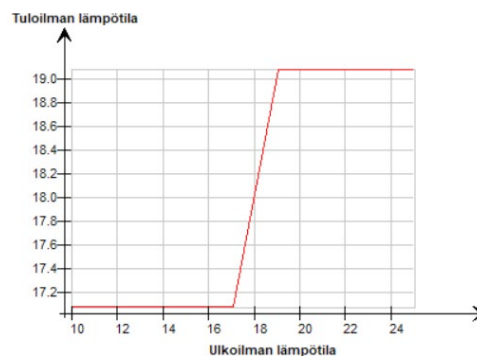
Ilmanvaihto

Opetustiloissa on tarpeenmukainen ilmanvaihto, jota säädetään sekä lämpötilan että hiilidioksidipitoisuuden perusteella. Ilmavirrat on valittu Sisäilmastoluokitus 2018 luokan S2 mukaisesti. Ilmavirtojen yleisenä mitoitusperusteena opetustilassa ovat seuraavat:

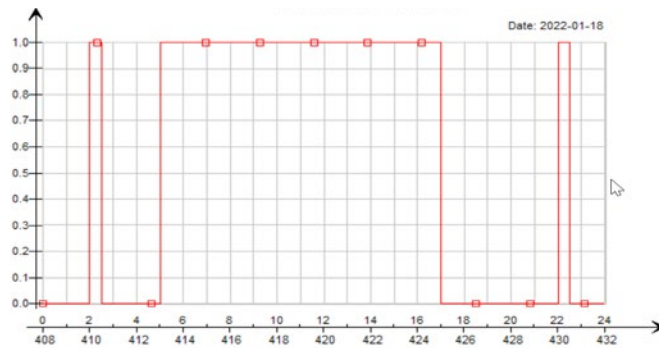
- 8 $\ell/(s, \text{hlö})$ (opetustila tai muu oleskelutila, SIL 2018, luokka S2, taulukko 2.4.3, 56 henkilöä ilmamäärän mitoitusperusteena)
- SIL 2018 S2-luokan ilman hiilidioksidipitoisuudelle asetettu tavoitearvo
- SFS-EN 16798-3:2017 S2-luokassa (0,35 $\ell/(s, \text{lattia-m}^2)$ ja lisäksi 7 $\ell/(s, \text{hlö})$)

Edellä olevista mitoitusarvoista määrääväksi opetustilassa muodostui henkilöperusteinen ilmavirta 8 $\ell/(s, \text{hlö})$. Minimi-ilmavirraksi valittiin 2 $\ell/(s, \text{m}^2)$ ja maksimi-ilmavirraksi 4,8 $\ell/(s, \text{m}^2)$ eli n. 8 $\ell/(s, \text{hlö})$. Suunnitteluratkaisu täyttää näillä ilmamäärillä Sisäilmastoluokituksen kohdan 1.3.4 äänisolosuhteiden tavoitearvot.

Ilmanvaihtokoneessa on 80 % lämpötilasuhteen lämmöntalteenotto ja ominaissähköteho on 1,8 k W/(m^3/s). Tuloilman lämpötilan asetusarvoa ohjataan ulkolämpötilan mukaan alla olevan kuvan mukaisesti viileän ulkoilman käyttö maksimoiden. Tuloilma lämpenee myös puhaltimessa hyötysuhteen mukaisesti, joten sallittu minimisisäänpuhalluslämpötila oli 18 °C. Tästä poiketen yötuuletuksen aktivoituessa sisäänpuhalluksen alin sallittu lämpötila oli 14 °C.



Käyttöajan ulkopuolinen ilmanvaihto on hoidettu ilmanvaihtokoneen jaksottaisella käytöllä, niin että keskimääräinen käyttöajan ulkopuolinen ilmavirta on 0,15 $\ell/s \cdot \text{m}^2$. Alla olevassa kuvassa on esitetty arkipäivän käyntiaika.



Ilman IV-jäähdytyspatteria IV-koneessa käytettiin tarpeenmukaista tuuletustoimintoa koulupäiviä edeltävinä öinä klo 22 – 05 aikavälillä silloin, kun viileää ulkoilmaa oli saatavilla. Kytkeytyessään tuuletustoiminto ohittaa jaksottaisen ilmanvaihdon.

IV-jäähdytyspatterin kanssa IV-koneessa käytettiin tarpeenmukaista tuuletus- tai jäähdytystoimintoa riippuen siitä, oliko viileätä ulkoilmaa saatavilla vai ei. Toiminto oli aktiivinen koulupäiviä edeltävinä öinä klo 03 – 05 aikavälillä. Kytkeytyessään tuuletus/jäähdytystoiminto ohittaa jaksottaisen ilmanvaihdon.

Järjestelmähäviöt

Tarkastelussa on otettu huomioon tilaan tulevat säätämättömät lämpökuormat käyttövesi- ja lämmitysverkostosta. Kuormien suuruus on asetettu suunnitteluratkaisujen perusteella käyttäen Ympäristöministeriön teho- ja energialaskentaohjeen lukuarvoja.

Sisäilmaston tavoitearvot

Lämpöolosuhteiden tavoitearvoina ovat Sisäilmastoluokituksen 2018 luokan S2 tavoitearvot operatiivisen lämpötilan osalta. Sisäilman laadun tavoitearvo on asetettu hiilidioksidipitoisuudelle luokan S2 mukaisesti eli < 950 ppm, ulkoilman hiilidioksidipitoisuuden ollessa noin 400 ppm.

Rakennus sijaitsee ilmastovyöhykkeellä I, joten sijaintina käytetään Helsingin. Tarkastelu on tehty Ilmatieteen laitoksen Vantaan 2007 mitatulla säädatalla. Vuoden 2007 Vantaan kesä oli nykyilmastoon nähden normaali hellekesä.

Opetustilassa ihmiskuormat on sijoitettu tilan eri kohtiin, kuten pohjapiirustuksesta on havaittavissa. Sisäilmastoluokituksen tarkastelu on tehty tilan keskelle.

Keskeiset lähtötiedot

ASETUSARVOT					
Vyöhyke	Lämmitys	IMS / Jäähdytys	maks. CO ₂	Suht kost.	Valaistusvoimakkuus
	°C	°C	ppm	%	lux
327 & 329	21	22/-	900		

RAKENTEET							
Rakennetyypit							
Ulkoseinät ovat betoniseinäelementtejä mineraalivilla eristellä. Välipohja on ontelolattarakennettä. Tiloissa on alaslaskettu katto. Lohkojen väliset sisäseinät ovat betoniseiniä ja lohkojen sisäiset väliseinät ovat kevyitä kipsilevyseiniä, joissa on eriste.							
Ikkunat	Pinta-ala	U-arvo	g-arvo	LT	ST	Karmin osuus	Auringonsuojaus
	m ²	W/m ² K	-	-	-	%	
Kiinteä	2,70	0,83	36	62	31	0,20	Sälekaihtimet alhaalla
Tuuletusikkuna	1,30	0,93	36	62	31	0,31	Säleikkö

SISÄISET LÄMPÖKUORMAT									
	Ihmiset			Valaistus			Laitteet		
		Määrä	met		W	W/m ²		W	W/m ²
	Lapset	50	1,0	Yleisvalaistus		6,0	Smart Board (2x)	70	
	Aikuiset	2	1,2				Datatykki (2x)	120	
	Yht.	52							
Aikataulu	08:30-15:15 4 taukoa (15-45-30-15 min.)			Läsnäolon mukaan, 100 % kun tilassa henkilöitä			Läsnäolon mukaan, 100 % kun tilassa henkilöitä. Lisäksi mallinnettiin käyttöajan ulkopuolinen jatkuva laiteteho (5 % nimelliskuormista, yhteensä 20 W).		
Loma	23.12-08.01 ja 03.06-11.08								

TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT					
Lämmitysjärjestelmä				Jäähdytysjärjestelmä	
	Teho	Verkosto	Teho	Verkosto	
Lattialämmitys	22	35/30	-	-	
IV-jäähdytys ^a	35 (huoneeseen)		6,9	9/14	

^a Ulkoilman entalpialla 61 kJ/kg ja sisäänpuhalluslämpötilalla 20 °C ilman verkostohäviöitä. Osa ilmoitetusta IV:n jäähdytystehosta on IV-patterissa tapahtuvaa kondenssia. LTO:ta käytetään jäähdytyksessä poistoilman ollessa ulkoilmaa viileämpää.

Ilmanvaihtojärjestelmä								
IV-kone	Järjestelmä	Ohjaus	Tuloilma		Poistoilma		Tuloilmalämpötila ^b	η _{LTO}
			min.	maks. ^a	min.	maks. ^a		
			l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	°C	%
IVK-xxx	Tarpeenmukainen	T + CO ₂	2	4,8	2	4,8	18...20	80

^a Mitoitusperuste 8 l/s·hlö

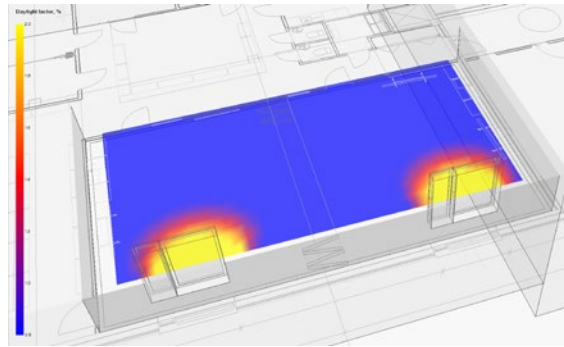
^b Ulkolämpötilaohjattu edellä kuvatun käyrän mukaan

Päivänvalokerroin oleskeluvyöhykkeellä

Päivänvalokerroinlaskentaan vaikuttaa pelkästään ikkunan ominaisuudet (ilman kaihtimia ja säteily-suojaratkaisuja).

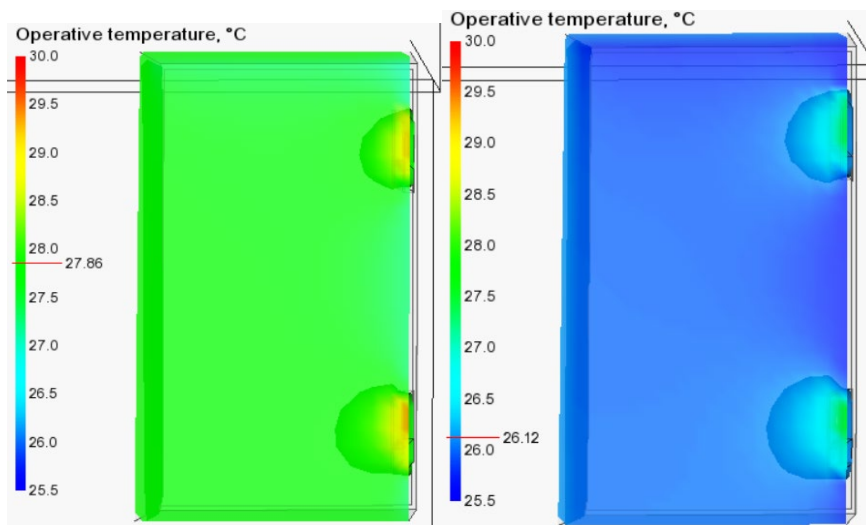
Opetustilan päivänvalokerroin:

Mediaani päivänvalokerroin	Keskiarvo päivänvalokerroin	Minimi päivänvalokerroin	Maksimi päivänvalokerroin	UR (päivänvalokerroin)
%	%	%	%	-
0,3368	0,6625	0,1912	6,062	0,2886



Operatiivisten lämpötilojen lisätarkastelut

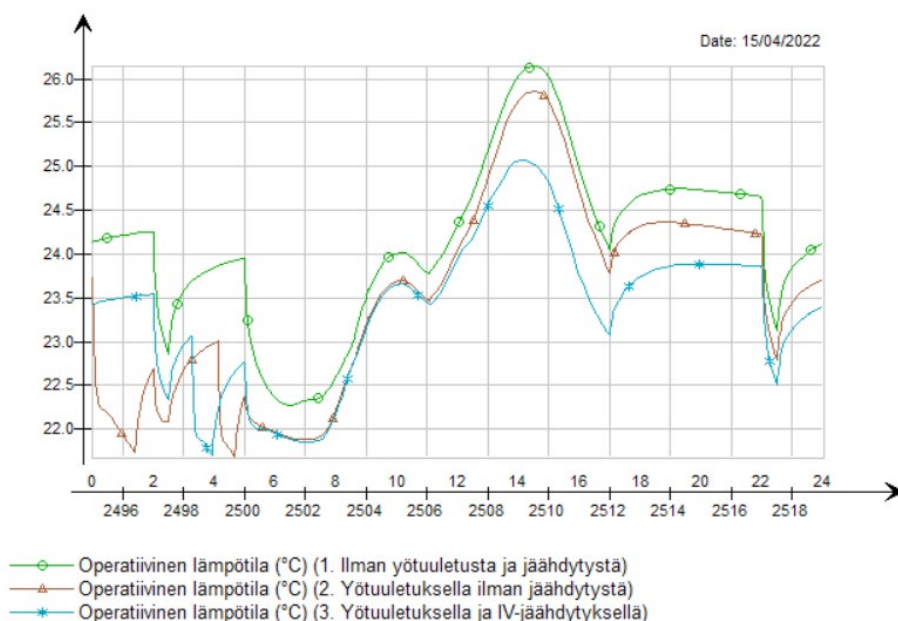
Alla olevassa kuvassa on esitetty operatiivisen lämpötilan jakautuminen tilassa 1,1 m korkeudella Vantaan 2007 säällä 16.08. klo 14:00, vasemmalla ilman IV-jäähdytystä ja oikealla IV-jäähdytyksen kanssa. Kyseessä olleen vuorokauden alimman tunnin ulkolämpötila on 14,1 °C ja ylimmän tunnin 25,6 °C. Koulun käyttöajat huomioiden päivät 15. ja 16.8 ovat Vantaan vuoden 2007 säällä SIL 2018 S2 luokan tavoitearvojen täyttämisen kannalta kaikkein haastavimmat. Esim. vuoden 2013 säällä vastaavia päiviä esiintyy toukokuun lopussa. SIL 2018 luokan S2 tavoitearvoja ei simuloidussa opetustilassa täytetä ilman jäähdytystä.



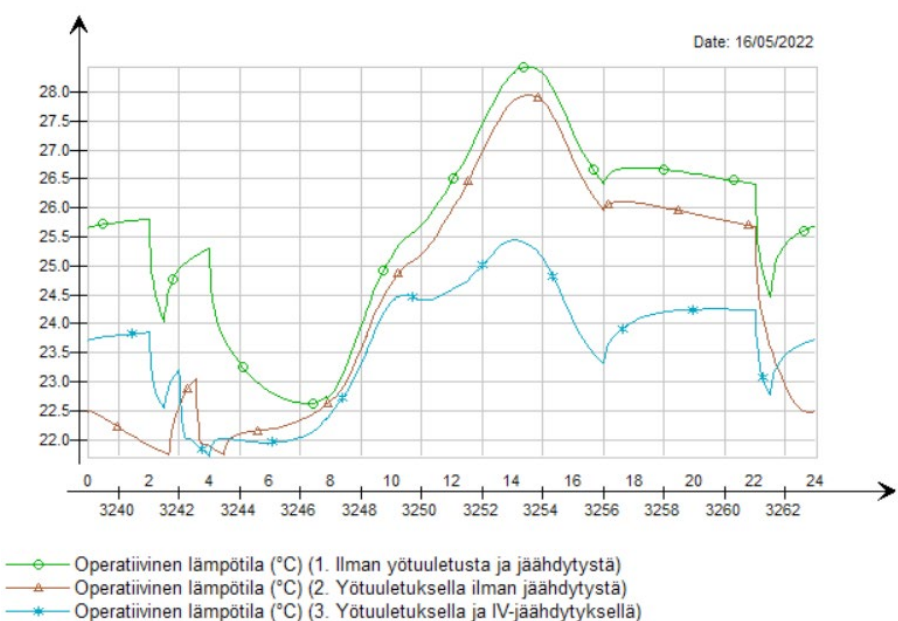
Jos SIL 2018 tarkastelussa on mukana kahdenlaisia ratkaisuja, joissa toisissa käytetään jäähdytystä ja toisissa ei käytetä, on suositeltavaa tehdä SIL 2018 vuosilaskennan lisäksi ylälämpenemistarkastelut kesäajan laskentaa koskeville kuukausille. Alla on esitetty ylälämpenemistarkastelujen tulokset ilman IV-jäähdytystä ja yötuuletusta (1), ilman IV-jäähdytystä (2) sekä IV-jäähdytyksen kanssa (3).

Kuvaajissa on esitetty operatiiviset lämpötilat opetustilan keskellä huhti-, touko-, elo- ja syyskuussa. Operatiiviset lämpötilat on alla laskettu RAMI-hankkeessa Aalto-yliopiston määrittämille jäähdytyksen kuukausittaisille nykyilmaston mitoituspäiville, joista on tehty IDA ohjelmistoon harmonisoidut kuukausittaiset mitoituspäivät.

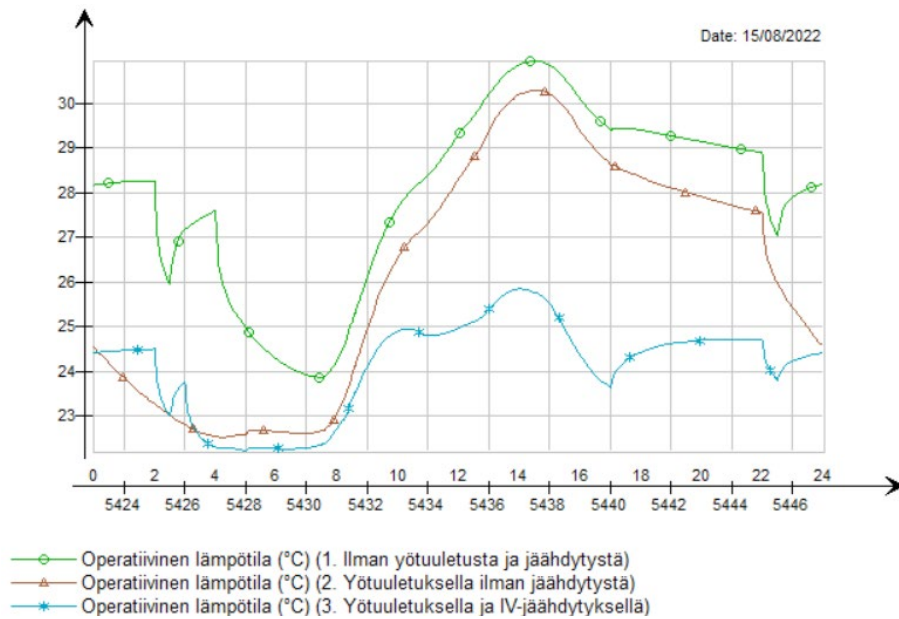
Ylälämpenemistarkastelu, huhtikuun nykyilmaston jäähdytyksen mitoituspäivä (ulkolämpötila alueella 6,5...21,5°):



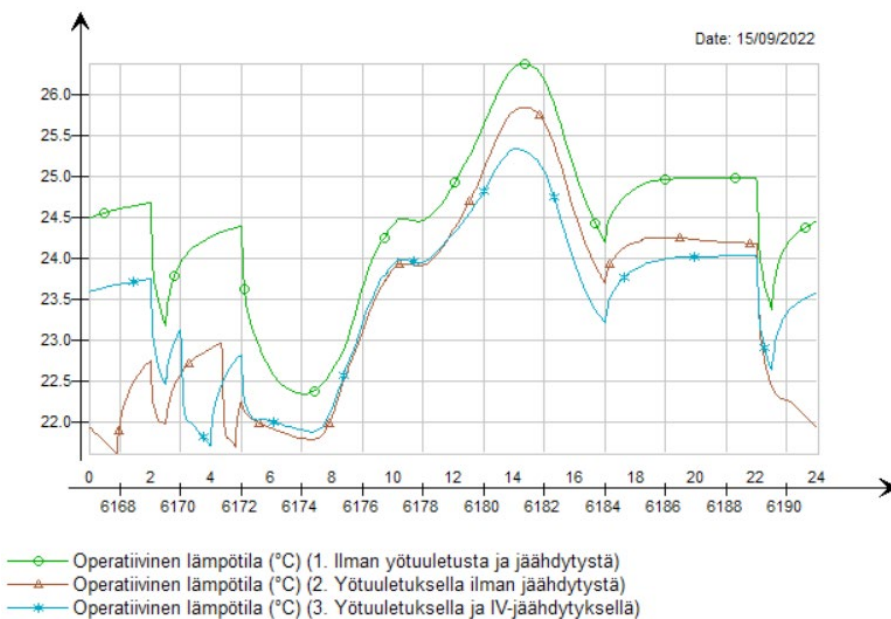
Ylälämpenemistarkastelu, toukokuun nykyilmaston jäähdytyksen mitoituspäivä (ulkolämpötila alueella 12,0...25,0°):



Yliämpenemistarkastelu, elokuun nykyilmaston jäähtytksen mitoituspäivä
(ulkolämpötila alueella 16,0...29,0°):



Yliämpenemistarkastelu, syyskuun nykyilmaston jäähtytksen mitoituspäivä
(ulkolämpötila alueella 13,0...21,0°):



SIL 2018 luokan S2 laskentatulokset

Laskenta on tehty IDA Indoor Climate and Energy 5.0 -ohjelmistolla. Opetustilat eivät ole käytössä joulukuun ja kesäloman (23.12.-08.01. ja 03.06.-11.08.) aikana. Yksittäisiä lomapäiviä (pääsiäinen, vappu jne.) ei ole otettu kuormien aikatauluissa huomioon.

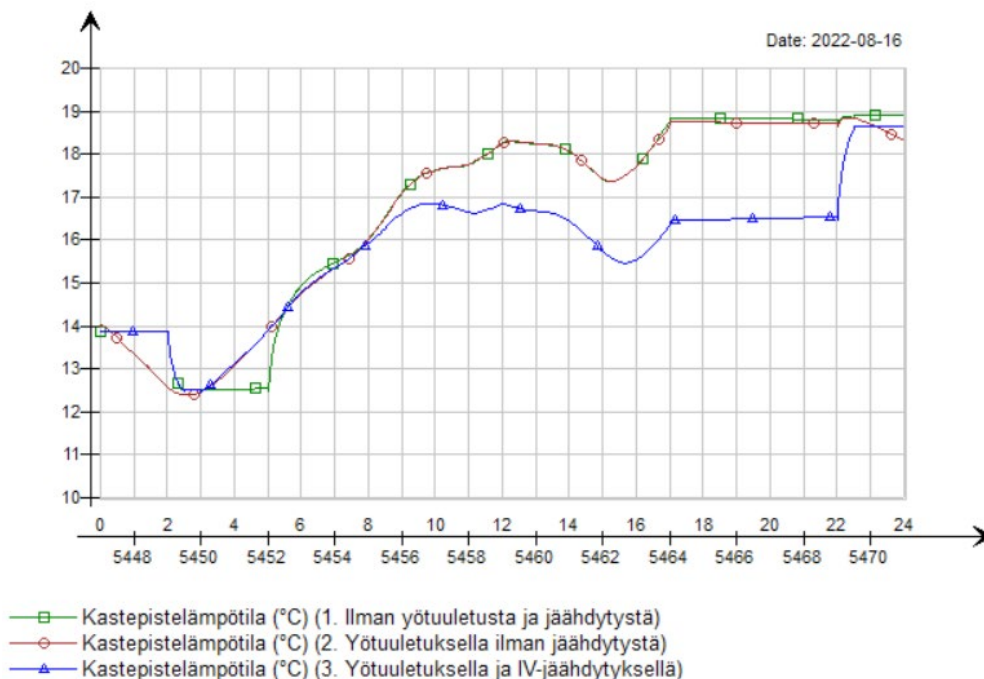
Esitetään kolme SIL 2018 tarkastelua.

Tarkasteltavat laskentatapaukset ovat:

1. Laskenta 1, ilman yötuuletustoimintoa ja ilman jäähdytystä
2. Laskenta 2, yötuuletustoiminnolla ilman jäähdytystä
3. Laskenta 3, yötuuletustoiminnolla ja IV-jäähdytyksellä.

Vuosiajossa SIL 2018 luokan S2 täyttymisen kannalta mitoituksen kriittisin ulkolämpötila-alue on kaikissa tapauksissa $-5^{\circ}\dots+5^{\circ}\text{C}$. Näin siitä huolimatta, että tapauksessa 3 pystytään IV-jäähdytyksellä tuomaan riittävä viilennys ulkolämpötila-alueelle $+19^{\circ}\dots+25^{\circ}\text{C}$. Ilman viilennystä/jäähdytystä ei saavuteta SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvoja iltapäiväisin hellepäivinä.

Alla olevassa kuvassa on esitetty vertailutapausten opetustilan kastepistelämpötilat hellepäivänä. IV-jäähdytyksellä saadaan kuivattua ilmaa ja siten parannettua työskentelyolosuhteita kuumimpina koulupäivän hetkinä. Kyseessä olleen vuorokauden alimman tunnin ulkolämpötila on $14,1^{\circ}\text{C}$ ja ylimmän tunnin $25,6^{\circ}\text{C}$. Koulupäivän aikainen ulkoilman maksimientalpia on 55 kJ/kg . Koulun käyttöajat huomioiden päivät 15. ja 16.8 ovat Vantaan vuoden 2007 säällä SIL 2018 S2 luokan tavoitearvojen täyttämisen kannalta kaikkein haastavimmat.

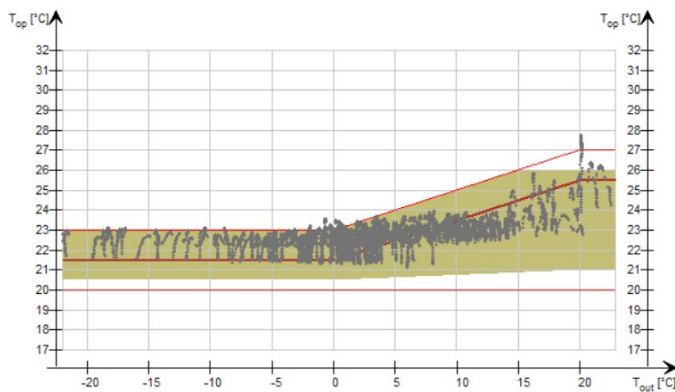


Laskenta 1. Ilman yötuuletustoimintoa ja ilman jäähdystä

Ilman yötuuletustoimintoa ja jäähdystä ei saavuteta SIL 2018 luokan S2 tavoitearvoja, kuten selviää alla olevista raporteista. SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvot eivät täyty hellepäivinä iltapäiväisin ulkolämpötila-alueella noin +19...+25 °C.

Ilmanvaihdon jäähdytyksellä/kuivauksella olisi mahdollista alentaa hellepäivinä tyypillisesti esiintyvää korkeaa huoneilman kosteutta ja siten parantaa työskentelyolosuhteita.

S2 - Sisäilmastoluokitus 2018 raportti



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T _{op} :	961 (97 %)
Pysyvyys alueella	T _{op,min} - T _{op,max} :	968 (97 %)
Yhteensä:		995,0

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

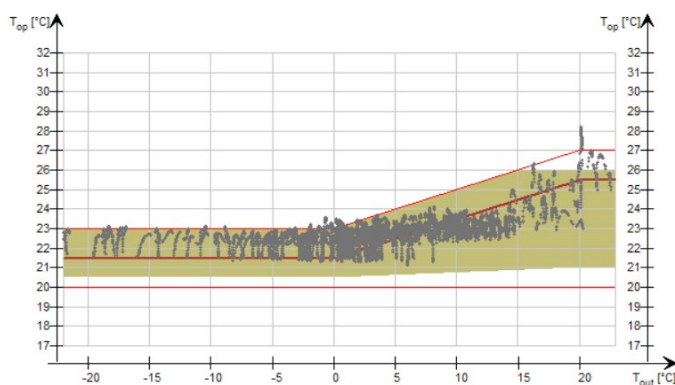
Huoneen keskellä oleva operatiivinen lämpötila ylittää +27 °C kumulatiivisesti neljä tuntia läsnäoloaikana.

Laskenta 2. Yötuuletustoiminnolla ilman jäähdystä

Pelkästään yötuuletustoiminnolla ilman jäähdystä ei saavuteta SIL 2018 luokan S2 tavoitearvoja, kuten selviää alla olevista raporteista. SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvot eivät täyty hellepäivinä iltapäiväisin ulkolämpötila-alueella noin +19...+25 °C.

Ilmanvaihdon jäähdytyksellä/kuivauksella olisi mahdollista alentaa hellepäivinä tyypillisesti esiintyvää korkeaa huoneilman kosteutta ja siten parantaa työskentelyolosuhteita.

S2 - Sisäilmastoluokitus 2018 raportti



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T _{op} :	965 (97 %)
Pysyvyys alueella	T _{op,min} - T _{op,max} :	970 (98 %)
Yhteensä:		995,0

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Huoneen keskellä oleva operatiivinen lämpötila ylittää +27 °C kumulatiivisesti viisi tuntia läsnäoloaikana.

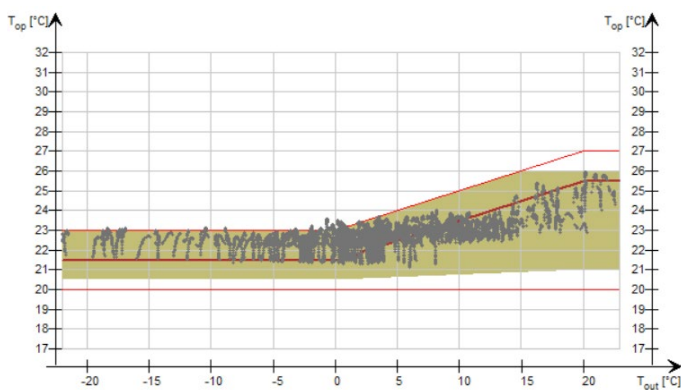
Laskenta 3. Yötuuletustoiminnolla ja IV-jäähdytystä

Yötuuletustoiminnolla ja IV-jäähdytyksellä saavutetaan pääosin SIL 2018 luokan S2 tavoitearvot, kuten selviää alla olevista raporteista.

Vaikka IV-jäähdytyksellä täytetään lämpötilojen tavoitearvot kesätilanteessa, ulkolämpötila-alueella $-5^{\circ}\dots+5^{\circ}\text{C}$ SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvot eivät täyty. Tarkennettuna operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo ylittyy ko. ulkolämpötila-alueen osalla enimmillään $+0,5\dots+1,0^{\circ}\text{C}$. Muilta osin SIL 2018 luokan S2 lämpötilojen tavoitearvot täytetään IV-jäähdytystä käyttäen. Tilaaja hyväksyy tällä tarkennuksella saavutetut tavoitearvot.

IV-jäähdytyksellä/kuivauksella pystytään alentamaan hellepäivinä tyypillisesti esiintyvää korkeaa huoneilman kosteutta ja siten parantamaan työskentelyolosuhteita.

S2 - Sisäilmastoluokitus 2018 raportti



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T _{op} :	972 (98 %)
Pysyvyys alueella	T _{op,min} - T _{op,max} :	972 (98 %)
Yhteensä:		995,0

Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 950,0 ppm	100 %
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

Huoneen keskellä oleva operatiivinen lämpötila ei ylitä $+27^{\circ}\text{C}$ läsnäoloaikana.



Liite 7: Neuvotteluhuoneen sisäilmastoluokitustarkastelu - Sisäilmastoluokka S1

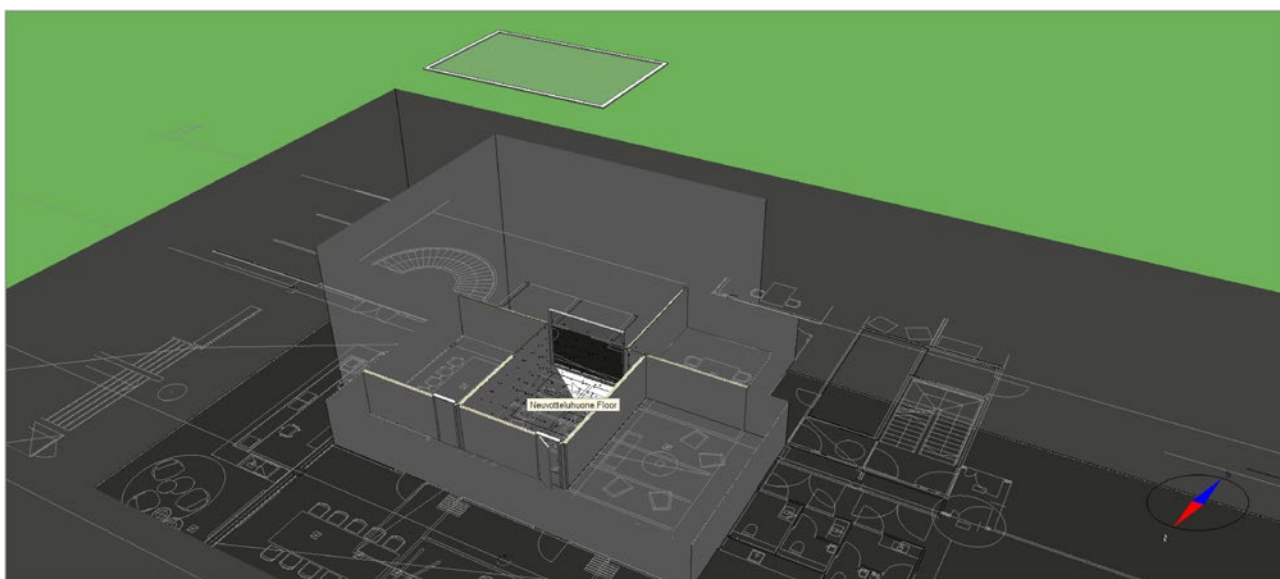
Rakennuksen tiedot

Rakennuskohde:	
Osoite:	
Käyttötarkoitusluokka:	

Tarkasteltavat tilat

Neuvotteluhuone:	23	4. kerros
------------------	----	-----------

- Tila on sisävyöhykkeen tila. Neuvotteluhuoneen ympäröivät tilat on myös mallinnettu atrium ja sen kattoikkuna mukaanluettuna.
- Neuvotteluhuoneen tavoitearvot ovat Sisäilmastoluokituksen (2018) luokan S1 mukaiset.
- Tarkastelu tehdään vuoden 2007 Helsinki-Vantaa säätiedoilla.



Rakenteet

Tilojen väliset sisäseinät ovat kevyt rakenteisia eristettyjä kipsilevyseiniä.

Välipohja on 400 mm betonilaatta.

Neuvotteluhuoneen ikkunan g-arvo on 0,76 ja U-arvo 3,05 W/m²K. Lasituksessa ei ole aurinkosuojausta. Neuvotteluhuoneen ikkuna on atrium tilaa vasten. Atriumtilan kattoikkunasta tuleva aurinkokuorma on mallissa otettu huomioon.

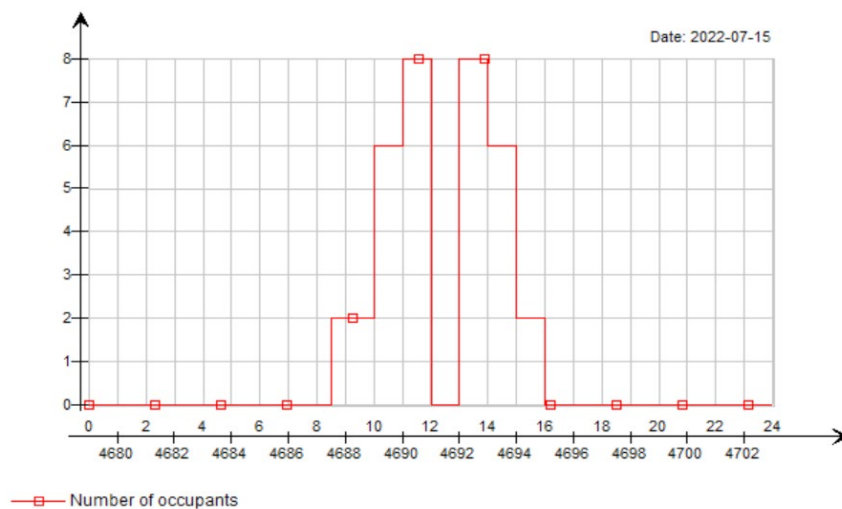
Sisäiset kuormat

Sisäiset kuormat on mallinnettu kalustekuvien ja suunnitellun käytön mukaan. Jäähdytyksen mitoitustilanteessa tila on kaikkien sisäisten kuormien osalta 100 % kuormitettu klo 9 – 16. Sisäilmastoluokitustarkasteluissa on käytetty alla olevia kuormitusprofiileja.

Henkilöt

Maksimihenkilömäärä on mallinnettu kalustekuvien mukaan, eli 8 henkilöä.

Sisäilmastoluokitustarkasteluissa neuvotteluhuone on käytössä arkipäivisin alla olevan profiilin mukaisesti. Profiili johtaa keskimääräiseen 50 %:n käyttöasteeseen klo 8 – 17 aikana.



Valaistus

Valaistuksen ominaisteho on 10 W/m². Valaistus on luokitustarkastelussa päällä klo 8:30 – 12:00 ja 13:00 – 16:00.

Laitteet

Jokaisella henkilöllä on 35 W lämpötehon tuottava kannettava tietokone. Lämpökuormat noudattavat henkilöiden aikatauluja.

Tilassa on myös yksi iso 100 W näyttö, jota käytetään klo 8:30 – 12 ja 13 – 16.

Talotekniikka

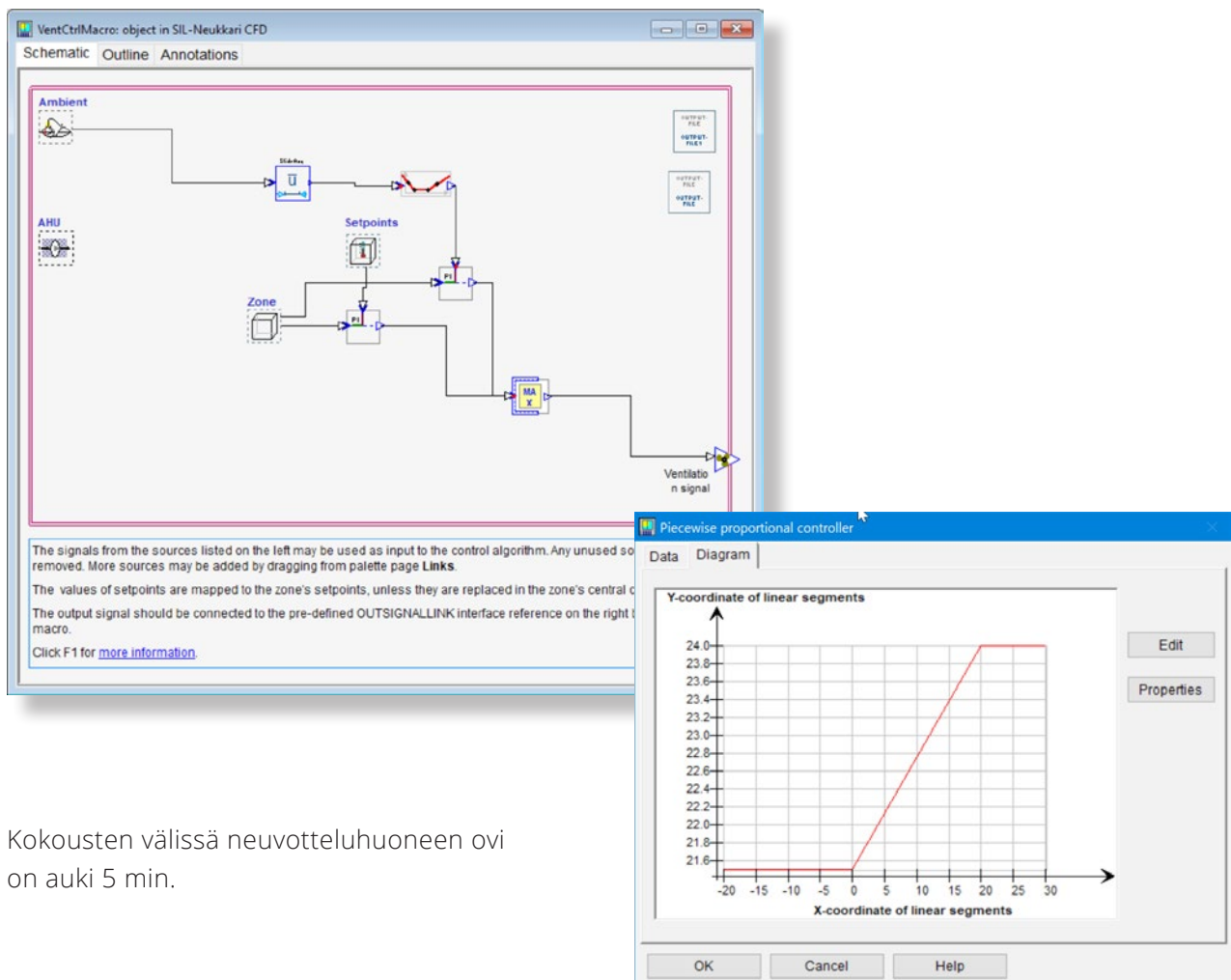
Ilmanvaihto

Tilassa on hiilidioksidi- ja lämpötilaohjattu ilmamääräsäätöjärjestelmä. Minimi-ilmamäärä on $2 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ ja maksimi on 16 l/s , hlö, joka johtaa $5,5 \text{ l/s}$ -neliötä kohden. Sisäilmastoluokituksen taulukossa 2.4.3 oleva arvo $12 \text{ dm}^3/\text{s}$, hlö ei täytä S1-luokan 750 ppm hiilidioksidipitoisuuden kriteeriä. Ilmamäärää säädetään PI-säätimellä, jonka asetusarvo 740 ppm . Laskennassa ulkoilman hiilidioksidipitoisuus on 400 ppm .

Tilaan tulevan tuloilman lämpötila on $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Käyttäjän ulkopuolinen ilmanvaihto on jatkuva $0,15 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$.

Ilmamääräsäätöisen ilmanvaihtojärjestelmän ilmamääräsäätö seuraa Sisäilmastoluokan S1 käyrää. Asetusarvo ohjataan ulkoilman 24 tunnin liukuvan keskilämpötilan mukaan.

Ilmamäärää ohjataan alla olevan kuvan mukaisella makrolla.



Kokousten välissä neuvotteluhuoneen ovi on auki 5 min.

Lämmitys ja jäähdytys

Huoneessa ei ole lämmitysjärjestelmää. Huoneessa on jäähdytyspaneelit (6 kpl), 1600×1200 , 200 W/kpl , ($25 \text{ }^\circ\text{C} / 18 \text{ }^\circ\text{C} / 15 \text{ }^\circ\text{C}$) eli noin 55 W/m^2 . Paneelien jäähdytyksen asetusarvo on $+0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ilmamääräsäädön ohjaukseen korkeampi.

Sisäilmastolaskennan keskeiset lähtöarvot

ASETUSARVOT					
Vyöhyke	Lämmitys	IMS / Jäähdytys	maks. CO ₂	Suht kost.	Valaistusvoimakkuus
	°C	°C	ppm	%	lux
Neuvotteluhuone	20	24,5/25,0 mitoitusilanne	740	–	–

Ilmamääräsäätetyn ilmanvaihtojärjestelmän lämpötilan asetusarvo seuraa Sisäilmastoluokan S1 käyrää ja paneelin jäähdytyksen asetusarvo on +0,5 °C käyrän asetusarvoa korkeampi. Asetusarvoa ohjataan ulkoilman liukuvan 24 tunnin keskilämpötilan mukaan.

RAKENTEET							
Rakennetyypit							
Päivitetty XX.XX.XXXX							
Ikkunat	Pinta-ala	U-arvo	g-arvo	LT	ST	Karmin osuus	Auringonsuojaus
	m ²	W/m ² K	–	–	–	%	
Ikkuna atriumia vasten	8,4	3,05	0,76	0,81	0,69	0,05	–

SISÄISET LÄMPÖKUORMAT										
	Ihmiset			Valaistus			Laitteet			
	hlö	Määrä	met	hlö/m ²		W	W/m ²		W	W/m ²
	hlö	8	1,2		Yleisvalaistus		10,0	PC (8x)	35	
								Näyttö (1x)	100	
	Yht.	8								
Aikataulu	ma-pe 08:30–12:00 13:00–16:00 ^a			ma-pe 08:30–16:00			ma-pe 08:30–12:00 13:00–16:00 ^b			
Loma	01.07–31.07.									

^a 1 h kokouksia henkilömäärät 2-6-8 ja 8-6-2.

^b Laittekuormat ihmiskuormien mukaan.

TALOTEKNISET JÄRJESTELMÄT							
Lämmitysjärjestelmä				Jäähdytysjärjestelmä			
		Teho	Verkosto	Teho		Verkosto	
		W/m ²	°C	kpl	W/kpl	W/m ²	°C
—				6	200	55	15/18

Ilmanvaihtojärjestelmä									
IV-kone	Järjestelmä	Ohjaus	Tuloilma		Poistoilma		Tuloilmalämpötila		η _{LTO}
			min.	maks.	min.	maks.	Lämm.	Jääh.	
			l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	l/s·m ²	°C	°C	%
IVK-XYZ	Tarpeenmukainen	T + CO ₂	2	5,5	2	5,5	20	20	2

Tulokset

Laskenta

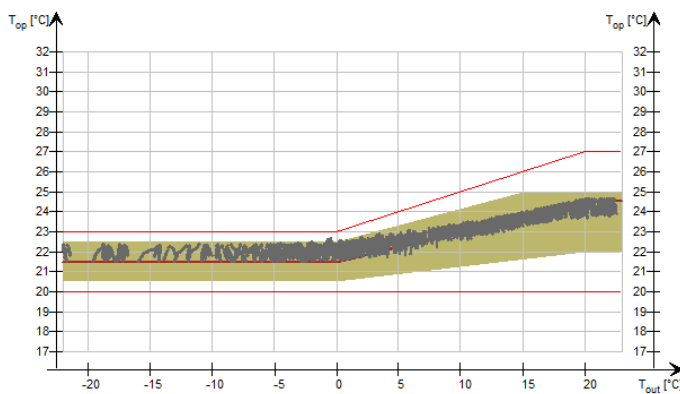
Jäädystehontarpeen tarkastelu tehtiin kesäkuukausille (eli touko-syyskuu). Kun asetusravot ovat 23 ja 24 °C (IMS ja paneelit), jäähdytyspaneelit (6 kpl), 1600 × 1200, 200 W/kpl, (25 °C/ 18 °C/ 15 °C) pystyvät pitämään ilman +25 °C:ssa lämpötilan mitoituskuormilla ja -profiililla.

Jäähdytystehon riittävyys tarkistettiin myös talvikuukauden mitoituspäivän tiedoilla niin että asetusravot olivat 22 ja 22,9 °C (IMS ja paneelit) ja operatiivisen lämpötilan maksimi +23 °C ei ylity.

Mitoituskuormilla tilaan sijoitetulla 4 paneelilla kesäkuukausien operatiivinen lämpötila pysyy alle +25 °C. Lämmityskaudella ei saavuteta +23 °C:tta. Siksi tilassa on 6 kpl jäähdytyspaneeleita.

S1 – Sisäilmastoluokitus 2018 raportti

Operatiivinen lämpötila on mitattu keskeltä huonetilaa.



Käyttöaika tunteina

Pysyvyys alueella	T_{op} :	1688.3 (100%)
Pysyvyys alueella	$T_{op,min} - T_{op,max}$:	1690.0 (100%)
Yhteensä:		1690.0

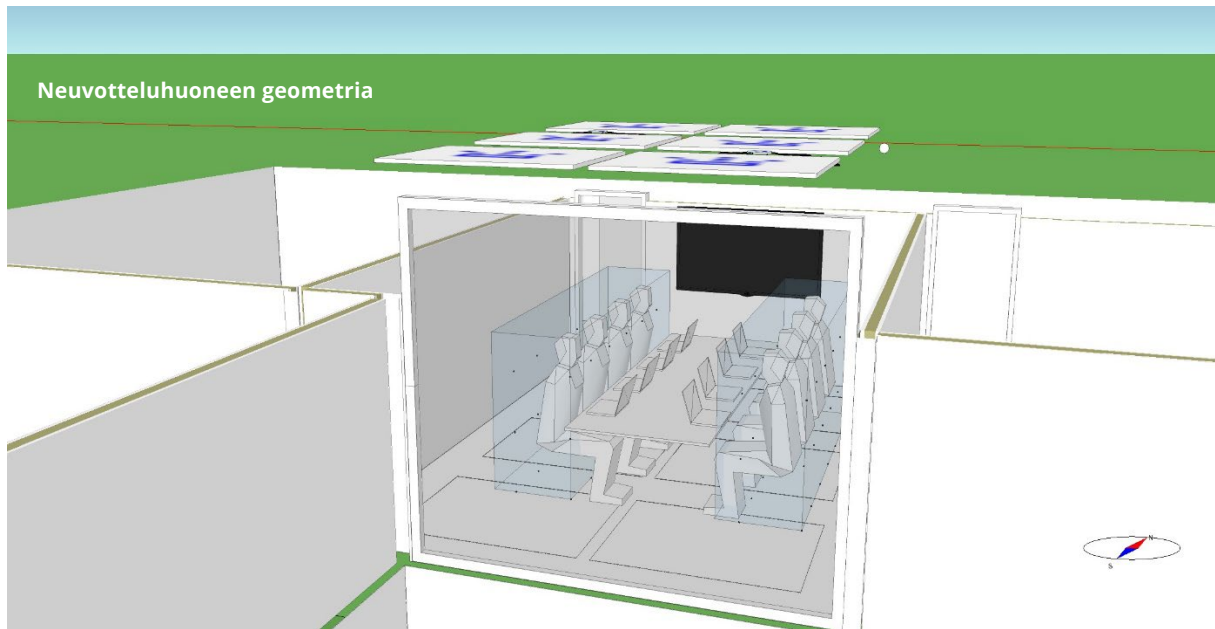
Pysyvyys CO₂ raja-arvon alapuolella:

Raja-arvo:	< 750.0 ppm	100%
Ulkoilman hiilidioksidipitoisuus:	400,0 ppm	

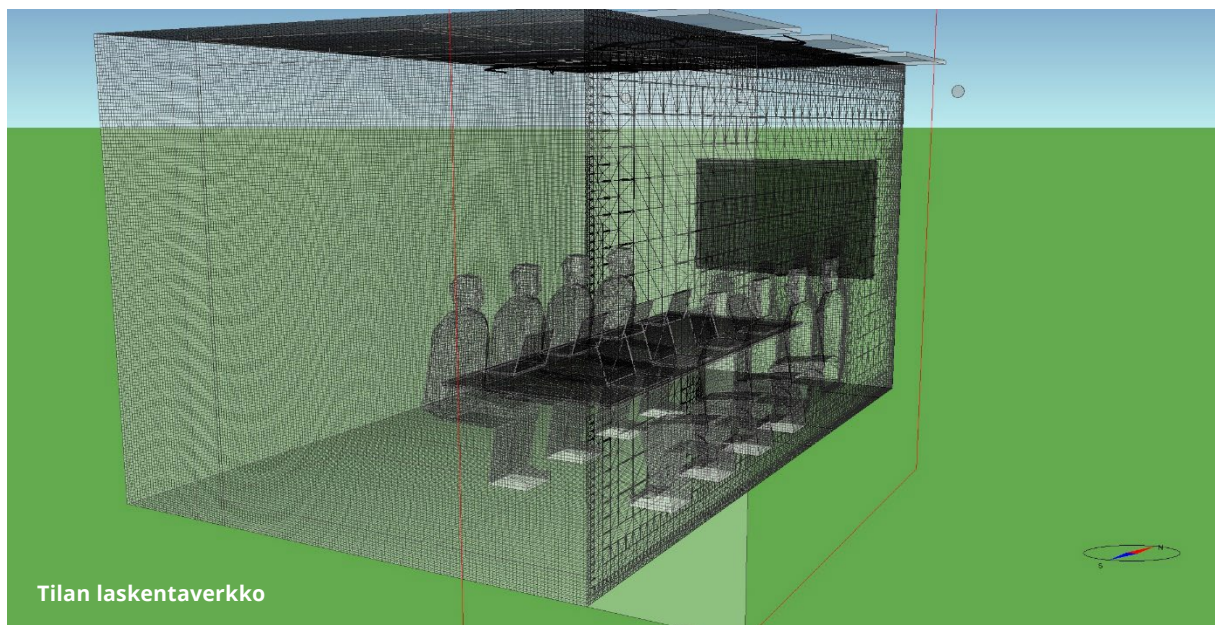


CFD

Paikallisten lämpöolosuhteiden laskemiseksi CFD-laskennalla tilaan sijoiteitiin kalustekuvien mukaisille pakoilleen lämpökuormat ja niitä kuvaavat geometriset objektit. Ihmisten ympärille on sijoitettu kaksi tilavuutta, joiden sisältä esitetään paikallisten olosuhteiden arvot. Tilan geometria objekteineen on esitetty alla olevassa kuvassa.



Tilaan on sijoitettu kaksi syrjäyttävän ilmanvaihdon tuloilmalaitetta atriumin lähellä oleviin kulmiin. CFD-laskenta on tehty tammikuun tilanteessa klo 13:30, kun tilassa on 8 henkilöä.



CFD laskennan tulokset

Project	
Customer	-
Created by	Federica Marongiu
Location	Helsinki_2017
Climate file	HKi-Vantaa_2007
Case	SIL-Neukkari CFD
Simulated	25.11.2022 13.30.47

Building	
Model floor area	327.3 m ²
Model volume	3853.8 m ³
Model ground area	198.4 m ²
Model envelope area	396.9 m ²
Window/Envelope	11.0 %
Average U-value	0.2107 W/(m ² K)
Envelope area per Volume	0.103 m ² /m ³

CFD simulation information	
Name	SIL-Neukkari CFD
Building simulation type	CUSTOM
Simulated instant	11.1.2022 13:30:00
Time step/Iteration	2000
Selected zones	Neuvotteluhuone
Number of cells	647149
Number of processes	8
Turbulence model	SST_K_OMEGA



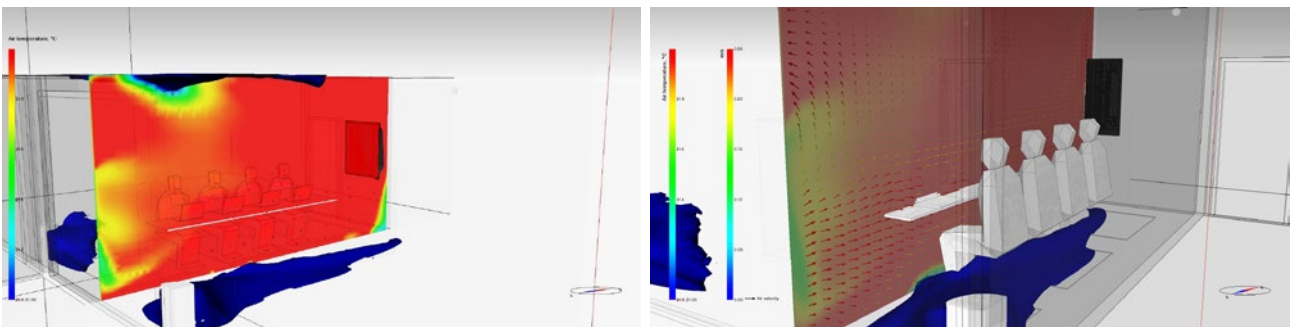
CFD results

Volume integrated data (Over Zones and Measuring volumes)

For each zone and each measuring volume defined in the zones used for CFD, average data from the current CFD simulation are presented here. Data from volumes in non-prismatic zones may contain errors.

Volume name	AVG_T	MIN_T	MAX_T	AVG_DR	MIN_DR	MAX_DR	AVG_V	MIN_V	MAX_V
"Neuvotteluhuone_FLOOR_Volume1"	22.2	21.6	27.1	26.1	0.0	60.4	0.2	0.0	0.39
"Neuvotteluhuone_FLOOR_Volume"	22.2	20.5	26.7	23.6	0.0	100.0	0.23	0.01	0.47

Ratkaisu ei täytä vetokriteerin ja ilman liikenopeus [m/s] keskiarvojen osalta S1-luokan vaatimuksia.





SISÄILMAYHDISTYS