



Satakunnan ammattikorkeakoulu

Matias Vikberg

MONITOIMISALIN ILMANVAIHDON SUUNNITTELU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

2016

MONITOIMISALIN ILMANVAIHDON SUUNNITTELU

Vikberg, Matias
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2017
Ohjaaja Heinonen, Jarkko
Sivumäärä: 33
Liitteet: 3

Asiasanat: ilmavirrat, monitoimisali, mallinnus

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella ilmanvaihto Huittisiin rakennettavan liikuntahallin monitoimisaliin ja salin viereiseen parvikatsomoon. Opinnäytetyössä toimittiin IV-suunnittelijan apuna ja keskusteltiin eri ratkaisujen toteuttamiskelpoisuuksista IV-suunnittelijan kanssa. Myös ilmavirrat pohdittiin yhdessä IV-suunnittelijan kanssa. Työn tavoitteeksi asetettiin ilmanvaihdon muunneltavuus eri tilanteiden asettamiin vaatimuksiin.

Suunnitelmien perusteena käytettiin Suomen rakennusmääräyskokoelma D2-ohjearvoja ja suunnittelijoiden lähtötietoja. Suunnittelun apuna käytettiin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta, MagiCad- ja AutoCad-piirto-ohjelmia sekä Fläktwoods ExSe-lAir-ohjelmaa heittokuvioiden mallinnukseen. Suunnittelua tehdessä tutustuttiin vastaaviin kohteisiin ja niissä käytettyihin toteutustapoihin.

Tuloilman päätelaitteeksi valittiin muunneltavalla heittokuvioilla varustettu päätelaite, jolla mahdollistetaan ilmanvaihdon toimivuus monitoimitilan ja katsomon eri käyttö- ja kuormitustilanteissa. Päätelaitteiden heittokuvioiksi suunniteltiin hieman viuhkamaiset heittokuviot, mutta päätelaitteiden heittokuvioita ei pystytty mallintamaan halutuilla asennoilla, vaan päätelaitteiden säätöasennosta tiedetään ainoastaan sen olevan väliasento. Päätelaitteiden heittokuvioita täytyy vielä tutkia kohteen valmistuttua esim. savun kanssa, jotta ne saadaan säädettyä halutuiksi.

MULTI PURPOSE HALL VENTILATION SOLUTIONS DESIGN

Vikberg, Matias

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Construction Engineering

January 2017

Supervisor: Heinonen, Jarkko

Number of Pages: 33

Appendices: 3

Keywords: airflow, multi-purpose hall, modelling

The purpose of this thesis was to plan a ventilation system to a multi-purpose hall and its bleachers in Huittinen sports hall. During the process I worked as an assistant for a HVAC-designer with whom we discussed about the feasible solution in different situation. Also the airflows were considered with the HVAC-designer. The objective for this thesis was to create a system that is adjustable for different situations and which would meet the requirements given.

The National Building Code of Finland D2 and information given by the designers was used as a basis for the plan. Tools used to design were subject literature, MagiCad and AutoCad drawing programs. Flaktwoods ExSelAir-modelling program was used in airflow pattern modelling. During the designing process I studied similar system and buildings and the solutions used in them.

Supply airflow diffuser with changeable blade angles was chosen as the supply airflow diffuser. This makes the ventilation system capable of functioning in different situations and with different workloads. The pattern for the airflow diffuser was planned to be fan-shaped, but the pattern couldn't be modeled with the desired settings. The patterns have to be studied after the construction is completed to find the optimal settings. For example smoke can be used to reveal the patterns.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	SÄÄDÖKSET, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET	6
2.1	Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012	6
2.2	Sisäilmaluokitus 2008	8
3	LÄHTÖTILANNE	9
3.1	Kohteen esittely	9
3.2	Käyttötilanneselvitys.....	9
3.3	Urheilulajien vaatimukset ilmanjaolle	10
3.4	Henkilökuormat	11
3.5	Ilmavirrat	12
3.5.1	Monitoimisali	12
3.5.2	Parvikatsomo	13
4	TAVOITTEET	13
4.1	Tavoitteet kohteessa	13
4.2	Tilailmastoinin periaatteet	14
4.2.1	Syrjäyttävä ilmanjako	14
4.2.2	Vyöhykeilmanjako.....	16
4.2.3	Sekoittuva ilmanjako	17
5	PÄÄTELAITTEET JA MALLINNUS	19
5.1	Lähtöarvot mallinnukseen	19
5.2	Päätelaitteet.....	20
5.2.1	Tuloilma	20
5.2.2	Poistoilma.....	22
5.3	Monitoimisalin mallinnus.....	24
5.3.1	Lämmitystilanne	24
5.3.2	Jäähdytystilanne	26
5.4	Parvikatsomon mallinnus	27
5.4.1	Lämmitystilanne	27
5.4.2	Jäähdytystilanne	29
	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	31
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	
	1. 1.KRS POHJAKUVA	
	2. KÄYTTÖTILANNESELVITYS	
	3. B-B LEIKKAUSKUVA	

1 JOHDANTO

Nykyään lähes kaikissa uudiskohteissa puhutaan muuntojoustavuudesta. Muuntojoustavuudella tarkoitetaan tilojen helppoa muunneltavuutta ja sovitettavuutta eri käyttötilanteisiin ja tarpeisiin. Muuntojoustavuus asettaa myös omat haasteensa ilmanvaihdolle. Ilmanvaihdon tulee toimia kaikissa tilanteissa, mutta se ei saa kuitenkaan häiritä missään tilanteessa. Vedottoman sisäilman saavuttamisessa yhä tärkeämpänä on oikea ilmanjakotapa, sillä saavutetaan oleskeluvyöhykkeelle vedoton ja viihtyisä sisäilmasto.

Työn tarkoituksena on suunnitella Huittisiin suunnitteilla olevan liikuntahallin monitorimisaliin sekä salin viereiseen parvikatsomoon ilmanjako. Ilmanjakoon asettaa omat haasteensa salin muunneltavuus sekä katsomon pitkä ja kapea muoto. Monitorimisalissa voi olla tapahtumia sulkapallo-ottelusta aina konserttiin asti. Katsomossa taas on pienessä tilassa paljon ihmisiä, joka tuo omat haasteensa. Ratkaisuja mietittiin yhteistyössä IV-suunnittelijan kanssa.

2 SÄÄDÖKSET, MÄÄRÄYKSET JA OHJEET

2.1 Suomen Rakentamismääräyskokoelma D2 2012

Suomen rakennusmääräyskokoelmassa ohjeistetaan, että rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että rakennuksessa on viihtyisät ääniolosuhteet ja lisäksi sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttö aikana on yleensä enintään 2160 mg/m³ (1200 ppm). (Suomen RakMK D2 2012, 7 & 8). Molemmat seikat ohjaavat omalla tavallaan tätä työtä ja ilmanvaihdon suunnittelua. Hiilidioksidipitoisuus vaikuttaa ilmavirtojen mitoittamiseen ja tavoiteltavat äänitasot päätelaitteen valintaan. Ilmavirtojen tilakohtaiset ohjearvot ilmanvaihdon mitoittamiseen löytyy taulukosta 1. Taulukosta 1 löytyy myös ohjearvot oleskeluvyöhykkeen ilman nopeudelle, joka toimii myös tärkeänä tekijänä mietittäessä päätelaitteiden heittokuvioita ja pituuksia.

Taulukko 1 Ilmavirrat (Suomen RakMK D2 2012, Liite 1)

Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilma- virta (dm ³ /s)/m ²	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max}	Ilman nopeus talvi/kesä m/s	Huom!
Liikuntatilat:						#T
- Kuntosali		6		38/43	0,25	
- Liikuntasali		4		38/43	0,25	
- Liikuntahalli		2		38/43	0,25	
- Katsomo	8			33/38	0,25	
Käytävät/aulat joissa oleskel- laan		5		38/43	0,30	#2
Käytävät, joissa ei oleskella		1		38/43	0,30	
Uima-allastila		2		38/43	0,40	#K
Kasarmitilat:						
Miehistötila	8	2		33/38	0,20	
Ruokala	6	5		33/38	0,25	#S
Pesuhuone			5	33/38	0,30	
Käytävä		1		33/38	0,25	
Oleskelutila		3		33/38	0,20	
Opetustila	6	3		33/38	0,20	
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. Taulukko 11. Hygieniatilat						
#2 Kiinteiden työpisteiden ilmannopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.						
#T Ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.						
#K Kosteuden poisto on mitoittava tekijä. Lasketaan tapauskohtaisesti.						
#S Siirtoilmavirtana						

2.2 Sisäilmaluokitus 2008

Sisäilmaluokitus on Sisäilmayhdistys ry:n laatima. Sisäilmaluokituksesta on monta erilaista versiota ja viimeisin niistä on joulukuussa 2008 julkaistu Sisäilmaluokitus 2008. Se toimii apuna suunnittelussa, urakoinnissa sekä laitevalmistajilla ja antaa sisäilmastolle tavoite ja suunnitteluarvot. Luokitus täydentää suomen rakentamismääräyksiä. (Sisäilmaluokitus 2008)

Sisäilmaluokituksessa sisäilmasto on jaettu kolmeen luokkaan:

- S1: Yksilöllinen sisäilmasto
- S2: Hyvä sisäilmasto
- S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Sisäilmaluokituksen mukaan päätelaitteiden tulee olla avattavissa tai irrotettavissa puhdistusta varten. Puhdistuksen jälkeen ne on voitava asentaa takaisin alkuperäiseen asentoonsa. Päätelaitteen tulee olla rakenteeltaan ja toiminnaltaan sellainen, etteivät sen ilmavirtaukset irrota pinnoille mahdollisesti kertynyttä pölyä ja likaa (esim. jäähdytyspalkit eivät saa irrottaa pölyä välikaton päältä). Likaantuminen ei saa vaikuttaa säätölaitteiden toimintaan. (Sisäilmaluokitus 2008)

3 LÄHTÖTILANNE

3.1 Kohteen esittely

Kohde on Huittisiin rakennettava liikuntahalli. Liikuntahallissa tullaan pelaamaan erilaisia urheilulajeja, kuten naisten salibandya, lentopalloa ja futsalia aina sm-tasolla asti. Näiden lisäksi hallissa on mahdollisuus pelata muitakin lajeja, kuten sulkapalloa, tennistä ja koripalloa. Halliin tulee myös erillinen heittopaikka, kaksi juoksuraata, sekä hyppypaikka.

Laajan palloilulajien lajikirjon mahdollistaa halliin tuleva suuri monitoimisali. Monitoimisalin pohjan pinta-ala tulee olemaan 1379m². Tila on jaettavissa neljään lohkoon jakoverhojen avulla. Jokaisen lohkon sisäkorkeus on 9,2m. Tilan mitat selviävät tarkemmin liitteessä 1. Monitoimisalissa on myös parvikatsomo, jonka lisäksi on mahdollisuus käyttää erilaisia siirtokatsomoja tarpeen vaatiessa. Sekä monitoimisali että katsomo lämmitetään ilmalla. Suuri monitoimisali mahdollistaa urheilulajien lisäksi erilaiset yleisötapahtumat. Salissa voidaan järjestää konsertteja sekä erilaisia messuja.

3.2 Käyttötilanneselvitys

Rakennukseen on tehty käyttötilanneselvitys (liite 2), joka on hyväksytetty rakennuksen tulevalle käyttäjälle. Rakennuksessa on siis ilmalämmitys ja käyttötilanneselvityksestä käy ilmi, että mikäli ulkolämpötila on alle 15°C pystytään sisäilmasto pitämään S2 luokassa pois lukien konsertti sekä suuri urheilutapahtuma. Ulkolämpötilan noustessa yli 15°C sisäilman olosuhteet pystytään pitämään S3 luokassa. Käyttäjän mukaan kohteen pääasiallinen käyttö tapahtuu muuna kuin kesäaikana, tästä syystä ulkolämpötilan noustessa yli 15°C, sisälämpötilalle ei ole asetettu rajaa, eikä

kohteessa ole tästä syystä erillistä jäähdytystä, vaan tuloilman lämpötila riippuu ulko-
lämpötilasta.

3.3 Urheilulajien vaatimukset ilmanjaolle

Eri urheilulajeilla on erilaiset vaatimukset ilman suhteen, mutta herkin kaikista on sulkapallo. Jos sulkapalloa pystytään pelaamaan niin, ettei peli häiriinny, niin silloin pystytään pelaamaan kaikkia muitakin lajeja, joten perehdyn ainoastaan sulkapalloon.

Pelaamisen kannalta olisi edullisinta pysäyttää ilmanvaihtolaitos kokonaan. Tämä on mahdollista vain poikkeustapauksissa ja olosuhteissa, muista syistä johtuen.

(No 65 Sulkapallohallien suunnittelu- ja rakentamisopas 1998, 30)

Sulkapallon pelaamisolosuhteet on helppo pilata epäonnistuneella ilmanjakoratkaisulla. Tärkein osatekijä tässä mielessä on ilman liikenopeus. Kustannuksiltaan edullinen ratkaisu on puhaltaa tuloilmaa harvoista elimistä suurella nopeudella hallitilan seinämiltä vaakasuoraan tai katosta alaspäin. Ratkaisu soveltuu varasto halliin, sulkapallohalliin tällaista ilmanjakotapaa ei tule asentaa, mikäli etäisyys tuloilmaelimistä lähimmälle kentälle on alle 15... 20 m. Näissäkin tapauksissa on lähes mahdoton saada syntymään tasa-arvoisia peliolosuhteita kaikille kentille ja niiden osa-alueille. (No 65 Sulkapallohallien suunnittelu- ja rakentamisopas 1998, 30)

Peliolosuhteiden kannalta hyvä lopputulos saadaan esimerkiksi ns. syrjäyttävällä tuloilmanjaolla, missä ilma puhalletaan tilan alaosaan hitaalla nopeudella. Tällöin myös raitis ilma saadaan luontevasti sinne, missä sitä tarvitaan eli pelaajille ja katsoomoon. (No 65 Sulkapallohallien suunnittelu- ja rakentamisopas 1998, 30)

3.4 Henkilökuormat

Taulukossa 2 esitetään henkilökuormia urheilulajien suhteen ja taulukossa 3 yleisötapahtumien suhteen.

Taulukko 2 Urheilulajien henkilökuormat

Urheilulajit	Hlö määrä ilman yleisöä yht.	Lohko 1 (hlö)	Lohko 2 (hlö)	Lohko 3 (hlö)	Lohko 4 (hlö)
Salibandy	16	4	4	4	4
Lentopallo	60	15	15	15	15
Tennis	16	4	4	4	4
Sulkapallo	16	4	4	4	4
Futsal	16	4	4	4	4

Taulukossa 2 on eritelty henkilömäärät yleisimmissä monitoimisalia kuormittavissa urheilutilanteissa. Kuten taulukosta näkyy, on lentopallo selkeästi eniten kuormittavin urheilulaji. Taulukossa ei ole otettu huomioon yleisöä, koska tarkoitus on havainnollistaa pelkästään urheilijoiden tuomaa kuormaa. Sulkapallo ja tennis ovat nelinpelitalanteessa.

Taulukko 3 Yleisötapahtumien henkilökuormat

Messut tms. yleisötapahtuma	Hlö määrä yht.	Lohko 1 (hlö)	Lohko 2 (hlö)	Lohko 3 (hlö)	Lohko 4 (hlö)	Katsomot
Konsertti	1320	330	330	330	330	
Suuri urheilutapahtuma	720	15	15	15	15	660
Messut	800	200	200	200	200	

Taulukossa 3 on eritelty henkilömäärät kolmessa erilaisessa isossa kuormitus tilanteessa. Konsertti tilanteessa ihmismäärä on suurin ja kuormitus ilmanvaihdon suhteen suurin. Katsomot henkilömäärässä ovat mukana parvikatsomon lisäksi myös erilaiset siirtokatsomot.

Taulukossa 4 on kerrottu parvikatsomon henkilömäärä.

Taulukko 4 Henkilömäärä parvikatsomossa

Henkilömäärä parvikatsomossa			
Katsomo	Istumapaikat	Seisomapaikat	Yhteensä
A	152	60	212
B	140	60	200
Yhteensä	292	120	412

Monitoimisalin viereen tulee lisäksi erikseen parvikatsomo, joka on jaettu A ja B osaan. Parvikatsomoon mahtuu taulukon 4 mukaan 292 henkilöä istumaan, sekä 120 henkilöä seisomaan.

3.5 Ilmavirrat

3.5.1 Monitoimisali

Monitoimitilassa käytetään mitoittavana tekijänä taulukon 3 mukaan henkilömäärää 1320 hlö ja yhtä henkilöä kohden ilmaa 6l/s/hlö, joka perustuu suunnittelijan lähtötietoon, jolla päästään kohdan 2.1 mukaiseen 1200ppm arvoon. Tästä saadaan kokonaisilmamäärä 7920 l/s. Taulukossa 5 näkyy ilmamäärä lohkoittain.

Taulukko 5 Ilmamäärä monitoimisalissa

Ilmamäärä monitoimisalissa	
Lohko	Ilmamäärä lohkoittain l/s
1	1980
2	1980
3	1980
4	1980
Yhteensä	7920

3.5.2 Parvikatsomo

Katsomossa tulee olemaan oma ilmanjako, joka on erillinen monitoimitilan ilmanjako. Katsomossa käytetään mitoittavana tekijänä taulukon 4 mukaan henkilömäärää 412 hlö ja yhtä henkilöä kohden taulukon 1 mukaan ilmaa 8 l/s/hlö. Tästä saadaan ilmamääräksi taulukon 6 mukaisesti 3296 l/s.

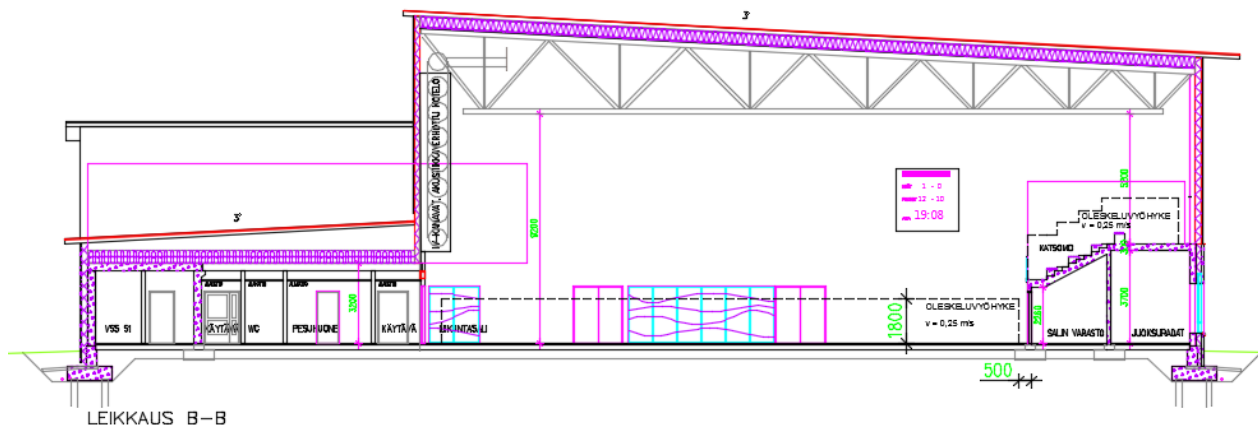
Taulukko 6 Ilmamäärä parvikatsomossa

Ilmamäärä parvikatsomossa	
Katsomot	Ilmamäärä katsomoittain l/s
Katsomo A	1696
Katsomo B	1600
Yhteensä	3296

4 TAVOITTEET

4.1 Tavoitteet kohteessa

Oleskeluvyöhykkeellä, jonka yläpinta on 1,8m lattiasta, sekä 0,5m etäisyydellä seinistä tai muusta vastaavasta, tulisi saavuttaa mahdollisimman vedottomat olosuhteet (kuva 1). Toisena vaatimuksena tässä kohteessa on sulkapallon asettamat vaatimukset, eli mahdollisimman alhainen ilman liikenopeus pelialueella. Sulkapallossa tulee huomata, että ajoittain peliväline eli sulkapallo, saattaa nousta jopa useamman metrin korkeuteen, eli oleskeluvyöhykkeen ulkopuolelle.

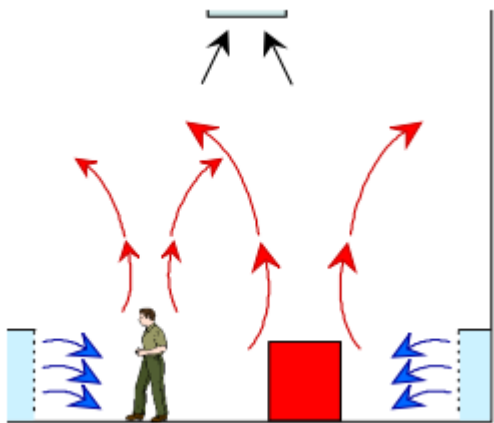


Kuva 1 Oleskeluvyöhyke monitoimisalissa ja katsomossa. (Mikko Uotila, Arkkitehtisuunnittelu Mikko Uotila 2016)

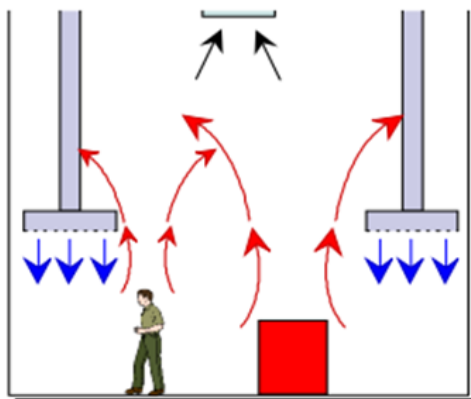
4.2 Tilailmastoinin periaatteet

4.2.1 Syrjäyttävä ilmanjako

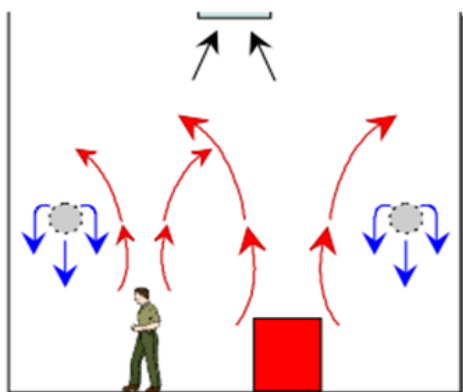
Viileä ja puhdas tuloilma tuodaan oleskeluvyöhykkeelle pienellä nopeudella. Syrjäyttävässä ilmanjaossa pyritään epäpuhtauksien ja lämpötilan kerrostumiseen ja välteään huoneilman sekoittumista. Huoneeseen tuodaan huoneilman lämpötilaan nähden alilämpöistä tuloilmaa, jolloin ilma jää tiheyserosta johtuen oleskeluvyöhykkeelle. Huoneilma kerrostuu siten, että puhtaan ilman vyöhyke muodostuu lattiatasolle oleville ihmisille, ja lämmennyt, epäpuhtauksia sisältävä ilma suuntautuu tilan yläosaan. Ylävyöhykkeellä oleva käytetty ilma pääsee poistumaan huoneesta, eikä tuloilma häiritse sen poistumista. (Harju 2014, 95) Syrjäyttävän ilmanjaon toteuttamiseen on olemassa erilaisia vaihtoehtoja kuvien 2, 3 ja 4 tapaan.



Kuva 2 Syrjäyttävän ilmanjaon toimintaperiaate ilman tullessa lattiatasosta (Sandberg 2014)



Kuva 3 Syrjäyttävän ilmanjaon toimintaperiaate ilmanjaon ollessa oleskelualueen yläpuolella (Sandberg 2014)

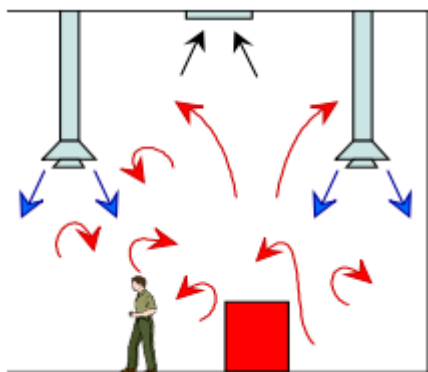


Kuva 4 Syrjäyttävän ilmanjaon toimintaperiaate ilmanjaon ollessa oleskelualueen yläpuolella (Sandberg 2014)

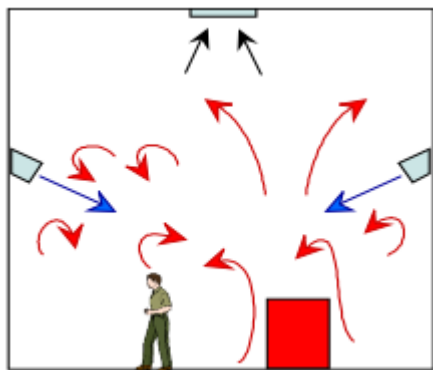
Syrjäyttävä ilmanjakotapa erityisesti lattiatasosta toteutettuna piennopeuslaitteilla (kuva 2) olisi hyvä erityisesti sulkapallokäyttöä ajatellen, mutta kohteeseen tulee ilmalämmitys, joten viileän ilman johdattaminen tilan alaosaan on vaikeaa. Ilmalämmityksestä johtuen syrjäyttävän ilmanjaon idea lämpötilaeroihin perustuvaan kerrostumiseen katoaa. Syrjäyttävää ilmanjakoa mietittiin aluksi kiinteään katsomo-osaan, niin että ilma johdettaisiin penkkien alta, mutta tämä toteutustapa olisi vaatinut kammion katsomon alle ja sen rakentaminen ei onnistu, koska katsomon alle tulee varastotilaa.

4.2.2 Vyöhykeilmanjako

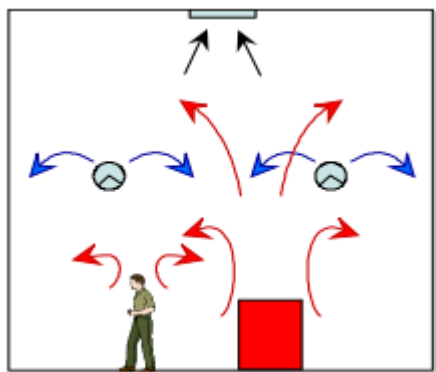
Vyöhykeilmanjaossa pyritään ilman osittaiseen sekoittumiseen, sekä ilmavirtojen osittaiseen hallintaan ilmastoidulla vyöhykkeellä.



Kuva 5 Vyöhykeilmanjaon toimintaperiaate pystysuoralla puhalluksella. (Sandberg 2014)



Kuva 6 Vyöhykeilmajaon toimintaperiaate suunnatulla puhalluksella. (Sandberg 2014)



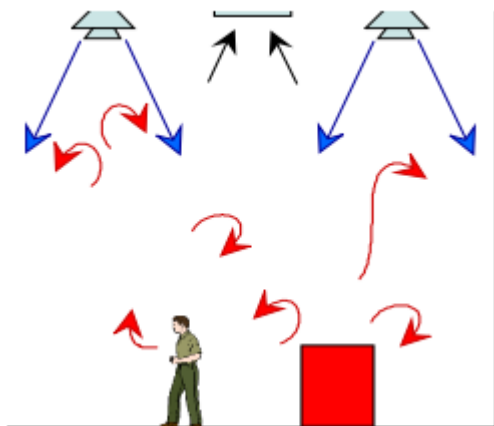
Kuva 7 Vyöhykeilmajaon toimintaperiaate Activent menetelmällä. (Sandberg 2014)

Vyöhykeilmajako on erityisen hyvä korkeisiin tiloihin ja sitä myös suositellaan käytettäväksi korkeissa tiloissa mahdollisuuksien mukaan. Tässä kohteessa ei kuitenkaan ole mahdollista tuoda kuvien 5 ja 6 tyylisesti tuloilmapäätelaitteita kattopinnasta lähelle oleskeluvyöhykettä, koska tilassa pelataan mm. lentopalloa ja sulkapalloa, jotka tarvitsevat pelialueelle korkeutta. Kuvan 7 tapainen toteutus ei taas tule kysymykseen, koska sulkapallo häiriintyisi liikaa suutinhajottajilla toteutetusta ilmanjakotavasta.

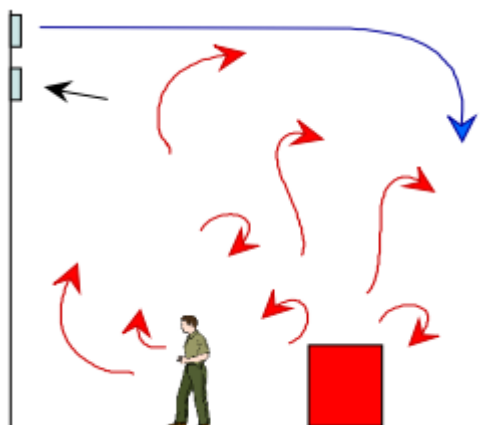
4.2.3 Sekoittuva ilmanjako

Sekoittuvassa ilmanjaossa pyritään puhdas, mahdollisesti käsitelty tuloilma sekoittamaan mahdollisimman tehokkaasti huoneilmaan (Sandberg E (toim.) 2014, osa 2,

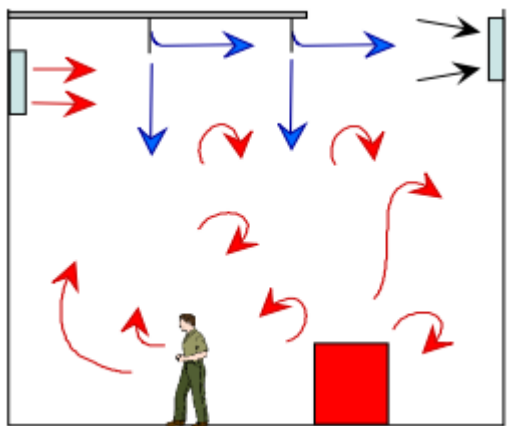
258). Sekoittavan ilmanjaon toteuttamiseen on myös olemassa erilaisia tapoja kuvien 8, 9 ja 10 mukaisesti.



Kuva 8 Sekoittavan ilmanjaon toimintaperiaate kattopuhalluksella toteutettuna. (Sandberg 2014)



Kuva 9 Sekoittavan ilmanjaon toimintaperiaate vaakasuoralla suihkulla toteutettuna. (Sandberg 2014)



Kuva 10 Sekoittavan ilmanjaon toimintaperiaate suutinmenetelmällä toteutettuna. (Sandberg 2014)

Sekoittuva ilmanjako on tähän kohteeseen paras vaihtoehto ja sen toteutukselle ei ole estettä. Päätelaitteet voidaan asentaa lähelle kattopintaa kuvan 8 tyylisesti, kuten lentopallon säännöissä sanotaan: ”Pelialueen ilmatilan on oltava kaikista esteistä vapaa vähintään 7 metrin korkeuteen asti pelialueen pinnasta lukien” (Lentopallon säännöt 2015, 12). Näin lentopallo ja sulkapallo saavat tarvitsemaansa korkeutta.

Sekoittuvaan ilmanjakotapaan on olemassa myös hajottajia, joissa pystytään säätämään heittokuviota tarpeen mukaan, mikä tuo lisää mahdollisuuksia säätää ilmanvaihtoa eri lajien vaatimusten mukaisesti. Kanavateknisesti ajateltuna sekoittava ilmanjako on myös helpointa toteuttaa tässä kohteessa.

5 PÄÄTELAITTEET JA MALLINNUS

5.1 Lähtöarvot mallinnukseen

Mallinuksissa kohde on mallinnettu vakioilmavirtajärjestelmänä, koska mallinnus ohjelmat ei anna simuloida pieniä ilmavirtoja isoilla päätelaitteilla. Mallinuksessa on käytetty taulukossa 7 olevia IV-suunnittelijalta saatuja arvoja:

Taulukko 7 Tuloilman lämpötilat

	Laitteen tuloilman lämpötila °C	Huonelämpötila °C
Lämmitys	24	20
Jäähdytys	16	20

5.2 Päätelaitteet

5.2.1 Tuloilma

Tuloilmapäätelaitteeksi monitoimisaliin ja parvikatsomoon valikoitui Fläktwoods ODZA (kuva 11). Monitoimisalissa päätelaite on kokoa 500mm ja katsomossa kokoa 630mm. Taulukossa 8 ja 9 on kerrottu päätelaitteiden suunniteltu kappale määrä ja ilmavirta yhtä päätelaitetta kohden.

ODZA:ssa on heittosuunta portaattomasti säädettävissä vaaka- ja pystysuunnan välillä, näin ilman liikkeitä saadaan ohjattua eri käyttötilanteiden vaatimilla tavoilla. Säätö voidaan tehdä joko käsin, sähkö- tai termomootorilla, tähän kohteeseen valikoitu sähkömootorilla säädettävä malli. Päätelaitteet on sijoitettu (kuva 12) ja mitoitettu siten, ettei taulukossa 1 esitettyjä ilman nopeuksia ja äänitasoja ylitetä oleskeluvyöhykkeellä. (Suomen RakMK D2 2012, 15)



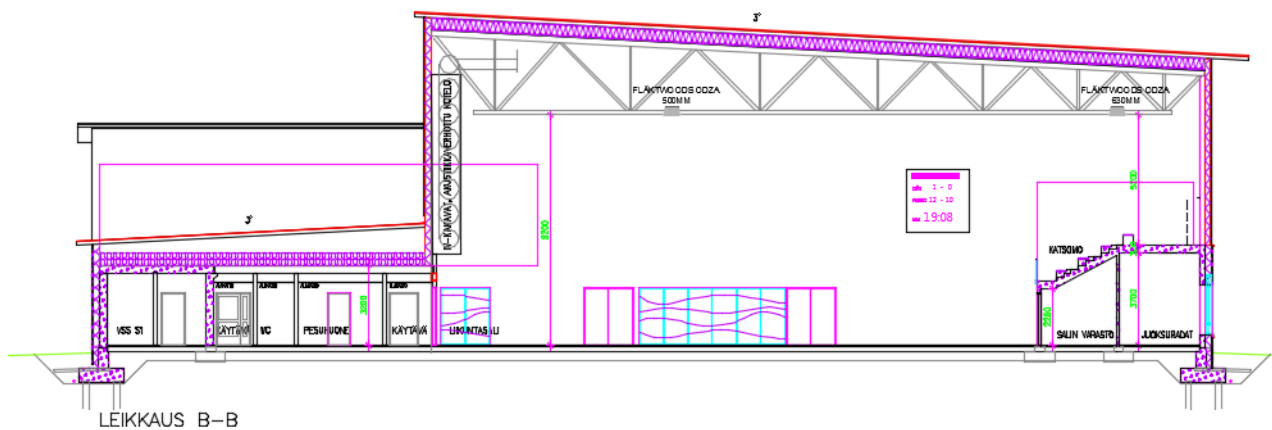
Kuva 11 Fläktwoods ODZA päätelaite (Fläktwoodsin [www-sivut](http://www.flaktwoods.com) 2016)

Taulukko 8 Tuloilmapäätelaitteiden ilmavirrat monitoimisalissa.

Tuloilmapäätelaitteiden ilmavirrat monitoimisalissa			
Lohko	Ilmamäärä lohkoittain l/s	Päätelaitteiden määrä / lohko	Ilmamäärä/päätelaite l/s
1	1980	6	330
2	1980	6	330
3	1980	6	330
4	1980	6	330
Yhteensä	7920	24	

Taulukko 9 Tuloilmapäätelaitteiden ilmavirrat parvikatsomossa.

Tuloilmapäätelaitteiden ilmavirrat parvikatsomossa			
Katsomot	Ilmamäärä katsomoittain l/s	päätelaitteiden määrä / katsomo	Ilmamäärä/päätelaite l/s
Katsomo A	1696	4	424
Katsomo B	1600	4	400
Yhteensä	3296	8	412

**Kuva 12** Tuloilmapäätelaitteiden sijoittaminen kattoristikkojen tasoon.

Taulukossa 10 ja 11 näkyy yksittäisen tuloilmapäätelaitteen tuottama ääni sekä kaikkien tuloilmapäätelaitteiden tuottama ääni monitoimisalissa ja parvikatsomossa. Äänitasot menevät alle kohdan 2 taulukon 1 (Suomen RakMK D2 2012, Liite 1) tila-kohtaisten ohjearvojen.

Taulukko 10 Tuloilmapäätelaitteiden tuottama ääni monitoimisalissa

Tuloilmapäätelaitteiden tuottama ääni monitoimisalissa		
Heittokuvio	Yksittäisen päätelaitteen ääni (dB)	Kaikki laitteet yhteensä (dB)
Neljään suuntaan pyörivä	27	41
Alas	<20	32

Taulukko 11 Tuloilmapäätelaitteiden tuottama ääni parvikatsomossa

Tuloilmapäätelaitteiden tuottama ääni parvikatsomossa		
Heittokuvio	Yksittäisen päätelaitteen ääni (dB)	Kaikki laitteet yhteensä (dB)
Neljään suuntaan pyörivä	22	31
Alas	<20	21

5.2.2 Poistoilma

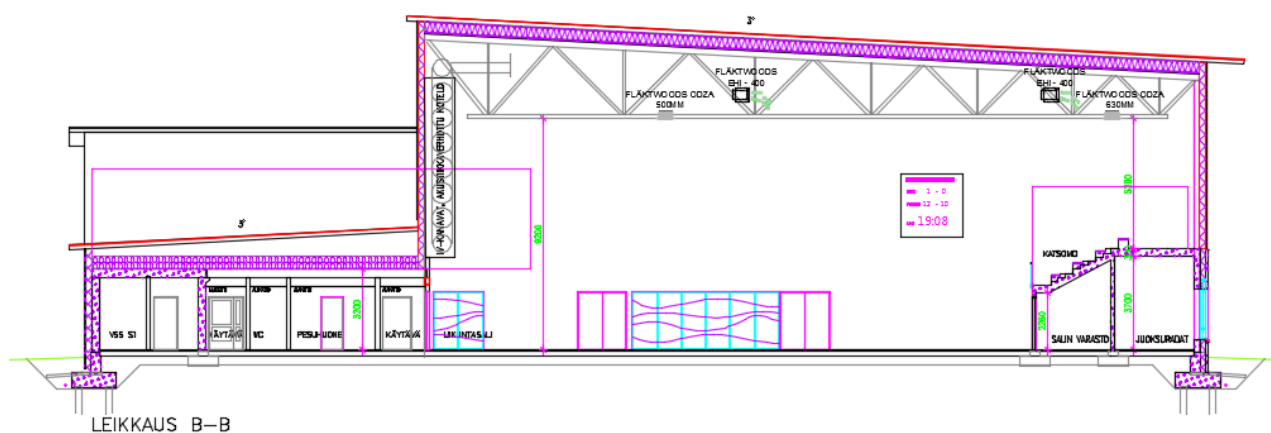
Poistoilmapäätelaitteena käytetään Fläktwoods EHI - 400 poistoilmalaitetta suoja-verkolla (kuva 13). Laite on suunniteltu suurille ilmapirroille ja ilmapirtojen mittaus ja säätö on tehty helpoksi laitteessa olevan säätöosan avulla. Poistoilmapäätelaitteet sijoitetaan kuvan 14 mukaisesti tuloilmapäätelaitteiden yläpuolelle. Poistoilmalaitteita on suunniteltu sama määrä kuin tuloilmapäätelaitteita eli taulukon 8 ja 9 mukaisesti. Taulukossa 12 näkyy yhden poistoilmapäätelaitteen tuottama ääni, sekä kaikkien poistoilmalaitteiden tuottama ääni. Taulukossa 13 näkyy sekä tulo- että poistopäätelaitteiden tuottama ääni yhteensä tiloittain.

Taulukko 12 Poistoilmapäätelaitteen tuottama ääni

Poistoilmapäätelaitteiden tuottama ääni		
Tila	Yksittäisen päätelaitteen ääni (dB)	Kaikki laitteet yhteensä (dB)
Monitoimisali	16	30
Katsomo	20	29

Taulukko 13 Kaikkien päätelaiteiden tuottama ääni

Kaikkien päätelaiteiden tuottama ääni			
Tila	Kaikki tulopäätelaitteet (dB)	Kaikki poistoilmalaitteet yhteensä (dB)	Kaikki laitteet yhteensä (dB)
Monitoimisali	41	30	41
Katsomo	31	29	33

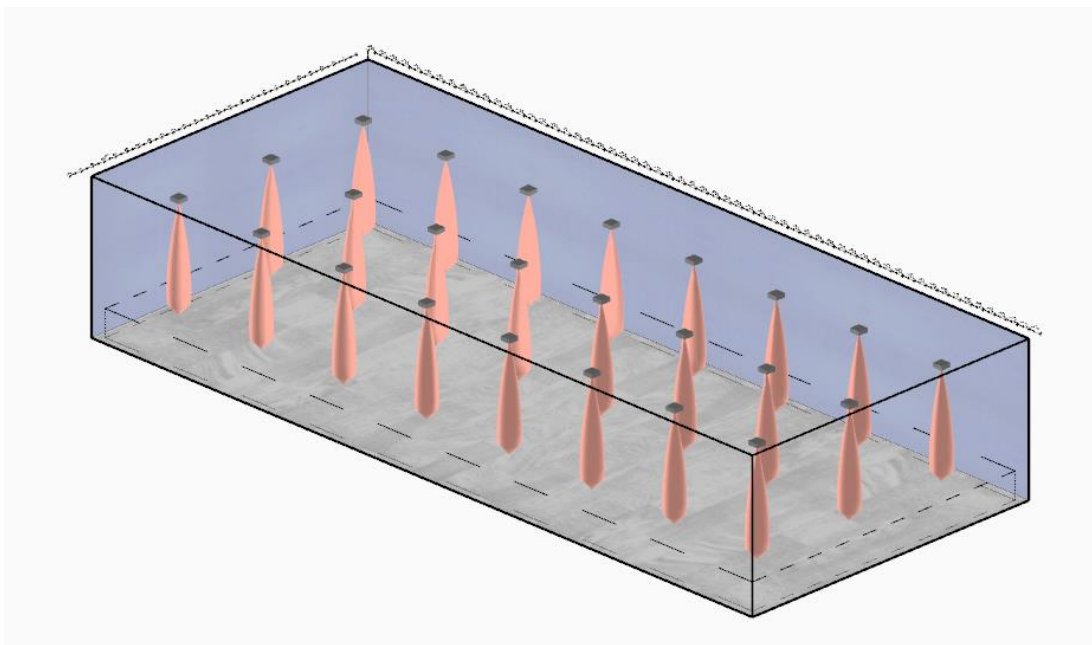
**Kuva 13** Fläktwoods EHI päätelaite (Fläktwoodsin www-sivut 2016)**Kuva 14** Poistoilmapäätelaitteet tuloilmapäätelaitteiden yläpuolella

5.3 Monitoimisalin mallinnus

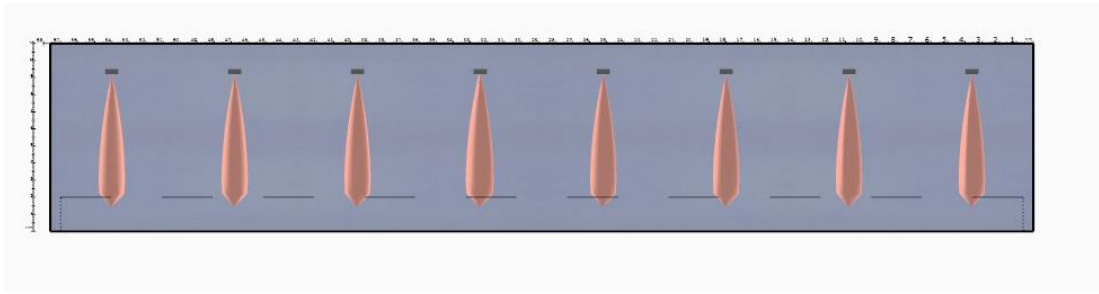
5.3.1 Lämmitystilanne

Kuvissa 15 ja 16 näkyy heittokuvio oikealta ja yläviistosta lämmitystilanteessa. Heittokuvio tulee hieman oleskeluvyöhykkeen sisäpuolelle, mutta ODZA päätelaitteen portaattoman säädön ansiosta heittokuvio säädetään hieman viuhkamaiseksi kuvan 17 mukaisesti ja näin kuvio jää oleskeluvyöhykkeen ulkopuolelle ja nopeus oleskeluvyöhykkeellä saadaan RakMk D2 vaatimalle 0,25m/s tasolle.

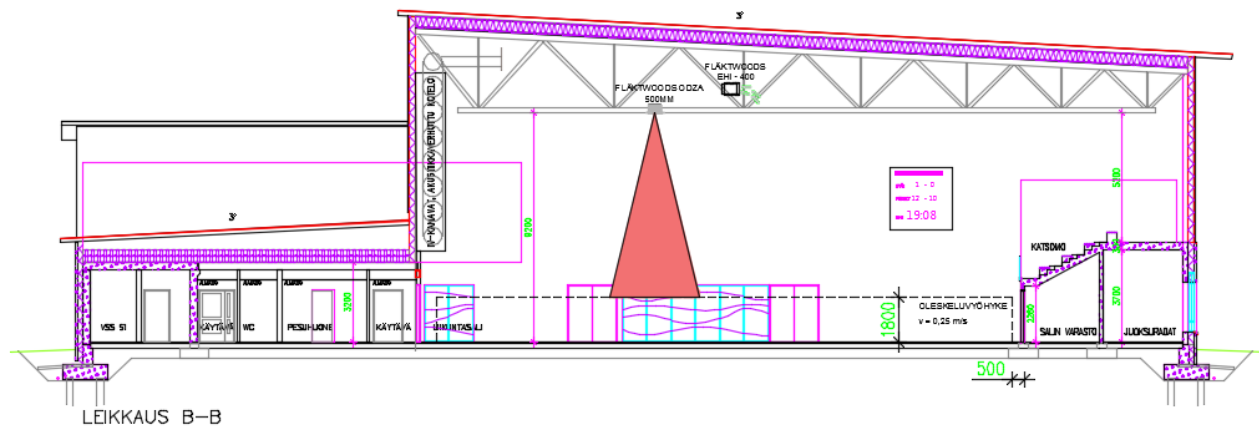
Fläktwoodsin ExSelAirilla ei pysty simuloimaan muita asentoja kuin neljään suuntaan pyörivä ja suoraan alas. Tästä syystä simuloinnit näyttävät siltä, että ilman liikenopeus on liian kova oleskeluvyöhykkeellä. Asiasta käytiin myös keskustelua Fläktwoodsin teknisen tuen Tuukka Karlssonin kanssa ja hän ohjeisti simuloimaan heittokuvion hieman pidempänä kuin olisi tarvis, koska heittokuvio lyhenee, kun käytetään päätelaitteen väliasentoja. (Karlsson henkilökohtainen tiedonanto 21.11.2016)



Kuva 15 Monitoimisali yläviistosta lämmitystilanne



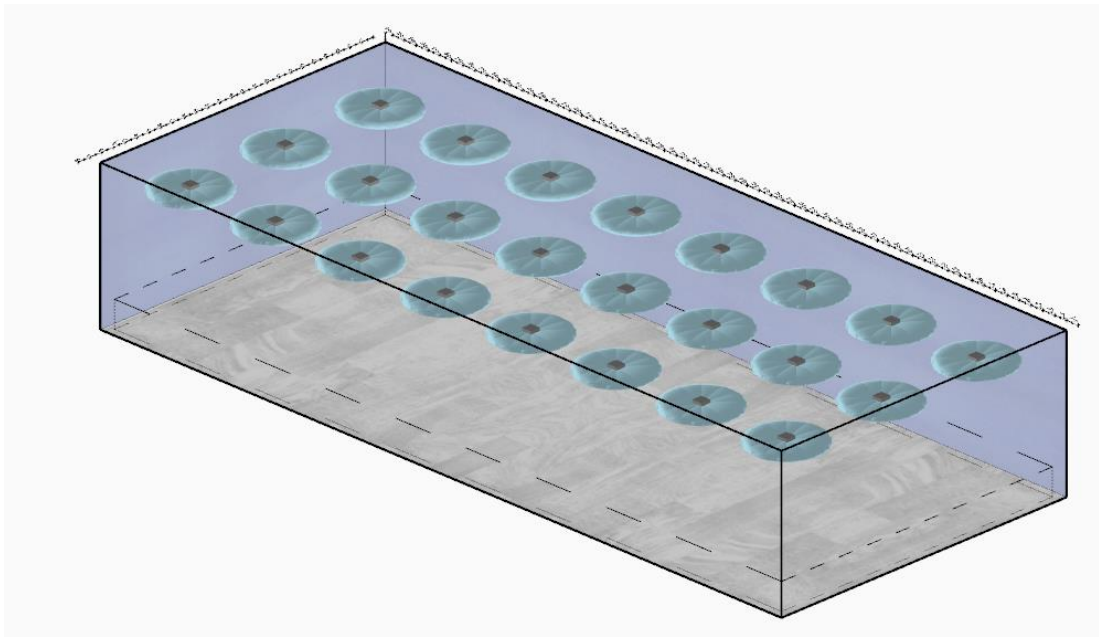
Kuva 16 Monitoimisali oikealta lämmitystilanne



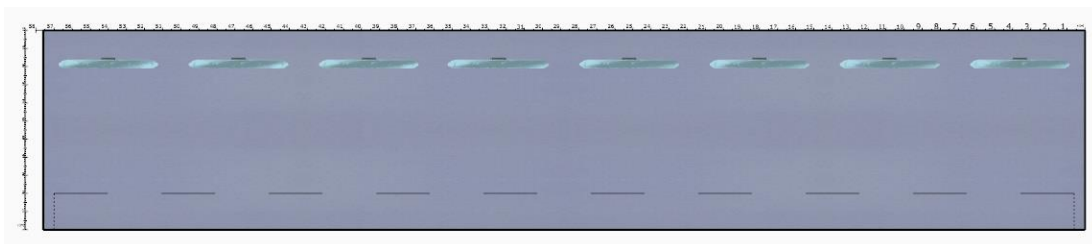
Kuva 17 Tuloilmapäätelaitteen heittokuvio säädettyinä monitoimisalissa

5.3.2 Jäähdytystilanne

Kuvissa 18 ja 19 näkyy heittokuvio oikealta ja yläviistosta jäähdytystilanteessa. Jäähdytystilanteessa heittokuvio säädetään lähtökohtaisesti suoraan sivulle, mutta tilanteen vaatiessa sitä voidaan muuttaa enemmän alaspäin.



Kuva 18 Monitoimisali yläviistosta jäähdytystilanne

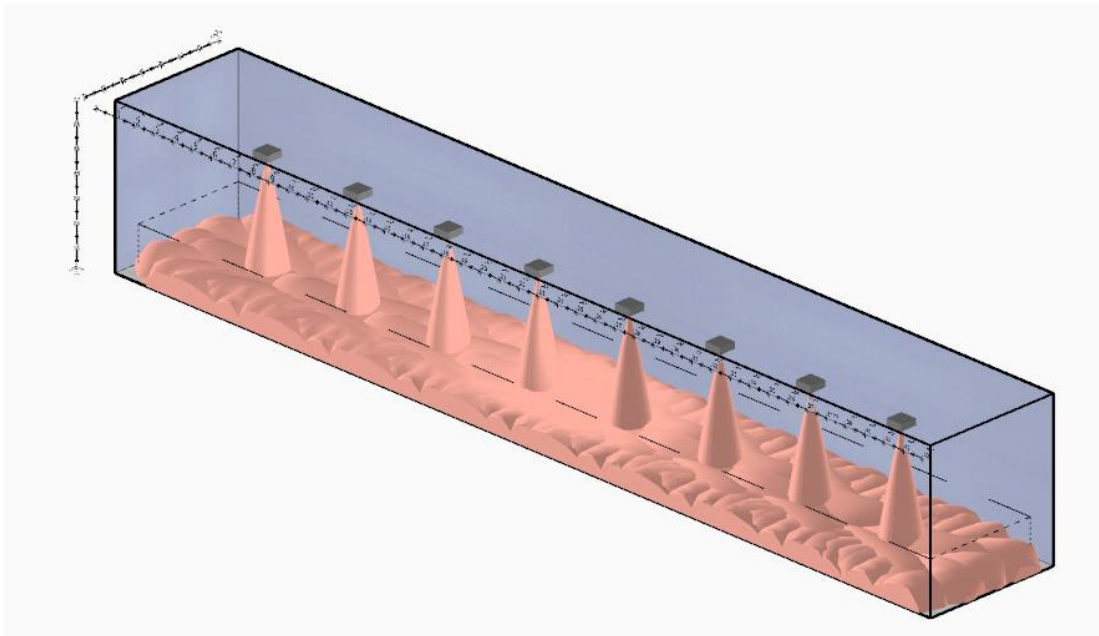


Kuva 19 Monitoimisali oikealta jäähdytystilanne

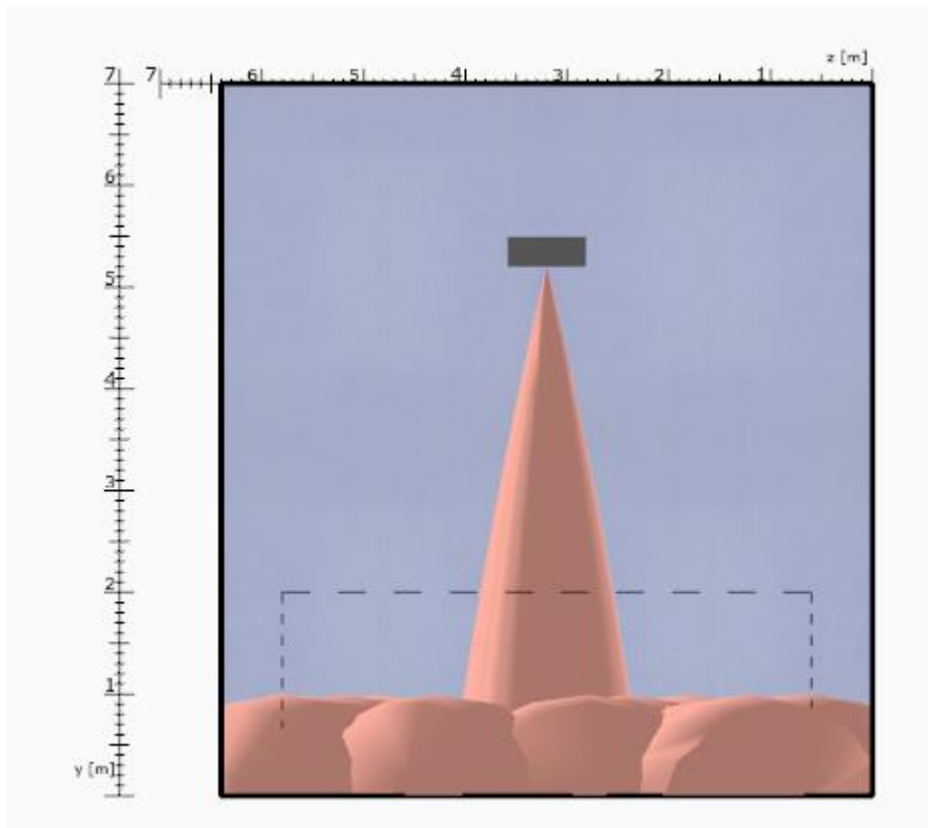
5.4 Parvikatsomon mallinnus

5.4.1 Lämmitystilanne

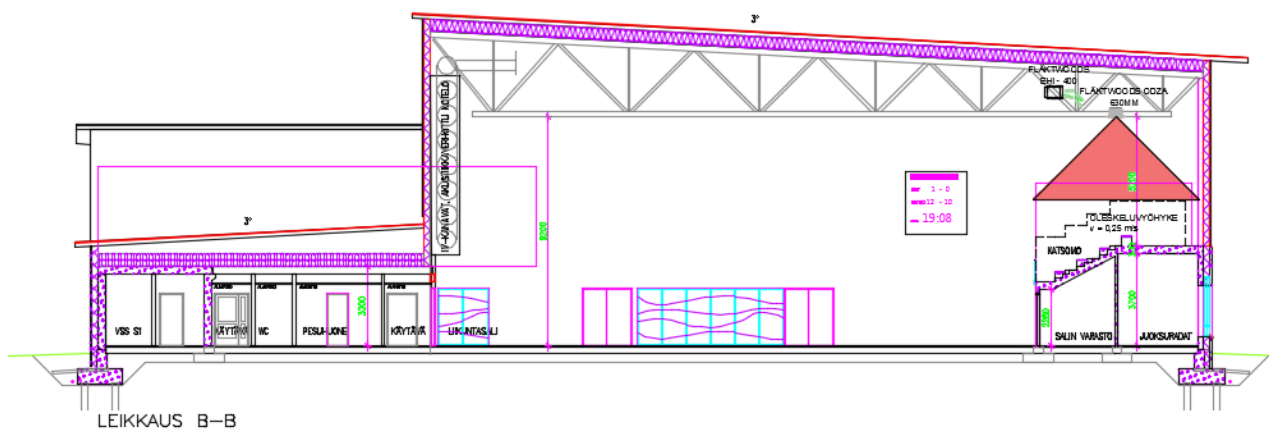
Kuvissa 20 ja 21 näkyy heittokuvio oikealta ja yläviistosta lämmitystilanteessa. Fläktwoodsin ExSelAirilla ei pysty simuloimaan muita asentoja kuin neljään suuntaan pyörivä ja suoraan alas. Tästä syystä simuloinnit näyttävät siltä, että ilman liikenopeus on liian kova oleskeluvyöhykkeellä, mutta heittokuvio tullaan säätämään kuvan 22 mukaiseksi. Näin päästään RakMk D2 mukaiseen 0,25m/s ilman liikenopeuteen oleskeluvyöhykkeellä.



Kuva 20 Katsomo yläviistosta lämmitystilanne



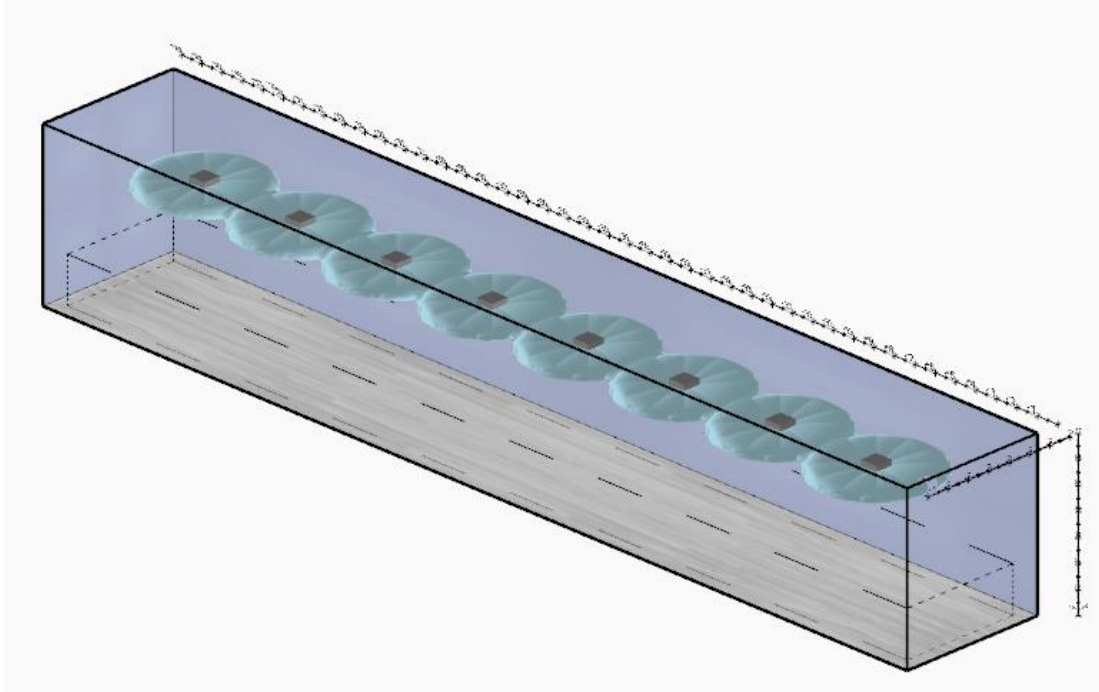
Kuva 21 Katsomo oikealta lämmitystilanne



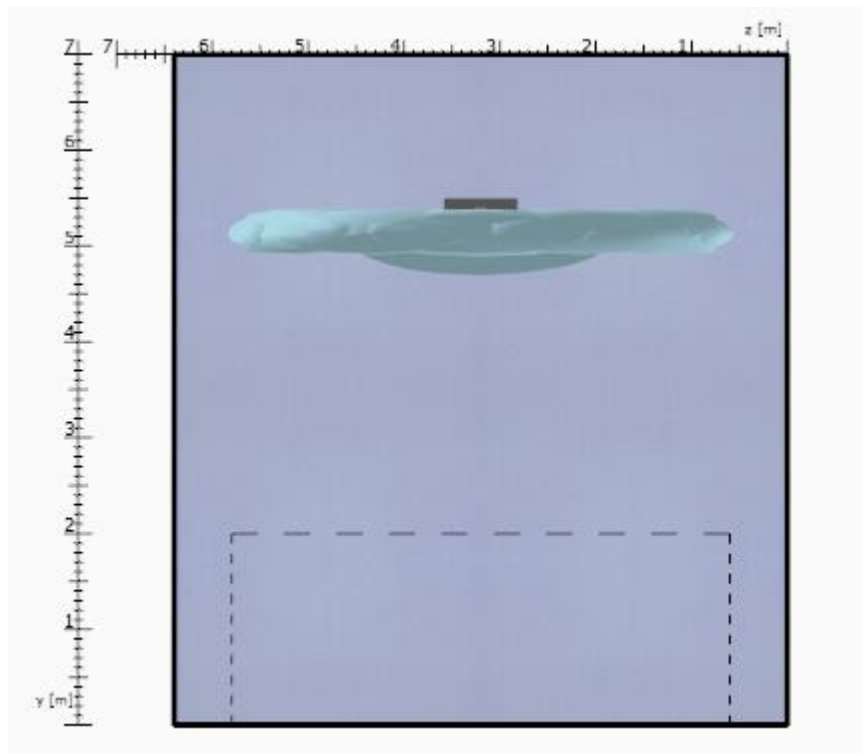
Kuva 22 Tuloilmapäätelaitteen heittokuvio säädettyinä katsomossa.

5.4.2 Jäähdytystilanne

Kuvissa 23 ja 24 näkyy heittokuvio oikealta ja yläviistosta jäähdytystilanteessa. Jäähdytystilanteessa heittokuvio säädetään parvikatsomossakin lähtökohtaisesti suoraan sivulle, mutta tilanteen vaatiessa sitä voidaan muuttaa enemmän alaspäin.



Kuva 23 Parvikatsomo yläviistosta jäähdytystilanne



Kuva 24 Katsomo oikealta jäädytystilanne

JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Tämän opinnäytetyön aiheena oli suunnitella toimiva ilmanjakoratkaisu liikuntahalliin. Liikuntahallista oli rajattu suunnittelualueiksi monitoimisali ja salin kanssa samassa tilassa oleva parvikatsomo. Kohde on uudisrakennus ja sen rakentaminen tul- laan aloittamaan kesällä 2017.

Kohteeseen mietittiin aluksi syrjäyttävää ilmanjakotapaa piennopeuslaitteilla lattiata- sosta toteutettuna, mutta tämän ajatuksen tyrmäsi kohteeseen tuleva ilmalämmitys kohdan 4.2.1 mukaisesti. Syrjäyttävä ilmanjakotapa olisi ollut vain sulkapalloa aja- tellen loistava vaihtoehto, kuten myös sulkapallohallien suunnittelu- ja rakentamis- oppaassa sanotaan: ”Peliolosuhteiden kannalta hyvä lopputulos saadaan esimerkiksi ns. syrjäyttävällä tuloilmanjaolla, missä ilma puhalletaan tilan alaosaan hitaalla no- peudella” (No 65 Sulkapallohallien suunnittelu- ja rakentamisopas 1998, 30). Syr- jäyttävän ilmanjaon toteuttamisen ei tullessa kyseeseen valittiin kohteeseen sekoitta- va ilmanjako. Sulkapallotilanteessa ilmanvaihto säädetään minimi teholle siinä salin lohossa, jossa sulkapalloa pelataan, näin pyritään välttämään ilmanvaihdon aiheut- tamia häiriöitä.

Suunnittelussa on käytetty apuna arkkitehdin pohjia ja leikkauksia, sekä Fläktwood- sin mallinnus ohjelma ExSelAiria. Heittokuvioden mallinnuksessa aiheutti ongelmia ExSelAirista puuttuva väliasentojen mallinnus ODZA päätelaitteelle. Ohjelmassa pystyi mallintamaan ainoastaan heittokuviot neljään suuntaan pyörivä ja suoraan alaspäin. Tässä kohteessa kuitenkin täytyi käyttää ODZA päätelaitteen väliasentoja, jotta heittokuviosta saatiin haluttu. Toinen haaste oli parvikatsomon pieni koko suh- teessa ilmamäärään. Päätelaitteiden äänet meinasivat aluksi tuottaa ongelmia, mutta ongelmaan saatiin ratkaisu valitsemalla mahdollisimman iso päätelaite mahdollisim- man pienellä ilmamäärällä, kuitenkin niin ettei heittokuvio kärsi. Lopullinen suunni- telma liittessä 3.

Kohteen valmistuttua heittokuvioita täytyy vielä tutkia savun kanssa, jotta ne saadaan halutuiksi. Tällä hetkellä ei pystytä laitteiden säätöasennosta antamaan tarkempaa asentoa, kuin väliasento, asennot täytyy säätää kohdalleen tarkemmin kohteen valmistuttua. Tästä mallinnus asiasta on kerrottu myös Fläktwoodsin Tuukka Karlssonille (Tekninen tuki, Fläktwoods) ja hän on vienyt asiaa eteenpäin. Myös muiden valmistajien mallinnusohjelmia tutkittiin, mutta niissäkään ei pystytä vastaavien laitteiden väliasentoja mallintamaan.

Heittokuvion säätö kohteen ollessa käytössä tapahtuu rakennusautomaation avulla, joka ohjaa tuloilmapäätelaitteissa olevia sähkömoottoreita. Automaatio seuraa tilojen lämpötilaa ja ilmanlaatua ja päättelee saaduista mittausarvoista jäähdytyksen tai lämmityksen tarpeen. Päätelaitteisiin asetetaan aluksi haluttu heittokuvio alaspäin ”maksimi” arvoksi, joka ei ole tässä tapauksessa suoraan alaspäin, vaan liitteen 3 mukainen hieman viuhkamainen, jonka jälkeen päätelaitteessa oleva moottori säätää heittokuvioita asennon suoraan sivulle ja asetetun maksimiarvon välillä. Lämpötilan ollessa salissa tai katsomossa matala tulee päätelaitteille käsky säätää lämmitysasentoon eli asetettuun maksimi asentoon ja kun lämpötila nousee päätelaitteet menevät jäähdytysasentoon eli puhaltavat suoraan sivuille. Lämpötilaohjaukset ovat erilliset, katsomon lämpötila ohjaa katsomon päätelaitteita ja salin lämpötila ohjaa salin päätelaitteita.

Kanavointia suunnitellessa olisi hyvä miettiä kanavointi niin, että kanavistoon asetetaan painesäätö ja kun on pieni ilmavirran tarve, osa päätelaitteista otettaisiin pois pelistä sulkupeltien avulla. Tällä ratkaisulla saataisiin jäljelle jäävät päätelaitteet toimimaan halutulla tavalla.

LÄHTEET

Fläkt Woods Oy www-sivut 2016 <http://www.flaktwoods.fi>
Hakupäivä 10.10.2016

Harju, P 2014. Talotekniikan perusteet 2. Kouvola: PackageMedia Oy

Karlsson, T. 2016. Tekninen tuki suunnittelijat, Fläktwoods. Turku. Puhelinhaastattelu 21.11.2016. Haastattelijana Matias Vikberg. Muistiinpanot haastattelijan hallussa.

Maankäyttö- ja rakennuslaki. 2012. L 21.12.2012/958.

Sandberg E. (toim.) 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus, Ilmastointitekniikka osa 2, Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.

Suomen Lentopalloliitto 2015, Lentopallon säännöt 2015-2016

Suomen RakMK D2. 2012. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. Helsinki: Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto.

Säteri J. 2008. Sisäilmaluokitus 2008, Sisäympäristön uudet tavoitearvot
www.sisailmayhdistys.fi

1998. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 1998. Liikuntapaikkajulkaisu 65, Sulkapallohallien suunnittelu- ja rakentamisopas 1998. Viitattu 10/2016.

Kohteen käyttötilanneselvitys

Käyttötilanteet alueittain

Rivi num.	Käyttötilanteet	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
		Ilmanlaatu, hiilidioksidi	Sisälämpötila, Ulkolämpötila	Sisälämpötila, Ulkolämpötila	Sisälämpötila, Ulkolämpötila	hilo määrä yht.	Lohko 1	Lohko 2	Lohko 3	Lohko 4	Juokseura/heittoaluma us	Sulhuu, WC- ja pukuhuone tilat	Katsomoalue	Erikoisviihtimukset
			<15 °C	>15 °C										
1	Urheilutilat													
2		Salibandy	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	32	4	4	4	4	4	16		
3		Lentopallo	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	120	15	15	15	15	15	60		
4		Tennis	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	32	4	4	4	4	4	16		
5		Suokapallo	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	32	4	4	4	4	4	16		
6		Vormitilat tms.	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	160	20	20	20	20	20	80		Ilman virtausa tuuletusta käytettävä.
7		Juoksu	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	8	4	4	4	4	4	16		
8		Heittopelit	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	8	4	4	4	4	4	16		
9		Heittopelit	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	8	4	4	4	4	4	16		
10		muu, mikä?												
11														
12														
13														
14														
15														
16	Muuta	Messut tms. Yleisöpahtuma	HYVÄ: S2, 900 ppm	HYVÄ: S2, lämpötila max. 23°C	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	880	200	200	200	200	200	800		
17		Konsertti	KOHTUULLINEN: S3, 1200 ppm	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	1320	330	330	330	330	330	1320		
18		Suuri urheilutapahtuma	KOHTUULLINEN: S3, 1200 ppm	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	KOHTUULLINEN: S3, ei ylärajaa	1105	240	15	15	15	15	60		
19		muu, mikä?												
20														
21														
22	Muuttuva tilanne alueittain													
23	Ilmanvaihtokonevaltuutus													
24														

Henkilämäärässä mukana parvikatsomo ja erilliset sirotkatsomot

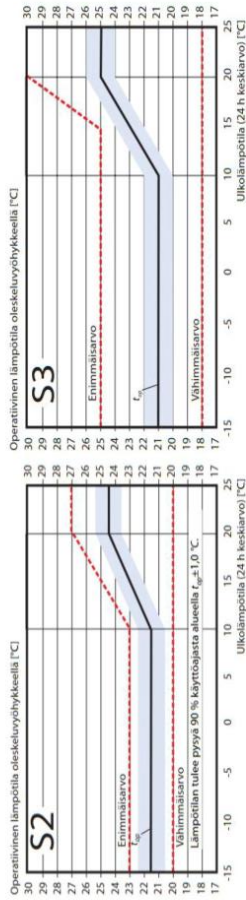
Maksimikuormitus, jolla kaikki lokat Sz. ehdot täyttyvät
Maksimikuormitus salissa
660 Maksimikuormitus Yleisössä

Ohje:
Käyttäjää tarkastetaan, että suunnittelijan "alkuperäinen" henkilöämäärä vastaa käyttäjän omia rakennuslupakäytäntöjä. Puuttuvat tiedot voi täydentää "muu, mikä?" -kohtien alle sisällyttämällä.
Taulukosta selviää myös milloin on otettava huomioon sisällyttämällä (rakennuslupa, LVI-suunnitelma, käyttö).
Sisällyttämällä S2 ja S3 sisällyttämällä on avattu oikeus ottaa huomioon kuvissa.

Kommentit:

Käyttäjät:

Tilaaja:



Kuva 1.3.1 Operatiivisen lämpötilan tavoitearvot. Tummennettu alue kuvaa kyseisen luokan tavoitearvoaluetta (tavoitelämpötila + sallittu poikkeama).

LIITE 3

Huittisten liikuntahalli leikkaus B-B lopullinen suunnitelma ilmanjaon suhteen.
(Mikko Uotila, Arkkitehtisuunnittelu Mikko Uotila 2016)

