

Ville Saksi

Lattiaviilennys ja sen mahdollisuudet sisäilmaolosuhteiden parantamisessa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinööri
10.10.2011

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Ville Saksi Lattiaviilennys ja sen mahdollisuudet sisäilmaolosuhteiden parantamisessa 52 sivua + 21 liitettä 10.10.2011
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaaja(t)	toimitusjohtaja Kari Seitaniemi yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Insinööriyössä esitellään Suomessa vielä tuntematonta ja vähän käytettyä lattiaviilennysjärjestelmää. Tavoitteena oli selvittää, miten lattiaviilennysjärjestelmä soveltuu Suomen ilmastoon, mitkä tekijät vaikuttavat sen toimintaan ja millaista hyötyä se tarjoaa sisäilmaolosuhteiden parantamisessa. Työn on tilannut Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy, ja se on tehty yhteistyössä tilaajan sekä Itula Oy:n kanssa.</p> <p>Lattiaviilennysjärjestelmässä hyödynnetään lattialämmitysputkistoa lämmityskauden ulkopuolella. Viilennystapauksessa viileää vettä kierrätetään lattialämmitysputkissa, jolloin lattian pintalämpötila laskee ja huoneilmasta siirtyy lämpöä pois putkessa kiertävän veden kautta. Toisin kuin luullaan, lattian pintalämpötila pysyy noin 20 °C:n lämpötilassa, jolloin lattia ei tunnu oikealla pintamateriaalilla varustettuna epämiellyttävän kylmältä.</p> <p>Lattiaviilennyksessä suurimmat tehoa rajoittavat tekijät ovat ilmankosteus ja käyttäjien viihtyvyys. Lattian pinnan viiletyksessä alle kastepistelämpötilan alkaa lattian pinnalle ja rakenteisiin tiivistyä kosteutta. Toisaalta, jos lattia on liian kylmä, käyttäjät ovat tyytymättömiä. Tästä johtuen lattiaviilennysjärjestelmästä turvallisesti ja käyttäjien viihtyvyyden kannalta mukavasti saatava jäähdysteho jää noin 40 W/m² lukemaan, joka laajan jäähdystypinta-alan vuoksi kuitenkin riittää lisäämään viihtyvyyttä huomattavasti.</p> <p>Työn esimerkkikohteena oli Suomen Eduskuntatalosta valitut kolme tilaa, joissa kärsitään jäähdystyskaudella liian suurista sisälämpötiloista. Tiloista luotiin 3D-mallit ja malleille teetettiin olosuhdesimulointeja erilaisissa tilanteissa. Olosuhdesimuloinneista saatuja tuloksia analysoimalla selvitettiin lattiaviilennysjärjestelmän hyödyllisyys ja tehokkuus.</p> <p>Insinööriyössä 3D-mallinnus tehtiin Progmanin MagiCAD Room -ohjelmalla ja olosuhdesimuloinnit toteutettiin Riuska-ohjelmalla. Esimerkkilaskelmat suoritettiin Microsoft Excel-taulukkolaskentaohjelmalla.</p>	
Avainsanat	lattiaviilennys, jäähdytys, kaukokylmä, Eduskuntatalo

Author(s) Title Number of Pages Date	Ville Saksi Floor cooling technology and its possibilities to improve indoor climate conditions 52 pages + 21 appendices 10 October 2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructor(s)	Kari Seitaniemi, Managing Director Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The goal of the Bachelor's thesis was to review the floor cooling technology, still quite unknown and rarely used in Finland. The aim was to find out how floor cooling technology suits the Finnish climate, which factors influence the performance of the system and what benefits the system offers for the improvement of indoor climate conditions.</p> <p>A floor cooling system uses the same pipes as an underfloor heating system. Cooling is achieved by circulating cool water in the heating pipes, thus making the surface temperature of the floor to drop to cool the air.</p> <p>The major power limiting factors in floor cooling are humidity and comfort. A floor surface colder than the dew point is not only uncomfortable, but also causes water to condense on the surface and in the structures.</p> <p>The building examined for the thesis was the Finnish Parliament House suffering from high temperatures during cooling period. 3D models were created for three selected spaces and condition simulations were carried out in different situations. The results were then analyzed to see if floor cooling would be beneficial. According to the analysis, floor cooling technology could significantly increase the comfort of the users.</p>	
Keywords	floor cooling, ground cooling, Parliament House

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy	3
1.3	Itula Oy	3
2	Käyttökohteet	3
2.1	Asuintilat	3
2.2	Julkiset rakennukset sekä liike- ja toimistotilat	4
3	Ilmasto-olosuhteet	4
3.1	Ilmankosteus	5
4	Sisäilmasto	9
4.1	Määritelmiä	9
4.2	Määräykset ja ohjeet	9
5	Lattiaviilennykseen vaikuttavat ja tehoa rajoittavat tekijät	12
5.1	Lattian pintalämpötila	12
5.2	Ilmankosteus	14
5.3	Pintamateriaalit	14
5.4	Asennustapa	15
5.5	Operatiivinen lämpötila	15
5.6	Huonelämpötilan ero pystysuunnassa sekä vedon tunne	18
6	Kylmän tuotto	19
6.1	Maakylmä	19
6.1.1	Porakaivo	20
6.1.2	Pintamaahan asennettu vaakaputkisto	20
6.1.3	Vesistöön asennettu keruupiiri	21
6.2	Kaukokylmä	22
6.3	Oventrop-järjestelmä maalämpöpumpun yhteyteen asennettuna	23
6.3.1	Lämmityskäyttö	24
6.3.2	Viilennyskäyttö	24

7	Suunnittelu ja mitoitus	25
7.1	Teholaskelmat	26
7.2	Säädettävyys	29
7.3	Käytössä huomioitavat seikat	29
7.4	Putkien asennus	30
7.5	Esimerkkiteholaskelmat	30
8	Esimerkkikohde Eduskuntatalo, E-rakennus	34
8.1	Yleistä	34
8.2	Rakenteet	35
8.3	Tutkittavat tilat	36
8.3.1	Hallituksen vastaanottohuone	37
8.3.2	Hallituksen kokoushuone	37
8.3.3	Pääministerin huone	38
9	Olosuhdesimulointi	38
9.1	Simuloinneissa käytetyt ohjelmat	39
9.1.1	MagiCAD Room	39
9.1.2	Riuska	39
9.2	Simulointitapaukset	40
9.2.1	Ilman lattiaviilennystä	40
9.2.1.1	Ilmanvaihto päällä klo 7–21	40
9.2.1.2	Ilmanvaihto päällä klo 7–21, yötuuletus klo 21–7	41
9.2.1.3	Ilmanvaihto päällä klo 7–21, yöjäähdytys klo 21–7	41
9.2.2	Lattiaviilennys päällä	42
9.2.2.1	Yöjäähdytys 30 %	42
9.2.2.2	Yöjäähdytys 100 %	42
9.2.2.3	Yötuuletus	42
9.2.3	Todellinen jäähdytystehontarve	43
10	Lattiaviilennyksestä aiheutuvat kustannukset	43
10.1	Eduskuntatalo	44
10.1.1	Hankinta- ja asennuskustannukset	45
10.1.2	Käyttökustannukset	45
10.2	Pientalo, 100 m ²	47
10.2.1	Hankinta- ja asennuskustannukset	47
10.2.2	Käyttökustannukset	47

10.2.3	Vertailu ilmalämpöpumppuun	48
11	Yhteenveto	49
	Lähteet	51
	Liitteet	
	Liite 1. Olosuhdesimulointi 1	
	Liite 2. Olosuhdesimulointi 2	
	Liite 3. Olosuhdesimulointi 3	
	Liite 4. Olosuhdesimulointi 4	
	Liite 5. Olosuhdesimulointi 5	
	Liite 6. Olosuhdesimulointi 6	
	Liite 7. Olosuhdesimulointi 7	
	Liite 8. Olosuhdesimulointi 8	
	Liite 9. Olosuhdesimulointi 9	
	Liite 10. Olosuhdesimulointi 10	
	Liite 11. Olosuhdesimulointi 11	
	Liite 12. Olosuhdesimulointi 12	
	Liite 13. Olosuhdesimulointi 13	
	Liite 14. Olosuhdesimulointi 14	
	Liite 15. Olosuhdesimulointi 15	
	Liite 16. Olosuhdesimulointi 16	
	Liite 17. Olosuhdesimulointi 17	
	Liite 18. Olosuhdesimulointi 18	
	Liite 19. Olosuhdesimulointi 19	
	Liite 20. Olosuhdesimulointi 20	
	Liite 21. Olosuhdesimulointi 21	

1 Johdanto

Tässä insinööriyössä on tarkoituksena tutkia lattiaviilennystä, sen tarjoamia mahdollisuuksia sisäilmasto-olosuhteiden parantamiseen, siihen liittyviä ongelmia, sen käyttökohteita ja sitä rajoittavia tekijöitä. Lisäksi tarkastellaan lattiaviilennyksen mahdollisuuksia Eduskuntatalon neuvottelutilojen lämpökuormien hillitsemisessä.

Työssä perehdytään sisäilmasto-olosuhteita koskeviin määräyksiin ja asetuksiin, lattiaviilennyksen asennukseen, suunnitteluun sekä käytössä huomioitaviin seikkoihin. Lisäksi esitellään eri kylmäntuottotapoja ja niiden soveltuvuutta lattiaviilennysjärjestelmän kanssa käytettäväksi. Lattiaviilennysjärjestelmän hankinta- ja käyttökustannuksia tarkastellaan Eduskuntatalossa sekä pientalossa ja lisäksi verrataan pientalon lattiaviilennysjärjestelmän kustannuksia ilmalämpöpumpun kustannuksiin.

Työn tavoitteena on laskennallisesti selvittää lattiaviilennyksen soveltuvuutta ja mahdollisuuksia rakennusten liikalämmön poistamisessa. Työtä lukiessa on huomattava, että työssä käytetään termiä ”lattiaviilennys” lattiajäähdytyksen asemesta. Jäähdytyksestä puhuttaessa tarkoitetaan yleensä sitä, että huonetilasta poistetaan kaikki ylimääräiset lämpökuormat pitäen sisälämpötila tavoitearvossa kaikissa jäähdytystilanteissa. Viilennyksellä pyritään vain mahdollisuuksien mukaan pudottamaan sisäilman lämpötilaa suhteessa ulkolämpötilaan, parantaen sisäilmasto-olosuhteita ja täten lisäten viihtyvyyttä.

Työn tilaajana on Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy.

1.1 Taustaa

Nykyiset yhä tiukentuvat energiamääräykset ovat kasvattaneet rakennusten lämmöneristysvaatimuksia. Lämpöeristysten parantamisen seurauksena lämmityksen tarve on vähentynyt, mutta samalla jäähdytyksen tarve kesäisin lisääntyy. Perinteisesti jäähdytys on toteutettu ilmanvaihtoon liitetyillä järjestelmillä, jotka ovat hankinta- ja käyttökustannuksiltaan kalliita suurten ilmamääriensä takia. Jos lämmityskaudella säästetty energia joudutaan kuluttamaan kesäaikaiseen jäähdyttämiseen, kumoutuu lisäeristyk-

sillä saavutettu lämmitysenergian säästö ja kokonaishyöty jää minimaaliseksi. Sen vuoksi pientaloissa ja pienissä liikerakennuksissa harvemmin on kiinteää jäähdytysjärjestelmää.

Lattiaviilennyksellä voidaan kustannustehokkaasti parantaa sisäilmaston laatua, mutta sillä ei välttämättä pystytä takaamaan ihanteellisia lämpötilaolosuhteita läpi vuoden tai ei päästä yhtä suuriin jäähdytystehoihin kuin perinteisillä ilmanvaihtoon liitetyillä jäähdytysjärjestelmillä. Lattiaviilennys saattaa olla myös ratkaisu arvorakennusten jäähdytykseen, kun tilaa ei ole käytettävissä riittävästi tarpeeksi suurille ilmanvaihtokanaville, ilmanvaihtokoneille tai jäähdytyslaitteita ei haluta näkyville.

Vesikiertoinen lattialämmitys on noussut erittäin suosituksi lämmönjakelutavaksi pientaloissa hyvien ominaisuuksiensa vuoksi; se on tilaa säästävä, äänetön ja vedoton sekä tasaisesti lämpöenergiaa luovuttava lämmitysjärjestelmä. Lattialämmityksen hyviä ominaisuuksia voidaan hyödyntää myös samojen tilojen viilennyksessä jäähdytyskaudella, sillä lattiaviilennyksessä hyödynnetään lattialämmityksen putkitusta ja lämmityspintoja. Kun käytössä on maalämpöpumppu, maalämmön liuospiiristä tai porakaivon vesipiiristä otettu viilennysenergia on lähes ilmaista; viilennystilanteessa energiaa kuluttaa vain kiertovesipumppu. Kylmän veden pumppaaminen porakaivosta on paljon energiatehokkaampaa kuin saman jäähdytystehon tuottaminen pumppaamalla lämpöä ulkoilmaan ilmastointikoneen kompressorilla. Samalla lämpökaivoa ladataan lämpöenergialla talvea varten. [2]

Vaikka lattiaviilennyksen neliötehot jäävät usein käytännön rajoitteiden takia melko vähäisiksi, saadaan järjestelmästä irti silti huomattavan suuri kokonaisteho, kun lattian suuri pinta-alan hyödynnetään. Käytännön rajoitteista kerrotaan myöhemmin luvussa 5 Lattiaviilennykseen vaikuttavat ja tehoa rajoittavat tekijät. Kun lattialämmitystä varten asennettuja putkistoja hyödynnetään kesäaikana lattiaviilennykseen, saadaan investoinnille käyttöä ympäri vuoden.

Lattiaviilennys on Suomessa vielä suhteellisen tuntematon järjestelmä, vaikka sitä on käytetty menestyksekkäästi apuna liikalämmön hillitsemiseen eri kohteissa Euroopassa, Aasiassa ja Pohjois-Amerikassa. Yksi suurimmista kohteista on Bangkokin lentokenttäterminaali Thaimaassa, jossa on jopa 150 000 m² lattiajäähdytyspinta-alaa. [3]

1.2 Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy on vuonna 1956 perustettu talotekniikan suunnittelutoimisto. Toimisto on ollut Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto SKOL ry:n jäsen vuodesta 1968.

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

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:llä on käytössään vuonna 2001 sertifioitu RAKLI-SKOL-ATL:n vaatimusten mukainen laatu järjestelmä, joka on auditoitu viimeksi keuhäl- lä 2011.

Toimisto työllistää 25 henkilöä, joista valtaosa kuuluu LVI-osastoon, sähköosaston ol- lessa huomattavasti pienempi. Liikevaihto vuonna 2010 oli 2,3 milj. €. [1]

1.3 Itula Oy

Itula Oy on vuonna 1990 perustettu yritys, joka myy LVI-alan järjestelmiä. Yritys toimii tällä hetkellä kolmella paikkakunnalla ja sen toimialueet sekä myyntiverkosto kattavat koko Suomen. Itula Oy:n markkinoimat lattialämmitys- ja lattiaviilennysjärjestelmät ovat saksalaisen Oventropin tuotteita.

2 Käyttökohteet

2.1 Asuintilat

Asuinrakennuksissa lattiaviilennysjärjestelmä asennetaan uudisrakentamisessa lattia- lämmitysjärjestelmän yhteyteen käyttämään samoja putkia ja toimilaitteita. Lattiavii- lennys on mahdollista liittää myös jo olemassa olevaan lattialämmitysjärjestelmään

jälkiasennettuna. Jos jo olemassa oleva lattialämmitysjärjestelmä saa lämmitysenergi-ansa jostain muusta kuin maalämpöpumpusta, on viilennysenergian saamiseksi hankittava joko maalämpöpumppu maalämmön keruuputkistolla tai porakaivolla. Myös esimerkiksi ilmaresilämpöpumppu tai kaukojäähdytys toimii lattiaviilennysjärjestelmän kanssa. Itula Oy tarjoaa suunnittelun ja järjestelmän vaatimat komponentit sekä automatiikan kokonaispalveluna. [2]

2.2 Julkiset rakennukset sekä liike- ja toimistotilat

Lattiaviilennystä voidaan käyttää julkisissa rakennuksissa ilmastoinnin lisänä. Lattiaviilennyksen ansiosta jäähdytyksessä tarvittavia ilmamääriä voidaan pienentää, jolloin ilmanvaihtokanavisto voidaan tehdä pienempiä kanavakokoja käyttäen, säästäten tilaa ja rahaa. Julkisissa rakennuksissa, joissa käyttäjät käyttävät jalkineita ja joissa ilman- kosteus on hyvin hallinnassa, päästään lattiaviilennyksessä suurempiin lämpötilaeroihin, ja sitä kautta parempiin neliötehoihin, laskemalla lattian pintalämpötilaa. Sama tilanne on myös tiloissa, joissa on suuret ikkunapinnat, joiden kautta auringon säteily osuu suoraan lattiaan. Tällaisia tiloja ovat mm. lentokenttien hallit, urheilu- ja näyttelyhallit sekä isot lasikatetut atriumaulat. Toimistotilojen jäähdytykseen lattiaviilennys on yksinään liian tehoton, johtuen toimistotilojen sähkölaitteiden aiheuttamasta suuresta lämpökuormasta. Julkisissa rakennuksissa jäähdytysputkistoissa kiertävä neste jäähdytetään yleensä käyttämällä kaukokylmää.

3 Ilmasto-olosuhteet

Hellepäivällä tarkoitetaan päivää, jolloin lämpötila ylittää 25 °C. Tällaisia päiviä on Suomessa paikkakunnasta riippuen vuodessa keskimäärin noin viidestä viiteentoista. Kesäpäivällä tarkoitetaan päivää, jolloin vuorokauden keskilämpötila ylittää 10 °C. Vuodessa näitä kesäpäiviä on Etelä-Suomessa keskimäärin noin 110–120 ja Pohjois-Suomessa noin 80–100. Taulukossa 1 on esitetty paikkakuntaakohtaisesti lämpötilarajo- ja ylittävät päivät. [4]

Taulukko 1. Tiettyjen lämpötilarajojen ylittäviä päivien lukumäärä eräillä paikkakunnilla vuosina 1961–1980, [4, s. 69]

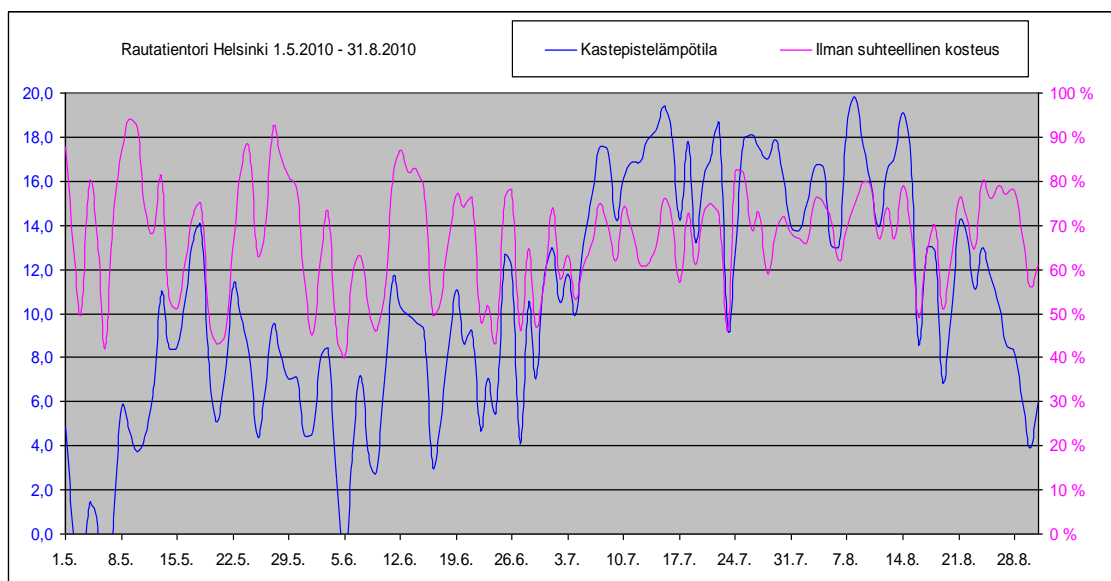
	$T_k > 20 \text{ °C}$	$T_k > 10 \text{ °C}$	$T_{\max} > 25 \text{ °C}$
Helsinki - Vantaa	8	121	12
Pori	6	116	11
Turku	8	121	13
Tampere	7	114	13
Lahti	7	116	15
Lappeenranta	9	115	12
Jyväskylä	7	106	12
Vaasa	4	108	7
Kuopio	10	110	12
Joensuu	8	105	11
Kajaani	6	97	9
Oulu	5	100	9
Rovaniemi	4	81	6

Karkeasti yleistäen voi sanoa, että hyvin eristetyissä rakennuksissa lisäjähdytystä tarvitaan silloin, kun vuorokauden keskilämpötila ylittää 10 °C , eli noin 80–120 vuorokautta vuodessa.

3.1 Ilmankosteus

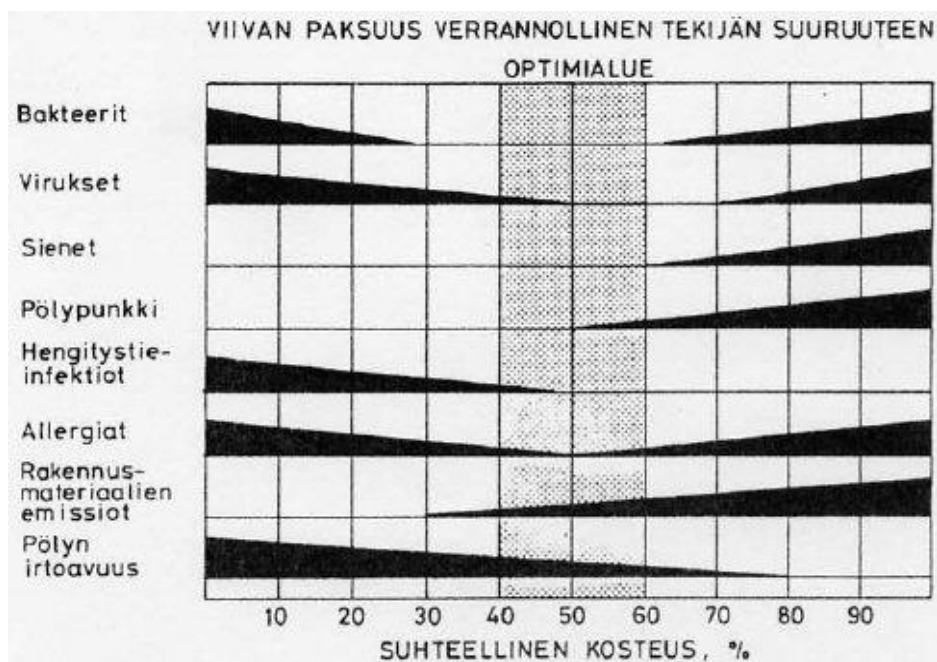
Kostean ilman jäätyessä ilman sisältämä vesihöyry alkaa tietyssä lämpötilassa tiivistyä vedeksi. Tätä lämpötilaa kutsutaan kastepisteeksi ja se riippuu normaalitilanteessa ilman vesipitoisuudesta. Kastepiste voidaan katsoa esimerkiksi kostean ilman Mollier-käyrästä. Kuvassa 3 on punaisella värillä piirretty esimerkkitalanne, jossa kesäisenä päivänä ilman lämpötila on 25 °C ja ilman suhteellinen kosteus 75 %. Käyrästä nähdään, että ilmassa on vettä 14 g/kg ja kastepiste on $20,5 \text{ °C}$. Suomessa kastepisteen nouseminen noin korkeaksi on kuitenkin erittäin harvinaista; tällaiset olosuhteet vallitsevat vain noin 20 tunnin ajan vuodessa. Ilman vesipitoisuuksien keskiarvo esimerkiksi Helsinki-Vantaan tarkastelupisteessä on heinä- ja elokuussa $10,0 \text{ g/kg}$, jolloin kastepiste on noin 14 °C . [5]

Kuvassa 1 on esitetty Ilmatieteen laitokselta saatua mittausdataa Helsingin Rautatientorin säähavaintopaikalta. Mittaustiedot ovat päivittäisiä keskiarvoja ilman suhteellises- ta kosteudesta sekä kastepistelämpötilasta ajalta 1.5.–31.8.2010. Kuvasta nähdään, että kastepistelämpötila on ollut korkeimmillaan elokuun 8. päivä, joka oli vuoden 2010 elokuun kuumin päivä. Vaikka kyseisenä päivänä korkein mitattu lämpötila oli Ilmatie- teen laitoksen tilastojen mukaan 33,8 °C [6], jäi vuorokauden keskimääräinen kaste- pistelämpötila silloinkin hieman alle 20 °C:seen ilman suhteellisen kosteuden ollessa noin 80 %.



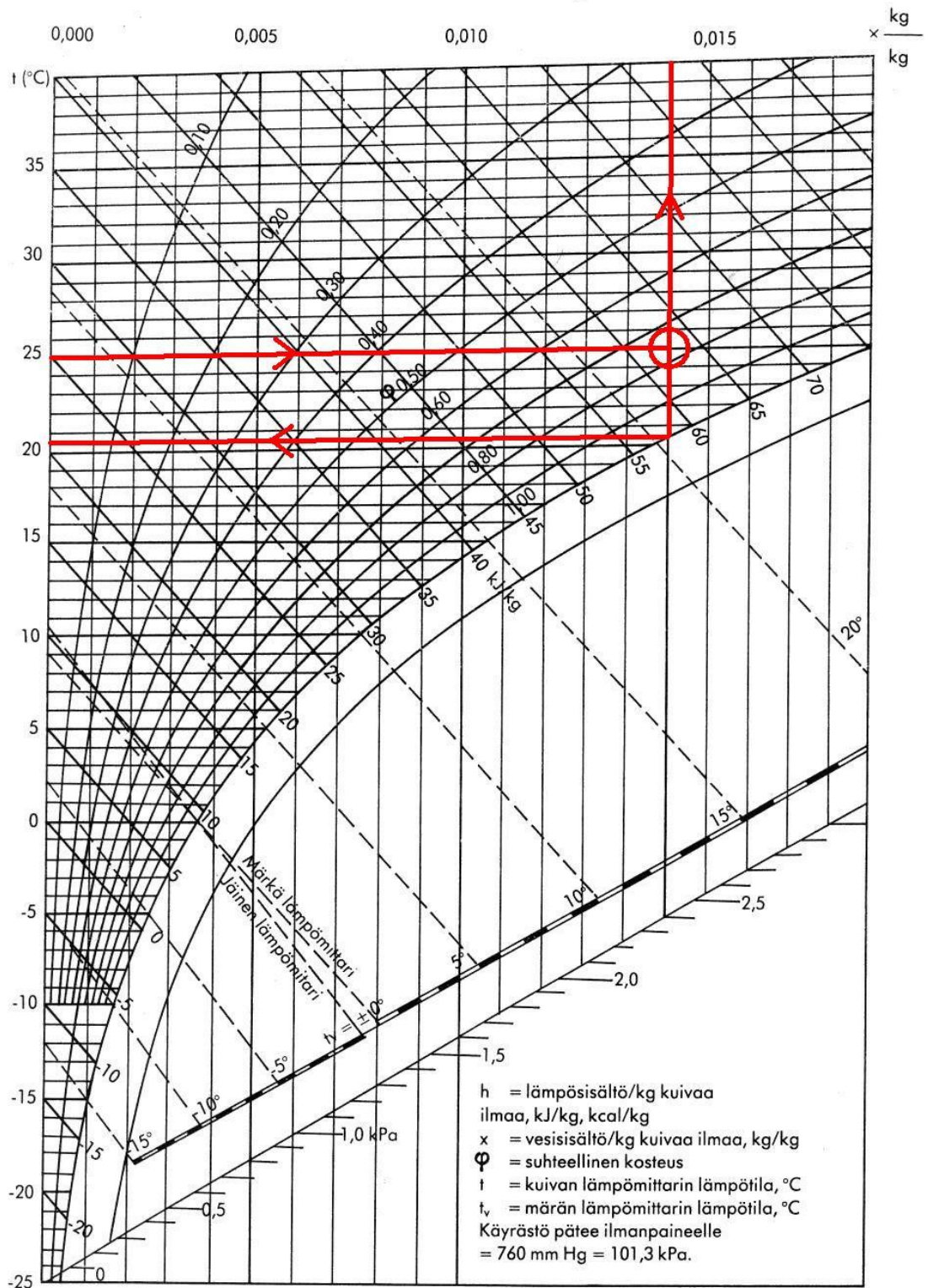
Kuva 1. Kastepistelämpötiloja sekä ilman suhteellisiä kosteuksia Helsingin Rautatientorin säähavaintopaikalta

Ihmistä, kotieläimistä ja asumiseen liittyvistä toimista ilmaan tulee lisää kosteutta, jolloin sisäilman absoluuttinen kosteus on yleensä hiukan ulkoilmaa korkeampi. Tehokkaalla ilmanvaihdolla voidaan hillitä sisäilman absoluuttista kosteutta, jolloin lattiovienlennysputkistoissa jäähdyttävän nesteen lämpötilaa voidaan laskea ja näin päästä suurempaan jäähdytystehoon. Ilmanvaihtoon liitetyllä jäähdytyspatterilla voidaan laskea sisäilman absoluuttista kosteutta ja sitä kautta myös kastepistelämpötilaa entisestään. On kuitenkin muistettava, että liian kuiva ilma aiheuttaa etenkin hengitysallergikoille oireita. Optimalue ilman suhteelliselle kosteudelle on 40–60 %. [4] Kuvasta 2 nähdään, miten ilman suhteellinen kosteus vaikuttaa sisäilman laatuun. Sopivan ilmanvaihdon takaamiseksi ilman pitäisi vaihtua huoneessa kaksi kertaa tunnissa.



Kuva 2. Yhteenveto ilman suhteellisen kosteuden vaikutuksista [4, s. 24].

Kostean ilman Mollier-käyrästä



Kuva 3. Kostean ilman Mollier-käyrästä

4 Sisäilmasto

Sisäilmasto muodostuu tilan ilman laadusta ja liikkeistä sekä lämpöolosuhteista, jotka vaikuttavat tilassa oleskeleviin ihmisiin. Lämpösäteilyn epätasainen jakautuminen, liiallinen tai liian vähäinen ilmankosteus, liian korkeat tai matalat lämpötilat ja liiallinen hiilidioksidipitoisuus aiheuttavat tilan käyttäjille epämukavuutta ja jopa terveyshaittoja. Suomessa ihmiset viettävät keskimäärin yli 20 tuntia vuorokaudesta sisätiloissa, joten sisäilmasto on yksi merkittävimmistä elämänlaatuun vaikuttavista tekijöistä.

4.1 Määritelmiä

Huoneilman lämpötilalla tarkoitetaan ilman lämpötilaa mitattuna mistä tahansa oleskeluvyöhykkeeltä 1,1 metrin korkeudelta.

Oleskeluvyöhyke on huoneen osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat ovat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista.

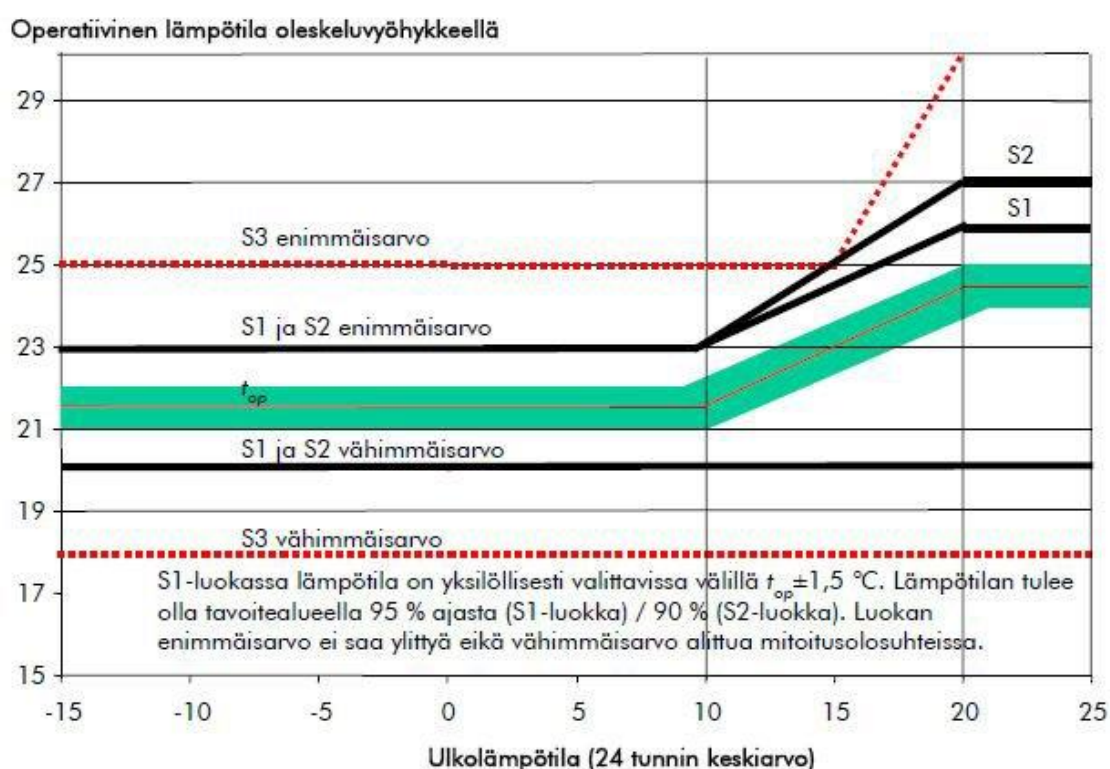
Operatiivisella lämpötilalla tarkoitetaan huoneilman lämpötilan ja ihmistä ympäröivien pintojen säteilylämpötilojen keskiarvoa. Operatiivinen lämpötila kuvastaa huoneilman lämpötilasta poikkeavien pintalämpötilojen vaikutusta ihmisen lämmöntunteeseen. Operatiivinen lämpötila voi poiketa huomattavasti huoneilman lämpötilasta esimerkiksi huoneissa, joissa on suuria ikkunoita tai joiden alla on lämmittämättömiä tilatiloja. Operatiivisen lämpötilan laskemisesta on kerrottu tarkemmin luvussa 7.5. Esimerkkiteholaskelmat. [7]

4.2 Määräykset ja ohjeet

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 määrää, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Lisäksi viihtyisä huonelämpötila on voitava ylläpitää ilman tarpeetonta energiankäyttöä. Oleskeluvyöhykkeen kesäkauden suunnittelulämpötila on 23 °C ja maksi-

milämpötila 25 °C. Ulkolämpötilan viiden tunnin keskiarvon ylittäessä 20 °C saa huoneen lämpötila nousta korkeintaan 30 °C:seen. [8]

Rakentamismääräyksiä täydentää Sisäilmayhdistyksen julkaisema Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmastoluokitus 2008 on merkittävimpien rakennusalan järjestöjen, Rakennustietosäätiön sekä Sisäilmayhdistyksen laatima luokitus, joka antaa sisäilmastolle tavoite- ja suunnitteluarvot luokiteltuna eri vaativuusluokkiin, kumoamatta kuitenkaan viranomaissäännöksiä. Kuvassa 4 ja taulukossa 2 on määritelty Sisäilmastoluokitus 2008:n mukaiset operatiiviset lämpötilat oleskeluvyöhykkeellä eri sisäilmastoluokille. Luokka S1 on paras luokitus, jota käytetään yhdessä S2-luokan kanssa esimerkiksi vaativissa julkisissa rakennuksissa tai toimistorakennuksissa. S3-luokitus on rakennusmääräysten vaatimukset täyttävä minimiluokka, jota käytetään yleensä tavallisissa asuinrakennuksissa. Kuvassa 4 on S1-luokan lämpötilan tavoitealue esitetty tummennettuna. Alueen keskellä oleva viiva (t_{op}) on lämpötilan asetusarvo. [9]



Kuva 4. Operatiivinen lämpötila oleskeluvyöhykkeellä [9].

Lattiaviilennyksellä, jossa on yksilöllinen ja automatisoitu säätö jokaisen huonetilan kiertopiirille, on mahdollista päästä lämpöolojen puolesta parhaaseen sisäilmastoluokkaan S1:

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 yllämpenemistä esiinny. Tilan käyttäjä pystyy yksilöllisesti hallitsemaan lämpöoloja. Tiloissa on niiden käyttötarkoituksen mukaiset erittäin hyvät ääniolosuhteet ja hyviä valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus. [9]

Taulukossa 2 lämpötila t_u on 24 tunnin keskiarvo lähimmällä säähavaintopaikalla ja $t_{u\max}$ on ulkoilman viiden tunnin keskiarvo.

Taulukko 2. Sisäilmastoluokituksen 2008 tavoitelämpötilat [9].

	S1	S2	S3
Operatiivinen lämpötila t_{op} [°C]			
$t_u \leq 10$ °C	21,5*	21,5	21
$10 < t_u \leq 20$ °C	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)^*$	$21,5 + 0,3 \times (t_u - 10)$	$21 + 0,4 \times (t_u - 10)$
$t_u > 20$ °C	24,5*	24,5	25
Sallittu poikkeama tavoitearvosta [°C]	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$	$\pm 1,0$
Operatiivisen lämpötilan enimmäisarvo [°C]	$t_{op} + 1,5$	$t_u \leq 10$ °C: $t_{op} + 1,5$ $10 < t_u \leq 20$ °C: $21,5 + 0,4 \times (t_u - 10)$ $t_u > 20$ °C: 27	$t_u \leq 15$ °C: 25 $t_u > 15$ °C: $t_{u\max} + 5$
Operatiivisen lämpötilan vähimmäisarvo [°C]	20	20	18
Olosuhteiden pysyvyys [% käyttäjasta]			
• toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	–
• asunnot	90 %	80 %	–

* 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.

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysohje 2003 antaa lattialämpötilojen ohjeelliseksi arvoiksi 18 °C välttävällä tasolla ja 20 °C hyvällä tasolla. [7] Sisäilmastoluokitus 2008 puolestaan antaa lattian pintalämpötilalle oleskeluvyöhykkeellä alarajaksi 19 °C. [9]

5 Lattiaviilennykseen vaikuttavat ja tehoa rajoittavat tekijät

5.1 Lattian pintalämpötila

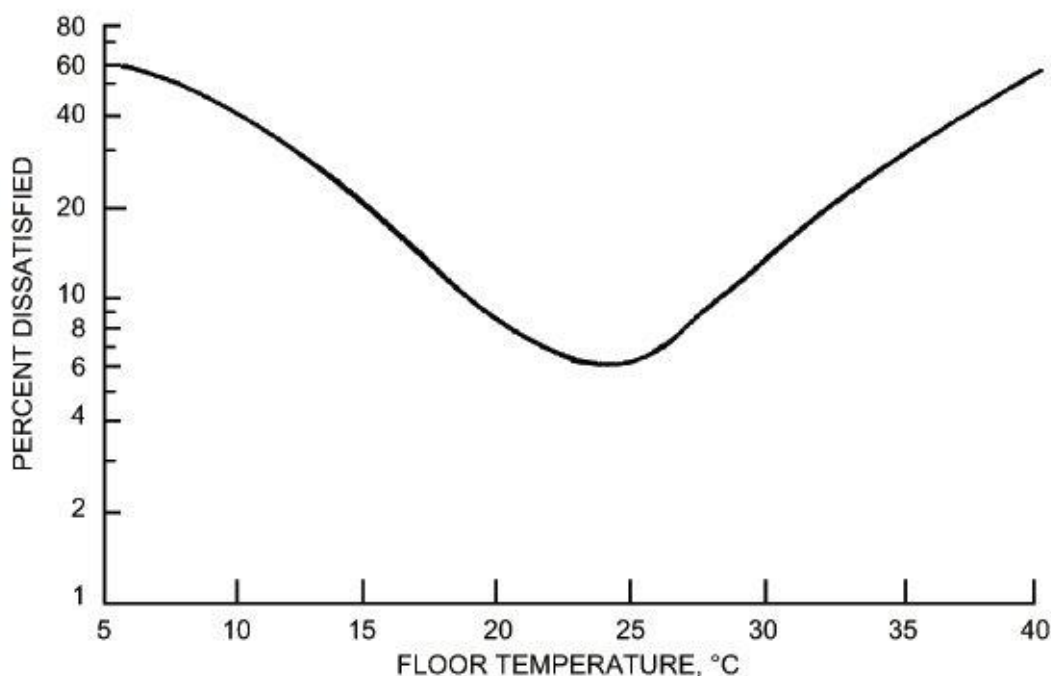
Lattian pintalämpötila riippuu sekä lattiaviilennysputkistossa kiertävän nesteen lämpötilasta että lattiarakenteista, kuten pintamateriaalista. Mukavuustekijät ja kondenssin riski ovat kaksi suurinta lattiaviilennyksen käyttöä ja tehoa rajoittavista tekijöistä. Asuintiloissa lattioita ei voi mukavuussyistä viilentää edes lähelle kondenssirajaa, sillä asuintilojen käyttäjät harvemmin käyttävät jalkineita. Lattian pintamateriaalista ja ihmisryhmästä riippuen sopiva pintalämpötila lattialle on 21 °C:sta aina 28,5 °C:seen. Taulukossa 3 on listattu paljasta jalkaa miellyttävät lämpötilarajat eri pintamateriaaleille. Pintalämpötilan vaihtelurajojen sisällä tyytymättömien osuus pysyy alle 15 %:n. [10]

Taulukko 3. Lattian pintalämpötilat paljaalle jalalle [4; 10].

Lattian pintamateriaali	Pintalämpötilan vaihtelurajat [°C]
Kokolattiamatto / Tekstiili	21–28
Mänty	22,5–28
Tammi	24,5–28
Linoleumimatto, 2,5 mm	24–28,5
Betoni	26–28,5
Keraaminen laatta, 5 mm	26,5–28
PVC-matto, 2 mm	25,5–28
Korkki, 5 mm	23–28
Huopamatto	22–28

Tutkimusten perusteella tavanomaisia kevyitä jalkineita tai paksuja sukia käyttäessä lattian optimaalinen pintalämpötila istumatyötä tekeville on 25 °C, ja seisoville tai käveleville ihmisille 23 °C. Jokainen yksilö kokee kuitenkin lämmön eri tavalla, sillä jopa 6 % ihmisistä on tyytymättömiä lattian ollessa optimilämpötilassa, kokien lattian joko

liian lämpimäksi tai liian kylmäksi. [10] Kuvassa 5 on kuvattu tyytymättömien ihmisten osuus lattian pintalämpötilan funktiona.



Kuva 5. Tyytymättömien ihmisten osuus lattian pintalämpötilan funktiona [10].

Jäähdytyskäytössä lattian pintalämpötilan on kuitenkin oltava taulukossa 3 esitettyjä lämpötiloja matalampi. Oventropin suositus lattian minimipintalämpötilaksi asuintilassa on 19–20 °C, jolloin voidaan olosuhteista riippuen saavuttaa jäähdytysteho noin 35–40 W/m². Mikäli laitteistossa ei ole kastepistesäädintä, on Oventropin suositus menoveden minimilämpötilaksi +18 °C ja meno- ja paluueden lämpötilaeroksi suurimmillaan 5 °C. Näin voidaan saavuttaa sisälämpötilassa 4 °C:n jäähtyminen viilentämättömään tilanteeseen nähden. [11]

5.2 Ilmankosteus

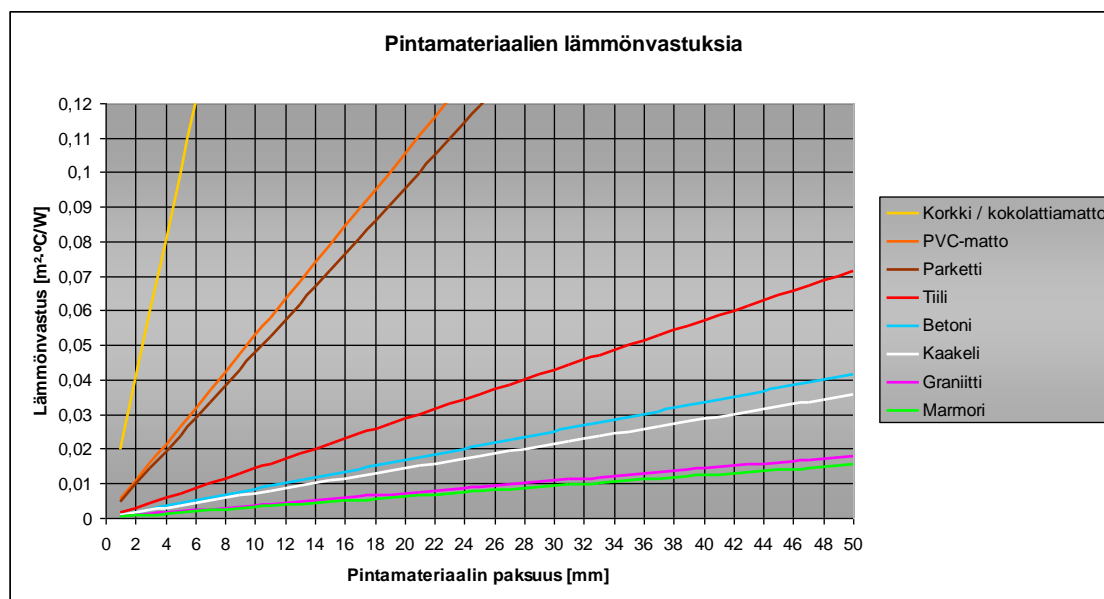
Ilmankosteudesta on kerrottu tarkemmin luvussa 3.1 Ilmankosteus.

Kosteustason mittaamiseen kannattaa valita sen kannalta kaikkein kriittisin huone. Jos ilmastointia ei ole käytössä, järjestelmä voidaan varustaa kastepistesensorilla, joka pitää huolen siitä, että menoveden lämpötila säädetään niin, ettei lattian pintalämpötila saavuta kastepistettä. [11]

5.3 Pintamateriaalit

Kuten lattialämmityksessäkin, myös lattiaviilennyksessä lattian pintamateriaalilla on suuri merkitys järjestelmästä saatavaan tehoon. Hyvin lämpöä eristävät pintamateriaalit, kuten parketit ja laminaatit, laskevat jäähdystystehoa esimerkiksi keraamisiin materiaaleihin tai kivilaattoihin verrattuna. Lattiaviilennystä voidaan kuitenkin hyödyntää lähes kaikilla lattiapinnoilla. On kuitenkin otettava huomioon, että lämmöneristyskyvyllään erittäin hyvät pintamateriaalit, kuten tekstiilit, voivat heikentää tehoa noin 30–50 %, jolloin niiden käyttö ei lattiaviilennyskäytössä ole suositeltavaa. Maksimaalisen jäähdystystehon saamiseksi myös matot pitäisi ottaa viilennyspinnoilta pois. [11]

Kuvassa 6 on esitetty eri pintamateriaalien lämmönvastuksia materiaalikerroksen paksuuden funktiona. Lämmönvastukset on saatu johtamalla ne Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 [12] ja LVI-kortissa 13–10261, Vesikiertoinen lattialämmitys [13], ilmoitetuista lämmönjohtavuusarvoista.



Kuva 6. Pintamateriaalien lämmönvastuksia materiaalikerroksen paksuuden funktiona

5.4 Asennustapa

Jos lattiaviilennysjärjestelmä toteutetaan kustannustehokkaasti siten, että se käyttää samoja putkia lattialämmitysjärjestelmän kanssa, on putketkin suunniteltu ensisijaisesti lämmitystilannetta varten. Lämmitystilanteessa putkessa kiertävän nesteen lämpötilan ja huoneen lämpötilan ero voi olla huomattavasti suurempi kuin jäähdytystilanteessa, jolloin lämmitysputkien asennusvälin ei tarvitse olla kovin tiheä. Tyypillisesti yksittäisen lattialämmityspiirin kokonaispituus on suurimmillaan noin 80–100 m. Lattiaviilennyksessä optimaalisin putkien asennusväli on 10–15 cm, jota käyttämällä yhden kiertopiirin palvelualue jäisi melko pieneksi. Tämä taas tarkoittaisi sitä, että kiertopiirejä pitäisi olla enemmän, jolloin kustannukset kasvaisivat lisääntyneiden putkimetriä ja säätölaitteiden takia. Lattialämmitykselle tyypillinen ratkaisu putkittaa suurten ikkunoiden edustat tiheämmällä asennusvälillä, ja tilojen keskialueet harvemmillä jaolla, sopii erinomaisesti myös lattiaviilennystä ajatellen, kun halutaan optimoida putkimetrit palvelemaan suurimmille lämpökuormille altistuvia lattiapintoja. [11]

5.5 Operatiivinen lämpötila

Sisätilan lämpöviilennyksen kannalta tärkeimmät tekijät ovat ilman lämpötila ja huone-tilan sisäpintojen säteilylämpötilat. Näiden tekijöiden yhteisvaikutusta kutsutaan opera-

tiiviseksi lämpötilaksi, joka käytännössä tarkoittaa sitä, miten ihminen tuntee sisäilman kokonaislämpötilan. Normaalin huonetilan (ilman nopeus alle 0,2 m/s) operatiivinen lämpötila voidaan laskea keskiarvona sisäilman lämpötilan sekä kaikkien pintojen säteilylämpötiloista, jos säteilylämpötila ei poikkea ilman lämpötilasta yli 4 °C. Lattiaviilennystapauksessa lattian säteilylämpötila poikkeaa yli 4 °C, jolloin operatiivinen lämpötila lasketaan kaavan 1 avulla. [4, s. 13.]

$$t_0 = \frac{h_k \cdot t_i + h_s \cdot t_s}{h_k + h_s} \quad (1)$$

t_0	operatiivinen lämpötila, °C
h_k	konvektion lämmönsiirtymiskerroin, W/m ² ·K
h_k	$2,38 \cdot \Delta t^{0,25}$
Δt	lämpötilaero ilman ja lämmönsiirtopinnan (=ihon) välillä, °C
t_i	ilman lämpötila, °C
h_s	säteilyn lämmönsiirtymiskerroin, W/m ² ·K
h_s	käytännössä 5,5–6,5 W/m ² ·K (tässä tapauksessa 6 W/m ² ·K)
t_s	keskimääräinen säteilylämpötila, °C

Tarkasteltaessa säteilyyn perustuvia jäähdytysjärjestelmiä, kuten lattiaviilennysjärjestelmä, on aina huomioitava ns. näkyvyyskerroin huonetilassa oleskelevien ihmisten ja lämpöä säteilevien pintojen välillä. Näkyvyyskerroin riippuu henkilön ja pinnan välisestä etäisyydestä sekä pinnan alasta. Näin ollen lattiapinnan näkyvyyskertoimella on yleensä huonetilan sisäpinoista (seinät, katto, jne.) suurin vaikutus huoneessa oleskelevien henkilöiden lämpöviihtyvyyteen, sillä se on yleensä lähinnä oleva suuri pinta. Pintalämpötilojen vaikutus huoneessa oleskelevan henkilön lämpötilan aistimiseen lasketaan kaavan 2 avulla. [4, s. 15.]

$$t_s = F_1 \cdot t_1 + F_2 \cdot t_2 + \dots + F_n \cdot t_n \quad (2)$$

t_s	keskimääräinen säteilylämpötila, °C
F_n	pinnan n näkyvyyskerroin [4]
t_n	pinnan n lämpötila, °C

Käyrästöistä katsomalla saadaan lattian näkyvyyskerroimeksi 0,36 ja katon näkyvyyskerroimeksi 0,14, kun henkilö istuu keskellä $5 \times 5 \text{ m}^2$ ja 3 m korkeaa huonetilaa. Samat lukemat seisovalle henkilölle on 0,28 ja 0,18. Lattian näkyvyyskerroin on siis keskimäärin yli kaksinkertainen verrattuna kattoon. Voidaankin todeta, että jos lattian pintalämpötilaa lasketaan yhdellä asteella, on sen vaikutus ihmisen säteilylämmön aistimiseen moninkertainen verrattuna katon pintalämpötilan alentamiseen. Seuraavassa on laskettu lattiaviilennys- ja kattoviilennystilanteen operatiivinen lämpötila istuvalle henkilölle kyseisessä tilassa käyttäen kaavaa 1.

- lattian näkyvyyskerroin 0,36 (käyrästöstä katsottu) [4]
- katon näkyvyyskerroin 0,14 (käyrästöstä katsottu) [4]
- seinien näkyvyyskerroin 0,44 (käyrästöstä katsottu) [4]
- sisäilman lämpötila $+27 \text{ °C}$
- seinien pintalämpötila $+27 \text{ °C}$
- lattian pintalämpötila lattiaviilennystilanteessa $+20 \text{ °C}$
- lattian pintalämpötila kattoviilennystilanteessa $+27 \text{ °C}$
- katon pintalämpötila lattiaviilennystilanteessa $+27 \text{ °C}$
- katon pintalämpötila kattoviilennystilanteessa $+20 \text{ °C}$
- ihon lämpötila $+33 \text{ °C}$

$$t_{0,\text{lattiaviilennys}} = \frac{2,38 \cdot (33-27)^{0,25} \cdot 27 + 6 \cdot (0,36 \cdot 20 + 0,14 \cdot 27 + 0,44 \cdot 27)}{2,38 \cdot (33-27)^{0,25} + 6} = 24,45 \text{ °C}$$

$$t_{0,\text{kattoviilennys}} = \frac{2,38 \cdot (33-27)^{0,25} \cdot 27 + 6 \cdot (0,36 \cdot 27 + 0,14 \cdot 20 + 0,44 \cdot 27)}{2,38 \cdot (33-27)^{0,25} + 6} = 25,40 \text{ °C}$$

Jos kattoviilennyksellä halutaan päästä samaan operatiiviseen lämpötilaan kuin lattiaviilennyksellä, saadaan katon pintalämpötila ratkaistua seuraavalla yhtälöllä.

$$0,36 \cdot 27 + 0,14x + 0,44 \cdot 27 = 0,36 \cdot 20 + 0,14 \cdot 27 + 0,44 \cdot 27$$

$$0,14x = 7,2 + 3,78 + 11,88 - 9,72 - 11,88$$

$$0,14x = 1,26$$

$$x = 9 \text{ [°C]}$$

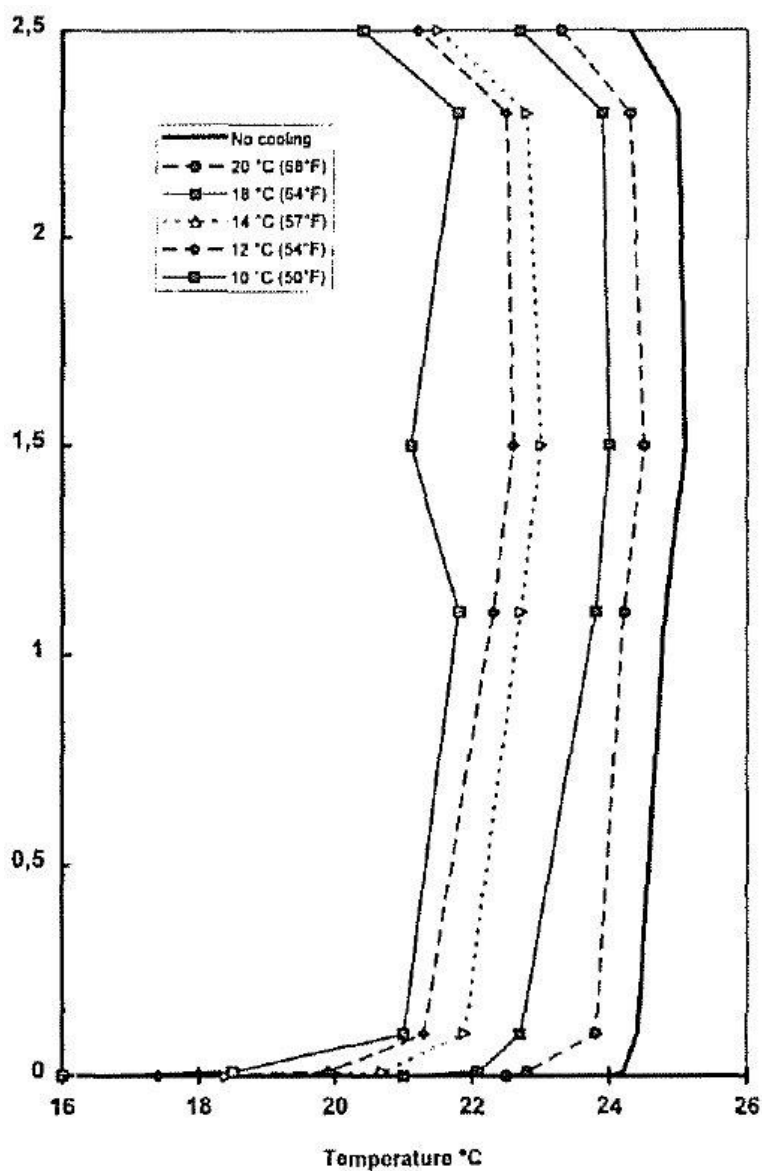
Esimerkkilaskelmista huomataan, ettei lattiaviilennyksen ja kattoviilennyksen operatiivisilla lämpötiloilla ole tässä tapauksessa eroa kuin yksi aste, mutta jos kattoviilennyksellä halutaan päästä samaan operatiiviseen lämpötilaan kuin lattiaviilennyksellä, joudutaan katon pintalämpötila pudottamaan 9 °C:seen, mikä vaatisi huomattavasti enemmän ostoenergiaa, jos jäähdytysenergia tehtäisiin kylmäkoneikolla. Lattiaviilennyksellä päästään siis huomattavan hyvään jäähdytystehoon pienemmällä energiankulutuksella, koska jäähdyttävää pintaa ei tarvitse viilentää kovin kylmäksi, sillä se on lähellä käyttäjää.

5.6 Huonelämpötilan ero pystysuunnassa sekä vedon tunne

Sisäilmaluokitus 2008 sallii S1-laatulokalle suurimmaksi pystysuuntaiseksi lämpötilaeroksi oleskeluvyöhykkeellä 2 °C [9]. Sisäilmaluokituksessa 2008 pystysuuntaisen lämpötilaeron mittauskorkeudet ovat istumatyön mukaiset 0,1–1,1 m lattiasta.

Perinteisillä konvektioon perustuvilla jäähdytysratkaisuilla pystysuuntaisen lämpötilaeron pitäminen sallituissa rajoissa sekä vedottomuus voivat muodostua ongelmaksi, sillä alilämpöistä ilmaa huonetilaan tuomalla saattaa ilman liikkuminen aiheuttaa suuriakin vaihteluja sisäilman lämpötilassa ja sitä kautta vedon tunnetta. Lattiaviilennyksessä jäähdytysenergia sen sijaan siirtyy lähes kokonaan säteilemällä, joten ilman liikkumisesta aiheutuva lämpötilan vaihtelu on käytännössä olematonta.

Kuvassa 7 on esitetty lattiaviilennyksellä jäähdytettävän huonetilan pystysuuntaista lämpötilan vaihtelua eri menoveden lämpötiloilla silloin, kun huoneen muiden pintojen lämpötila on +26 °C. Kuvasta nähdään, että suositeltavilla menoveden lämpötiloilla 18–20 °C lattiaviilennysjärjestelmällä varustetun tilan pystysuuntainen lämpötilaero on 0,1–1,1 metrin välillä jopa alle 1 °C.



Kuva 7. Pystysuuntainen ilman lämpötilaero menoveden eri lämpötiloilla huonetilan muiden pintalämpötilojen ollessa +26 °C [14].

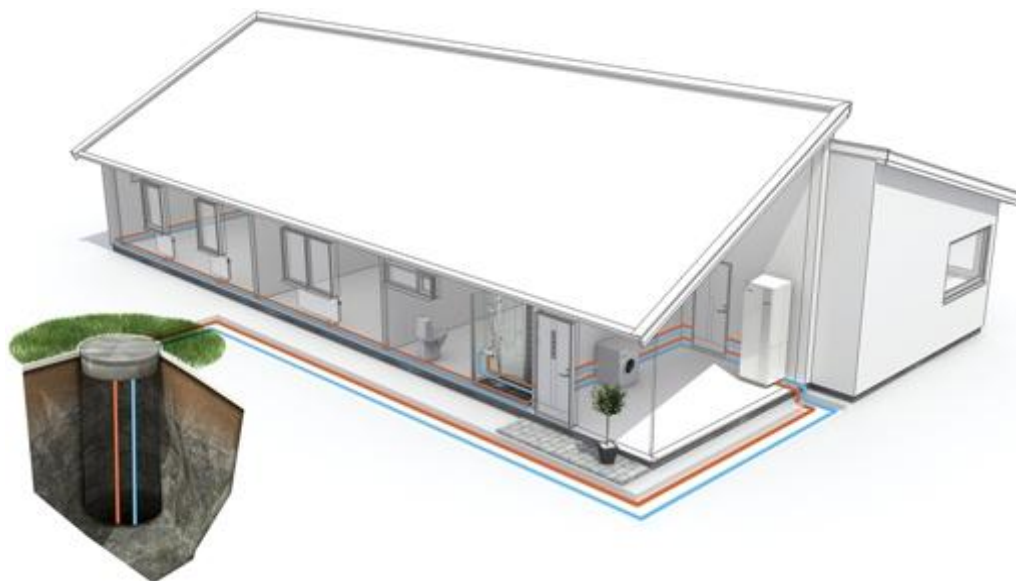
6 Kylmän tuotto

6.1 Maakylmä

Maakylmän toiminta perustuu kiertoprosessiin, jossa maalämpöpumpun kylmäkoneikossa kiertävä kylmäaine luovuttaa ja vastaanottaa lämpöä. Maalämpöpumppu hyödyntää kalliota, vettä ja maahan varastoitunutta auringon energiaa. [15]

6.1.1 Porakaivo

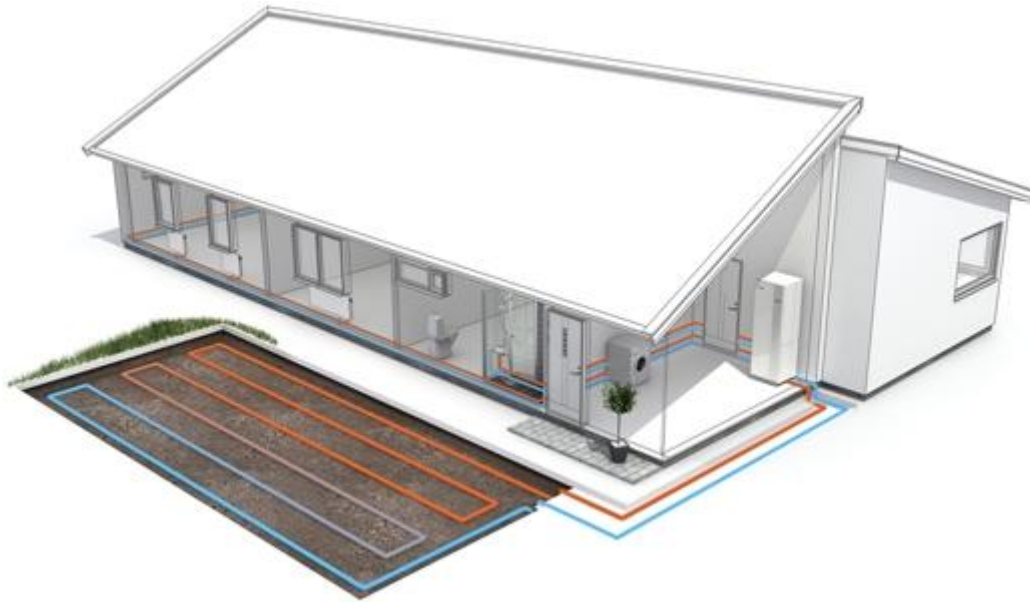
Jos tontti on pieni, porataan keruupiiriä varten maahan reikä pystyasentoon. Poraus on myös kätevä tapa sijoittaa keruupiiri maan sisään huomaamattomasti ja tonttia möyhentämättä (kuva 8). Porakaivon lämpötila vaihtelee vain 2–3 astetta vuoden aikana, jolloin se soveltuu parhaiten jäähdytyskäyttöön.



Kuva 8. Porakaivo [16].

6.1.2 Pintamaahan asennettu vaakaputkisto

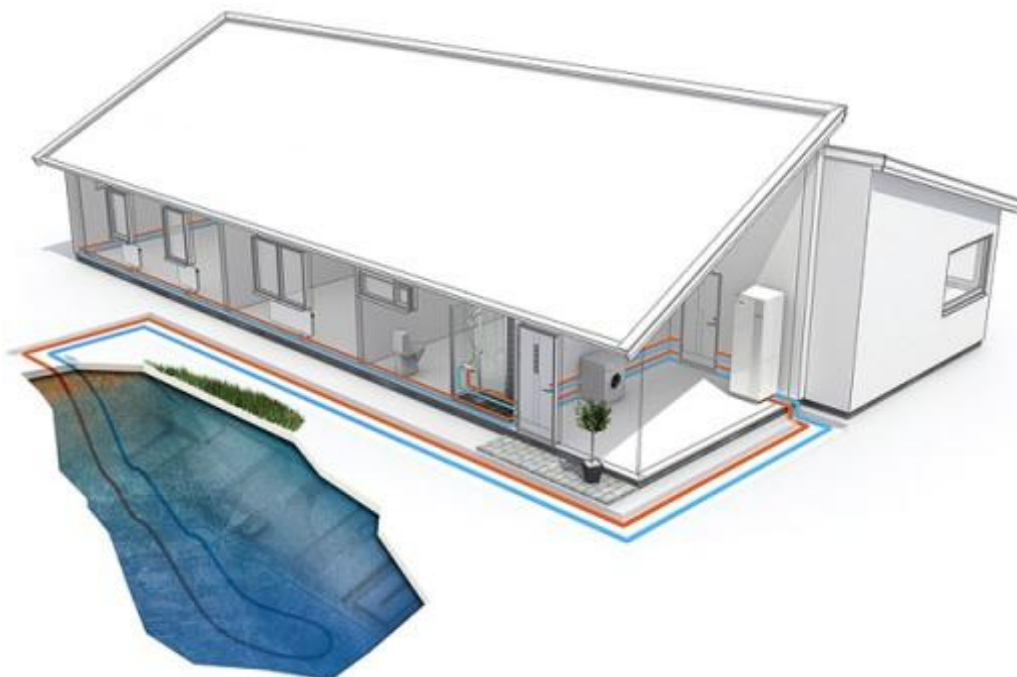
Jos tontti on riittävän suuri, sille voidaan asentaa vaakaputkisto. Pintamaahan asennettu keruupiiri (kuva 9) on hieman edullisempi vaihtoehto kuin porakaivo, mutta se ei yleisesti sovellu jäähdytyskäyttöön niin hyvin, sillä pintamaa lämpiää kesän aikana, jolloin keruupiirin liuoskin lämpenee. Lattiaviilennystapauksessa menoveden lämpötila on kuitenkin oltava vain 18–20 °C, johon päästään myös pintamaahan asennetulla vaakaputkistolla.



Kuva 9. Pintamaahan asennettu vaakaputkisto [16].

6.1.3 Vesistöön asennettu keruupiiri

Keruupiiri voidaan sijoittaa myös vesistöön (kuva 10). Keruuputkisto ankkuroidaan painoilla esimerkiksi järven pohjaan, jotta se ei nousisi pintaan ja vaurioituisi. Maksimaalisen hyödyn irtisaamiseksi olisi hyvä, että matka vesistöstä lämpöpumpulle olisi mahdollisimman lyhyt. Vesistöön asennettu keruupiiri soveltuu yleisesti edellisiä huonommin jäähdytykseen, sillä kesäisin vesistöt lämpenevät huomattavasti enemmän kuin pinta-maa tai peruskallio.



Kuva 10. Vesistöön asennettu keruupiiri [16].

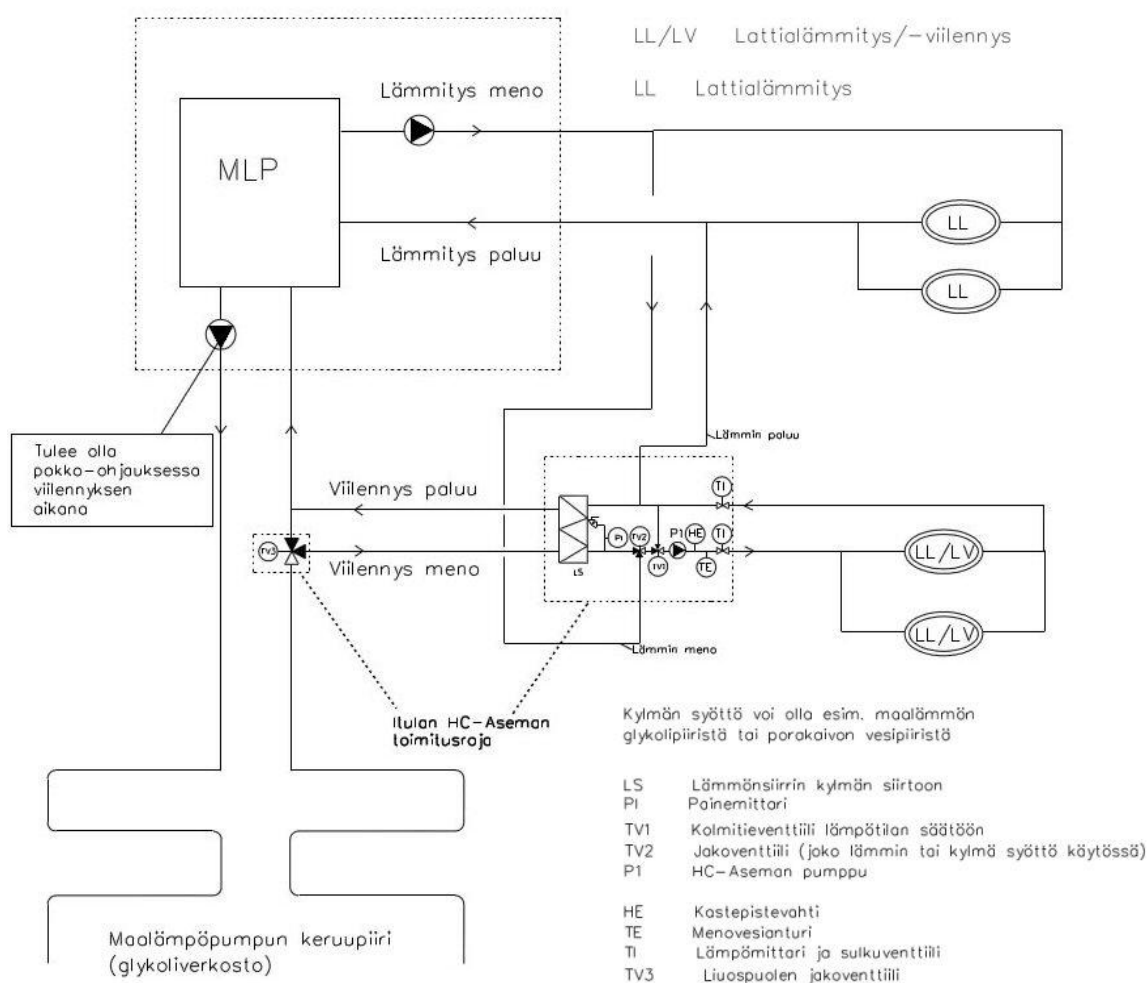
6.2 Kaukokylmä

Kaukokylmällä eli kaukojäähdytyksellä tarkoitetaan keskitetyssä tuotantolaitoksessa tuotetun jäähdytetyn veden jakelua putkiston välityksellä useille rakennuksille. Yleisimmin kaukokylmää käytetään ilmastoinnin jäähdytyksessä, mutta sitä voi käyttää myös lattiaviilennyksessä. Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate on verrattavissa kaukolämmitykseen sillä poikkeuksella, että kaukojäähdytyksessä asiakkaalta siirretään ylimääräinen lämpö energiayrityksen kaukojäähdytysveteen, sillä termodynamiikan sääntöjen mukaan lämpö siirtyy aina lämpimämmästä kylmempään.

Kaukokylmää voidaan tuottaa absorptiojäähdytyskoneilla, kompressoriteknikalla, lämpöpumpuilla tai luonnon omia energiavaroja hyödyntämällä (talvella esimerkiksi merivesi). Edellä mainittuja tuotantotapoja voidaan paikallisten olosuhteiden mukaan yhdistellä siten, että kulloinkin tarvittava energia tuotetaan edullisimmalla tavalla. Jäähdytysenergia toimitetaan asiakkaille menoputkea pitkin jäähdytetyn veden avulla. Jäähdytysvesi käsitellään samoin kuin kaukolämpövesi. Asiakkaan lämmönsiirtimellä lämmentynyt vesi johdetaan paluuputkella takaisin jäähdytyslaitokselle, jossa sama vesi jäähdytetään uudelleen. Mitoitustilanteessa meno- ja paluuveden välisenä lämpötilaerona käytetään 8–10 °C. [17]

6.3 Oventrop-järjestelmä maalämpöpumpun yhteyteen asennettuna

Lattiaviilennysjärjestelmä on yleisimmin suunniteltu asennettavaksi yhdessä maalämpöpumpun kanssa, jolloin viilennysenergia saadaan pintamaahan asennetusta liuospiiristä tai porakaivon vesipiiristä. Laitteiston periaatteellinen putkikytkentäkaavio on esitetty kuvassa 11. Toimintaselostuksessa mainitulla HC-aseamalla tarkoteitaan Heating/Cooling -asemaa, joka sisältää kaikki tarvittavat komponentit sekä säätöjärjestelmät lattialämmitystä ja -viilennystä varten.



Kuva 11. Periaatteellinen putkikytkentäkaavio [11].

6.3.1 Lämmityskäyttö

Lämmitysasennossa säätökeskus asettaa huonesäätimien toiminnan lämmityskäyttöön ja HC-aseman jakoventtiin lämmitysasentoon. Tällöin lattiaputkistoihin ajetaan lämmintä vettä HC-aseman lämmitysyhteiden kautta. Menoveden säätöautomaattiikka asettaa menoveden lämpötilan säätökäyrän mukaiseen asetusarvoonsa säätämällä HC-aseman kolmitiesekoitusventtiiliä ulkolämpötila-anturin ja menovden lämpötila-anturin viestien perusteella. HC-aseman pumppu kierrättää lämmitysvettä lattiaputkistoissa.

Huonesäädin säätää huoneen lämpötilaa ohjaamalla jakotukissa olevan lämmityspiirin toimilaitteita pitäen huonelämpötilan asetusarvon mukaisena. Mikäli huonelämpötila nousee yli asetusarvon, kuolleen alueen (Dead Zone) jälkeen säädin ohjaa toimilaitetta kiinni. Mikäli huonelämpötila laskee alle asetusarvon, kuolleen alueen (Dead Zone) jälkeen säädin ohjaa toimilaitetta auki.

6.3.2 Viilennyskäyttö

Viilennysasennossa säätökeskus asettaa huonesäätimien toiminnan viilennyskäyttöön ja HC-aseman jakoventtiin viilennysasentoon sekä maalämmön glykolipuolen jakoventtiin ohjaamaan virtauksen HC-siirtimen läpi; tällöin lattiaputkistoihin ajetaan viilennysenergiaa HC-aseman siirtimen kautta. Maalämpöpumpun liuospumpun jatkuva pyöriminen tulee varmistaa. Menoveden säätöautomaattiikka pitää menoveden lämpötilan tehtaan asetusarvossa 18 °C. Asetusarvo voidaan muuttaa säätimestä. Kastepistevahti pitää menoveden lämpötilan kuitenkin kastepisterajan yläpuolelle säätämällä HC-aseman kolmitiesekoitusventtiiliä kastepistevahdin viestin perusteella. HC-aseman pumppu kierrättää viilennysvettä lattiaputkistoissa.

Huonesäädin säätää huoneen lämpötilaa ohjaamalla jakotukissa olevan viilennyspiirin toimilaitetta pitäen huonelämpötilan asetusarvon mukaisena. Mikäli huonelämpötila nousee yli asetusarvon, kuolleen alueen (Dead Zone) jälkeen säädin ohjaa toimilaitetta auki. Mikäli huonelämpötila laskee alle asetusarvon, kuolleen alueen (Dead Zone) jälkeen säädin ohjaa toimilaitetta kiinni.

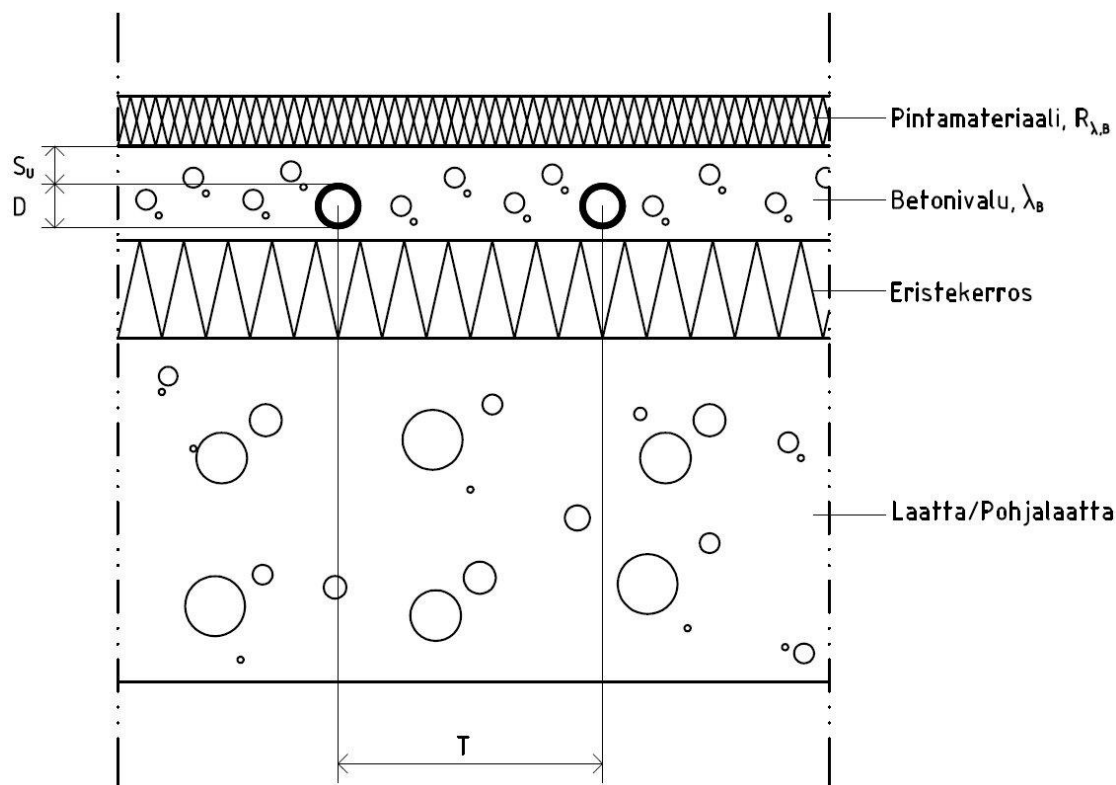
7 Suunnittelu ja mitoitus

Lattiaviilennysjärjestelmän suunnittelu alkaa kartoittamalla viilennettävän tilan käyttötarkoitus. Jos tilaan tuleva lattiaviilennysjärjestelmä toimii lämmityskaudella lattialämmityskäytössä, kuten Suomen oloissa asennettavilla järjestelmillä on tapana, on ensisijaisena suunnittelua ohjaavana tekijänä huomioitava lattialämmityksen vaatimukset, ja viilennysjärjestelmä toteutetaan lattialämmityslaitteistoon asennettavana lisäominaisuutena. [11]

Jatkuvan tilan teholaskennassa ilman suoraa auringon säteilyä voidaan käyttää soveltaen samoja laskentamenetelmiä kuin lämmitystehon laskennassakin. Lattialämmityksen laskennassa on käytetty vuonna 1997 julkaistua standardin SFS-EN 1264 mukaista yksinkertaistettua menetelmää, jota on 2008 päivitetty ja laajennettu koskemaan myös jäähdytyslaskelmia. Yksinkertaistettua laskentamenetelmää voidaan käyttää kuvan 12 mukaisissa tapauksissa, joissa putket on asennettu betoniin tai kipsivaluun ja laatan alapuoli on lämpöeristetty.

Tarkat laskelmat lattiaviilennysjärjestelmän jäähdytystehon laskemiseksi ovat usein tarpeettomia, sillä pidettäessä menoveden lämpötila turvallisella 18–20 °C:n tasolla voidaan lattiaviilennysjärjestelmän maksimaaliseksi tehontuotoksi arvioida 40 W/m². Kokeellisten tulosten perusteella kokonaislämmönsiirtokerroin lattiapinnan ja huonetilan välillä on mitattu olevan 7 W/m²·K, joka muodostuu säteilyn lämmönsiirtokertoimesta 5,5 W/m²·K ja konvektion lämmönsiirtokertoimesta 1,5 W/m²·K. [14] Jos lattian pintalämpötilaksi oletetaan Sisäilmaluokituksen 2008 alin suositeltu lämpötila 19 °C ja huonetilan lämpötilaksi heikoimman S3-luokan ylin sallittu 25 °C, saadaan jäähdytystehon maksimiarvoksi 42 W/m².

Mikäli lattiaviilennysjärjestelmä kuitenkin asennetaan pelkästään jäähdytyskäyttöä varten, voidaan lattiaviilennyksen tuottama jäähdytysteho laskea luvun 7.1 Teholaskelmat mukaisella tavalla. [14]



Kuva 12. Lattiarakenne [14].

7.1 Teholaskelmat

Lattiaviilennysjärjestelmän jäähdytyskapasiteetti riippuu lattian ja huonetilan välisestä lämmönsiirtymisestä (konvektion ja säteilyn lämmönsiirtokertoimet), lattiaviilennysputkien ja lattiapinnan välisestä lämmönjohtumisesta (lattian pintamateriaali, betonityyppi, laatan paksuus, putkien asennusväli), sekä veden lämmönsiirtokyvystä (veden virtausnopeus, meno- ja paluuveden välinen lämpötilaero). [14]

Yksi lattiaviilennysjärjestelmän lämmönsiirtotehon laskentatavoista on kaavassa 2 esitetty tanskalaisen Olesenin malli, joka soveltuu kuvan 12 mukaisen tyyppillisen asennusratkaisun tuottaman jäähdytystehon laskentaan. Järjestelmän vakion suuruus $B = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ on voimassa vain kuvan 12 mukaisessa asennusratkaisussa, jossa pintabetoniavalun alapuolelle on asennettu lämmöneristekerros estämässä lämpötehon siirtymistä alaspäin. [14]

$$q = B \cdot a_B \cdot a_T^{m_T} \cdot a_D^{m_D} \cdot a_U^{m_U} \cdot \Delta t_h \quad (2)$$

q	lämmön siirtyminen lattian ja huoneilman välillä W/m ²
B	järjestelmän vakio, 5,12 W/m ² ·K
a_B	laskentakerroin pintamateriaalille, $f(R_{\lambda,B}, \lambda_E)$
a_T	laskentakerroin putkien asennusvälille, $f(R_{\lambda,B})$
a_D	laskentakerroin putken ulkohalkaisijalle, $f(T, R_{\lambda,B})$
a_U	laskentakerroin putkien syvyydelle betonivalussa, $f(T, R_{\lambda,B})$
λ_E	betonin lämmönjohtavuus, W/m·K
$R_{\lambda,B}$	lattian pintamateriaalin lämmönvastus, m ² ·K/W (kuvasta 6)
m_T	= 1-T/75
m_D	= 0,25·(D-20)
m_U	= 0,1·(45-S _U)
D	putken ulkohalkaisija, mm
T	putkien asennusväli, mm
S_U	putkien yläpuolisen betonivalukerroksen paksuus, mm
Δt_h	lämpötilaero huoneilman ja viilennysputkien tason välillä
Δt_h	= $\frac{t_r - t_v}{\ln \frac{t_i - t_v}{t_i - t_r}}$
t_i	ilman lämpötila, °C
t_v	menoveden lämpötila, °C
t_r	paluuveden lämpötila, °C

Laskennassa tarvittavat taulukkoarvot a_B , a_T , a_D ja a_U on esitetty taulukoissa 4–7. Lu-
vussa 9.5 Esimerkkiteholaskelmat on kaavan 2 mukaisia laskentaesimerkkejä eri pin-
tamateriaaleille, laatan paksuuksille sekä kiertävän veden lämpötiloille.

Taulukko 4. Laskentakerroin pintamateriaalille, a_B

	Lattian pintamateriaalin lämmönvastus, $R_{\lambda,B}$ [m ² ·K /W]				
	0	0,01	0,05	0,10	0,15
a_B	1,04	0,98	0,81	0,67	0,57

Taulukko 5. Putkien asennusvälin vaikutus, a_T^{mT}

a_T^{mT}	Lattian pintamateriaalin lämmönvastus, $R_{\lambda,B}$ [m ² ·K /W]				
	0	0,01	0,05	0,10	0,15
Asennusväli, T [mm]					
75	1	1	1	1	1
150	0,81	0,81	0,84	0,87	0,88
300	0,54	0,55	0,60	0,65	0,69

Taulukko 6. Putkien ulkohalkaisijan vaikutus, a_D^{mD} , asennusväleillä 150 mm ja 300 mm

a_D^{mD}	Lattian pintamateriaalin lämmönvastus, $R_{\lambda,B}$ [m ² ·K /W]					
	Putken ulkohalkaisija, D [mm]	0	0,01	0,05	0,10	0,15
150	10	0,91	0,91	0,92	0,93	0,94
	17	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
	25	1,05	1,05	1,04	1,04	1,03
300	10	0,88	0,88	0,89	0,90	0,91
	17	0,96	0,96	0,96	0,97	0,97
	25	1,07	1,07	1,06	1,06	1,05

Taulukko 7. Putkien yläpuolisen betonivalun paksuuden vaikutus, a_U^{mU} , asennusväleillä 150 mm ja 300 mm. Betonin lämmönjohtavuus $\lambda = 1,2$ W/m·K

a_U^{mU}	Lattian pintamateriaalin lämmönvastus, $R_{\lambda,B}$ [m ² ·K /W]					
	Laatan paksuus, S_U [mm]	0	0,01	0,05	0,10	0,15
150	35	1,06	1,06	1,05	1,04	1,03
	45	1	1	1	1	1
	65	0,90	0,90	0,91	0,93	0,94
300	35	1,04	1,04	1,03	1,02	1,02
	45	1	1	1	1	1
	65	0,92	0,92	0,94	0,95	0,96

7.2 Säädettävyys

Lattiaviilennysjärjestelmän meno- ja paluuvesien lämpötilaeron tulisi Oventropin mukaan olla välillä 3–5 °C. Lattialämmitysjärjestelmän meno- ja paluuvesien lämpötilaero sen sijaan on usein jopa 10 °C. Viilennyskäytössä olevan järjestelmän virtaaman pitää siis olla lämmityskäyttöä suurempi, jotta ei jouduta käyttämään liian alhaista menoveden lämpötilaa ja jotta paluuvesi ei ehdi lämmentä kiertopiirissä liikaa. Tämä pitää ottaa tarkasti huomioon suunniteltaessa lattiaviilennysjärjestelmän säätölaitteita, putkireittejä, putkikokoja ja pumppuja. [11]

Lattiaviilennysjärjestelmällä ei jäädytysteho rajoittavien tekijöiden vuoksi aina kaikissa olosuhteissa päästä haluttuun lämpötilaan. Tällöin säätölaitteiden on silti pystyttävä tarjoamaan maksimaalinen jäädytysteho huonetilaan ottaen huomioon kondensoitumisen riski ja mahdolliset mukavuustekijät (lattian pintalämpötila, huonelämpötila). Saman säätöjärjestelmän on tämän lisäksi kyettävä toimimaan lämmityskaudella lattiälämmityksen säädössä.

Lattiaviilennysjärjestelmän menoveden lämpötilan säädössä tärkein yksittäinen tekijä on sisäilman kosteus. Menoveden lämpötilaa säädetään niin, ettei lattian pintalämpötila laske huoneilman kastepistettä alemmaksi. Tiedon kastepistelämpötilasta antaa huonetilaan asennettava kastepistesäädin. Kastepistesäätimen lisäksi on suositeltavaa asentaa jokaiseen huonetilaan yksilölliset säätöyksiköt, joilla säädellään huoneen kiertopiirin vesivirtaamaa.

7.3 Käytössä huomioitavat seikat

Kuten lattialämmitys myös lattiaviilennysjärjestelmä vaikuttaa huonetilan lämpötilaan hitaasti, sillä lattialaatta on massansa vuoksi hidaskäyttäjä muuttamaan lämpötilaansa. Järjestelmälle on siis annettava tarpeeksi aikaa säätymään halutulle tasolle. Lattiaviilennyksellä varustettujen huoneilojen tuuletus on suoritettava nopeasti ja ikkunoita ei kannata jättää lämpiminä kesäpäivinä auki, sillä tällöin menetetään tuotettu jäädytysteho. Ilmanvaihto pitää olla tarpeeksi tehokasta, että ilmankosteus pysyy kurissa ja sitä kautta myös kastepistelämpötila on matalampi. Huoneilman tunkkaisuus on suositeltava tuulettaa pois käyttämällä ilmanvaihdon tehostusta ikkunatuuletuksen asemesta.

7.4 Putkien asennus

Jos lattiaviilennysputket on ensisijaisesti lattialämmityskäyttöä ajatellen asennettu, kuten yleisesti on tapana, on putkien asennuksessa noudatettava lattialämmitysputkien asennukseen tarkoitettuja ohjeita. On kuitenkin otettava huomioon myös se, että yli 15 cm:n putkiväli ei ole suositeltava, jotta lattiapinta ei jäähtyisi epätasaisesti, ja jotta putkistossa voitaisiin käyttää mahdollisimman korkeaa menoveden lämpötilaa. Yksittäisen kiertopiirin maksimimitta on noin 80–100 metriä, jolloin 15 cm:n putkivälillä on huonetilassa yleensä käytettävä useampaa kiertopiiriä tai asennettava putket tiheämmin ikkunoiden eteen, jossa sekä jäähdytys- että lämmitystehontarpeet ovat yleensä huonetilan muita lattiapintoja suuremmat. [11]

7.5 Esimerkkiteholaskelmat

Seuraavassa on muutamia esimerkkiteholaskelmia kaavaa 2 käyttäen. Kaavassa 2 käytetyt taulukkoarvot ja vakiot on interpoloitu sekä ekstrapoloitu taulukoissa 4–7 olevien arvojen perusteella. Esimerkkilaskuissa putkien asennusvälinä on käytetty 150 mm:ä, huonelämpötilan arvona +27 °C:ta, putkien ulkohalkaisijana 17 mm:ä ja betonilaatan paksuutena 45 mm:ä.

Esimerkkiteholaskelma 1:

- lattian pintamateriaalina korkki 11 mm
- menovesi 18 °C
- paluuvesi 20 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,22 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 0,43 \cdot 0,90 \cdot 0,98 \cdot 1,00 \cdot \frac{20-18}{\ln \frac{27-18}{27-20}} = 15,45 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 2:

- lattian pintamateriaalina korkki 11 mm
- menovesi 16 °C
- paluuvesi 19 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,22 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 0,43 \cdot 0,90 \cdot 0,98 \cdot 1,00 \cdot \frac{19-16}{\ln \frac{27-16}{27-19}} = 18,29 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 3:

- lattian pintamateriaalina parketti 15 mm
- menovesi 18 °C
- paluuvesi 20 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,07 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,98 \cdot 1,00 \cdot \frac{20-18}{\ln \frac{27-18}{27-20}} = 25,46 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 4:

- lattian pintamateriaalina parketti 15 mm
- menovesi 16 °C
- paluuvesi 19 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,07 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 0,75 \cdot 0,85 \cdot 0,98 \cdot 1,00 \cdot \frac{19-16}{\ln \frac{27-16}{27-19}} = 30,13 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 5:

- lattian pintamateriaalina kaakelilaatta 8 mm
- menovesi 18 °C
- paluuvesi 20 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,006 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 1,00 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1,00 \cdot \frac{20-18}{\ln \frac{27-18}{27-20}} = 32,01 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 6:

- lattian pintamateriaalina kaakelilaatta 8 mm
- menovesi 16 °C
- paluuvesi 19 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,006 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 1,00 \cdot 0,81 \cdot 0,97 \cdot 1,00 \cdot \frac{19-16}{\ln \frac{27-16}{27-19}} = 37,90 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 7:

- lattian pintamateriaalina marmorilaatta 10 mm
- menovesi 18 °C
- paluuvesi 20 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,003 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 1,02 \cdot 0,81 \cdot 0,98 \cdot 1,00 \cdot \frac{20-18}{\ln \frac{27-18}{27-20}} = 32,99 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelma 8:

- lattian pintamateriaalina marmorilaatta 10 mm
- menovesi 16 °C
- paluuvesi 19 °C
- kuvasta 6 katsottu lämmönvastus $R = 0,003 \text{ K}\cdot\text{m}^2/\text{W}$

$$q = 5,12 \text{ W/m}^2 \cdot 1,02 \cdot 0,81 \cdot 0,98 \cdot 1,00 \cdot \frac{19-16}{\ln \frac{27-16}{27-19}} = 39,05 \text{ W/m}^2$$

Esimerkkiteholaskelmien perusteella voidaan huomata, että menoveden lämpötilan pudottamisella saavutetaan merkittävä hyöty jäähdytystehon kannalta; siirtyminen suositellulta rajalta pois antaa jopa noin 18 %:n jäähdytystehon lisäyksen. Menoveden lämpötilan pudotuksen lisäksi pintamateriaalin valinnalla on suuri vaikutus lattiaviilennyksestä saatavaan jäähdytystehoon. Minimaalisen lämmönvastuksen omaavalla marmorilaatalla on mahdollista saada jopa 30 % suurempi jäähdytysteho kuin parkettilattialla, vaikka järjestelmä olisi muuten täysin identtinen. Ero korkkilattiaan on jopa yli 100 %.

Täytyy kuitenkin muistaa, että asuinkäytössä olevissa tiloissa kaakeli- ja kivilattiat eivät ole suositeltavia, jos lattiaa aiotaan käyttää myös viilennyskäytössä, sillä viileä kivilattia on aina epämiellyttävä paljaalle jalalle. Sen sijaan tiloissa, joissa kenkiä käytetään sisälläkin, kivilattia on paras vaihtoehto jäähdytystehoa silmällä pitäen. Taulukon 4 arvoista voidaan päätellä myös, että pienentämällä betonivalun paksuutta 45 millimetristä 35 millimetriin, saadaan pintamateriaalin lämmönvastuksesta riippuen 3–6 %:n lisäys jäähdytystehoon. Taulukossa 8 on esitetty esimerkkiteholaskelmien tulokset. Esimerkkiteholaskelmien lisäksi taulukkoon on lisätty myös 35 mm:n pintavalulla saadut tulokset.

Taulukko 8. Esimerkkiteholaskelmien tulokset

Pintamateriaali ja paksuus	Pintavalun paksuus [mm]	Menoveden lämpötila [°C]	Paluueden lämpötila [°C]	Jäähdytysteho [W/m ²]
Korkki 6 mm	45	18	20	15,45
	35	18	20	15,76
	45	16	19	18,29
	35	16	19	18,66
Parketti 15 mm	45	18	20	25,46
	35	18	20	26,73
	45	16	19	30,13
	35	16	19	31,64
Kaakelilaatta 8 mm	45	18	20	32,01
	35	18	20	33,93
	45	16	19	37,90
	35	16	19	40,17
Marmorilaatta 10 mm	45	18	20	32,99
	35	18	20	34,97
	45	16	19	39,05
	35	16	19	41,39

8 Esimerkkikohde Eduskuntatalo, E-rakennus

8.1 Yleistä

Eduskuntatalo (kuva 13) on Helsingin keskustassa Arkadianmäellä, Mannerheimintie 30:ssä, sijaitseva rakennus, jossa kokoontuu Suomen eduskunta. Kilpailun tuloksena Eduskuntatalon suunnittelijaksi valittiin arkkitehti J. S. Sirén 17.4.1925. Se rakennettiin vuosina 1926–1931. Eduskunta aloitti toimintansa Eduskuntatalossa 1. helmikuuta 1931, ja talo vihittiin käyttöön 7. maaliskuuta 1931. Ensimmäinen peruskorjaus tehtiin 70-luvulla. Talossa on kaukolämpöön liitetty patterilämmitysverkosto. [18]



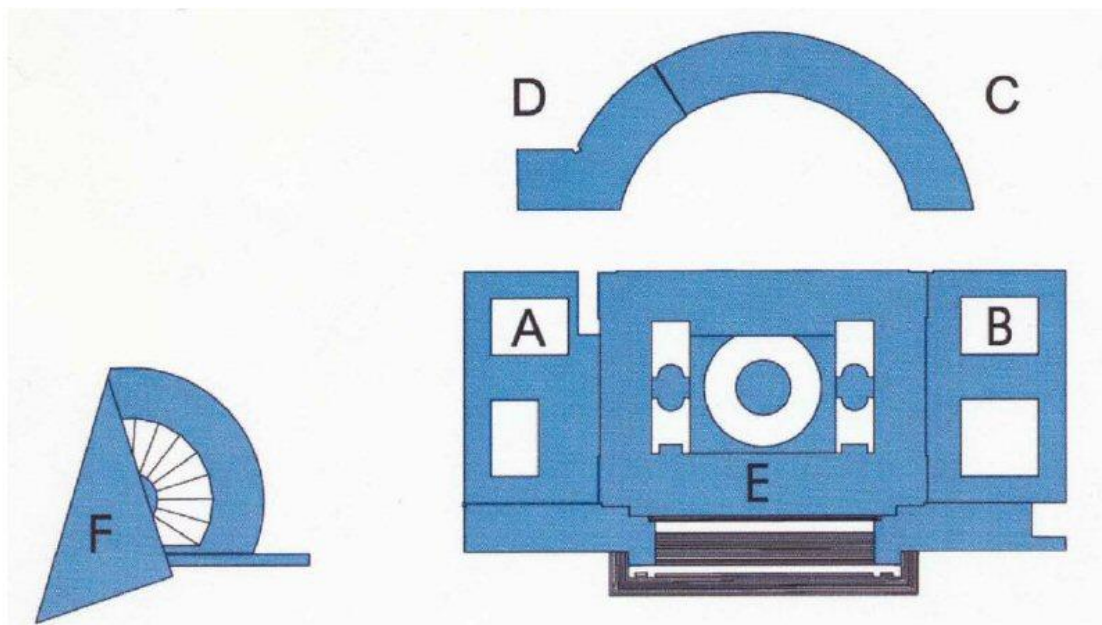
Kuva 13. Eduskuntatalo

8.2 Rakenteet

Rakennuksen perustukset ovat kauttaaltaan peruskallion päällä. Kantavana runkona on käytetty sekä tiiliseiniä että betonipilareita rinnakkaisesti. Jäähdytystehontarpeen laskemisen ja olosuhdesimuloinnin kannalta tärkein tieto on kuitenkin ulkoseinien rakenne. Ulkoseinän rakenne ulkoa sisälle seuraava [18; 19]:

- 300 mm graniitti
- 50 mm betoni
- 380 mm tiili
- 20 mm rappaus.

Ulkoseinät ovat siis erittäin massiiviset ja näin ollen varaavat lämpöä tehokkaasti. Tämä on osoittautunut ongelmaksi Eduskuntatalossa korkeiden lämpötilojen muodossa.



Kuva 14. Eduskunnan rakennukset

8.3 Tutkittavat tilat

Tässä työssä tutkitaan Eduskuntatalon päärakennuksen, E-rakennuksen (kuva 14), toisen kerroksen pohjoisseinällä, hallituksen käytävällä, sijaitsevia kolmea tilaa, joissa on koettu epämiellyttävän korkeita lämpötiloja jäähdytyskaudella. Tilat ovat hallituksen vastaanottohuone, hallituksen kokoushuone ja pääministerin huone. E-rakennuksessa suoritettiin lämpötilamittauksia 12.8.2010 klo 10.15–10.45, jolloin mitatuissa tiloissa ei ollut lähes mitään ylimääräisiä lämpökuormia ja ulkolämpötila oli 23,3 °C. Lämpötilamittausten tulokset on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Lämpötilamittausten tulokset

Huone	Lämpötila [°C]
E643	27,1
E634	27,3
E624	27,3
E620	27,4
E617	26,4
6. krs käytävä	27,5
6. krs kupoli	27
6. krs hissit, koilliskulma	27,5
E542	25,2
E523	26,6
E520	25,3
5. krs käytävä	26
E427	26,2
E424	26,1
E354	26,9
E234	26,4
Hallituksen käytävä	26,1
Istuntosali	26

8.3.1 Hallituksen vastaanottohuone

Hallituksen vastaanottohuoneessa hallitus pitää lehdistötilaisuuksia jne., joissa on paljon toimittajia, kameroita, valoja yms., joista syntyy huomattava määrä lämpökuormia. Laskelmissa olevat ihmisistä, valaistuksesta ja laitteista aiheutuvat lämpökuormat ovat arvioita. Olosuhdesimuloinneissa on käytetty seuraavia arvoja:

- tilan pinta-ala 43,1 m²
- ihmisten lukumäärä 15 · 75 W = 1125 W → 26,1 W/m²
- valaistus 12 W/m² · 43,1 m² = 517,2 W
- laitteet 40 W/m² · 43,1 m² = 1724 W
- ylimääräiset lämpökuormat yhteensä 3366,2 W / 43,1 m² = 78,1 W/m²

8.3.2 Hallituksen kokoushuone

Hallituksen kokoushuoneessa pidetään nimensä mukaisesti hallituksen kokouksia. Olettavasti käytössä on esimerkiksi kannettavia tietokoneita, videotykki tms. laitteita,

joista syntyy suuria määriä lämpökuormia. Olosuhdesimuloinnissa on käytetty seuraavia arvoja:

- tilan pinta-ala $62,3 \text{ m}^2$
- ihmisten lukumäärä $21 \cdot 75 \text{ W} = 1575 \text{ W} \rightarrow 25,3 \text{ W/m}^2$
- valaistus $12 \text{ W/m}^2 \cdot 62,3 \text{ m}^2 = 747,6 \text{ W}$
- laitteet $40 \text{ W/m}^2 \cdot 62,3 \text{ m}^2 = 2492 \text{ W}$
- ylimääräiset lämpökuormat yhteensä $4814,6 \text{ W} / 62,3 \text{ m}^2 = 77,3 \text{ W/m}^2$.

8.3.3 Pääministerin huone

Pääministerin huoneessa työskentelee pääministerin lisäksi hänen avustajansa. Tilassa on kaikki tavanomaisessa toimistohuoneessa tarvittavat laitteet, mutta ne eivät tuota lähellekään hallituksen vastaanottohuoneeseen tai kokoushuoneeseen verrattavia lämpökuormia. Myös ihmisistä aiheutuvat kuormat ovat huomattavasti pienemmät. Olosuhdesimuloinneissa on käytetty seuraavia arvoja:

- tilan pinta-ala $26,6 \text{ m}^2$
- ihmisten lukumäärä $2,66 \cdot 75 \text{ W} = 199,5 \text{ W} \rightarrow 7,5 \text{ W/m}^2$
- valaistus $12 \text{ W/m}^2 \cdot 26,6 \text{ m}^2 = 319,2 \text{ W}$
- laitteet $15 \text{ W/m}^2 \cdot 26,6 \text{ m}^2 = 399 \text{ W}$
- ylimääräiset lämpökuormat yhteensä $917,7 \text{ W} / 26,6 \text{ m}^2 = 34,5 \text{ W/m}^2$.

9 Olosuhdesimulointi

Jäähdytystehontarpeen laskemiseen sekä olosuhdesimulointiin on kehitetty erilaisia apuohjelmia ja -taulukoita, joita lähes poikkeuksetta käytetään hyväksi laskennassa. Apuohjelmien ja -taulukoiden käyttö on yksinkertaista, nopeaa ja kokemusten perusteella luotettavaa.

Tarkasteltavat tilat mallinnettiin olosuhdesimulointia varten seuraavassa esitetyillä ohjelmissa. Ohjelmiin syötettiin erilaisia tapauksia ja olosuhteita ja sen jälkeen ne simuloi-

tiin. Liitteissä 1–21 on kaikkien olosuhdesimulointien tulokset. Luvussa 9.2 Simulointitapaukset on esitetty kaikki tapaukset, joista olosuhdesimulointi tehtiin.

Tutkittavissa tiloissa on tällä hetkellä kokolattiamatot [18], jotka lattiaviilennystapauksessa pitäisi poistaa ja vaihtaa johonkin lämpöä vähemmän eristävään pintamateriaaliin. Eduskuntatalossa on käytetty paljon kivilattioita. Kivi olisi myös lattiaviilennyksen kannalta hyvä pintamateriaali. Simuloinneissa on käytetty lattiaviilennystapauksissa luvun 7.5 Esimerkkiteholaskelmat esimerkkiteholaskelman 8 meno- ja paluuveden lämpötiloja sekä pintamateriaalia, jolloin päästään jäähdytystehoon noin 40 W/m^2 .

9.1 Simuloinneissa käytetyt ohjelmat

9.1.1 MagiCAD Room

Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy:llä on käytössään MagiCAD Room -ohjelma, jolla voi luoda rakennukselle 3D-tilamallin. MagiCAD Room -ohjelmalla tehdyn, rakennuksen geometriaan ja teknisiin tietoihin perustuvan, 3D-tilamallin voi siirtää IFC-tiedostona muihin ohjelmiin, kuten seuraavassa esiteltävään Riuska-ohjelmaan, ja sen tilatietokanta toimii perustana tuleville laskelmille ja analyyseille. Tietokantaa voi käyttää esimerkiksi energia-, valaistus- ja jäähdytyslaskelmissa. [20]

9.1.2 Riuska

Maaskolalla on käytössään myös Riuska-ohjelmisto. Riuska on tehokas ja monipuolinen olosuhde- ja energiasimulointiohjelmisto, johon voi syöttää MagiCAD Roomilla tehdyn IFC-tiedoston. Ohjelma laskee tietomallin avulla rakennuksen ja sen tilojen lämpötekni- sen käyttäytymisen erilaisissa kuormitus- ja sääolosuhteissa. Ohjelma ottaa huomioon mm. rakenteet, massiivisuuden, paikkakunnan sään, lämpökuormat ja käyttöajat. Edellä mainittuja tietoja voi vapaasti muokata tilanteeseen sopivaksi. [21]

9.2 Simulointitapaukset

Simulointitapausten tulokset on esitetty liitteissä 1–21.

Jokaisessa simulointitapauksessa vakiona ovat seuraavat arvot:

- ilmavirta 3,6 dm³/s,m²
- jäähdytetyn tuloilman lämpötila 18 °C
- ylimääräisten lämpökuormien (ihmiset, valaistus, laitteet) vaikutusaika klo 8–16
- vuotoilmakerroin 0,15 1/h.

Mitoitussäätiöiden arvot:

- paikkakunta Helsinki, Suomi
- päivämäärä 11. heinäkuuta
- ulkolämpötilan maksimiarvo +25 °C klo 15
- ulkolämpötilan minimiarvo +16 °C klo 6.

9.2.1 Ilman lattiaviilennystä

9.2.1.1 Ilmanvaihto päällä klo 7–21

Tässä simulointitapauksessa ei ole lattiaviilennystä mukana. Ilmanvaihto, ja siinä oleva jäähdytyspatterit, on päällä klo 7–21. Muina aikoina ilmanvaihto on poissa käytöstä.

Liitteissä 1–3 olevista tuloksista nähdään, että ilmanvaihto ehtii viilentämään esimerkiksi hallituksen kokoushuoneen sisäilman klo 7–8 aikana 30,5 °C:sta 25,8 °C:seen, mutta lämpökuormien vaikutuksesta lämpötila on noussut seuraavan tunnin aikana jo 29,3 °C:seen. Klo 16 lämpötila on kohonnut 30,4 °C:seen ja työpäivän sisälämpötilan keskiarvoksi muodostuu 29,4 °C. Hallituksen vastaanottohuoneessa lämpötilat ovat samaa luokkaa. Pääministerin huoneessa ei lämpökuormia ole niin runsaasti, joten ilmanvaihto kykenee pitämään sisälämpötilan keskiarvon 24,8 °C:ssa. Pelkkä ilmanvaihto

to ei siis selkeästikään riitä viilentämään kaikkien tarkasteltavien tilojen sisälämpötilaa inhimillisiin lukemiin.

9.2.1.2 Ilmanvaihto päällä klo 7–21, yötuuletus klo 21–7

Tässä simulointitapauksessa tilanne on muutoin sama kuin yllä, mutta klo 21–7 ilmanvaihdossa on päällä yötuuletus. Siten ilmanvaihto toimii muutoin samalla tavalla kuin päivälläkin, mutta jäähdytyspatterit kytketään pois päältä. Näin säästetään energiaa, kun ulkoilman lämpötila kuitenkin laskee yön aikana.

Liitteissä 4–6 olevista tuloksista nähdään, että yötuuletuksen vaikutus sisälämpötiloihin on jo huomattava. Hallituksen kokoushuoneessa lämpötila on klo 7 aamulla 23,3 °C ja klo 16 iltapäivällä 28,2 °C. Työpäivän keskiarvo 27,0 °C ei ole kuitenkaan edes huonomman S3-sisäilmaluokituksen raja-arvojen sisällä. Sama tilanne on myös hallituksen vastaanottohuoneessa. Pääministerin huone sen sijaan saadaan yötuuletuksen ansiosta pysymään koko työpäivän ajan 24 °C:seen alapuolella työpäivän sisälämpötilan keskiarvon ollessa 23,2 °C.

9.2.1.3 Ilmanvaihto päällä klo 7–21, yöjäähdytys klo 21–7

Tässä simulointitapauksessa tilanne on muutoin sama kuin yllä, mutta yötuuletus vaihdetaan yöjäähdytykseen. Ilmanvaihto on siis jäähdytyksineen päällä vuorokauden ympäri.

Liitteissä 7–9 olevista tuloksista nähdään, että yöjäähdytyksen vaikutus sisälämpötiloihin ei poikkea kovinkaan paljoa yötuuletukseen verrattuna. Kun ilmanvaihtokoneen jäähdytyspatteria pidetään päällä, saadaan lämpötilat illalla nopeammin alas; muuta vaikutusta ei ole. Suurin osa tilojen käyttäjistä poistuu virka-ajan jälkeen, joten lisäenergian käytölle ei ole perusteita. Työpäivän lämpötiloihin yöjäähdytyksellä ei saada tuntuvaa etua verrattuna yötuuletukseen. Keskilämpötilat putoavat yötuuletukseen verrattuna tilasta riippuen vain noin 0,1–0,3 °C.

9.2.2 Lattiaviilennys päällä

9.2.2.1 Yöjäähdytys 30 %

Tässä simulointitapauksessa lattiaviilennys on päällä klo 7–21 teholla 40 W/m^2 ja klo 21–7 teholla 20 W/m^2 , joihin päästäisiin varsin vaivattomasti ja turvallisesti, kunhan tilojen lattioiden pintamateriaali vaihdettaisiin kokolattiamatosta esimerkiksi marmori-laattaan. Ilmanvaihto on jäähdytyksineen käynnissä normaalisti klo 7–21. Lisäksi yöjäähdytys on klo 21–7 päällä 30 %:n ilmavirralla. Ilman vaihtuminen on tärkeää, että sisäilma pysyy tarpeeksi kuivana eikä kondensoitumista tapahdu. 30 %:n ilmavirta riittää tähän hyvin yöaikana, sillä ihmisiä ei ole lisäämässä ilmankosteutta. Samalla säästetään puhaltimien pyörittämiseen käytettävää energiaa verrattuna täyteen ilmavirtaan.

Liitteissä 10–12 olevista tuloksista nähdään, että lattiaviilennyksellä päästään huomattavaan sisälämpötilan laskuun mihin tahansa ilman lattiaviilennystä olevaan tilanteeseen verrattuna. Esimerkiksi hallituksen kokoushuoneen työpäivän korkein lämpötila on vain $22,4 \text{ }^\circ\text{C}$, ja keskiarvokin jää $21,7 \text{ }^\circ\text{C}$:seen, jota voidaan pitää erinomaisena tuloksena. Pääministerin huoneessa lämpötila pysyy koko työpäivän ajan mitoituslämpötilassa $21 \text{ }^\circ\text{C}$:ssa.

9.2.2.2 Yöjäähdytys 100 %

Tässä simulointitapauksessa tilanne on muutoin sama kuin yllä, mutta yöjäähdytys on päällä täydellä teholla koko yön.

Liitteissä 13–15 olevista tuloksista nähdään, että yöllä ei ole järkeä pitää ilmanvaihtoa päällä täydellä teholla. Hallituksen kokoushuoneen työpäivän korkein lämpötila on $22,1 \text{ }^\circ\text{C}$ ja keskiarvo $21,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Tulokset eivät parane 30 %:n yöjäähdytykseen verrattuna kuin marginaalisesti.

9.2.2.3 Yötuuletus

Tässä simulointitapauksessa tilanne on muutoin sama kuin yllä, mutta klo 21–7 ilmanvaihto on päällä ilman jäähdytyspatteria. Tämä tilanne ei ole välttämättä kovin suositel-

tava tilanteissa, joissa järjestelmässä ei ole kastepistevahtia, sillä jäähdytyspatteri poistaa ilmasta kosteutta ja sisäilman pitäisi olla tarpeeksi kuivaa, jotta kondensoitumista ei tapahdu.

Liitteissä 16–18 olevista tuloksista nähdään, että tulokset muuttuvat yhtä vähän yöjäähdytyksen ja yötuuletuksen välillä, kuin ilman lattiaviilennystäkin. Hallituksen kokoushuoneen työpäivän korkein lämpötila kohoaa vain 22,3 °C:seen ja keskiarvo jää 21,7 °C:seen. 100 %:n yöjäähdytykseen verrattuna eroa on vain 0,2 °C yöjäähdytyksen hyväksi. 30 %:n yöjäähdytykseen verrattuna yötuuletuksen tulokset ovat lähes identtisiä.

9.2.3 Todellinen jäähdytystehontarve

Tässä simulointitapauksessa tarkastellaan kuinka paljon tehoa lattiaviilennykseltä vaadittaisiin tilojen jäähdytyksessä ilmanvaihdon lisäksi, jos tilojen lämpötilaksi haluttaisiin 21 °C.

Liitteissä 19–21 olevat jäähdytystehontarpeet tiloille ovat seuraavat:

- hallituksen vastaanottohuone 45,6 W/m²
- hallituksen kokoushuone 44,8 W/m²
- pääministerin huone 30,6 W/m².

Tuloksista nähdään, että simuloinneissa käytetty 40 W/m² on varsin riittävä jäähdytysteho tiloille, joissa on paljon lämpökuormia, mutta normaaleille toimistohuoneille se on ilmastoinnin lisäksi jo liikaa. Eduskuntatalossa on enimmäkseen pääministerin huoneen kaltaisia toimistohuoneita, joissa pärjättäisiin erinomaisesti 20–30 W/m² lattiaviilennyksen jäähdytysteholla.

10 Lattiaviilennyksestä aiheutuvat kustannukset

Seuraavassa on esitetty lattiaviilennyksen asennuksesta ja käytöstä aiheutuvia kustannuksia esimerkkikohteessa sekä 100 m²:n pientalossa. Osien ja asennustyön hinnat perustuvat Itula Oy:ltä saatuihin tietoihin. Tarkoituksena on antaa hankinta- ja käyttö-

kustannuksista vain suuntaa antava hinta-arvio, joista selviää kustannusten suuruusluokka. Seuraavat hinta-arviot (alv 0 %) on saatu Itula Oy:ltä, ja ne koskevat lähinnä pientaloa, mutta joitain samoja laitteita voidaan käyttää myös esimerkiksi Eduskuntatalossa:

- lattiaviilennysputki 1 €/m
- putkien asennustyö 10 €/m²
- lattiaviilennyksen pumppausasema 1 100 €/kpl (tarve yksi per talo)
- säädin 50 €/kpl (tarve yksi per huone)
- säätökeskus 220 €/kpl (tarve yksi per talo)
- 24 V:n kytkentärima jokaiselle jakotukille 100 €/kpl
- kastepistevahti + menovesianturi + ulkoanturi 180 €/sarja
- maalämmön liuospuolen tarvikkeet 200–500 €/sarja

10.1 Eduskuntatalo

Eduskuntatalossa ei ennestään ole lattialämmitysputkia, joita voisi hyödyntää lattiaviilennyksessä, joten lattiaviilennysputket pitäisi hankkia ja asentaa. Lattiaviilennysputkissa kiertävä vesi viilenisi kaukokylmällä, jota varten normaalisti pitäisi hankkia lämmönsiirrin, jos kiinteistössä ei jo ole kaukojäähdytyksen lämmönsiirrintä. Eduskuntatalon tapauksessa uutta siirrintä ei tarvitse hankkia, sillä rakennuksien yhteenlaskettu kaukojäähdytyksen tehontarve on arviolta 2 765 kW. Lattiaviilennys vaikuttaa siis vain marginaalisesti kaukokylmän huipputehoon.

Tässä esimerkissä lasketaan lattiaviilennyksestä aiheutuvat kustannukset Eduskuntatalon toisen kerroksen toimistohuoneille lukuun ottamatta istuntosalia, joten jäähdytettävä ala on noin 500 m². Putkien asennusvälinä pidetään 150 mm, jolloin jäähdytettävälle alalle asennettaisiin noin 3 100 m lattiaviilennysputkea. Keskimääräiseksi jäähdytystehontarpeeksi arvioidaan 35 W/m², josta saadaan kokonaistehoksi 17,5 kW. Jos menoja paluuv veden lämpötilaero on 3 °C, on verkoston virtaama kaavalla 3 laskettuna 1,4 dm³/s. Lattiaviilennyksen kiertovesipumppu on päällä vuorokauden ympäri ja 120 vuorokautta vuodessa eli 2 880 h/vuosi. Yllä olevista tiedoista voidaan laskea arviot asennus- ja käyttökustannuksille.

$$q_v = \frac{\phi}{c_p \cdot \Delta t \cdot \rho} \quad (3)$$

q_v	virtaama, dm^3/s
ϕ	teho, kW
c_p	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,18 kJ/kg·K
ρ	veden tiheys, 1 kg/dm^3
Δt	meno- ja paluuvien lämpötilaero, K

10.1.1 Hankinta- ja asennuskustannukset

- lattiaviilennysputki 3 100 m · 1 €/m = 3 100 €
- putkien asennustyö 10 €/m² · 500 m² = 5 000 €
- lattioiden purku- sekä rakennustyöt pintamateriaaleineen
150–200 €/m² · 500 m² = 75 000–100 000 €
- jäähdytettäviä huoneita 15 kpl → säätimet 50 €/kpl · 15 kpl = 750 €
- kastepistevahti + menovesianturi + ulkoanturi = 180 €
- säätökeskus 220 €
- kiertovesipumppu 1 000 €
- 24 V:n kytkentärima jokaiselle jakotukille 100 €/kpl · 6 kpl = 600 €
- yhteensä 85 850–110 850 €

10.1.2 Käyttökustannukset

Lattiaviilennysjärjestelmän käyttökustannukset koostuvat Eduskuntatalon tapauksessa kaukokylmän hinnasta sekä kiertovesipumpun sähkönkulutuksesta. Kaukojäähdytyksen hinta määräytyy Eduskuntatalossa seuraavasti:

$$\text{Sopimusmaksu} = 98\,500 \text{ €} + 169 \text{ €/kW}$$

$$\text{Vuosimaksu} = P \cdot 38 \text{ €/kW}$$

$$\text{Energiamaksu} = E \cdot 19,35 \text{ €/MWh}$$

Kaukojäähdytyksestä otettavalla teholla 17,5 kW sopimusmaksu nousee siis:

$$169 \text{ €/kW} \cdot 17,5 \text{ kW} = 2\,957,5 \text{ €}$$

Sopimus on voimassa 15 vuotta ja laskentakoroksi oletetaan 5 %, jolloin sopimusmaksun korotuksen vuosittaiseksi kustannukseksi muodostuu:

$$\frac{0,05 \cdot (1+0,05)^{15}}{(1+0,05)^{15}-1} \cdot 2\,957,5 = 284,93 \text{ €/a}$$

Jäähdytyskauden kokonaisjäähdytysenergiankulutus 17,5 kW:n teholla on:

$$2\,880 \text{ h} \cdot 17,5 \text{ kW} = 50\,400 \text{ kWh} = 50,4 \text{ MWh}$$

Energiamaksuksi saadaan Helsingin Energian hinnastoa käyttäen:

$$50,4 \text{ MWh} \cdot 19,35 \text{ €/MWh} = 975,24 \text{ €}$$

Lisäksi kaukojäähdytyksen huipputehon lisäys nostaa vuosimaksua

$$17,5 \text{ kW} \cdot 38 \text{ €/kW} = 665 \text{ €}$$

Lattiaviilennyskäytössä putkistoissa kiertävän meno- ja paluuveden välinen lämpötilaero on vain 3–5 °C, jolloin virtaamat ovat suuremmat kuin lattialämmitystilanteessa. Lisääntynyt virtaama lisää myös painehäviötä. Tarkat painehäviölaskelmat on rajattu tämän työn ulkopuolelle ja kiertovesipumpulle on arvioitu tehoksi 0,4 kW. Kiertovesipumpun käyttämä energia on

$$Q = 2\,880 \text{ h/a} \cdot 0,4 \text{ kW} = 1\,152 \text{ kWh/a}$$

Sähköenergian kokonaishinta on arvioituna noin 0,1 €/kWh, joten kiertovesipumpun käyttämän sähköenergian hinnaksi tulee:

$$0,1 \text{ €/kWh} \cdot 1152 \text{ kWh/a} = 115,20 \text{ €/a.}$$

Käyttökustannukset ovat yhteensä

$$284,93 + 975,24 + 665 + 115,20 = 2\,040,37 \text{ €/a}$$

10.2 Pientalo, 100 m²

Tässä esimerkissä oletetaan, että pientalossa on valmiina lattialämmitys, joka saa lämmitysenergiansa porakaivoon liitetyllä maalämpöpumpulla. Näin ollen lasketaan vain arvio lattiaviilennysjärjestelmän hankinnasta ja käytöstä aiheutuneille kustannuksille.

10.2.1 Hankinta- ja asennuskustannukset

- lattiaviilennyksen pumppausasema 1 100 €
- jäähdytettäviä huoneita 5 kpl → säätimet 50 €/kpl · 5 kpl = 250 €
- kastepistevahti + menovesianturi + ulkoanturi = 180 €
- säätökeskus 220 €
- 24 V:n kytkentärima jokaiselle jakotukille 100 €/kpl · 2 kpl = 200 €
- asennustyö 250 €
- maalämmön liuospuolen tarvikkeet 300 €
- yhteensä 2 500 €

Porakaivon ja siihen liitetyn maalämpöpumpun hankintahinta on asennuksineen karkeasti arvioituna noin 15 000 €. Kun tuohon hintaan lisätään vielä lattialämmitysjärjestelmän hankinta- ja asennuskustannukset, on lattiaviilennysjärjestelmän 2 500 € melko kohtuullinen hinta siitä, että järjestelmästä saadaan ympärivuotinen hyöty irti.

10.2.2 Käyttökustannukset

Porakaivolla ja maalämpöpumpulla varustetun pientalon lattiaviilennysjärjestelmän käyttökustannukset muodostuvat ainoastaan kiertopumppujen käyttämästä sähköenergiasta. Oletetaan lattiaviilennyspiirin kiertopumpun tehoksi 50 W ja liuospiirin kiertopumpun tehoksi 150 W. Pumput ovat käynnissä ympäri vuorokauden koko jäähdytyskauden ajan. Näin ollen pumppujen jäähdytyskaudella käyttämä sähköenergia on

$$Q = 2\,880 \text{ h/a} \cdot 0,05 \text{ kW} + 2\,880 \text{ h/a} \cdot 0,15 \text{ kW} = 576 \text{ kWh/a}$$

Sähköenergian hinnalla 0,1 €/kWh saadaan pumppujen kuluttaman sähköenergian hinnaksi 57,6 €/a.

10.2.3 Vertailu ilmalämpöpumppuun

Verrataan lattiaviilennystä vielä jäähdytykseen tarkoitettuun ilmalämpöpumppuun. Ilmalämpöpumpuksi valitaan vain jäähdytyskäyttöön tarkoitettu ja hyvällä kylmäkertoimella varustettu Panasonic CS-V12DKE, jonka arvonlisäveroton hankintahinta on 1 143,44 €. Hintaan ei sisälly asennusta. [22] Asennushinnaksi arvioidaan 400 €. Kokonaishankintahinnaksi muodostuu siis 1 543,44 €, joka on 956,56 € edullisempi kuin lattiaviilennysjärjestelmän hankintakustannus.

Oletetaan pientalon lattiaviilennysjärjestelmän keskimääräiseksi tehoksi 25 W/m^2 , jolloin kokonaisteho on

$$100 \text{ m}^2 \cdot 25 \text{ W/m}^2 = 2\,500 \text{ W}$$

Valitun ilmalämpöpumpun kylmäkerroin on 3,25, jolloin 2 500 W teholla sen kuluttama sähköteho on

$$2\,500 \text{ W} / 3,25 = 769,23 \text{ W}$$

Jäähdytyskauden aikana edellä mainitulla teholla ilmalämpöpumppu kuluttaa sähköenergiaa:

$$769,23 \text{ W} \cdot 2\,880 \text{ h/a} = 2\,215,38 \text{ kWh}$$

Sähköenergian hinnalla 0,1 €/kWh saadaan ilmalämpöpumpun kuluttaman sähköenergian hinnaksi 221,54 €/a. Ilmalämpöpumpun käyttökustannukset ovat siis 163,94 €/a suuremmat verrattuna lattiaviilennykseen. Keskimääräisen neliötehon noustessa esimerkiksi 30 wattiin, ero kasvaisi jo 208,25 euroon. Olisi kuitenkin liioittelua väittää, että

kukaan jäädyttäisi Suomen oloissa täydellä teholla koko jäädytyskauden ajan, joten käyttökustannusten erot todennäköisesti jäisivät todellisuudessa pienemmiksi.

11 Yhteenveto

Lattiaviilennyksen etuna on suuren pinta-alan hyödyntäminen lämmönsiirrossa, jolloin pienelläkin lämpötilaerolla päästään verrattain suureen kokonaistehoon. Pienen lämpötilaeron hyödyntämisessä etuna on myös se, että järjestelmässä voidaan käyttää suoraan ympäristössä tarjolla olevia energianlähteitä, kuten porakaivoa lämpöpumpulla varustettuna, jolloin kokonaisenergiankulutus ja sitä kautta käyttökustannus jää vähäiseksi. Suurimmaksi osaksi säteilyyn perustuva lattiaviilennysjärjestelmä pitää jäädytettävän tilan lämpöolot erittäin tasaisina. Lattiaviilennysjärjestelmä vaatii myös paljon vähemmän tilaa kuin perinteiset konvektioon perustuvat jäädytysjärjestelmät. Jo olemassa olevan lattialämmitysverkoston hyödyntäminen on myös suuri etu, jos jäädytysjärjestelmä halutaan asentaa jälkikäteen.

Lattiaviilennysjärjestelmällä ei päästä niin suureen tehoon kuin perinteisillä ilmanvaihtoon liitetyillä jäädytysratkaisuilla, joten se ei sovellu yksinään esimerkiksi suuria lämpökuormia aiheuttaviin toimistoihin. Laskelmien perusteella voidaan kuitenkin todeta, että lattiaviilennyksellä saadaan huomattava muutos sisälämpötilaan ja täten parannus sisäilmaolosuhteisiin. Merkittävimmät lattiaviilennysjärjestelmän tehoa rajoittavat tekijät ovat ilmankosteus ja käyttäjien viihtyvyys. Nämä on otettava huomioon järjestelmää suunniteltaessa ja mitoittaessa. Lattian pintamateriaalin valintaan on syytä kiinnittää huomiota, ja valita se tilan käyttötarkoituksen mukaan.

Pientaloissa lattiaviilennyksen etu verrattuna muihin jäädytysjärjestelmiin on sen edullinen hankintahinta, käyttökustannukset sekä vähäinen tilan tarve. Toimiva jäädytysjärjestelmä nostaa myös varmasti pientalon arvoa.

Arvokohteissa ei yleensä ole joko tarvittavia tiloja suurten jäädytyksellä varustettujen ja riittävän suurilla ilmavirroilla toimiville ilmanvaihtokoneille ja -kanavistoille tai jäädytyslaitteita ei haluta näkyville. Lattiaviilennysjärjestelmän ja ilmastoinnin yhteiskäytössä ei tarvita niin suuria ilmavirtoja kuin pelkällä ilmalla jäädytettäessä, jolloin ilmavirtojen pienenytessä myös ilmanvaihtokone ja -kanavistot pienenisivät. Tällöin säästyisi tilaa ja

rahaa, eikä jäähdytyksessä käytettäviä laitteita välttämättä tulisi näkyville. Eduskuntatalon olosuhdesimuloinneissa lattiaviilennyksen ja ilmastoinnin yhteiskäytön tehokkuus näkyi selvästi madaltuneina lämpötiloina.

Kaiken kaikkiaan lattiaviilennysjärjestelmä on varteenotettava jäähdytysratkaisu kaikissa uudis- ja korjausrakentamiskohteissa.

Lähteet

- 1 Yritys. Verkkodokumentti. Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy. <<http://www.maaskola.fi/index.php?id=2>>. Luettu 10.8.2011.
- 2 Itula Mukavuus Lattiaviilennys –esite. Verkkodokumentti. Itula Oy. <<http://www.itula.fi/arch/Esitteet/Itula%20lattiaviilennys.pdf>>. Luettu 10.3.2011
- 3 Uponor-jäähdytysjärjestelmät. Esite. Verkkodokumentti. Uponor Oyj:n kotisivu. <http://www.uponor.fi/~media/Files/Uponor/Finland/Cooling/Brochures/11002_Jhdytysjrjestelmt_09_2008.ashx>. Luettu 17.4.2011.
- 4 Seppänen Olli, 1996. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Suomen LVI-liitto.
- 5 Heino, R. ja Hellsten, E., 1983. Tilastoja Suomen ilmastosta 1961-1980. Ilmatieteen laitos.
- 6 Sääseuranta ja tilastot. Vuositilastot. 2010. Verkkodokumentti. <<http://ilmatieteenlaitos.fi/828>>. Luettu 20.9.2011.
- 7 Asumisterveysohje. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät. 2003. Ohjekortti. Sosiaali- ja terveysministeriö.
- 8 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö.
- 9 LVI 05-10440. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Ohjekortti. Sisäilmayhdistys ry.
- 10 Thermal Comfort. 2009. Chapter 9. ASHRAE Handbook – Fundamentals.
- 11 Lattialämmitys ja -jäähdytys. Oventrop-luentomateriaali. Itula Oy 2008.

- 12 Lämmöneristys. 2003. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa C4. Ympäristöministeriö.
- 13 LVI 13-10261. Vesikiertoinen lattialämmitys. Ohjekortti. Rakennustieto Oy, 1996.
- 14 Olesen, Bjarne W. 1997. Possibilities and Limitations of Radiant Floor Cooling, ASHRAE Transactions 103, s. 42–48.
- 15 Maalämpö. 2011. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitys_muodot/maalampo/>. Luettu 19.5.2011.
- 16 Keruupiiri. 2011. Verkkodokumentti. Suomen Ekolämpö Oy.
<<http://ekolampo.fi/index.php?page=122&lang=1>>. Luettu 19.5.2011.
- 17 Kaukojäähdytys. 2011. Verkkodokumentti. Energiateollisuus ry.
<<http://www.energia.fi/fi/kaukolampo/kaukojaahdytys>>. Luettu 19.5.2011.
- 18 Winterhalter, Kati & Bonsdorff, Mikko 2009. Eduskuntakiinteistöt, E-rakennus, rakennushistoriaselvitys 2008–2009.
- 19 Alaniemi, Jouni. 2011. Rakennusinsinööri, WSP Finland Oy. Sähköpostikeskustelu 31.5.2011.
- 20 MagiCAD-sovellukset. Room. 2011. Verkkodokumentti.
<<http://www.progman.fi/fi/magicad-fi/applications-fi/room-fi>>. Luettu 29.6.2011
- 21 Ohjelmistot. Riuska. 2011. Verkkodokumentti.
<<http://www.granlund.fi/palvelut/granlund-ohjelmistot/riuska/>>. Luettu 29.6.2011
- 22 Ilmalämpöpumput. V-sarja (Cooling Only). 2011. Verkkodokumentti.
<<http://www.saastaenergiaa.fi/74/30/Ilmal%C3%A4mp%C3%B6pumput/V-sarja%20%28Cooling%20Only%29>>. Luettu 16.9.2011


**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 1

Viim. muutos

Laadittu

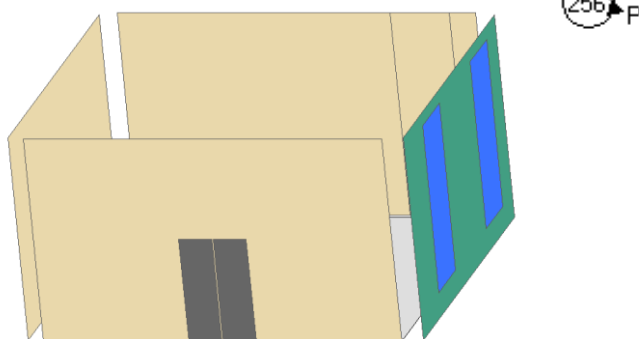
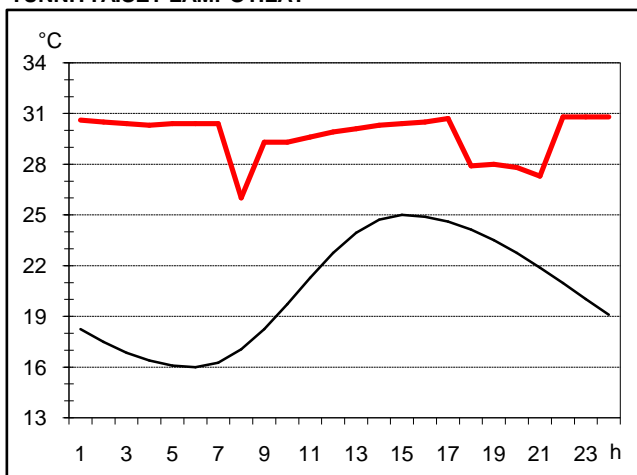
29.6.2011

VilleS

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

 Pinta-ala: 43,1 m² Tilavuus: 170,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (155 dm³/s)

 Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

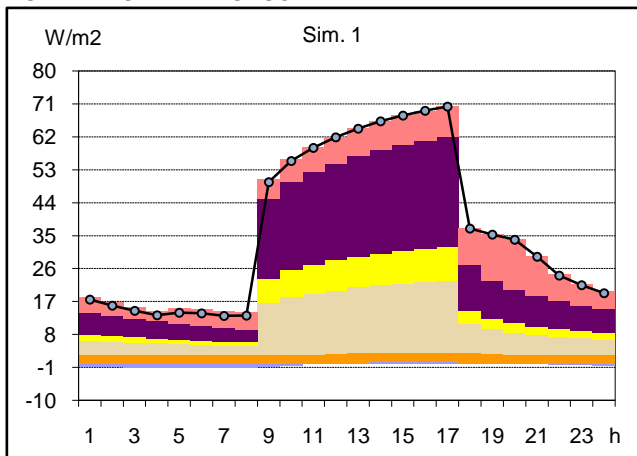
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		15,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	40,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		505

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

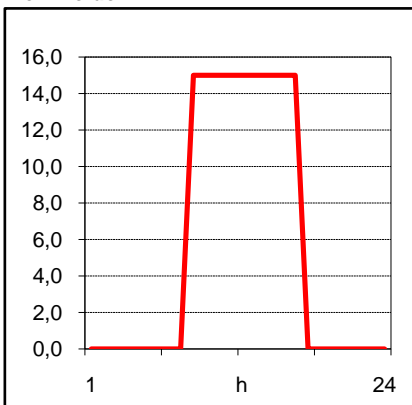
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

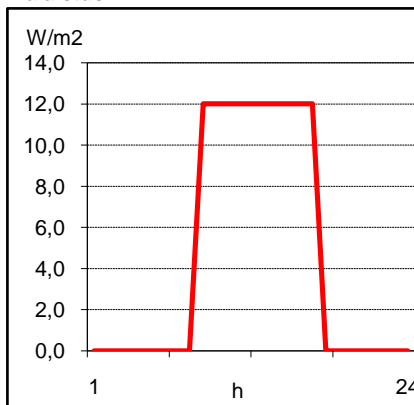
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

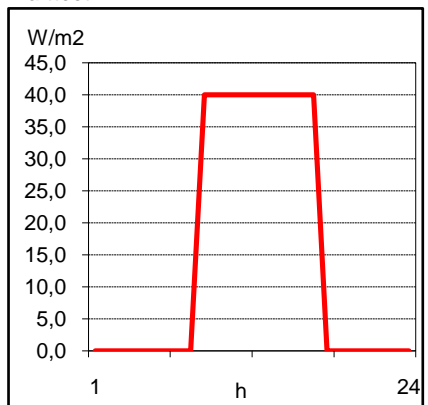
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 2

Viim. muutos

Laadittu

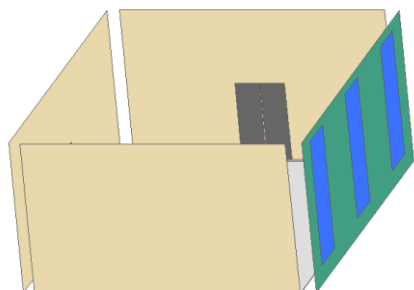
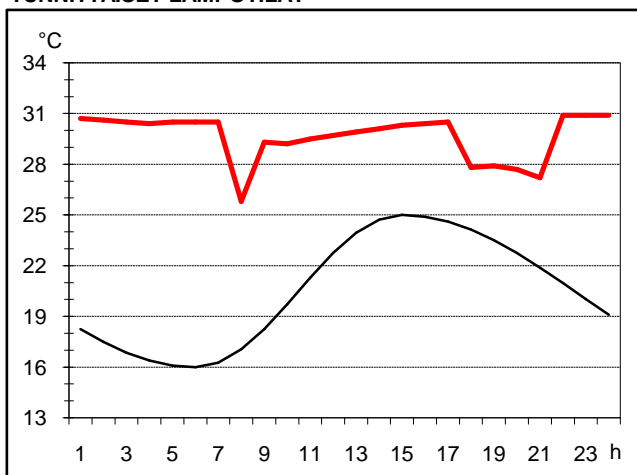
29.6.2011

VilleS

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

 Pinta-ala: 62,3 m² Tilavuus: 246,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (224 dm³/s)

 Tilan lisäjäähdysteho: 0,0 W/m² (0 W)

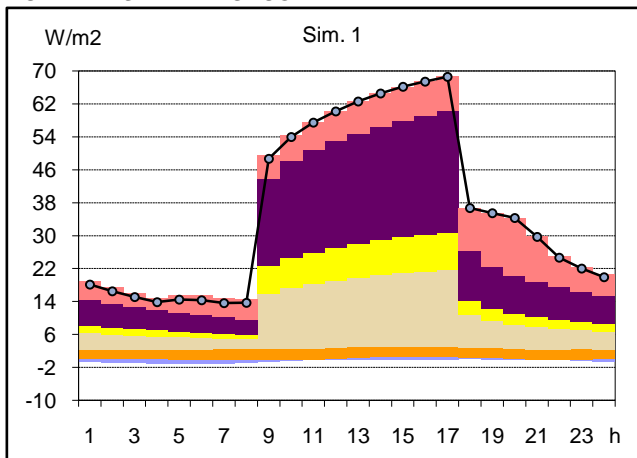
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusrarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusrarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		21,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
Valaistus	aikataulu		8 - 17
	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
Laitteet	aikataulu		8 - 17
	kuorma, max	[W/m ²]	40,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		502

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

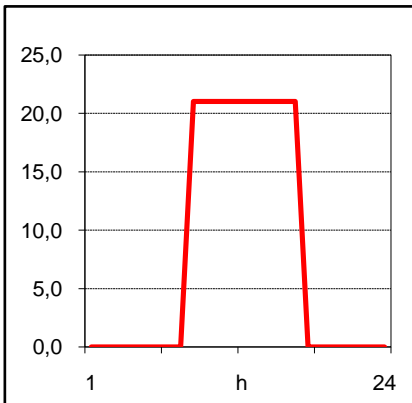
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

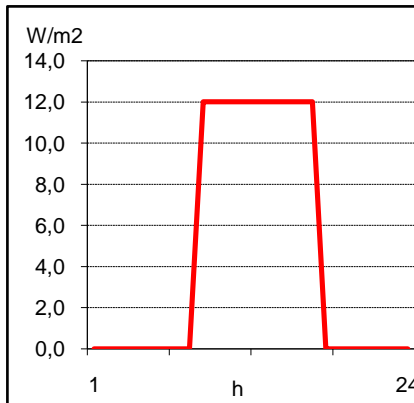
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

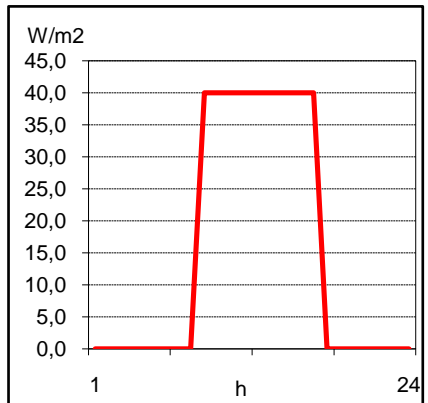
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet



Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

VilleS

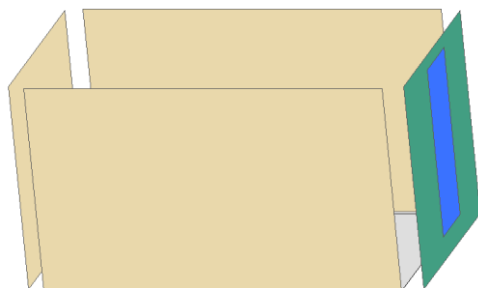
Liite 3

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³

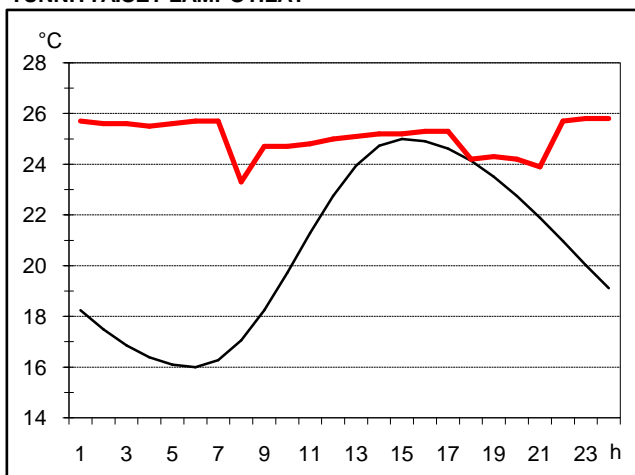
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm





TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT



Simulointi 1

Perustapaus

Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

Simulointi 2

Ulkolämpötila:

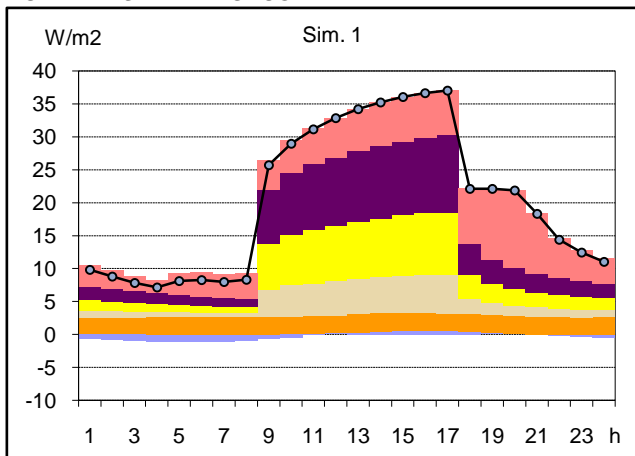

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT



 Kokonais-
kuorma

 Ikkunat

 Laitteet

 Valaistus

 Ihmiset

 Johtuminen
(ilman ikkunoita)

 Vuotoilma

Tila: 3 Pääministeri

LÄHTÖTIEDOT

Simulointi 1

Simulointi 2

SISÄILMAN LAATUTASO

Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		2,66
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		516

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

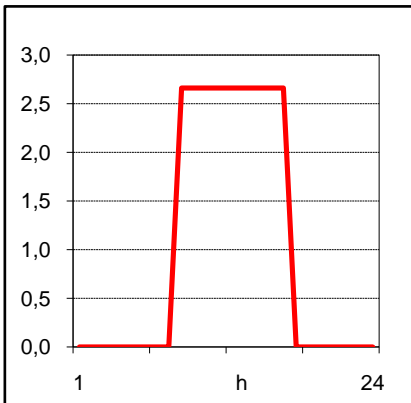
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	3,0 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

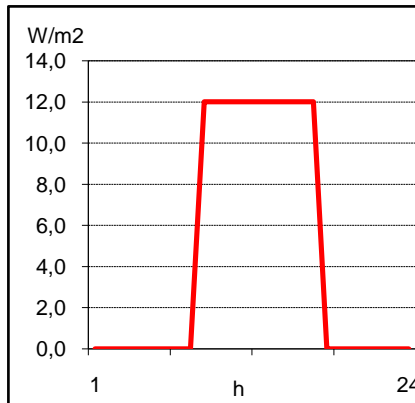
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

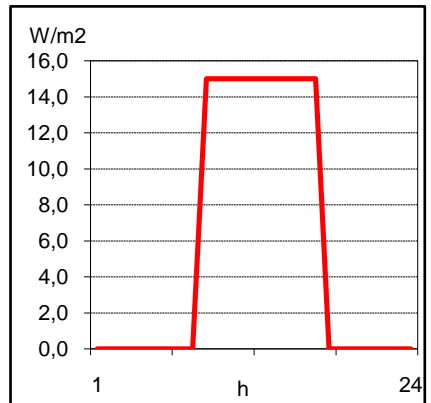
Henkilöiden Ikm.



Valaistus



Laitteet



Insinööri työ

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

VilleS

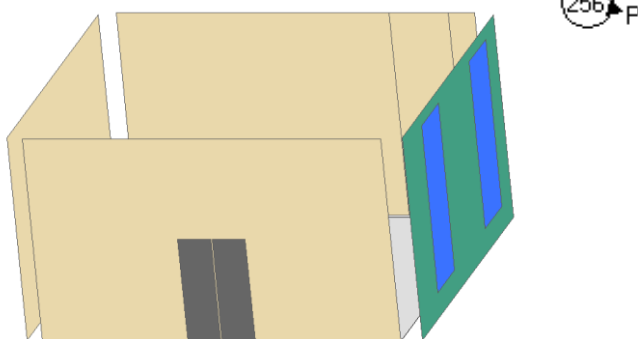
Liite 4

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

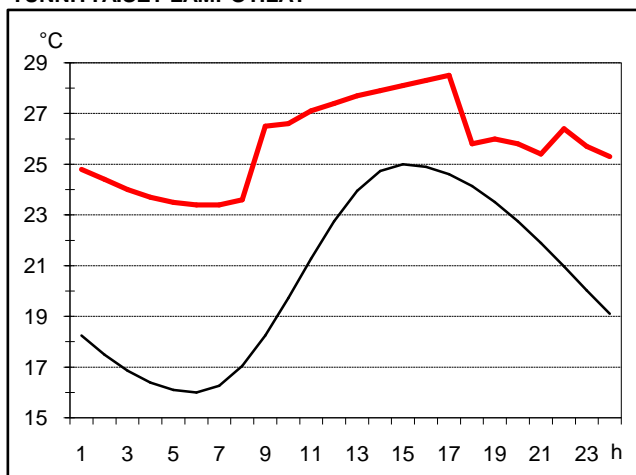
Pinta-ala: 43,1 m² Tilavuus: 170,1 m³

SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm



TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT



Simulointi 1

Perustapaus

Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (155 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

Simulointi 2

Ulkolämpötila:

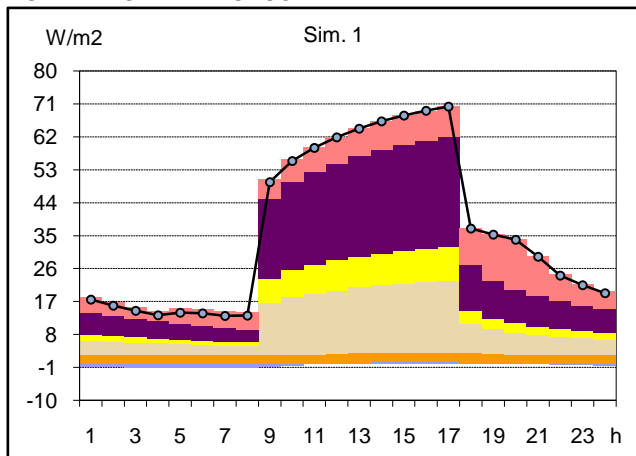
Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV	
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6	
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18	
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on	
Aikataulu		7 - 21	
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (T)	
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00	
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150	

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		15,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
Valaistus	aikataulu		8 - 17
	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
Laitteet	aikataulu		8 - 17
	kuorma, max	[W/m ²]	40,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		505

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

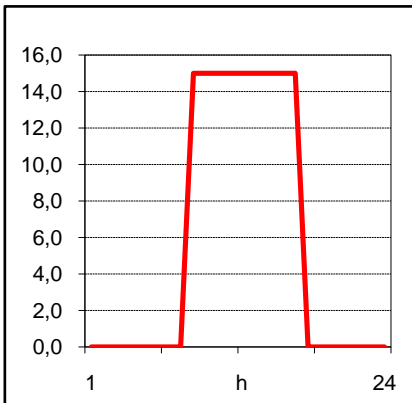
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

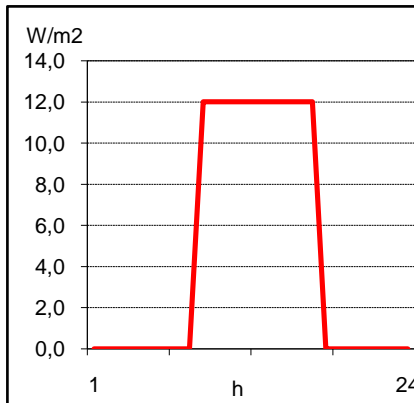
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

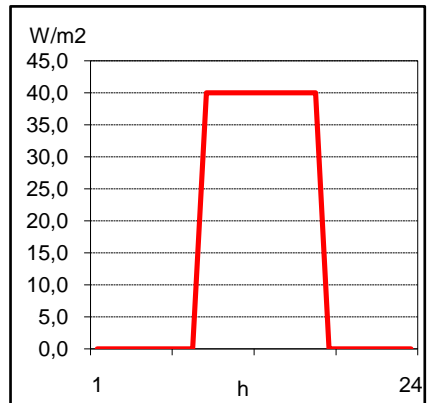
Henkilöiden Ikm.

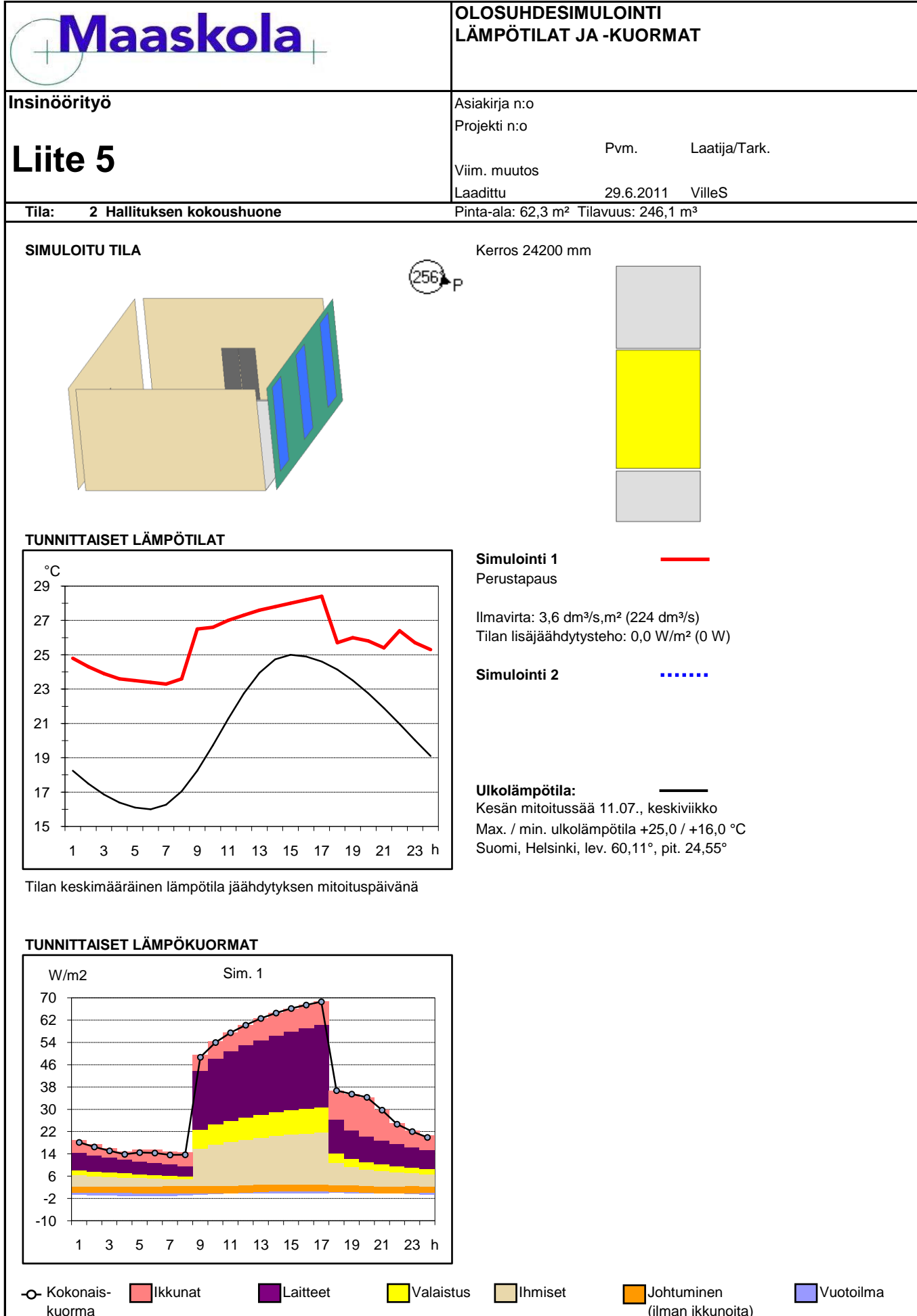


Valaistus



Laitteet





Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (T)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		21,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	40,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		502

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

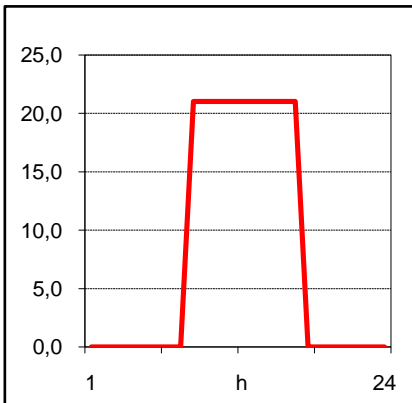
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

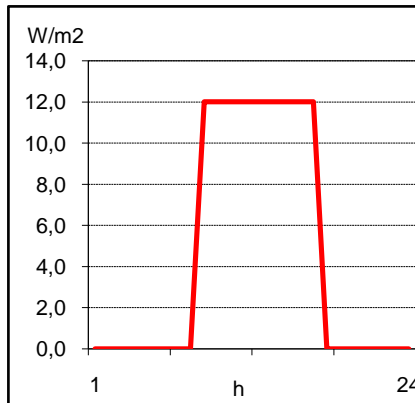
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

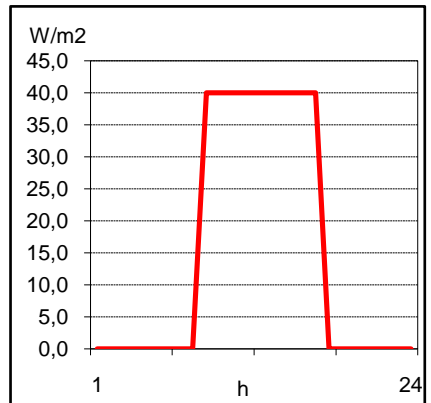
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet



Insinööri työ

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

VilleS

Liite 6

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³

SIMULOITU TILA

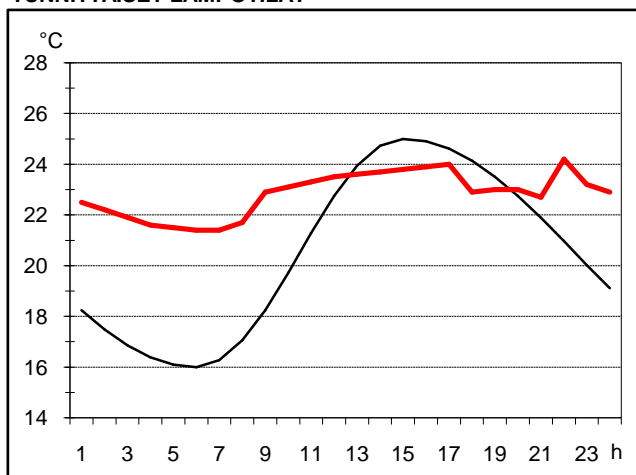
Kerros 24200 mm



256 P



TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT



Simulointi 1

Perustapaus

Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

Simulointi 2

Ulkolämpötila:

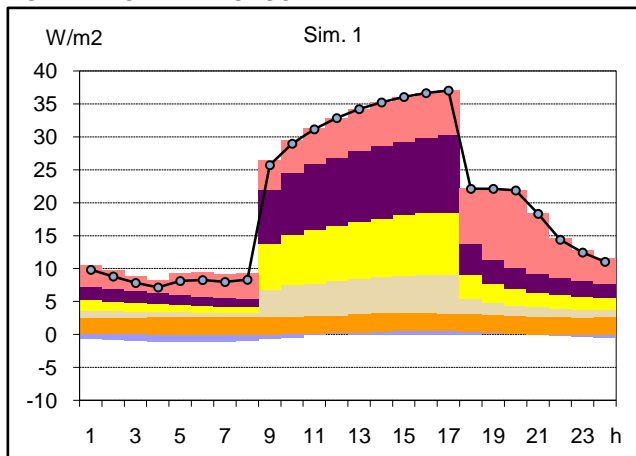
Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 3 Pääministeri

LÄHTÖTIEDOT

Simulointi 1

Simulointi 2

SISÄILMAN LAATUTASO

Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (T)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		2,66
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		516

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

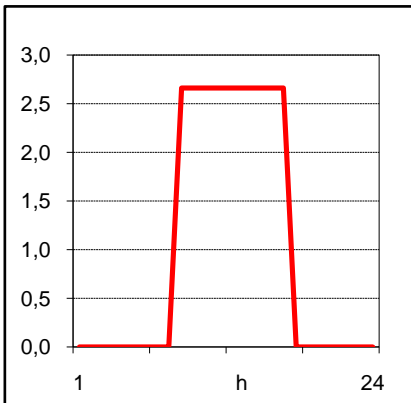
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	3,0 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

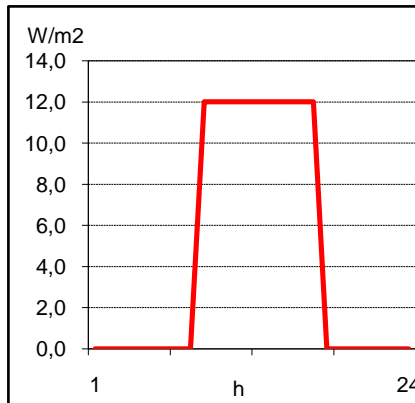
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

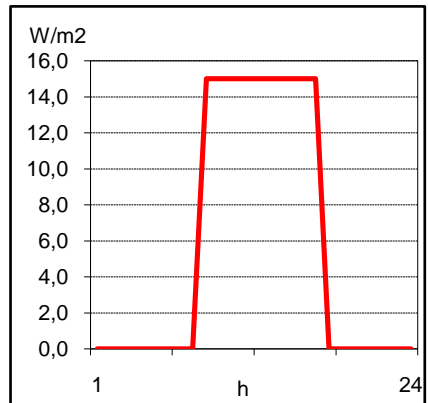
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 7

Viim. muutos

Laadittu

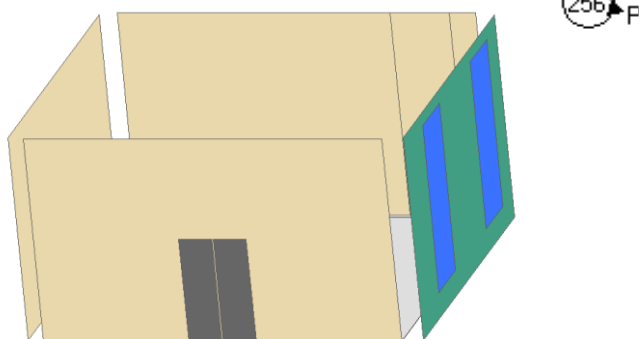
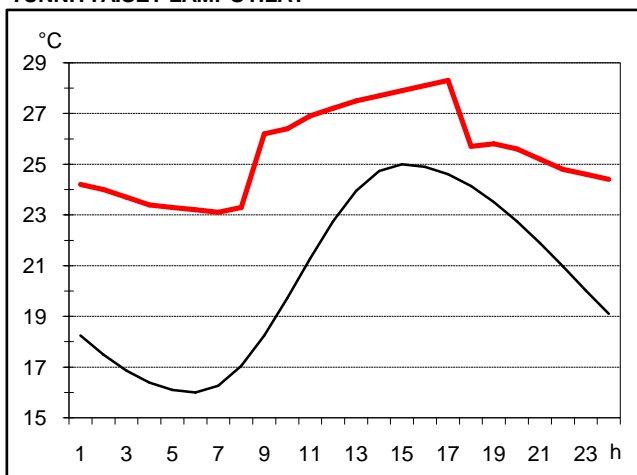
29.6.2011

VilleS

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

 Pinta-ala: 43,1 m² Tilavuus: 170,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (155 dm³/s)

 Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

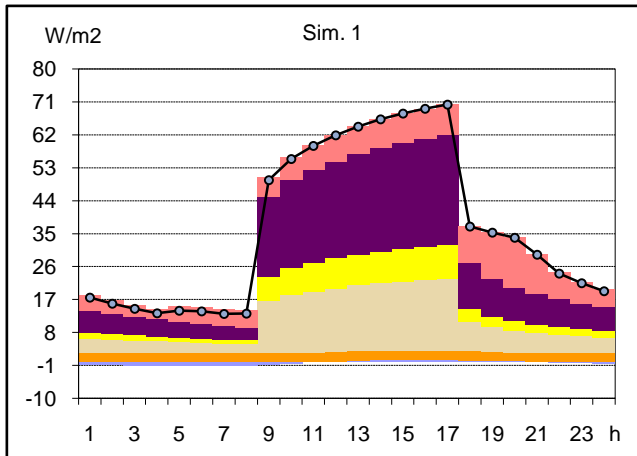
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT


○ Kokonaiskuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV	
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6	
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18	
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on	
Aikataulu		7 - 21	
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)	
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00	
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150	

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		15,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	40,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		505

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

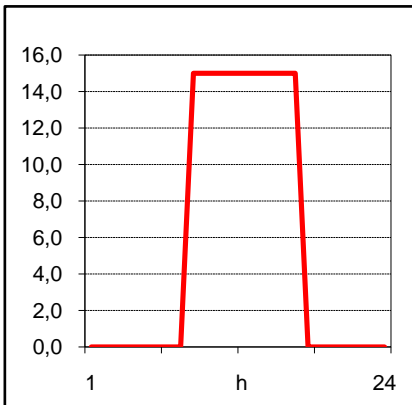
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosia)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

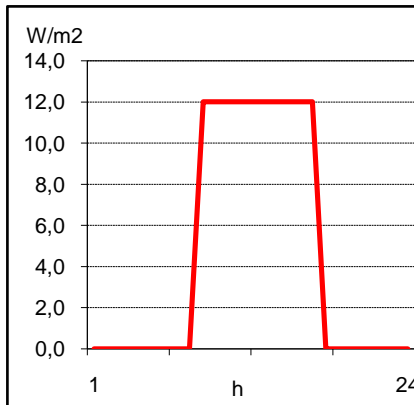
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

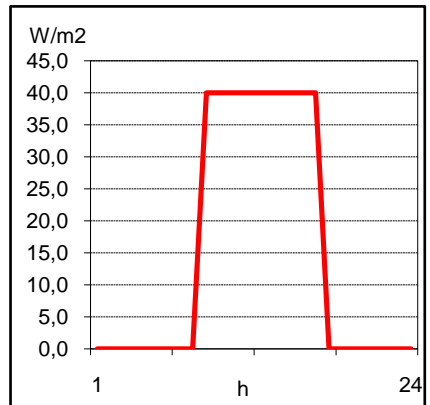
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

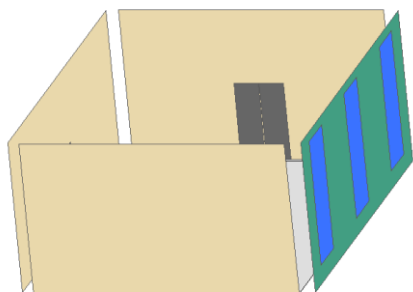
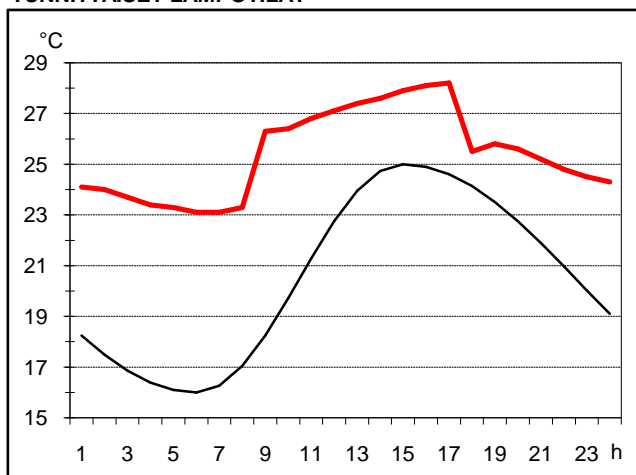
Laadittu

29.6.2011

VilleS

Liite 8
Tila: 2 Hallituksen kokoushuone
Pinta-ala: 62,3 m² Tilavuus: 246,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

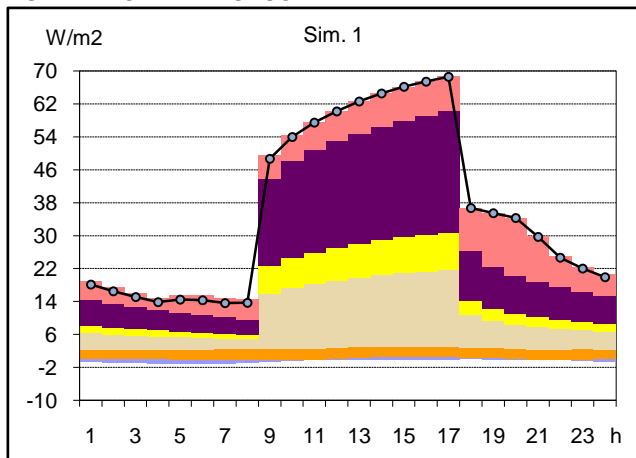
Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (224 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		21,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	40,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		502

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

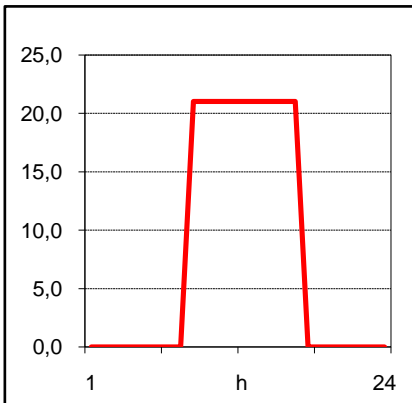
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

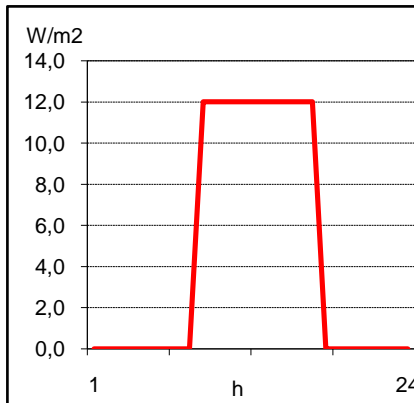
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

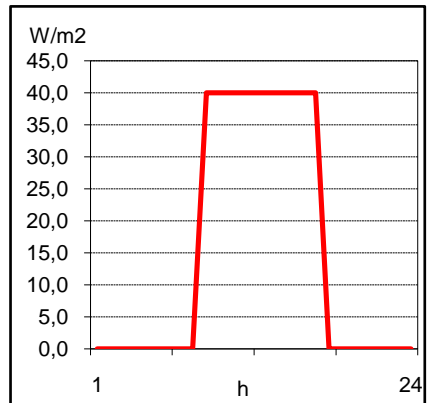
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet



Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

VilleS

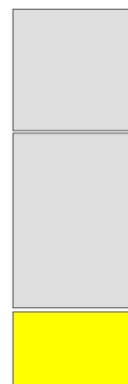
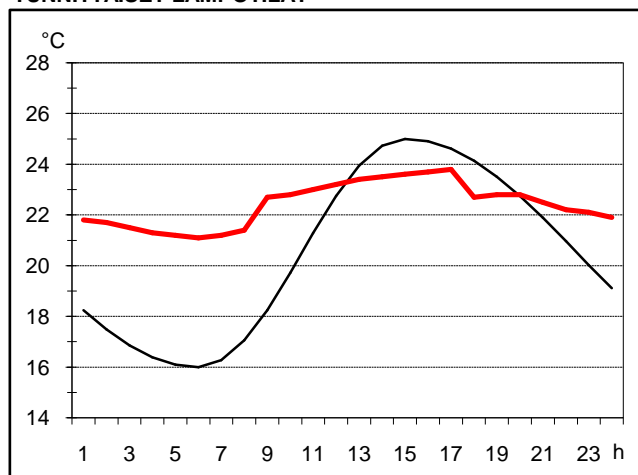
Liite 9

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm




TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

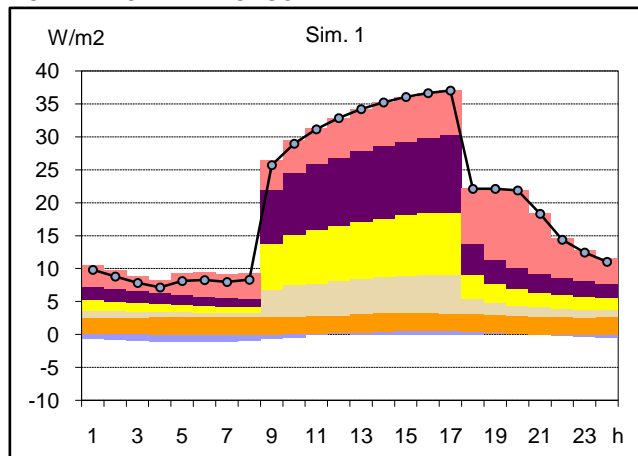

Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä


TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 Kokonais-
kuorma

 Ikkunat

 Laitteet

 Valaistus

 Ihmiset

 Johtuminen
(ilman ikkunoita)

 Vuotoilma

Tila: 3 Pääministeri

LÄHTÖTIEDOT

Simulointi 1

Simulointi 2

SISÄILMAN LAATUTASO

Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		2,66
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		516

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

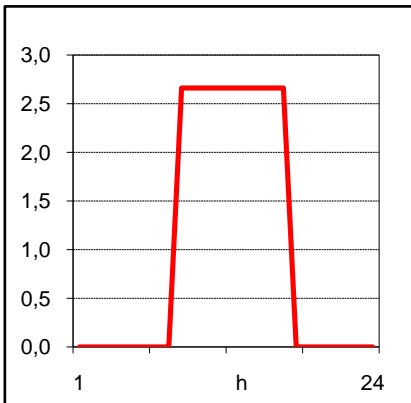
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	3,0 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

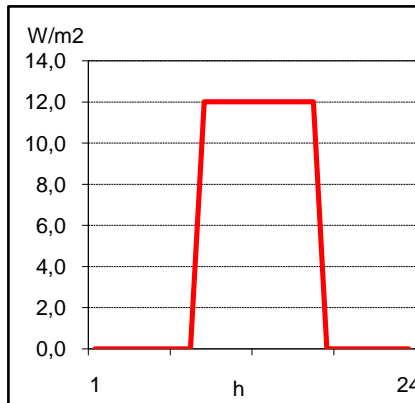
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

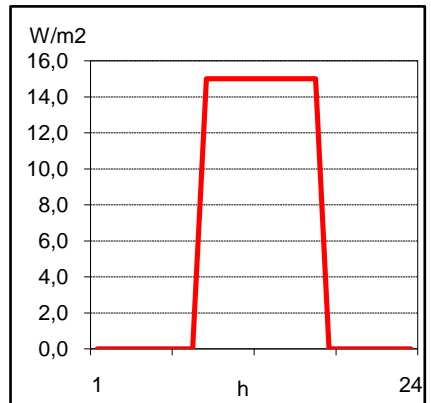
Henkilöiden Ikm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

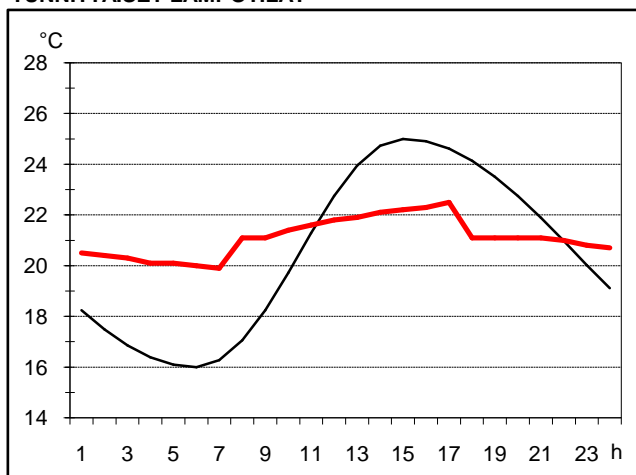
Laadittu

29.6.2011

VilleS

Liite 10
Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone
Pinta-ala: 43,1 m² Tilavuus: 170,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

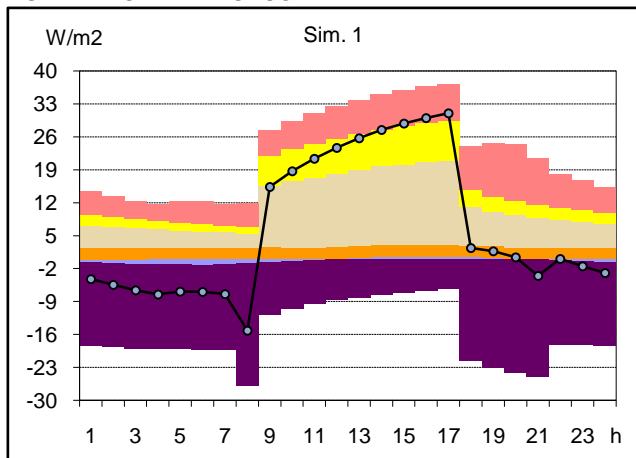
Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (155 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		15,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-20,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		593

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

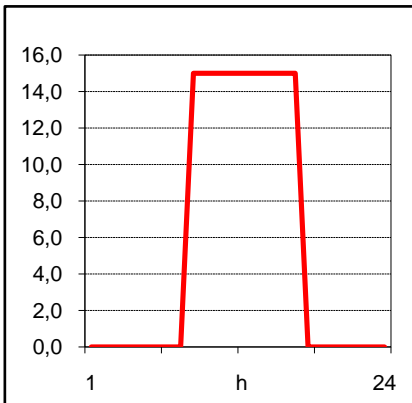
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

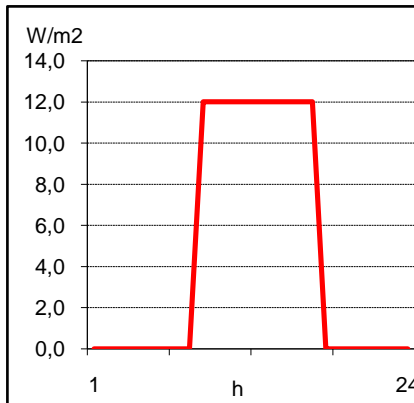
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

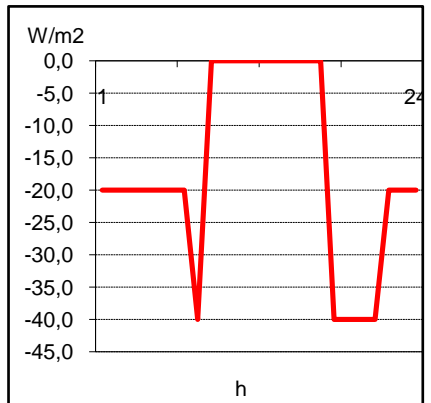
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 11

Viim. muutos

Laadittu

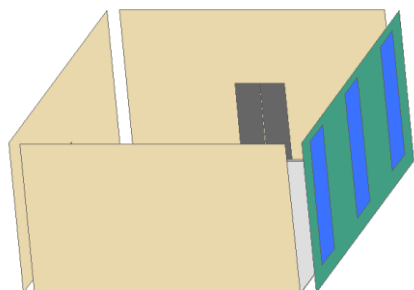
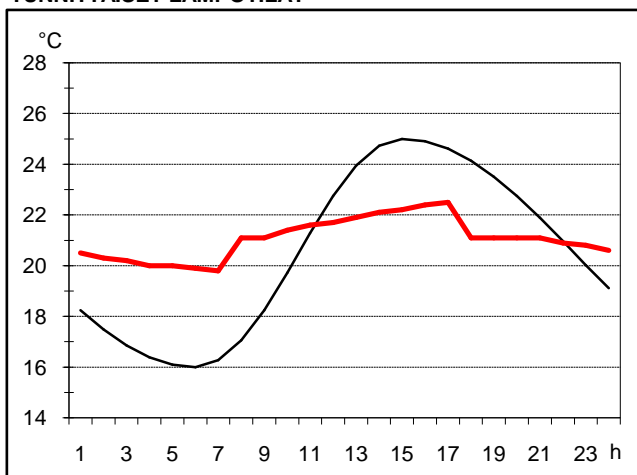
29.6.2011

VilleS

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

 Pinta-ala: 62,3 m² Tilavuus: 246,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (224 dm³/s)

 Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

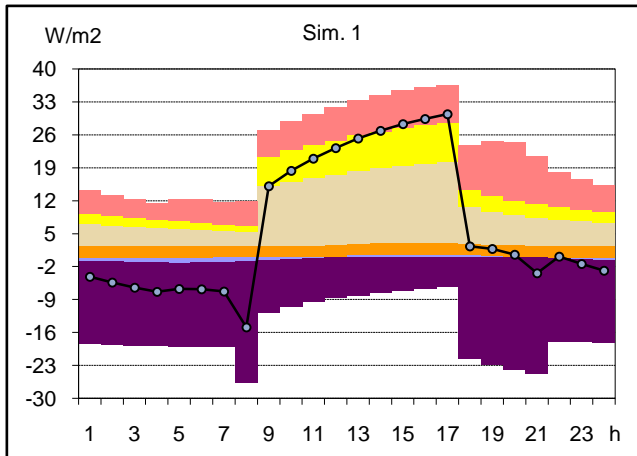
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		21,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-20,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		587

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

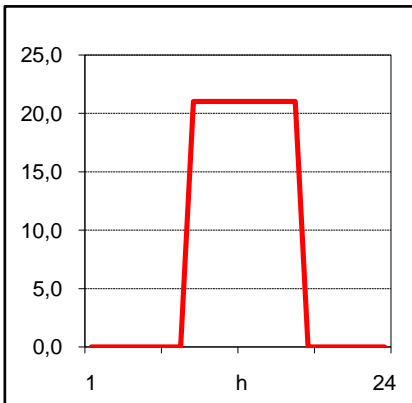
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

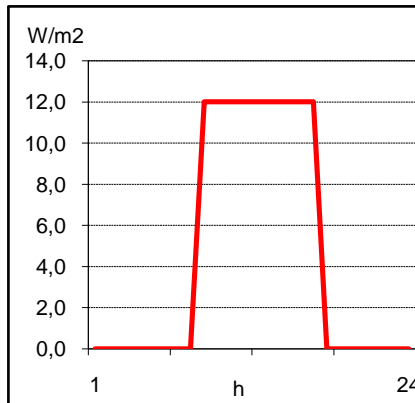
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

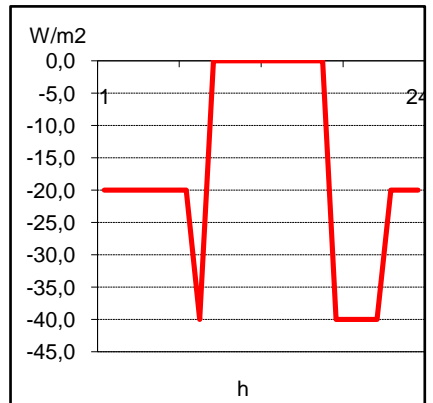
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet



Insinööritoimisto

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

VilleS

Liite 12

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³

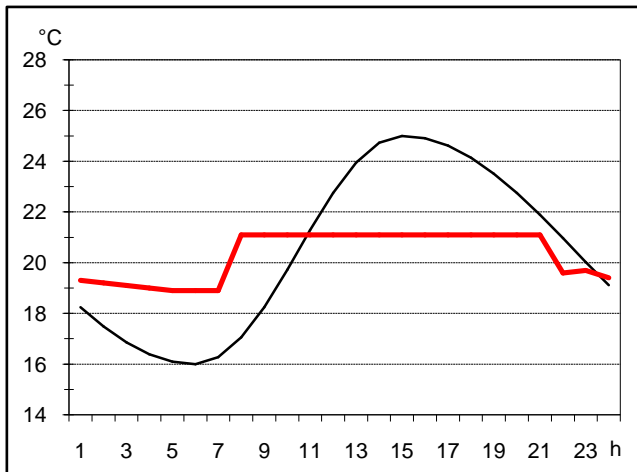
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm





TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT



Simulointi 1

Perustapaus

Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

Simulointi 2

Ulkolämpötila:

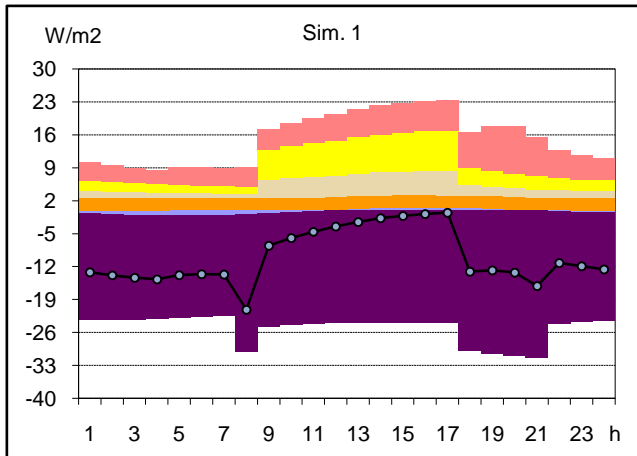
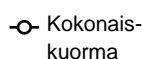
Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

Ikkunat

Laitteet

Valaistus

Ihmiset

Johtuminen

(ilman ikkunoita)

Vuotoilma


**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 13

Viim. muutos

Laadittu

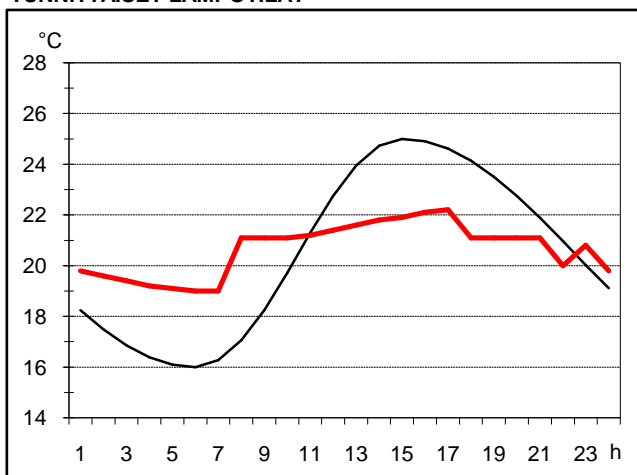
29.6.2011

VilleS

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

 Pinta-ala: 43,1 m² Tilavuus: 170,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (155 dm³/s)

 Tilan lisäjähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

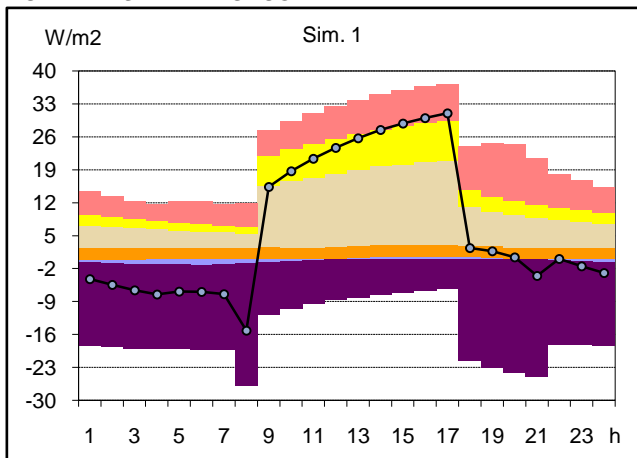
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		15,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-20,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		593

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

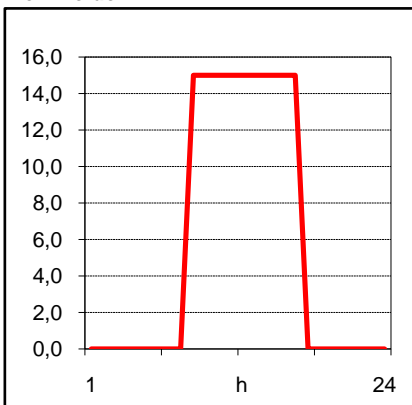
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

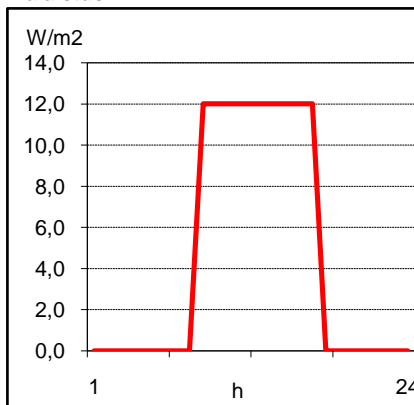
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

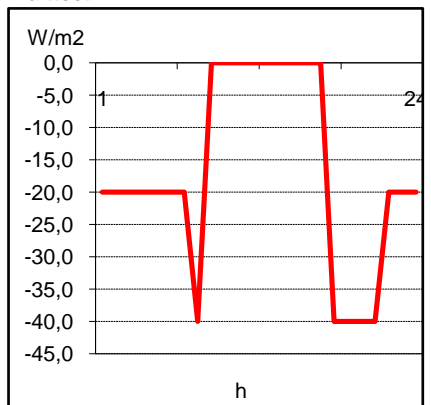
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinöörityo

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 14

Viim. muutos

Laadittu

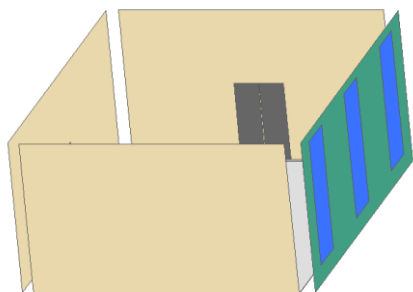
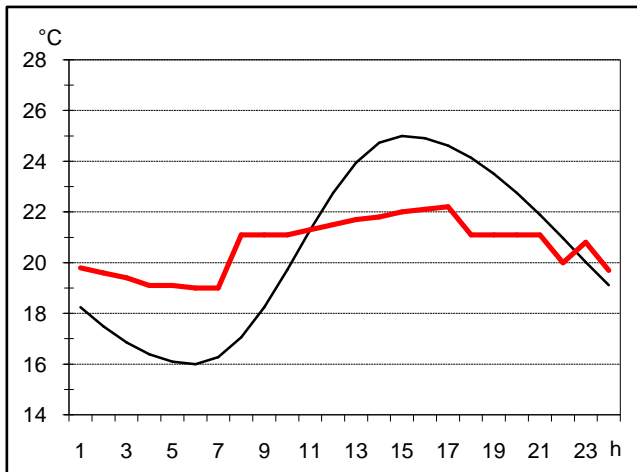
29.6.2011

VilleS

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

 Pinta-ala: 62,3 m² Tilavuus: 246,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (224 dm³/s)

 Tilan lisäjähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

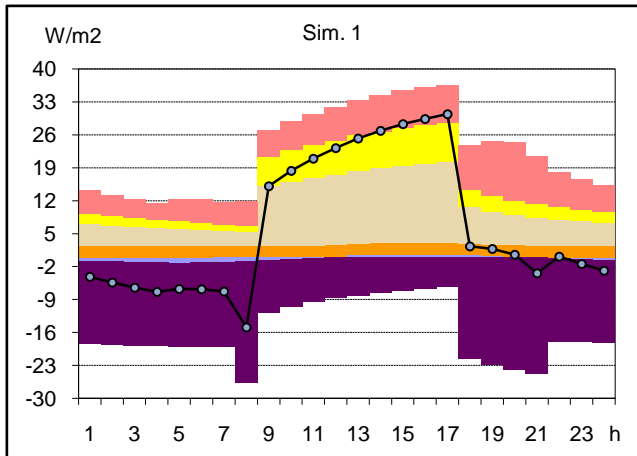
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		21,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-20,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		587

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

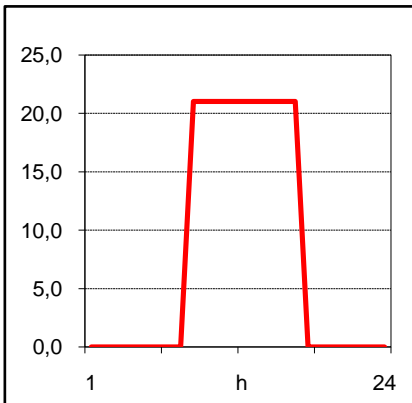
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

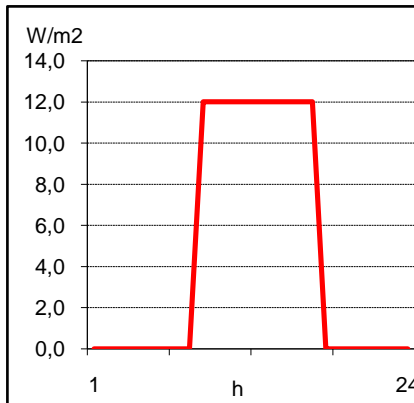
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

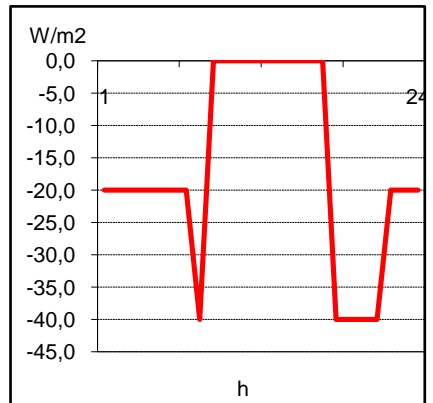
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri työ

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

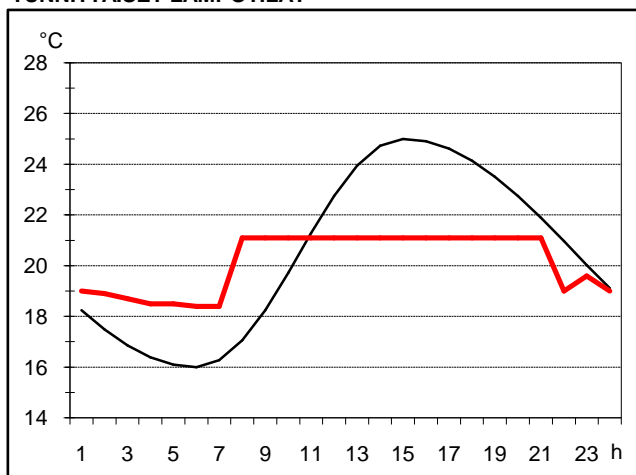
VilleS

Liite 15

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

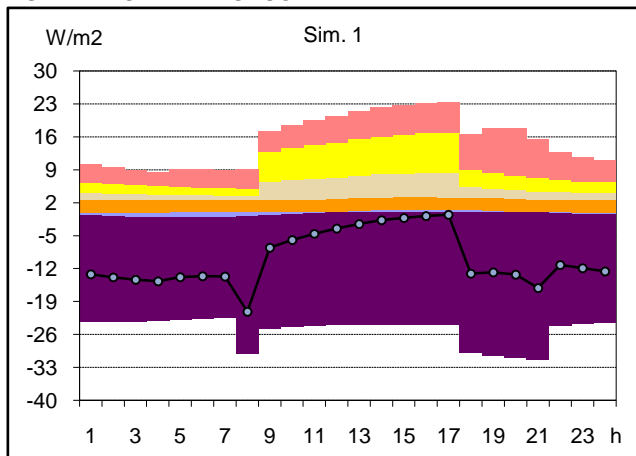
Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT


Kokonaiskuorma

Ikkunat

Laitteet

Valaistus

Ihmiset

 Johtuminen
(ilman ikkunoita)

Vuotoilma

Tila: 3 Pääministeri

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		2,66
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-45,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

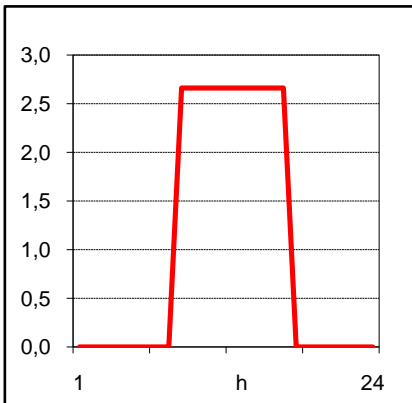
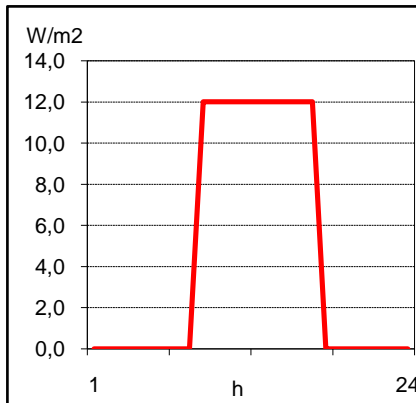
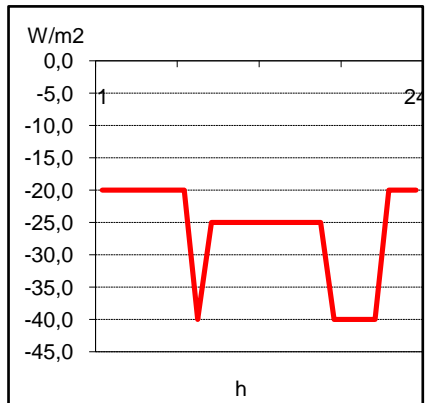
Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		827

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	3,0 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT**Henkilöiden Ikm.****Valaistus****Laitteet**


**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 16

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

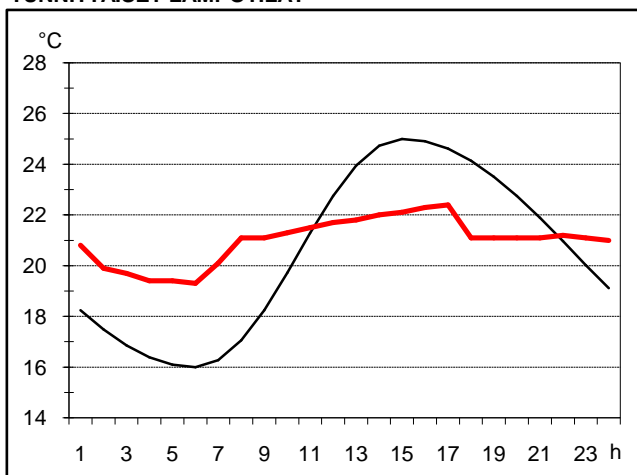
VilleS

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

 Pinta-ala: 43,1 m² Tilavuus: 170,1 m³
SIMULOITU TILA


(256) P

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (155 dm³/s)

 Tilan lisjäähdytysteho: 0,0 W/m² (0 W)

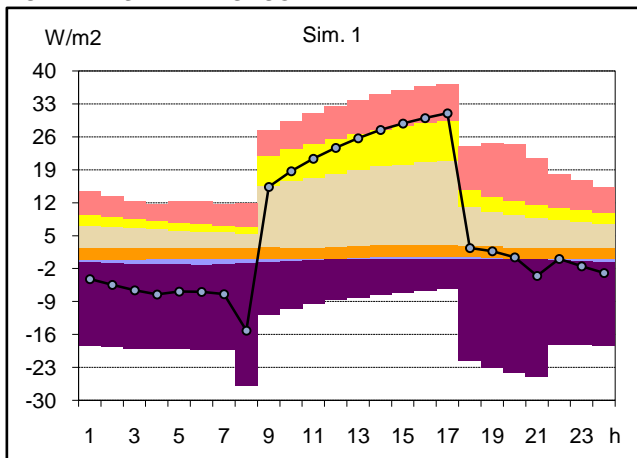
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT


○ Kokonaiskuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (T)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		15,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-20,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		593

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

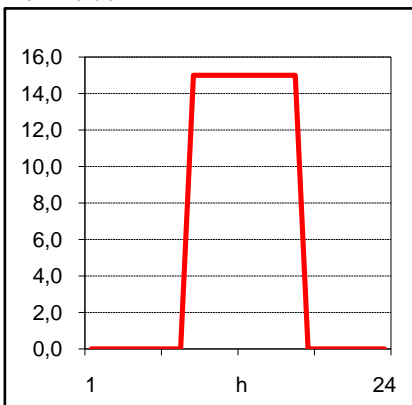
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

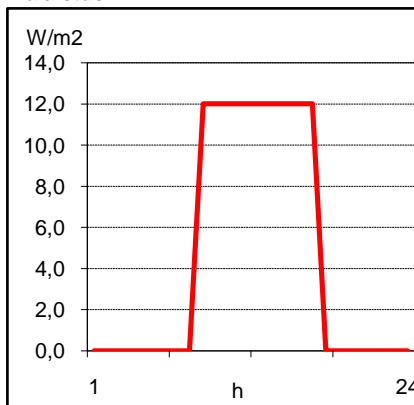
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

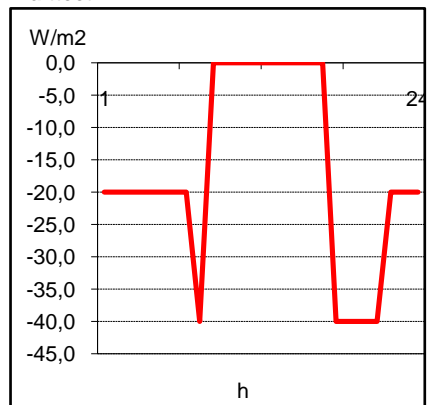
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Liite 17

Viim. muutos

Laadittu

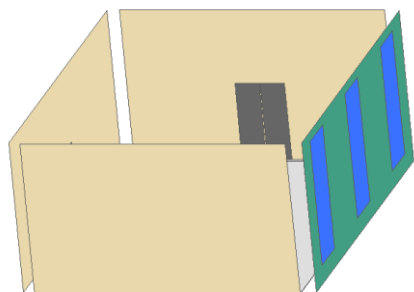
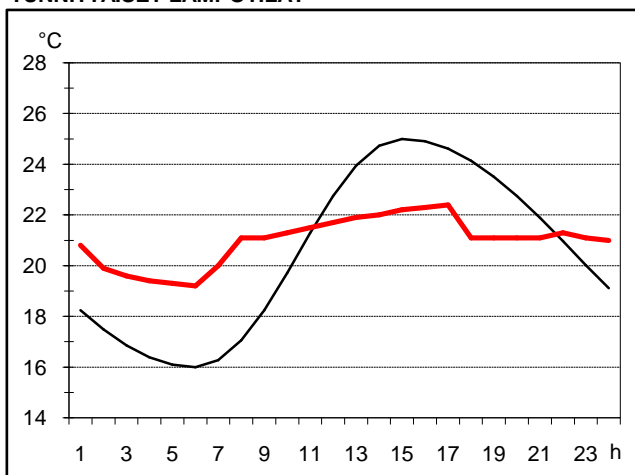
29.6.2011

VilleS

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

 Pinta-ala: 62,3 m² Tilavuus: 246,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (224 dm³/s)

 Tilan lisäjäähdysteho: 0,0 W/m² (0 W)

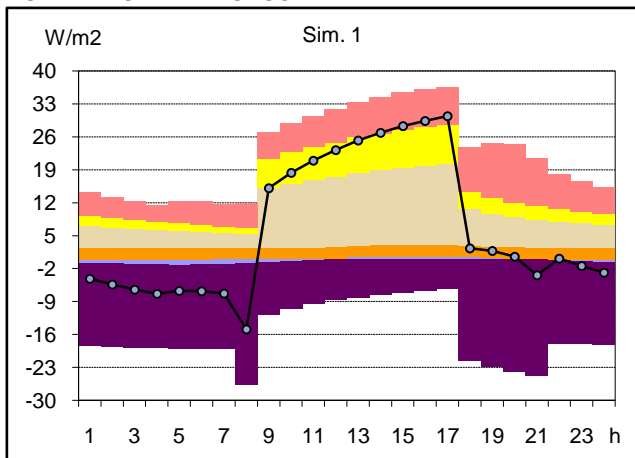
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

 ○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (T)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		21,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-20,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		587

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

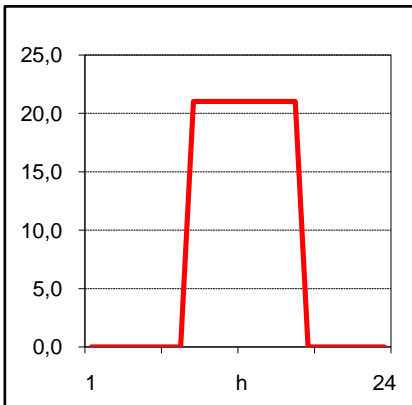
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

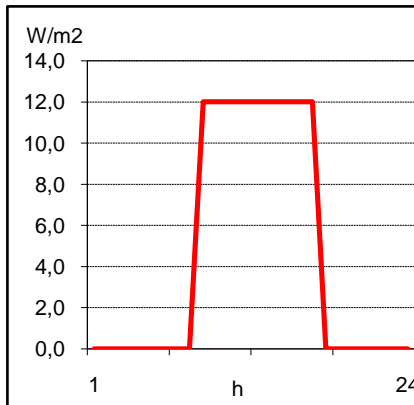
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

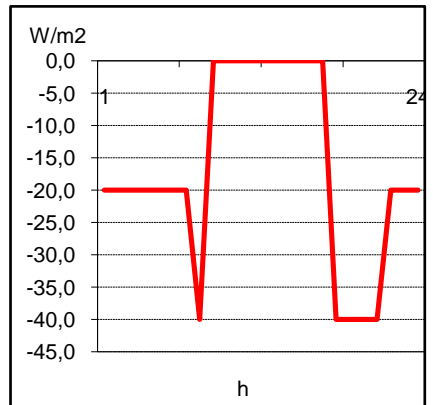
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet



Insinööritoimisto

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

29.6.2011

VilleS

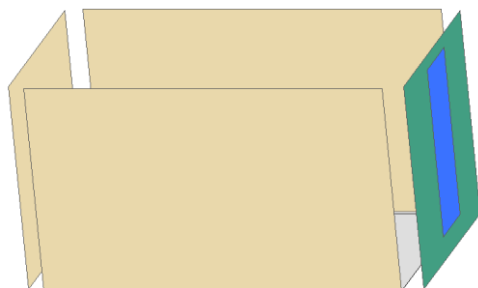
Liite 18

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³

SIMULOITU TILA

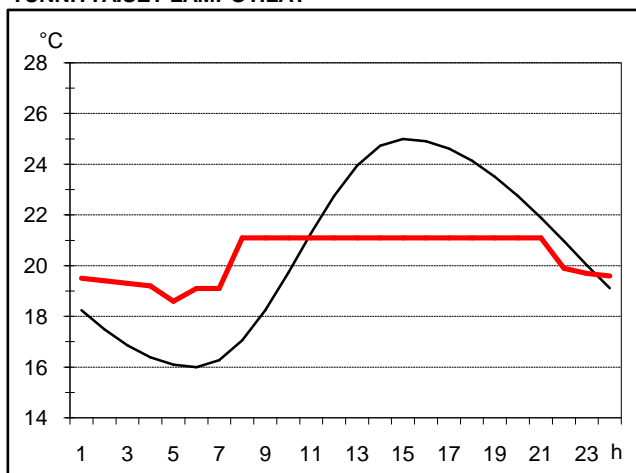
Kerros 24200 mm



256 P



TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT



Simulointi 1

Perustapaus

Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisäjäähdysteho: 0,0 W/m² (0 W)

Simulointi 2

Ulkolämpötila:

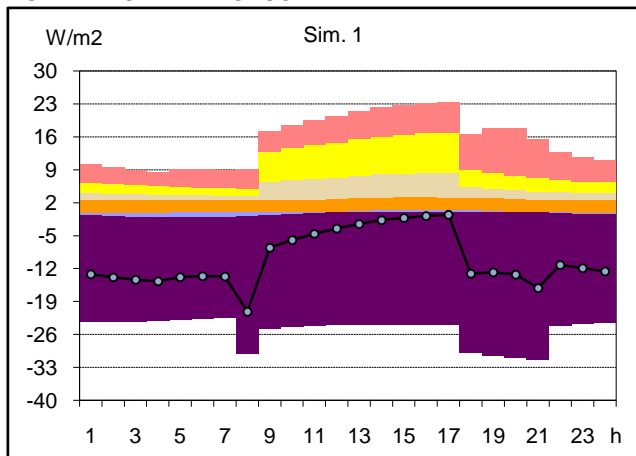
Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT

○ Kokonais-
kuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 3 Pääministeri

LÄHTÖTIEDOT

Simulointi 1

Simulointi 2

SISÄILMAN LAATUTASO

Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	24,0 / 23,0
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 21,0

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		CAV
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (T)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		2,66
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	12,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	-45,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		827

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

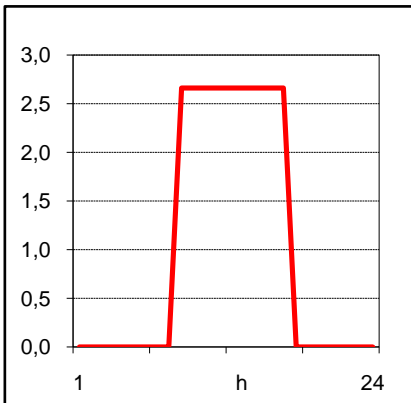
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	3,0 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

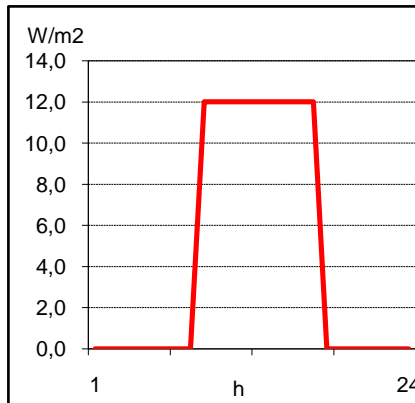
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	0,0
--------------------------------------	---------------------	-----

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

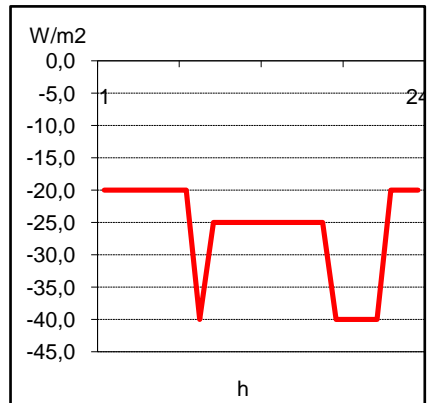
Henkilöiden Ikm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinööri

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

18.8.2011

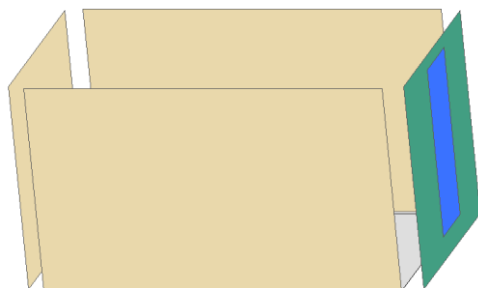
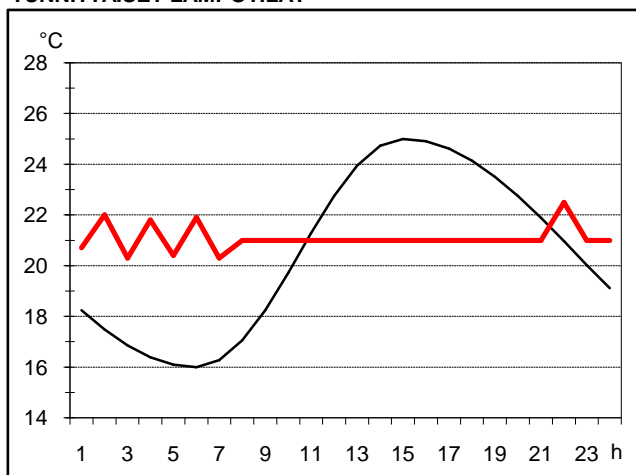
VilleS

Liite 19

Tila: 3 Pääministeri

Pinta-ala: 26,6 m² Tilavuus: 105,0 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

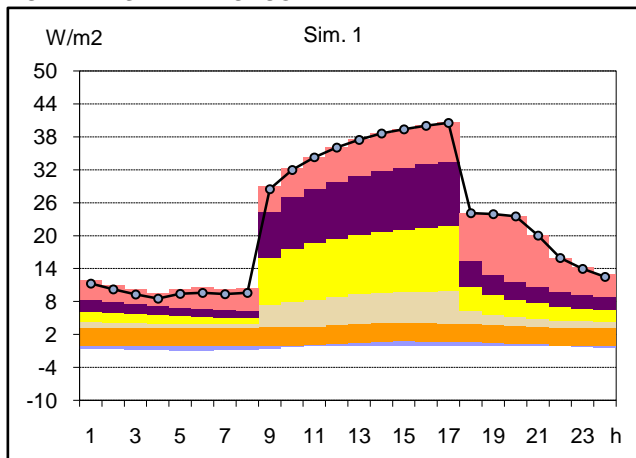
Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (96 dm³/s)Tilan lisäjähdytysteho: 30,6 W/m² (815 W)
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT


○ Kokonaiskuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

■ Johtuminen (ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 3 Pääministeri

LÄHTÖTIEDOT

Simulointi 1

Simulointi 2

SISÄILMAN LAATUTASO

Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 20,9
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	20,9 / 21,0

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		Jäähdytyspalkki
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		2,66
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		516

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

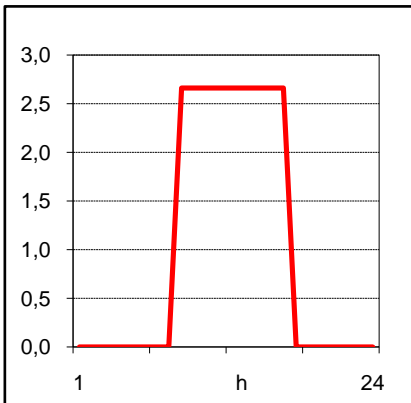
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	3,0 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

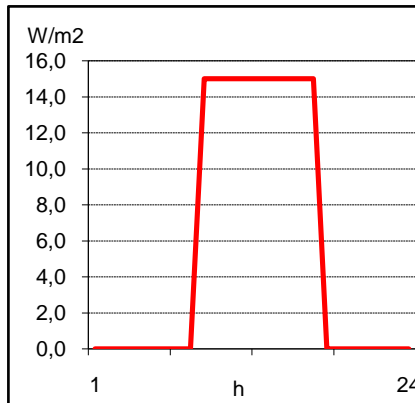
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	30,6
--------------------------------------	---------------------	------

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

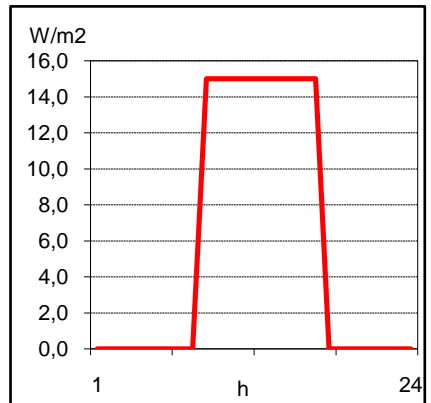
Henkilöiden Ikm.

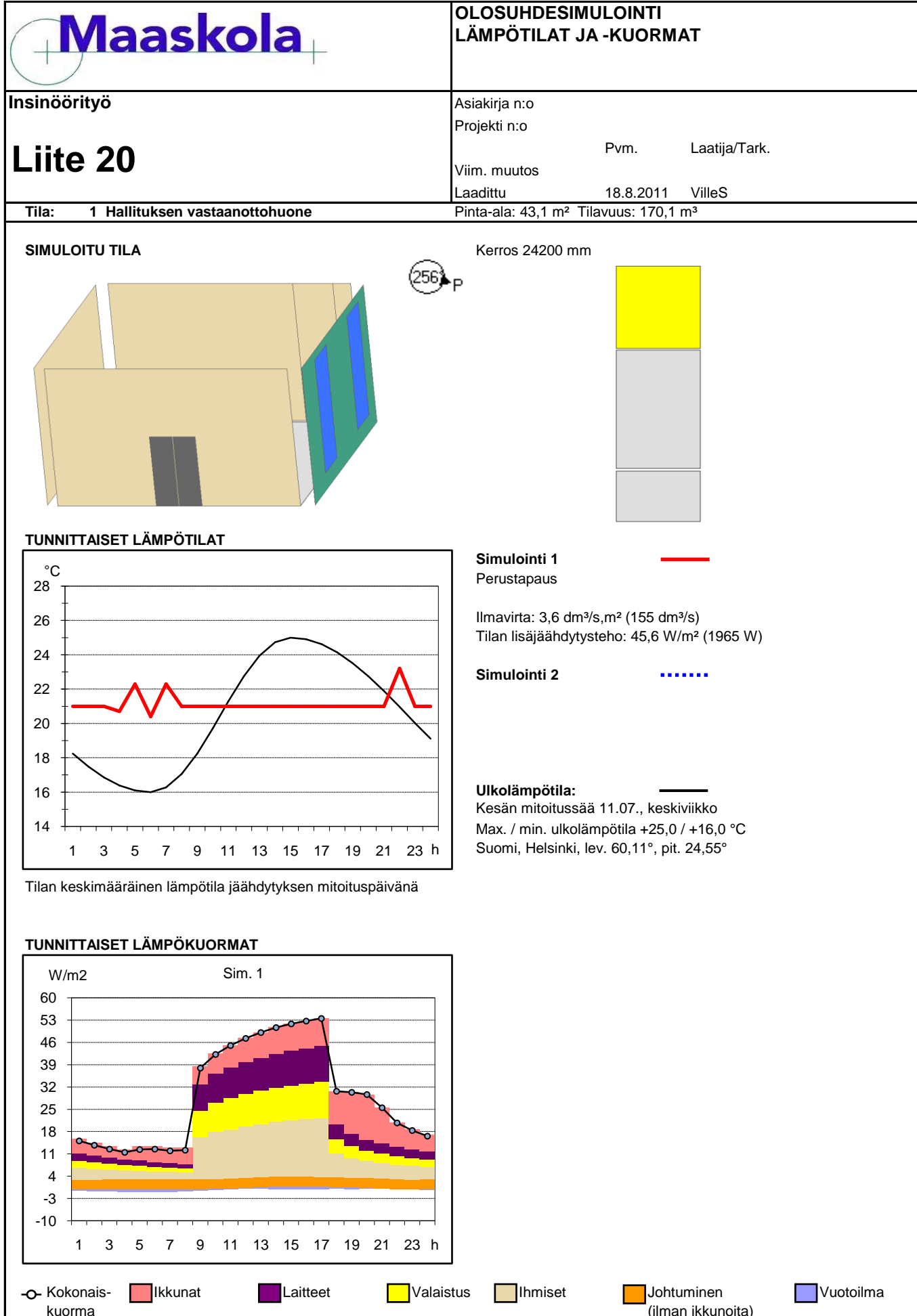


Valaistus



Laitteet





Tila: 1 Hallituksen vastaanottohuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusarvo	[°C]	21,0 / 20,9	
Tilan lämpötila, min. / asetusarvo	[°C]	20,9 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		Jäähdytyspalkki
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		14,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		505

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

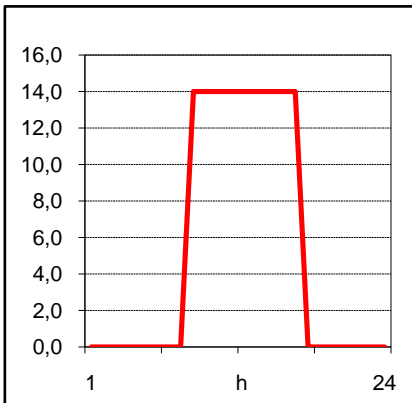
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	5,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

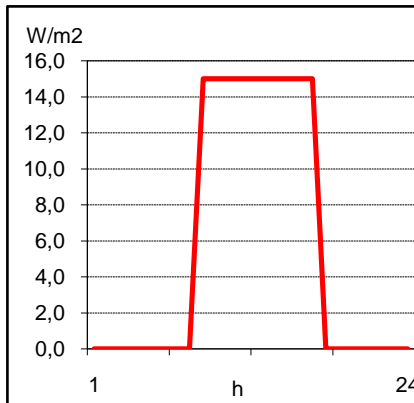
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	45,6
--------------------------------------	---------------------	------

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

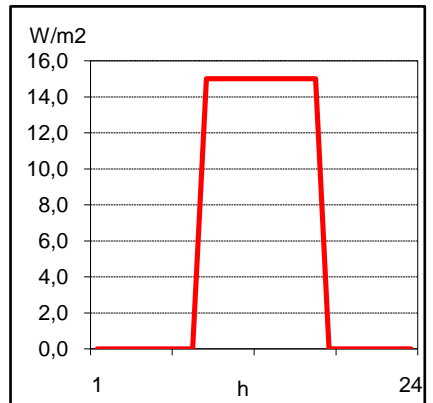
Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet




**OLOSUHDESIMULOINTI
LÄMPÖTILAT JA -KUORMAT**
Insinöörityö
Liite 21

Asiakirja n:o

Projekti n:o

Pvm.

Laatija/Tark.

Viim. muutos

Laadittu

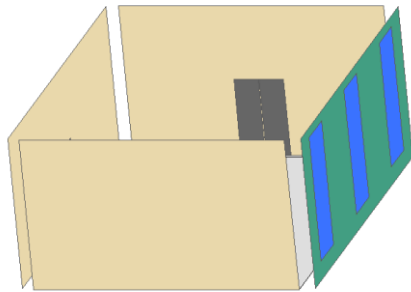
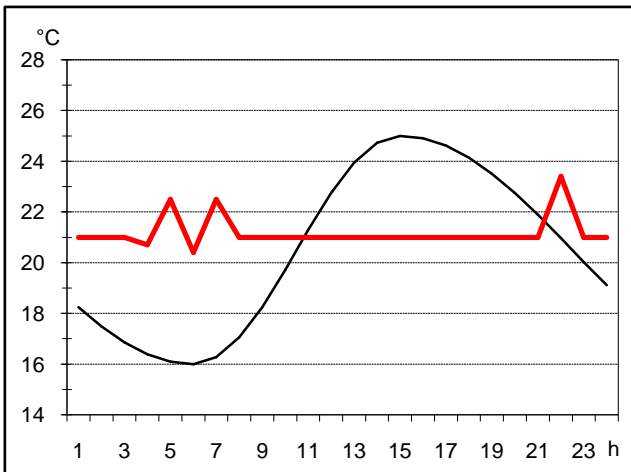
18.8.2011

VilleS

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

 Pinta-ala: 62,3 m² Tilavuus: 246,1 m³
SIMULOITU TILA

Kerros 24200 mm


TUNNITTAISET LÄMPÖTILAT

Simulointi 1

Perustapaus

 Ilmavirta: 3,6 dm³/s,m² (224 dm³/s)

 Tilan lisäjähdytysteho: 44,8 W/m² (2789 W)

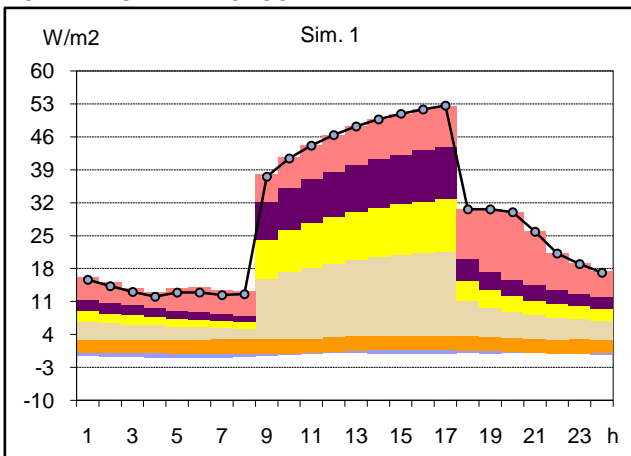
Simulointi 2
Ulkolämpötila:

Kesän mitoitussää 11.07., keskiviikko

Max. / min. ulkolämpötila +25,0 / +16,0 °C

Suomi, Helsinki, lev. 60,11°, pit. 24,55°

Tilan keskimääräinen lämpötila jäähdytyksen mitoituspäivänä

TUNNITTAISET LÄMPÖKUORMAT


○ Kokonaiskuorma

■ Ikkunat

■ Laitteet

■ Valaistus

■ Ihmiset

 ■ Johtuminen
(ilman ikkunoita)

■ Vuotoilma

Tila: 2 Hallituksen kokoushuone

LÄHTÖTIEDOT**SISÄILMAN LAATUTASO**

		Simulointi 1	Simulointi 2
Tilan lämpötila, max. / asetusrarvo	[°C]	21,0 / 20,9	
Tilan lämpötila, min. / asetusrarvo	[°C]	20,9 / 21,0	

ILMANVAIHTO

Järjestelmä		Jäähdytyspalkki
Ilmavirta	[dm ³ /s,m ²]	3,6
Lämpötila-asetus talvi / kesä	[°C]	19 / 18
Jäähdytyspatteri (on / ei)		on
Aikataulu		7 - 21
Yötuuletus (T) / Yöjäähdytys (J)		21 - 7 (J)
Lämpötilakerrostuma	[°C/m]	0,00
Vuotoilmakerroin	[1/h]	0,150

SISÄISET KUORMAT

Ihmiset	lukumäärä, max		20,00
	vaatetus		Normaali työasu
	työn tehotaso	[Met]	1,2
	kuorma (25 °C:ssa)	[W/hlö]	75,0
	aikataulu		8 - 17
Valaistus	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17
Laitteet	kuorma, max	[W/m ²]	15,0
	aikataulu		8 - 17

RAKENTEET

Ulkoseinä	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	US 16/1,38
Yläpohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Alapohja	rakenne / U-arvo	[W/m ² ,°C]	-
Rakenteiden tehollinen massa	[kg/lattia-m ²]		502

IKKUNAT ULKOSEINISSÄ JA KATOISSA

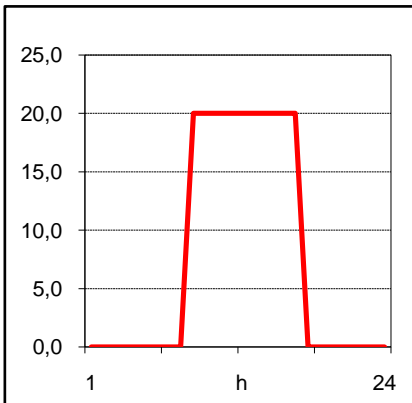
Auringonsäteilyn kokonaisläpäisy	[%]	69,8
U-arvo (lasiosa)	[W/m ² ,°C]	2,78
Lasiosan ala ja suuntaus	[m ²]	8,9 (POH)
Rakenne		2xClear, 6+6mm
Suojaus		-

HUONEYKSIKÖT

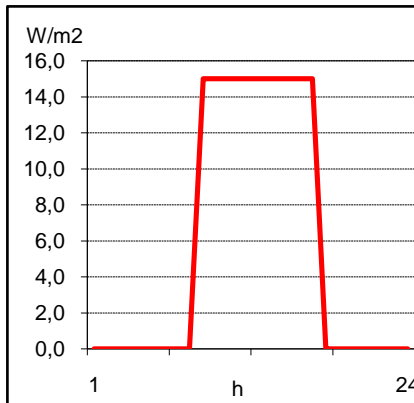
Jäähdytysteho (ei sis. ilmanvaihtoa)	[W/m ²]	44,8
--------------------------------------	---------------------	------

SISÄISTEN KUORMIEN AIKATAULUT

Henkilöiden lkm.



Valaistus



Laitteet

