

Paremmen sisäilmaston tavoittaminen

Senaatti-kiinteistöjen omistama koulurakennus

Jonny Vilén

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Hajautetut energiajärjestelmät
Tunnistenumero:	4566
Tekijä:	Jonny Vilén
Työn nimi:	Paremmen sisäilmaston tavoittaminen
Työn ohjaaja (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Toimeksiantaja:	Taltec Oy
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Opinnäytetyön aiheena on sisäilmasto ja tämän luokitusten tavoittaminen. Hyvän sisäilmaston vaatimus on yleistynyt, kun ihmiset viettävät yhä enemmän aikaa sisätiloissa. Viihtyvyyden parantaminen on ajankohtaista. Koska aihe on niin laaja, työssä ei ole mainittu mittausten menetelmiä eikä teoreettisesti miten mikrobikasvuston aiheuttamat ja muut rakenneauriot syntyvät.</p> <p>Tavoitteena on antaa lukijalle laajempi käsitys ja ymmärrys sisäilmaston määritelmästä. Selittää miksi ei voi keskittyä pelkästään yhteen osa-alueeseen vaan että kaikkiin osa-alueisiin on panostettava jos tavoitteena on hyvän laatuinen sisäilmasto. Lukija saa tämän opinnäytetyön luettuaan tietää monesta ohjearvosta eri sisäilmastoluokituksille.</p> <p>Tutkimustyönä oli Senaatti-kiinteistöjen omistaman koulurakennuksen sisäilmaston tutkiminen. Tavoitteena oli nykytilanteen selvittäminen ja ongelmien ymmärtäminen. Tutkimuksissa ongelma selvisi sekä mittaamalla olosuhteita kohteessa että tarkastelemalla olemassa olevat LVI-suunnitelmat. Lopulliset ongelmat selvisivät simuloimalla nykytilanne IDA ICE -ohjelmalla. Ratkaisua etsittiin simuloimalla sisäilmasto-olosuhteet eri kuormitustilanteissa ja lopulta löytyi ratkaisu ongelmalle ja sen korjaus onnistuisi pitkälti pelkän säätötyön tekemisellä. Jos säädöllä ei päästä haluttuihin tuloksiin on oppitunnit järjestettävä siten ettei suositeltu maksimi henkilömäärä ylitä.</p>	
Avainsanat:	sisäilmasto, Taltec Oy, simulointi, ilmanvaihto
Sivumäärä:	40+13
Kieli:	suomi
Hyväksymispäivämäärä:	21.5.2014

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Distribuerade energisystem
Identifikationsnummer:	4566
Författare:	Jonny Vilén
Arbetets namn:	Paremman sisäilmaston tavoittaminen
Handledare (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Uppdragsgivare:	Taltec Oy
Sammandrag:	
<p>Examensarbetet behandlar inomhusklimat och hur en bättre inomhusklimatsklassificering kan uppnås. När människan vistas allt mer inomhus, har det blivit mer allmänt att satsa på ett bra och fungerande inomhusklimat i fastigheter. Ämnet behandlar så många olika saker därför är arbetet begränsat i de vanligaste faktorerna inom inomhusklimatet och går inte in på teorin hur det kan uppstå fuktskada eller olika slags bakterieväxt.</p> <p>Som mål var att läsaren får en mer klar bild och förståelse av inomhusklimatets definiering. Samt ge en förklaring till varför det inte bara skall koncentreras på en del som gör ett bättre inomhusklimat, utan en blandning av alla faktorer. Läsaren får veta om många olika börvärden som är bestämda för olika inomhusklimatsklassificeringar.</p> <p>Som undersökningsarbete var inomhusklimatets undersökning i en skolbyggnad som ägs av Senatfastigheterna. Som mål var att ta reda på inomhusklimatet skolan har för tillfället och att förstå problemet som finns i skolbyggnaden. Problemet hittades med att göra olika mätningar av fastigheten samt undersökning om VVS-planerna är lämpliga för ändamålet. De slutliga problemen hittades sedan med att simulera fastigheten med IDA ICE – programmet. Lösningen söktes med att simulera olika scenarion av inomhusklimatet och löstes med att en justering av luftmängderna som tillförs till klassrummen skulle räcka. Om inte tillräcklig luftmängd får ändamålen uppnås, bör lektionerna ordnas så att inte den maximala mängden elever överskrids.</p>	
Nyckelord:	inomhusklimat, Taltec Oy, simulering, ventilation
Sidantal:	40+13
Språk:	finska
Datum för godkännande:	21.5.2014

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Distributed energy systems
Identification number:	4566
Author:	Jonny Vilén
Title:	Paremmen sisäilmaston tavoittaminen
Supervisor (Arcada):	Jarmo Lipsanen
Commissioned by:	Taltec Oy
<p>Abstract:</p> <p>The degree thesis is about indoor climate and how a better indoor climate classification can be achieved. Humans spend more time indoor nowadays so it have become more common to improve the quality of the indoor climate in building of different facilities or houses. The topic is so wide so this thesis is only about the main factors of defining a good and well planned indoor climate. The thesis does not contain any theoretical information of condense or bacterial growth in the constructions.</p> <p>The goal with the work was to give the reader a wider and a clearer understanding in how to define a good indoor climate. Also how important it is to concentrate on all the factors together and not just one. After reading this thesis the reader will know about many target values you should reach in different indoor climate classifications.</p> <p>As a research study there was investigating the indoor climate conditions in a school-building owned by Senate properties. The goal was to investigate the conditions they have at the moment and trying to understand the problems. The problem was found by doing measurements and investigating the suitability of the HVAC-plans done for the facility. The final problem was found during a simulation of the target building with IDA ICE- software. The results of different simulations of different scenarios gave a solution that adjusting new air flows to the classrooms would give better conditions. And to those classrooms it is impossible to reach the wanted value have to do some rearranging in the lectures so the maximal amount of students planned for the purpose is not exceeded.</p>	
Keywords:	indoor climate, Taltec Oy, simulation, ventilation
Number of pages:	40+13
Language:	finnish
Date of acceptance:	21.5.2014

SISÄLTÖ

KUVAT	6
TAULUKOT & KAAVAT	6
1 JOHDANTO	8
2 SISÄILMASTO	9
2.1 Sisäilmaston määrittäminen.....	9
2.2 Sisäilmaston luokitukset	10
2.3 Sisäilmaston vaikutukset	12
2.3.1 Vaikutukset rakenteisiin.....	12
2.3.2 Terveysvaikutukset.....	13
2.3.3 Vaikutukset työntekoon ja taloudellisuuteen	13
2.4 Rakennusvaiheessa huomioon otettavat asiat sisäilmastoluokitusten tavoittamiseen	14
2.4.1 Puhtausluokitukset	14
2.4.2 Rakennusmateriaalien päästöluokitus.....	16
3 ILMANVAIHTO.....	17
3.1 Painovoimainen ilmanvaihto.....	17
3.2 Koneellinen poistoilma	18
3.3 Koneellinen tulo- ja poistoilma.....	19
3.3.1 Ilmanvaihdon ohjearvot	20
4 SISÄILMASTON MUUTTUJAT	20
4.1 Lämpötila	21
4.2 Kosteus.....	24
4.3 Melu.....	26
4.4 Valaistus	27
4.5 Ihminen.....	28
4.5.1 MET.....	29
5 SENAATTI-KIINTEISTÖJEN OMISTAMA KOULURAKENNUS	30
5.1 Lähtötiedot.....	30
5.2 Mittaukset	30
5.3 Simulointi & Laskelmat	33
5.3.1 Simuloinnit IDA ICE-ohjelmalla	33
5.3.2 Laskelmat	36
5.4 Parannusehdotukset	37
6 PÄÄTELMÄT	39

LÄHTEET	40
LIITTEET	41
LIITE 1. RAMIAIR MITTAUSPÖYTÄKIRJA	41
LIITE 2. ILMAMÄÄRIEN VERTAILU	42
LIITE 3. SVENSKT REFERAT AV EXAMENSARBETE	43
LIITE 4. RakMk D2 ohjeavot	47

KUVAT

Kuva 1. Suorituksen huononeminen lämpötilan muuttuessa.....	13
Kuva 2. Ilmatermien nimet.....	17
Kuva 3. Painovoimaisen ilmanvaihdon periaatekuva.....	18
Kuva 4. Koneellisen poistoilmanvaihdon periaatekuva	19
Kuva 5. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto periaatekuva.	19
Kuva 6. Ilmanvaihtokone	20
Kuva 7. Työn vaatima lämpötila	21
Kuva 8. Vetokäyrät.....	22
Kuva 9. Lämpötilat S-luokissa	23
Kuva 10. Vesimäärä ilmassa	24
Kuva 11. Ihannealueelta poistumisesta lisääntyvät riskit.....	24
Kuva 12. Esimerkkejä tapauksista missä ihminen voi tuntea vetoa	28
Kuva 13. Ilmamäärävertailu	32
Kuva 14. 3D-malli koulusta IDA ICE ohjelmassa	33

TAULUKOT & KAAVAT

Taulukko 1. Ilman epäpuhtauksien tavoitearvot.....	11
Taulukko 2 Rakennustöiden sallitut pölykertymät	14
Taulukko 3. Eri lämpötilojen ohjearvoja	22
Taulukko 4. Mittausten tulokset	31
Taulukko 5. Simuloinnin tulokset	34
Taulukko 6. Simulointi ilman sälekaihtimia.....	35
Taulukko 7. Simulointi uusilla ilmamäärillä	37
Kaava 1. Ilmaolosuhteiden vertailu	38

ALKUSANAT

Opinnäytetyöni aiheesta keskusteltiin vähän aloittamiseni Taltec Oy:ssä jälkeen kesällä 2013. Menimme tutkimaan sisäilman laatua yhteen Senaatti-kiinteistöjen omistamaan koulurakennukseen, saatuamme valituksen sisäilman laadusta oppituntien aikana. Tartuin mahdollisuuteen ja mielestäni tästä saataisiin ihan hyvä paketti opinnäytetyöksi.

Ymmärrystä ja kokemusta alasta minulla oli erittäin vähän joten alussa tuntui hieman haastavalta tehtävältä mutta tiedon ja kokemuksen lisääntyessä alkoivat työt sujua paremmin.

Ennen työn aloittamista oli perehdyttävä sisäilmaston tekijöihin, mittaus menetelmiin ja yleisesti rakentamismääräyksiin.

Haluan kiittää Taltec Oy:tä, tämän toimitusjohtajaa Tapani Muttosta mahdollisuudesta tehdä opinnäytetyö tällaisesta ongelmasta, ja muita työntekijöitä töihin perehdyttämisestä.

Helsingissä 21. toukokuuta 2014

Jonny Vilén

1 JOHDANTO

Nykypäivänä kun rakennukset ovat tiiviitä ja sisätiloissa vietetään suurin osa päivästä, on toimiva ja hyvänlaatuinen sisäilmasto välttämätöntä. Sisäilmasto on ajankohtainen aihe nykypäivän sekä korjaus- ja uudisrakentamisessa.

Sisäilmasto-ongelmat ovat hankalia käsittää koska ne ovat usein yksilöllisiä koska ihmisillä on erilaiset vaatimukset ja tunteet. Tämä vaikeuttaa tutkimusta siten että yksi ihminen voi tuntea oireilua kun taas toiset eivät tunne mitään poikkeavaa. Noin 10–20 % ihmisistä voi sitä paitsi ilmoittaa monenlaisista rakennukseen liittyvistä oireista, vaikka niitä ei olisi olemassakaan.

Opinnäytetyö perustuu kirjallisuustutkimuksesta ja sen soveltaminen kohteen tutkimiseen ja analysoimiseen. Tutkimuskohteena on Senaatti-kiinteistöjen omistaman koulurakennuksen sisäilmaston tutkiminen ja mahdollisten ongelmien korjaus-ratkaistu. Työssä on tarkoitus selittää lukijalle sisäilmaston tärkeys sekä ihmisille että rakennukselle. Kaikkia osa-alueita sisäilmaston heikentämisestä ei ole tässä työssä katettu. Koska tarkoitus oli koulun sisäilmaston parantaminen ilman laadun kannalta, on tässä työssä keskitetty ilmanvaihtoon ja muihin ylellisiin tekijöihin kuten esimerkiksi lämpötilaan ja kosteuteen.

Työ tehdään Taltec Oy:n alaisuudessa joka on LVIA-alan suunnitteluun ja rakennuttamiseen keskittyvä yhtiö. Palvelut on suunnattu erityisesti erilaisille erikoiskohteille kuten vankilat, sairaalat ja laboratoriot.

2 SISÄILMASTO

2.1 Sisäilmaston määrittäminen

Sisäilmastolla tarkoitetaan sisätilojen hengitettävissä olevaa ilmaa, mutta myös muut viihtyvyyteen vaikuttavat tekijät. Näistä on tehty tutkimuksia ja todettu optimaaliset olosuhteet mihin tulisi pyrkiä suunniteltaessa kiinteistöjä. Sisään hengitettävä ilma koostuu eri kaasuista, eniten typestä (78 %), hapestä (21 %) ja muista kaasuista (Argon <1 %). Typpi ja happi ovat ns. puhtaita kaasuja ja muut kaasut tai hiukkaset ovat ihmisten tai rakenteiden muodostamia epäpuhtauksia. Nämä epäpuhtaudet ovat mm. aldehydit, ammoniakki, formaldehydit, haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC), hiilidioksidi, homeet, huonepöly, otsoni, polysykliset aromaattiset hiilivety yhdisteet (PAH), radon, rikkioksidi, styreeni, typen oksidit ja tupakan savu. Haihtuvat orgaaniset yhdisteet ovat usein peräisin kemikaaleista kuten esim. glykolista ja alkoholista. PAH-yhdisteet syntyvät epätäydellisen palamisen seurauksena esim. pakokaasuista ja tupakasta.

Myös ulkoilman laadulla on suuri vaikutus sisäilman laatuun, rakennuksen paikalla ja sen ympärivällä toiminnalla on tietysti suora vaikutus puhdistettavaan sisään otettavaan ilmaan ja täten sisäilmaston laatuun. Jos rakennus sijaitsee lähellä teollisuutta tai vilkasta liikennettä, on haasteellisempaa saavuttaa puhdas sisäilmasto kuin jos rakennus sijaitsee maaseudulla.

Muut viihtyvyyttä koskevat tekijät ovat kosteus, lämpötila, melu, säteily, valaistus ja ilman liike. Vaikka ilmanvaihdon on oltava tarpeeksi suuri, niin ilma ei saa liikkua liian nopeasti että syntyy vedon tunne. Tämän tunteen ihmiset kokevat epämukavana ja siksi tämä on tärkeää ottaa huomioon jo suunnittelussa.

Nykyään sekä uudis- että korjausrakentamisessa panostetaan hyvän sisäilmaston tavoittamiseen. Hyvällä sisäilmastolla ei taata vain parempaa käyttömukavuutta vaan myös paremmat lähtökohdat energiatehokkuudelle, rakenteiden kestävyydelle ja käyttäjien terveydelle.

Rakennustavalla ja rakennusmateriaalien valinnalla on myös suuri vaikutus lopputulokseen. Vaikuttavia tekijöitä rakenne- ja rakennussuunnittelussa ovat esimerkiksi:

- Tilojen sijoittelu, tarkoittaen sitä että kaikki tilat jotka ovat ilmalaadultaan likaisia kuten WC:t, autotallit, ravintolat, jätehuoneet ja vastaavat sijoitetaan erilleen muista tiloista jolloin minimoidaan likaisen ilmavirran sekoittumista muiden tilojen puhtaan ilman kanssa.
- Ilmanpitävyys, tarkoittaen rakennuksen tiiveyttä, on tärkeää rakennusvaiheessa huomioida aukkojen ja saumojen tiivistäminen, estäen vuotoilman.
- Rakennusmateriaalin valinta on tehtävä sopivan päästöluokitusten mukaisesti.
- Rakenteet on suojattava mahdolliselta ulkoiselta kosteudelta.

(Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet 2007, Rakennuksen sisäilmasto 1995, Sisäilmastoluokitus 2008)

”2.1.1. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto.” (RakMk D2 2012)

2.2 Sisäilmaston luokitukset

Sisäilmayhdistys Ry ja rakennusalan järjestöt ovat määritelleet eri luokkia sisäilmastoluokat sisäilmaston laadun määrittämiseksi. Nämä luokitukset ovat olleet olemassa vuodesta 1995 lähtien. Uusin ja tämänhetkinen käytettävä versio on *Sisäilmastoluokitus 2008*. Nämä luokitukset ovat jaettu kolmeen eri luokkaan paremmasta huonompaan S1, S2 ja S3 joista S3 vastaa ympäristöministeriön laatimia *Suomen Rakentamismääräyskoelma D2 (2012) Sisäilmasto ja ilmanvaihto* ohjearvoja.

”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 hyvät valaistusolosuhteita tukemassa yksilöllisesti säädettävä valaistus.”

”S2: Hyvä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu on hyvä eikä tiloissa tai rakenteissa ei ole ilman laatua heikentäviä vaurioita tai epäpuhtauslähteitä. Lämpöolot ovat hyvät. Vetoa ei yleensä esiinny, mutta yllämpeneminen on mahdollista kesäpäivinä. Tiloissa on niiden käyttötarkoitukseen mukaiset hyvät ääni- ja valaistusolosuhteet.”

”S3: Tyydyttävä sisäilmasto

Tilan sisäilman laatu ja lämpöolot sekä valaistus- ja ääniolosuhteet täyttävät rakentamismääräysten vähimmäisvaatimukset.”

(Sisäilmastoluokitus 2008, s.4)

Taulukko 1. Ilman epäpuhtauksien tavoitearvot (Sisäilmastoluokitus 2008)

	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus (ppm)	<750	<900	<1 200
Radonpitoisuus (Bq/m ³)	<100	<100	<200
Olosuhteiden pysyvyys (% käyttöajasta)			
- toimi- ja opetustilat	95 %	90 %	
- asunnot	90 %	80 %	

Sisäilmastoluokitusta ei ole kuitenkaan tarkoitettu rakennuksen terveellisyyden arvioinnissa, vaan arviointiin on syytä käyttää esimerkiksi sosiaali- ja terveysministeriön laatimaa *Asumisterveysohjetta (KH STM-10391)*.

(Sisäilmastoluokitus 2008, Rakennuksen sisäilmasto 1995)

2.3 Sisäilmaston vaikutukset

2.3.1 Vaikutukset rakenteisiin

Kosteusvaurioiden syntymisen estämisellä rakenteissa on huomattava merkitys sisäilma laatuun. Jos rakenteet keräävät kosteutta voi tämä saada aikaan paljon tuhoa ja terveys-haittoja. Homeet ja muut mikro-organismit tarvitsevat kosteutta ja oikean lämpötilan kas-vun mahdollistamaksi. Sopiva lämpötila ja pitkäaikainen suuri kosteus voi edellyttää myös kemiallisia reaktioita materiaaleissa tai niiden osa-aineissa.

Materiaalin hajoamisreaktiot voidaan usein tunnistaa tunkkaisesta ja kellarimaisesta ha-justa, betonirakenteisiin voi syntyä värimuutoksia.

Kosteusvauriot johtuvat yleensä suunnitteluvirheistä tai suunnitelmien puutteesta kuin myös tehdyistä virheistä rakentamisessa, käyttövirheistä tai huollon puutteesta. Jos ha-vaitaan kosteusvaurioita, on kosteusvaurioiden syy selvitettävä ennen korjaussuunnitel-man laatimista. Vesivahingoista syntyy aina jonkinlainen kosteusvaurio mikä tarvitsee toimenpiteitä.

(Kosteus rakennuksissa 1999, Asumisterveysohje 2004)

Näiden syntymisen estämiseksi tulee ottaa huomioon mm.:

- Että sade- tai hulevedet eivät pääse rakenteisiin
- Tehokas salaojitus jotta maaperäkosteus ei pääse alapohja rakenteisiin
- Rakennus ja LVI-tarvikkeet oltava kuivia rakennusvaiheessa
- Kylmäsillat eivät saa aiheuttaa haitallista kondensoitumista
- Märkätilojen vesieristys
- Märkätilat suunniteltava niin ettei vesi jää seisomaan
- Lattialämmitys suositeltavaa märkätiloissa
- Ilman suhteellinen kosteus ei saa aiheuttaa vesihöyryä joka tiivistyy riskialttiille pinnoille kuten ikkunoihin

(Rakennuksen sisäilmasto 1995)

Ylipaineinen ilmanvaihtojärjestelmä työntää kaikki tilan epäpuhtaudet ja kosteuden ra-kenteisiin ja tämä saattaa aiheuttaa erilaisia vaurioita rakenteisiin.

2.3.2 Terveysvaikutukset

Ihmisille on nykypäivänä erittäin tärkeää että he viihtyvät sisätiloissa koska he viettävät suurimman osan ajasta sisätiloissa. Huonolla sisäilman laadulla ihminen alistuu helpommin viruksille ja bakteereille. Oireet eivät ole vain fyysisiä vaan voivat myös vaikuttaa psyykkisesti ihmisten mielialaan esimerkiksi väsymys voi nopeasti johtaa masennukseen ja aikaansaamattomuuteen.

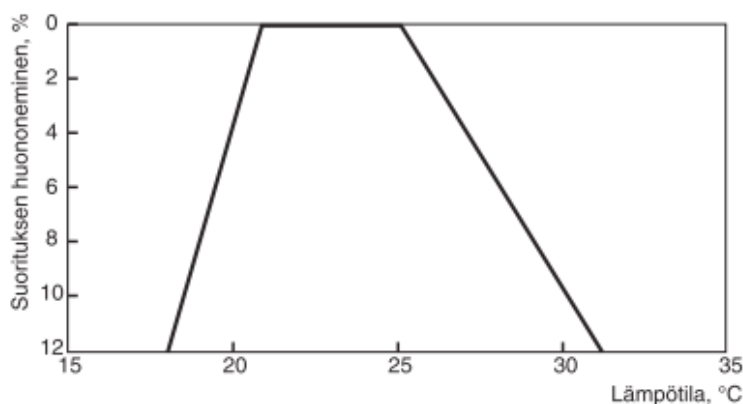
Huonolla sisäilmastolla voi ilmetä ns. Sairas rakennus – syndrooma (engl. sick building syndrome) josta syntyy ihmiselle oireita. Maailman terveysjärjestön (WHO) tavallisimmat määrittelemät oireet ovat suurimmaksi osaksi ärsytystä eri elimissä (silmien, nenän, kurkun ja nielun). Muita oireita ovat mm. päänsärky, huimaus, pahoinvointi ja väsymys. Tämä oireyhtymä alkoi ilmetä n. 1975 ulkomailla uusissa julkisissa rakennuksissa. WHO määritteli nämä oireet jo vuonna 1982.

(Rakennuksen sisäilmasto 1995)

2.3.3 Vaikutukset työntehoon ja taloudellisuuteen

Jos sisäilma on huonolaatuista, ihminen tuntee väsymystä ja työteho laskee. Tästä on tehty lukuisia tutkimuksia ja todettu optimaaliset olosuhteet missä ihminen toimii ja viihtyy parhaiten. Lämpötilan muutos optimaalisesta lämpötilasta (21–25 °C) huonontaa ihmisen suorituskykyä n. 2 %/°C (kts. Kuva 1). Huonolla viihtyvyydellä ei lasketa vain työtehoa vaan sillä myös lisätään sairastumisen riski ja tämä sitten vähentää työn tekemistä.

(Rakennuksen sisäilmasto 1995, Sisäilmastoluokitus 2008)



Kuva 1. Suorituksen huononeminen lämpötilan muuttuessa (LVI 05-10417 s.3)

2.4 Rakennusvaiheessa huomioon otettavat asiat sisäilmastoluokitusten tavoittamiseen

Suunnitteluvaiheessa on tärkeää huomioida halutun sisäilmaluokituksen tavoittamiseen liittyvät asiat jotta rakennusvaiheessa työt ovat suunnitelman mukaisia. Rakennusvaiheet koostuvat eri jaksoista jolloin eri työtehtävät tehdään. Sisäilmaston kannalta tärkein näistä vaiheista on että rakenteiden annetaan kuivua tarpeeksi kauan ja että ilmanvaihtoasennukset tehdään oikeaan aikaan.

2.4.1 Puhtausluokitukset

Rakennustöille on määritetty eri puhtausluokitukset, nämä ovat määritetty että pystyttäisiin varmistamaan rakennuskohteen puhtaus luovutusvaiheessa. Kun rakennus luovutetaan tilaajalle, tulee tilojen olla niin puhtaita että se voidaan ottaa käyttöön heti luovutuksen jälkeen. S1 ja S2 sisäilmastoluokituksen tavoittamiseen seurataan puhtausluokka P1 ohjeita, pyrittäessä luokkaan S3 on seurattava P2-luokan ohjeita eli normaalia hyvän rakentamisen käytäntöä.

Taulukko 2 Rakennustöiden sallitut pölykertymät. Puhtausluokitus P1

Tarkastusajankohta	Arvioitavat pinnat	Pölykertymä %
Ennen ilmanvaihdon toimintakokeita	- Alakaton yläpuoli	5,0
	- Pinnat yli 180 cm korkeudella	
	- Pinnat alle 180 cm korkeudella (pl. lattiapinnat)	
Ennen rakennuksen luovutusta	- Pinnat (pl. lattiapinnat)	1,0
	- Lattiapinnat	3,0

Ilmanvaihtotuotteiden puhtausluokitukset ovat seuraavat:

P1 vaatimukset

- Tuloilmakanavat ja kanavaosat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.

- Tiivistemateriaaleina käytetään rakennusmateriaalien päästöluokkaan M1 ja M2 luokiteltuja tai muuten emissioiltaan alhaisiksi tunnettuja materiaaleja.
- Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään $0,7 \text{ g/m}^2$ suodatinmenetelmällä (Pasanen et. al. 1999) mitattuna tai visuaalisesti arvioituna (Narvanne 2001).
- Laitoksessa ei käytetä palautusilmaa lukuun ottamatta vain yhtä tilaa tai asuntoa palvelevia ilmanvaihtokoneita.
- Tuloilmassa ei saa käyttää hajusteita.
- Ilmanvaihtokoneiden tuloilmapuolelle asennetaan kaksiportainen suodatus. S1-luokassa käytettävä on suodatusluokkaa F8 ja S2-luokassa F7. Hiukkaslähteiden (esim. vilkkaat liikenneväylät) alle 150 metrin läheisyydessä on S1- ja S2-luokkaa tavoitellessa käytettävä yhtä tehokkaampaa suodatusluokkaa.

P2 vaatimukset

- Tuloilmakanavat on tehty puhtausluokitelluista ilmanvaihtotuotteista tai työmaalla vastaavaan tasoon puhdistetuista muista tuotteista.
- Luovutusvalmiin ilmanvaihtojärjestelmän sisäpinnan pölykertymän keskiarvo saa olla enintään $2,5 \text{ g/m}^2$ suodatinmenetelmällä (Pasanen et. al. 1999) mitattuna tai visuaalisesti arvioituna (Narvanne 2001)
- Laitoksessa saa käyttää puhtaudeltaan samanarvoisten tilojen poistoilmaa palautusilmana. Palautusilma on suodatettava tuloilman suodatusta vastaavalla puhtausluokitellulla suodattimella.
- Tuloilmassa ei saa käyttää hajusteita.
- Ilmanvaihtokoneiden tuloilmapuolelle asennetaan kaksiportainen suodatus joka vastaa suodatusluokkaa F6.

(Sisäilmastoluokitus 2008)

2.4.2 Rakennusmateriaalien päästöluokitus

Materiaaleille sekä rakennus- että sisustusalalla on määritelty päästöluokat, tämä perustuu siihen miten paljon materiaalin emissio on. Päästöluokituksia on kolme, paremmasta huonompaan M1, M2, M3 ja testaamattomat materiaalit. Jos käytetään esimerkiksi M2-luokan materiaalia mutta pinnoitetaan se M1-luokan pinnoitteella, pysyy materiaali M2-luokituksella kunnes materiaali on todettu M1-luokitukseen emissiotestauksen perusteella. M3-luokkaan kuuluu ne materiaalit jotka eivät täytä M2-luokan vaatimuksia.

Luokan M1 vaatimukset:

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio $< 0,2 \text{ mg/m}^2\text{h}$. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin (H_2CO) emissio $< 50 \text{ }\mu\text{g/m}^2\text{h}$.
- Ammoniakin (NH_3) emissio $< 30 \text{ }\mu\text{g/m}^2\text{h}$.
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden (WHO 1987) emissio on $< 5 \text{ }\mu\text{g/m}^2\text{h}$ (ei koske formaldehydiä).
- Materiaali ei haise, hajun hyväksyttävyyys kouluttamattomalla paneelilla arvioituna on yli 0,1
- Laastit, tasoitteet ja siloitteet eivät sisällä kaseiinia.

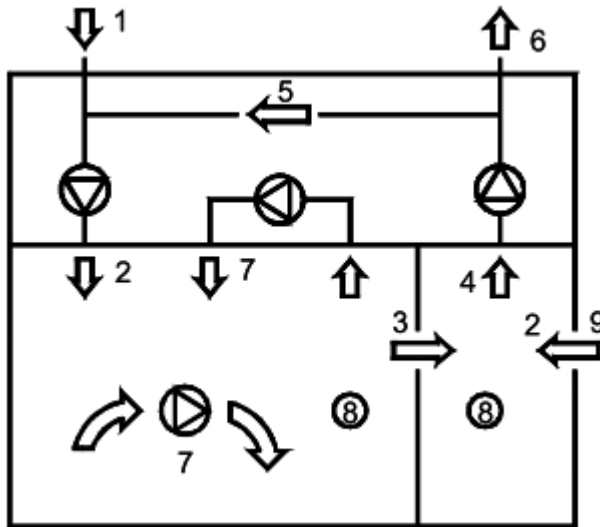
Luokan M2 vaatimukset:

- Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaisemissio $< 0,4 \text{ mg/m}^2\text{h}$. Yhdisteistä on tunnistettava vähintään 70 %.
- Formaldehydin (H_2CO) emissio $< 125 \text{ }\mu\text{g/m}^2\text{h}$.
- Ammoniakin (NH_3) emissio $< 60 \text{ }\mu\text{g/m}^2\text{h}$.
- IARC:n luokittelun mukaisten luokkaan 1 kuuluvien karsinogeenisten aineiden (WHO 1987) emissio on $< 5 \text{ }\mu\text{g/m}^2\text{h}$ (ei koske formaldehydiä).
- Materiaali ei haise, hajun hyväksyttävyyys kouluttamattomalla paneelilla arvioituna on yli 0,1.

(Sisäilmastoluokitus 2008)

3 ILMANVAIHTO

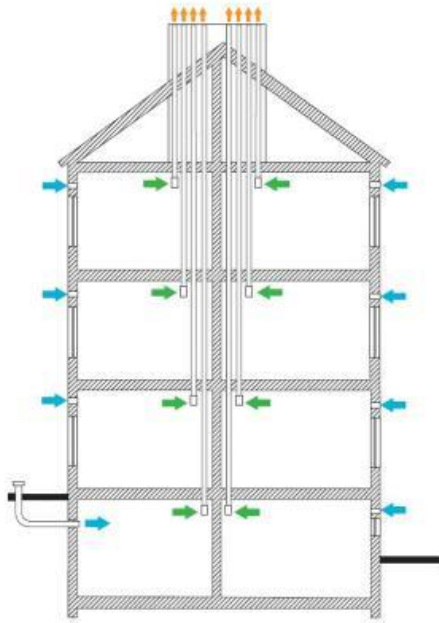
Ilmanvaihto on oleellinen tekijä sisäilmasto luokitusten tavoittamiseen. Suunnitellessa ilmanvaihtoa, on tärkeä muistaa että sisätilaan syntyvä ilmannoisuus on raja-arvojen sisällä. Ilmanvaihdolla varmistetaan ihmisten aiheuttamien epäpuhtauksien poisto sisäilmasta.



Kuva 2. Ilmatermien nimet: 1.ulkoilma, 2.tuloilma, 3.sieroilma, 4.poistoilma, 5.palautusilma, 6.jäteilma, 7.kierrätysilma, 8.sisäilma, 9.ulkoilma (korvausilma) (RakMk D2 2012 s.4)

3.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Kun ei käytetä minkäänlaista mekaanista vaihtoehtoa kiinteistön sisäilman vaihtumisen varmistamiseksi, kutsutaan tätä menetelmää painovoimaseksi tai luonnolliseksi ilmanvaihdoksi. Energiataloutta ja sisäilmaston hallintaa katsoen, tämä vaihtoehto ei ole kannattava. Periaate menetelmässä on että kylmä ulkoilma johdetaan sisätilaan joko tuuletusaukoilla, tuuletusikkunoista tai pahimmassa tapauksessa rakenteiden huonosta tiiveydestä johtuvasta vuotoilmasta. Tämä menetelmä perustuu paine-eroon sisä- ja ulkoilman välillä jolloin ilma kulkee oikeaa reittiä. Korvausilma otetaan sisään tilaan jossa se lämmityskaudella lämpenee. Lämpenemisen jälkeen ilma poistuu kiinteistön hormin kautta takaisin ulkoilmaan. Tämä menetelmä toimii paremmin talvisin kuin kesäisin.

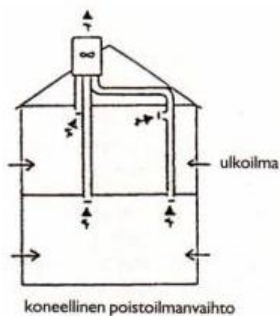


Kuva 3. Painovoimaisen ilmanvaihdon periaatekuva.

(http://www.rakennusperinto.fi/Hoito/Korjaus_artikkelit/fi_FL/Painovoimaisen_ilmanvaihdon_tehostaminen_asuin-kerrostaloissa/ haettu 3.5.2014)

3.2 Koneellinen poistoilma

Koneellinen poistoilma periaate on lähellä painovoimaista ilmanvaihtoa, mutta tässä kiinteistöstä poistettava jäteilma on tehostettu erillisellä poistoilmakoneella joka sijaitsee yleensä kiinteistön katolla, kone tunnetaan myös nimellä huippuimuri. Tällä menetelmällä varmistetaan alipaine huoneissa. Mutta on varmistettava että jostain saadaan riittävä korvausilma jotta sisätilat eivät jää liian alipaineiseksi. Jos huoneet jäävät liian alipaineiseksi niin sen huomaa asunnoissa mm. postiluukusta tuntuvalta vedolla tai että ulko-ovet ovat vaikeasti avattavissa. Käytettävissä on sekä ns. keskitetty tai asuntokohtainen poistoilma, Keskitetyssä monta asuntoa ovat kytketty samaan poistoilmakanavaan kun taas asuntokohtaisessa jokaisella asunnolla on ohjattavissa oleva oma poistoilmakone.

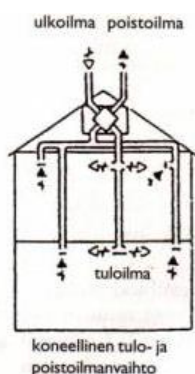


Kuva 4. Koneellisen poistoilmanvaihdon periaatekuva

(<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/ilmavirtaukset-rakennuksessa/> haettu 3.5.2014)

3.3 Koneellinen tulo- ja poistoilma

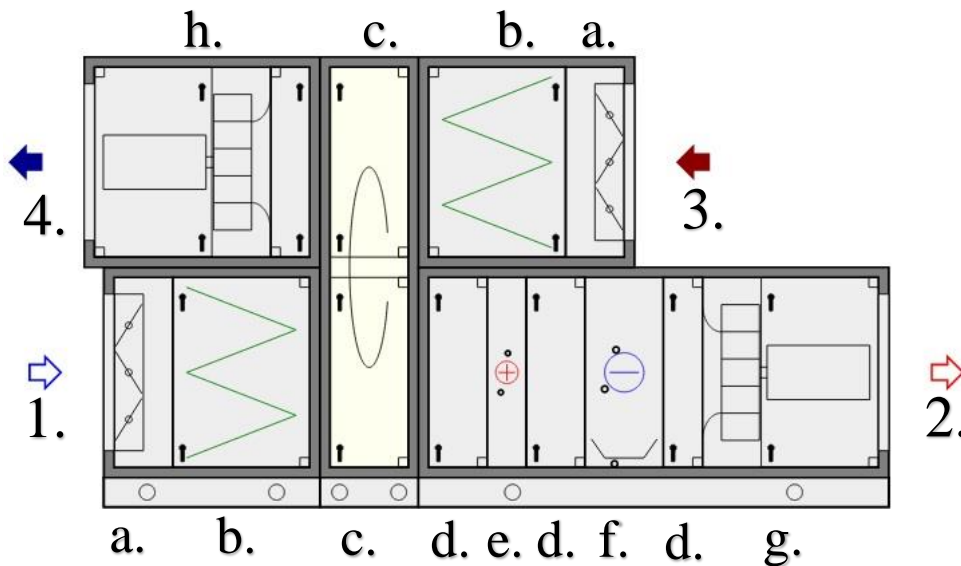
Koneellisella tulo- ja poistoilmavaihdolla voidaan hallita ilmanvaihdon määrää siten että kiinteistössä tavoitetaan haluttu ilmanvaihto. Tämä vuorostaan helpottaa halutun sisäilmastoluokituksen tavoittamisen. Järjestelmä toimii niin että ulkoilmaa johdetaan tilaan puhaltamalla se puhaltimella ilmanvaihtokanavia pitkin tilaan. Tilasta poistetaan ilmaa samalla periaatteella, asuntoihin suunnitellaan yleensä tulo/poisto suhteella 0.9 eli 10 % suurempi poistoilmavirta kuin tuloilmavirta, jotta varmistetaan pieni alipaine asunnossa. Ilmanvaihtojärjestelmät varustetaan yleensä lämmöntalteenotolla jolla hyödynnetään lämpö poistettavasta ilmasta siirtämällä se tuloilmaan ja täten esilämmitetään ilma ennen varsinaista lämmityspatteria.



Kuva 5. Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto periaatekuva.

(<http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/kosteusvauriot/kosteustekninen-toiminta/ilmavirtaukset-rakennuksessa/> haettu 3.5.2014)

Kuvassa 6 on esitetty periaatekuva yleisestä ilmanvaihtokoneesta. Nuolet osoittavat ilmavirtoja: 1.ulkoilma 2.tuloilma 3.poistoilma 4.jäteilma. Ilmanvaihtokoneen tavallisimmat komponentit ilmavirran kulkusuunnan mukaisesti ulkoilmasta tuloilmaan ja poistoilmasta jäteilmaan; a. sulkupelti, b. suodatin, c. lämmöntalteenotto, d. huoltoluukku, e. lämmityspatteri, f. jäähdytyspatteri, g. tuloilmapuhallin, h. poistoilmapuhallin.



Kuva 6. Ilmanvaihtokone (acon Fläktwoods)

3.3.1 Ilmanvaihdon ohjearvot

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa D2 on laadittu ohjearvoja minimi ilmamäärille eri tiloissa. Tämä on suunnittelussa soveltavissa oleva määräys mutta ilmanvaihtoa ei tule suunnitella määritettyjen ilmamäärien ohjearvojen alle. Yleensä tarvitaan n. 8-10 l/s henkilöä kohden että tilassa olisi viihtyisää oleskella. Ohjearvot liitteessä 4. (RakMk D2 2012, Sisäilmayhdistys Ry, Asumisterveysohje, Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto 2002)

4 SISÄILMASTON MUUTTUJAT

Hyvän sisäilmaston tavoittamiseen ei riitä pelkästään yhteen tekijään keskittymiseen vaan kaikilla tekijöillä on oleellinen osuus viihtyvyyteen. Sisäilman epäpuhtauksien poisto

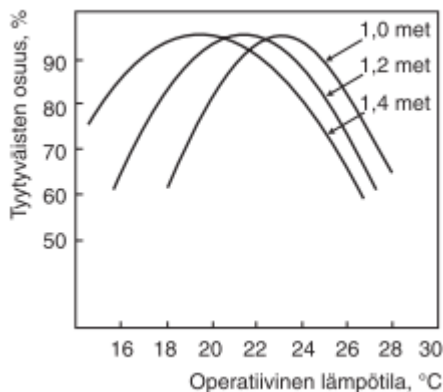
suoritetaan ilmanvaihdon avulla, mutta jäljelle jäävät muut viihtyvyyttä koskevat tekijät kuten esimerkiksi lämpötila, kosteus ja valaistus.

4.1 Lämpötila

Monet ihmiset valittavat huoneen lämpötilasta, on joko liian lämmintä tai liian kylmää eikä koskaan sopiva lämpötila. Liian lämmin huoneilma voi lisätä psyykkisiä oireita kuten hengitystieoireilua, keskittymiskyvyn alentamista, kuivuuden tunnetta ja väsymystä. On tutkittu että keskimäärin ihmisen tuntema ihanne lämpötila on 21 °C ja toimii tehokain tässä lämpötilassa. Vanhukset tarvitsevat yleensä korkeamman lämpötilan viihtyäkseen tilassa alhaisen aktiiviteettitason vuoksi, täten vanhusten hoitolaitoksiin suunnitellaan noin 2 °C lämpimämpi lämpötila. Kiinteistöissä olevat kylmät pesu- ja saunatilat eivät ainoastaan alenna asumisviihtyvyyttä vaan lisäävät myös kosteusvaurion ja mikrobikasvuston syntymisen riskiä.

Oikealla huonelämpötilalla edistetään sekä rakennuksen että käyttäjien terveyttä, lisätään tyytyväisyyttä ja täten työn tuottavuus paranee. Kuvassa esiintyvä met on kuvattu tämän dokumentin luvussa 4.5.1.

(Rakennuksen sisäilmasto 1995)



Kuva 7. Työn vaatima lämpötila (LVI 05-10417 s.3)

TI tarkoittaa lämpötila indeksiä ja se määritellään: $(\text{sisäpinnan lämpötila} - \text{ulkoilman lämpötila}) / (\text{sisäilman lämpötila} - \text{ulkoilman lämpötila}) * 100 (\%)$.

Taulukko 3. Eri lämpötilojen ohjearvoja

Asunto ja muu oleskelutila	välttävä taso	TI (%)	hyvä taso	TI (%)
Huoneilman lämpötila (°C) ¹⁾	18 ^{1) 2)}		21	
Operatiivinen lämpötila (°C)	18 ²⁾		20	
Seinän lämpötila (°C) ³⁾	16 ⁶⁾	81	18 ⁶⁾	87
Lattian lämpötila (°C) ³⁾	18 ^{2) 6)}	87	20 ⁶⁾	97
Pistemäinen pintalämpötila (°C)	11 ^{4) 6)}	61	12 ⁶⁾	65
Ilman virtausnopeus ⁵⁾	Vetokäyrä 3		Vetokäyrä 2	

Huoneilman lämpötila ei saa kohota yli 26 °C, ellei lämpötilan kohoaminen johdu ulkoilman lämpimyydestä. Lämmityskaudella huoneilman lämpötilan ei tulisi ylittää 23–24 °C.

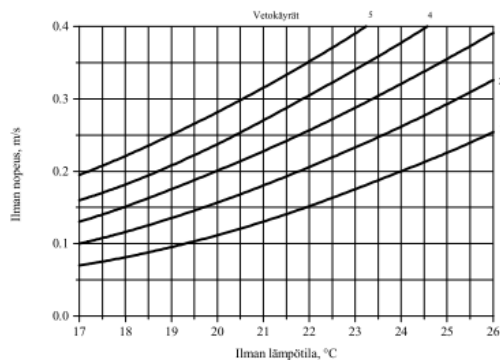
Palvelutaloissa, vanhainkodeissa, lasten päivähoitopaikoissa, oppilaitoksissa ja vastaavissa tiloissa huoneilman lämpötilan ja operatiivisen lämpötilan välttävä taso on 20 °C sekä lattian pintalämpötilan välttävä taso on 19 °C.

Keskiarvo standardin SFS 5511 mukaan määriteltynä, kun ulkoilman lämpötila on -5 °C ja sisäilman lämpötila +21 °C. Jos mittausolosuhteet poikkeavat vertailuolosuhteista, käytetään lämpötilaindeksiä.

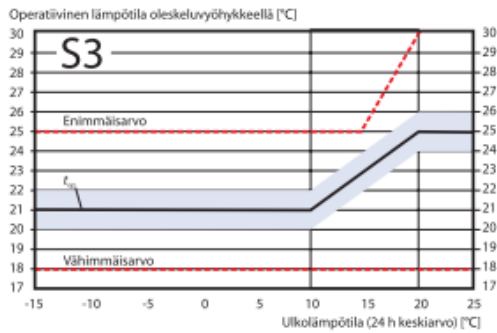
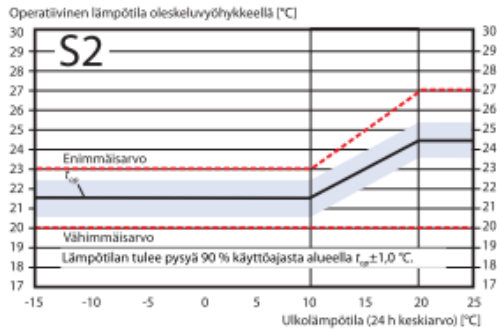
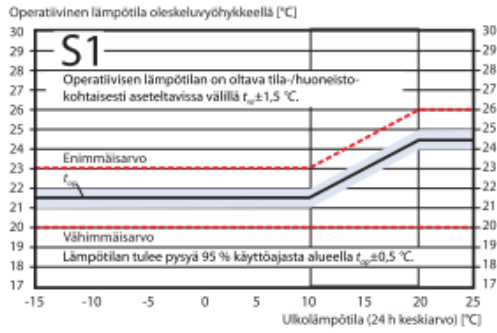
Lämpötilaindeksiä 61 % vastaava pistemäinen pintalämpötila. Lämpötilaindeksi on laskettu lämpötilaindeksin laskentakaavan mukaan vastaamaan 9 °C pintalämpötilaa (huoneilman lämpötila 21 °C ja suhteellista kosteutta 45 % vastaava kastepistelämpötila) kun ulkoilman lämpötila on -10 °C ja sisäilman lämpötila 21 °C. Ikkunan, seinänurkkien ja putkien läpiviennin alin hyväksyttävä pistemäinen pintalämpötila.

Ilman virtausnopeuden enimmäisarvo, joka määräytyy standardin SFS 5511 kuvan 8 vetokäyristä.

Taulukossa hyvän tason ohjearvot vastaavat uudisrakennuksia jotka ovat toteutettu voimassa olevien rakennusmääräysten mukaan. Välttävään tasoon törmätään usein vanhoissa rakennuksissa.



Kuva 8. Vetokäyrät. (RakMk D2 2012, liite 1 s.27)

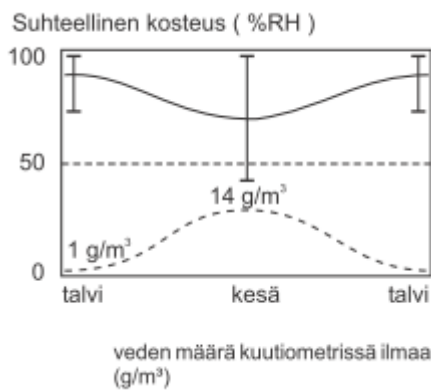


Kuva 9. Lämpötilat S-luokissa (RT 07-10946, s.6)

Kuvalla on selitetty sisäilman lämpötila-arvoja eri luokituksissa ulkoilmalämpötilan muuttuessa. Musta viiva joka on merkitty t_{op} (optimaalinen lämpötila) ja sen ympäröivää sinistä aluetta kuvaa lämpötilaa jonka sisällä on pysyttävä toimi- ja opetustiloissa luokassa S1 95 % ja S2-luokassa 90 % käyttöajasta. Asunnoilla vastaavat S1-luokassa 90 % ja S2-luokassa 80 %. S3- luokalle ei ole asetettu lämpötilan pysyvyys kriteeriä.

4.2 Kosteus

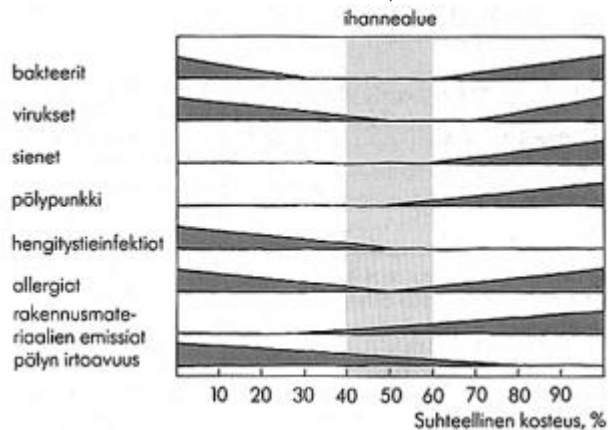
Kosteus huoneilmassa on vaikeasti hallitsevissa ja huoneilman kostuttamista tulee aina välttää jos vain mahdollista, syynä rakenteisiin kohdistuva kosteusrasite. Ulkoilman kosteuspitoisuus määrittää yleensä huoneilman kosteuden. Lämmityskaudella huoneilma tuntuu yleensä todella kuivalta koska pakkasilla ulkoilman vesisisältö on niin pieni vaikka suhteellinen kosteus taas suuri. Lämmittäessä sisäilmaa ilman vesisisältö pysyy samana mutta suhteellinen kosteus pienenee huomattavasti.



Kuva 10. Vesimäärä ilmassa (RT 05-10710 s.2)

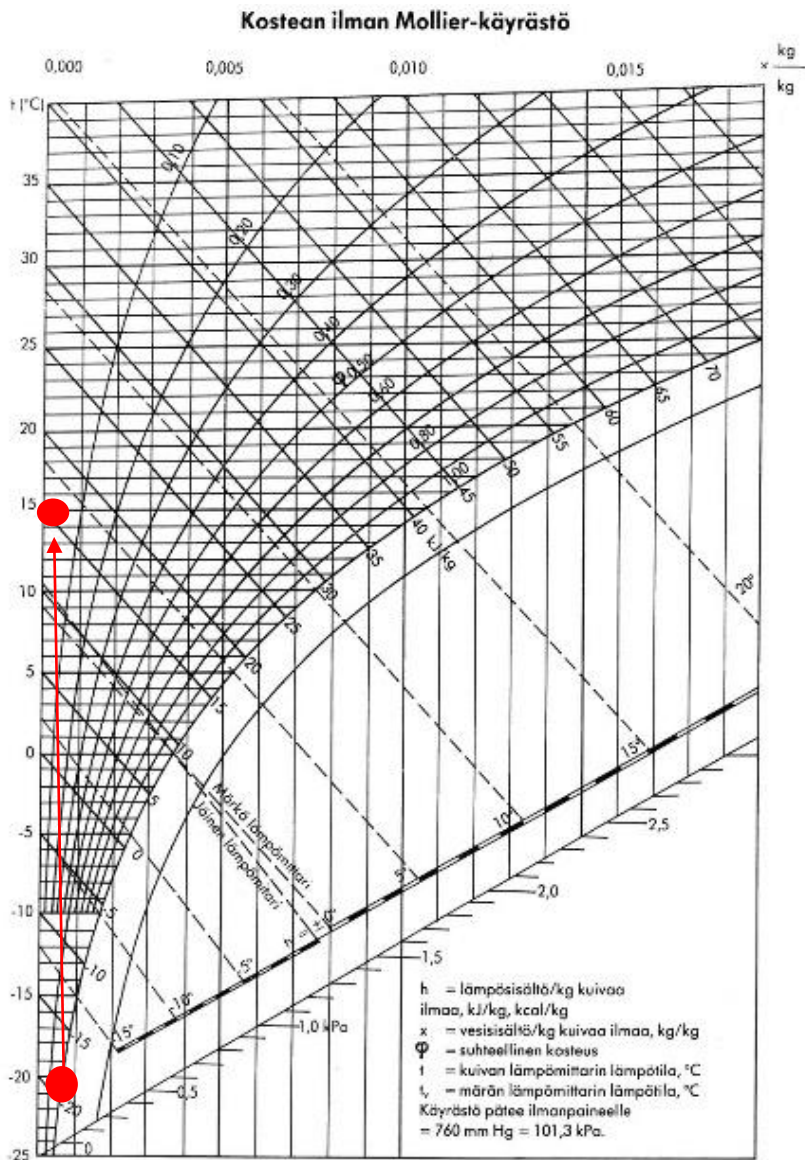
Ihminen aistii kosteuden tuntemuksilla iholla, limakalvoilla ja hengityselimissä jos suhteellinen kosteus on yli 60 % tai alle 30 %. Suhteellinen kosteus lasketaan kaavalla ($RH = \frac{SH}{SH'} \cdot 100 \%$ missä RH = relative humidity = suhteellinen kosteus, SH = ominaiskosteus ja SH' = kyllästyskosteus). Talvisin lämmitettävän sisäilman kosteus on pieni ja näin ihmiset kokevat limakalvojen kuivumista ja ärsytys oireita. Mutta taas liian korkea ja pitkäkestoinen kosteus voi vaarantaa sekä terveyttä että rakenteita.

(Rakennuksen sisäilmasto 1995, Kosteus rakennuksissa 1999)



Kuva 11. Ihannealueelta poistumisesta lisääntyvät riskit (RT 07-10564 s.5)

Esimerkkinä Mollier käyrästä on kuvattu ilman eri pisteitä. Lämmityskaudella kun ulkoilman lämpötila on $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja suhteellinen kosteus on lähellä 100% vaikka ilman vesipitoisuus (absoluuttinen kosteus) on vain $0,15\text{ g/kg}$ kuivaa ilmaa. Lämmityksen jälkeen tässä esimerkissä sisäänpuhallettavan ilman suhteellinen kosteus olisi noin 5% .



4.3 Melu

Melun vaikutukset näkyvät ihmisissä yleensä käyttäytymisen muutoksina mutta yksilöllinen herkkyys melun reagointiin vaihtelee suuresti. Jotkut ihmiset eivät ole niin herkkiä melulle kun taas joillekin melu saattaa haitata vain tietyissä ympäristöissä tai tiettyinä aikoina. Vakavin seuraus melun alistumisesta on pysyvä kuulovamma, syy tähän voi olla lyhytkestoinen oleskelu tiloissa joissa melun vahvuus ylittää kipukynnyksen eli n.130 dB vaikka yleisin syy on ilman kuulosuojaimia monen vuoden päivittäinen oleskelu tiloissa joissa melu ylittää 75–85 dB. Alistuminen näin voimakkaalle melulle voi usein aiheuttaa tinnitusta, minkä oireet ovat jatkuva epämiellyttävä korvien soiminen. Jotkut ihmiset ärsyyntyvät melusta niin paljon että se saattaa aiheuttaa päänsärkyä sekä lisätä aggressioita ja masentuneisuutta. Melu voi myös vähentää unta ja unenlaatua.

(Asumisterveysohje 2004)

Päivä- ja yöajan sisätilojen ohjearvot taulukossa:

Huoneisto ja huonetila	$L_{Aeq,07-22\ h}$	$L_{Aeq,22-07\ h}$
Asuinhuoneisto		
- asuinhuoneet, paitsi keittiö	35 dB	30 dB ²⁾
- asunnon muut tilat ¹⁾ ja keittiö	40 dB	40 dB
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat		
- potilashuoneet, majoitushuoneet	35 dB	30 dB
- päiväkodit, lapsien ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitettut huoneet	35 dB	30 dB ³⁾
Kokoontumis- ja opetushuoneistot		
- luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä.	35 dB ⁴⁾	-
- muut kokoontumistilat ⁴⁾	40 dB ^{4) 6)}	-
Työhuoneistot (yleisön kannalta)		
- yleisön vastaanottotilat ja toimistohuoneet	45 dB ^{4) 7)}	-

1) Asunnon muita tiloja ovat mm. kylpyhuone, sauna, vaatehuone ja apukeittiö. Jos tällainen tila tai keittiö muodostaa yhteistilan asuinhuoneen kanssa, ohjearvona on asuinhuoneen arvo.

2) Asuntojen makuuhuoneisiin yöaikaan kuuluvalla musiikkimelulle ja matalataajuiselle melulle on annettu jäljempänä kohdissa 5.3 ja 5.4 erilliset ohjearvot.

3) Arvoa sovelletaan vain huoneisiin, joissa nukutaan yöaikaan.

- 4) Ohjearvo aikana, jona yleisö oleskelee huoneessa. Äänitasot saavat olla korkeampia aikoina, jolloin huoneessa ei ole yleisöä. Kuulovammaisten ja kielenopeuksen luokkahuoneille suositellaan ohjearvoksi 30 dB.
- 5) Muita kokoontumistiloja ovat esimerkiksi kokoontumistilojen lämpiöt ja ravintolasalit.
- 6) Tiloissa, joissa harjoitettu toiminta ei edellytä yleisön saavan puheesta tai muista äänistä selvää, voidaan käyttää 5dB suurempaa ohjearvoa.
- 7) Jos esimerkiksi yleisön ja palvelun intymiteettisuoja edellyttää kuuluvuuden rajoittamista samassa huoneessa olevasta palvelupisteestä toiseen, puhetta voidaan perittää ohjearvoa voimakkaammalla, säädettävällä kohinalla tai taustamusikilla.

Asumisterveysohje 2004 s.11

4.4 Valaistus

Ihmisten mielipiteet hyvästä valaistuksesta eroavat todella paljon toisistaan ja täten vaatimustasojen asettelu on haastavaa. Näkö heikkenee vanhetessa joten nuorille riittää huonompi valaistus kuin vanhemmille. Valaistus on yhtä tärkeä tekijä sisäilmaston laadun laatiessa kuin muutkin tekijät. Ihminen viihtyy paremmin tiloissa joissa on mahdollista hyödyntää ikkunoista tuleva päivänvalo ja tarvittaessa täydentää hyvällä sähköisellä valaistuksella, näköyhteys ulkoilmaan pidetään myös tärkeänä.

Valaistus on suunniteltava siten että oleskelualueella on riittävän valoisaa. S1 sisäilmastoluokituksen tavoittamiseen työpistevalaisin on oltava käyttäjän säädettävissä.

(Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet 2007, Sisäilmastoluokitus 2008)

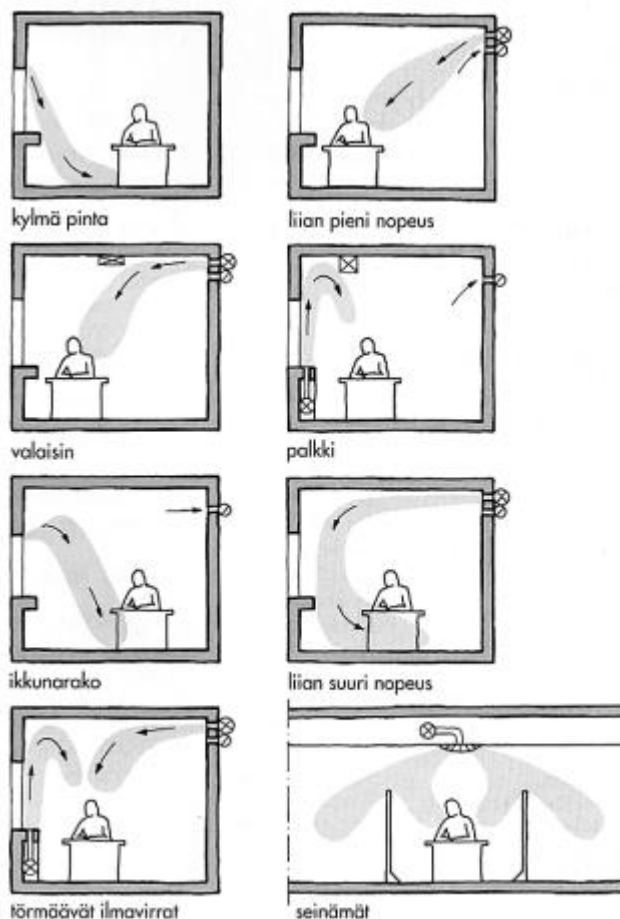
SFS-EN 12464-1, valaistussuunnittelun tavoitearvot

Valaistusvoimakkuus, työalue (lx)	>500
Valaistusvoimakkuus, lähialue (lx)	>300
Häikäisyindeksi UGR _L	<19
Värinotoistoindeksi R _a	>80

4.5 Ihminen

Hengittäessä ihminen saastuttaa ilmaa hiilidioksidilla, kosteudella sekä muilla epäpuh-
tauksilla, ja nämä täytyy poistaa sisäilmasta. Jotta sisäilmaston hiilidioksidipitoisuus ei
ylittäisi terveydensuojalain vaatimuksia 1500 ppm, täytyy sisään puhallettavan ilman
määrä olla vähintään 4 l/s henkilöä kohden. Yleensä huoneilma saattaa kuitenkin tuntua
tunkkaiselta jos hiilidioksidin pitoisuus ylittää ympäristöministeriön laatimaa ohjeen (*D2,*
Ilmanvaihto ja sisäilmasto) tavoitearvoa 1200 ppm. (Asumisterveysohje 2004)

Ihminen on myös herkkä vedon tunteelle, tämän syntymistä on syytä välttää suunnittelu-
vaiheessa varmistamalla että ilmavaihdon määrän ollessa suuri ei ilman nopeus ole liian
suuri. Tämä pystytään hallitsemaan suunnittelemalla enemmän tai isoimpia tuloilmako-
jeita jolloin ilmanmäärä pysyy samana mutta nopeus hidastuu. Ihminen tuntee myös vetoa
jos kylmä ilma osuu ihmiseen ja lämpenee ihmisestä.



Kuva 12. Muutamia esimerkkejä tapauksista missä ihminen voi tuntea vetoa (RT 07-10564, s5)

4.5.1 MET

MET, Metabolic Equivalent of Task (suom. työn aiheuttaman aineenvaihdunnan kerroin) on yksikkö jolla mitataan ihmisten aktiivisuutta. 1 MET = 4,184 kJ/kg*h. Eri tehtäville on annettu oma MET-arvo jolla pystytään mittaamaan esim. tilassa syntyvä lämpökuorma. Esimerkiksi kirkossa ihmisten MET-arvo on matala verrattuna liikuntasaliin missä MET-arvo on taas todella korkea.

Esimerkkejä MET-arvoista:

Fyysinen toiminta	MET
Kevyt toiminta	< 3
nukkuminen	0.9
television katselu	1.0
kirjoittaminen, toimistotyö	1.8
käveleminen n. 2.7 km/h	2.3
käveleminen n. 4 km/h	2.9
Keskikova toiminta	3 - 6
kevyt kuntopyöräily 50 W	3.0
kävely n. 4.8 km/h	3.3
kevyt kotijumppa	3.5
kävely n. 5.5 km/h	3.6
pyöräily < 16 km/h	4.0
kuntopyöräily 100 W	5.5
Intensiivinen toiminta	> 6
lenkkeily	7.0
punnerrukset, vatsarutistukset ym.	8.0
juokseminen	8.0
hyppynaru	10.0

(2011 Compendium of Physical Activities)

5 SENAATTI-KIINTEISTÖJEN OMISTAMA KOULURAKENNUS

Kohteen nimeä ja sijaintia ei ole mainittu mahdollisen tilojen käyttäjän toivomuksesta. Kyseessä ei ole vakavia sisäilmasto-ongelmia kuten mikrobikasvustoa tai kosteusvaurioita, vaan yleisiä viihtyvyyttä koskevia tekijöitä. Tästä kohteesta oli tullut valituksia ilman laadusta/puutteesta oppituntien aikana. Saamani tiedon mukaan akustiikasta on myös valitettu, mutta tästä on jo tehty akustiikkasuunnitelmat ja käytössä on nyt muutama testihuone joiden akustiikka olosuhteet on parannettu. Koska kyseessä on suojeltu kohde halutaan sisätilat pitää alkuperäisen näköisenä joten tekniikka on suunniteltava arkkitehtuurin mukaan. Käytyäni kohteessa suorittamassa mittauksia oli valaistus omasta mielestäni heikko ja hämärätkö. Lukukausi on koulussa erilainen kuin tavallisissa kouluissa, täten mittauspäivinä koulu oli auki.

Kiinteistön luokkahuoneitten numerointi on kerroskohtainen missä ensimmäinen numero kertoo kerroksen.

5.1 Lähtötiedot

Kiinteistössä on tehty peruskorjaus suunnitelmat vuonna 2008 jolloin LVI-suunnitelmat teki Instakon Oy, loppukuvat ovat päivitetty vuonna 2011. Ilmanvaihtojärjestelmä on suurimmaksi osaksi uusittu mutta jotkut vanhat kanavat ja päätelaitteet ovat jääneet. Ilmanvaihtokoneissa on jäähdytyspatterin varaus mutta sitä ei ole kytketty. Useimmat luokat ovat ahtaita ja ylikuormitettuja joten tiloihin suunnitellut ilmamäärät ovat riittämättömiä. Tutkimuskohteena ovat 13 huonetta joista on tullut valituksia sisäilman huonosta laadusta.

5.2 Mittaukset

Kävin paikalla mittaamassa sisäilmanlaatua luokissa luentojen aikana. Mittasin sisäilman lämpötilaa, suhteellista kosteutta ja hiilidioksidin pitoisuutta. Käytössäni oli kaksi mittaria joilla yksi mittasi lämpötilan ja suhteellisen kosteuden ja toinen hiilidioksidipitoisuutta. Muutamaan huoneeseen jätin lämpötila-loggerit, jotka tallensivat huoneen lämpö-

tilan 10 minuutin välein. Mittauspäivinä olivat 6.6.2013 ja 10.6.2013, valitettavasti kyseiset luokkahuoneet eivät olleet täydessä käytössä joten järkeviä hiilidioksidi pitoisuus tuloksia tulivat vain muutamista huoneista. Joissakin huoneissa oli ikkunat auki joten luotettavia lukuja ei saatu.

Valitettavasti minulla ei ollut mahdollisuutta käyttää CO2-loggereita jolloin tulokset olisivat tarkempia ja saataisiin parempi trendi.

Tulokset eivät olleet niin hälyttäviä mutta ymmärsin kuitenkin näiden perusteella, ettei kaikki ollut kuten pitäisi. Tilasimme tulo- ja poistoilmamäärä mittauksen ulkoisesta yhtiöstä. Nämä mittaustulokset eivät olleet lähelläkään suunnitteluarvoja ja monessa huoneissa oli huomattavasti enemmän tuloilmaa kuin poistoilmaa.

Mittauksen suoritti RamiAir Oy. Mittauspöytäkirja liitteenä 1.

Taulukko 4. Mittausten tulokset

<i>Huone</i>	<i>Lämpötila (°C)</i>	<i>Hiilidioksidi pitoisuus (ppm)</i>	<i>Suhteellinen kosteus (%)</i>
214	24	680	45
215	24,5	480	45
217	24,5	500	45
309	25,5	650	45
317	25	600	45
320	26	480	45
321	26	950	45
323.1	26	620	44
323.2	26	480	44
326	24,5	520	46
420	25,5	600	44
433	26	600	46
513	29	420	43
520	25,5	650	39

Ilman maksimi lämpötilat ovat mitattuja kun 6.6.2013 klo 14:50 ulkoilman lämpötila oli 24 °C.

Huone 513 on toimistokäytössä ja siellä työskentelee koulun IT-tuki henkilö. Hänellä oli ikkuna yleensä auki ja keskimäärin kolme tietokonetta käytössä samaan aikaan. Hyllyt olivat täynnä tavaraa kattoon asti ja näin koneellisen ilmanvaihdon toimivuus on huono koska tietokonelaukut olivat tulo- ja poistoelimen ilmavirtauksen esteenä.

Kohde:

huone	pinta-ala m ²	hlö	Suunniteltu ilmamäärä	Mittattu ilmamäärä		S3 / D2		S2		S1	
				Tulo	Poisto	((l/s)/hlö)*hlö	((l/s)/m ²)*m ²	((l/s)/hlö)*hlö	((l/s)/m ²)*m ²	((l/s)/hlö)*hlö	((l/s)/m ²)*m ²
214	45	13	105	145	141	78	135	104	180	143	247,5
215	41	13	100	113	86	78	123,9	104	165,2	143	227,15
217	57	23	180	222	134	138	171	184	228	253	313,5
309	58	20	175	187	217	120	174	160	232	220	319
320	40	13	115	35	26	78	118,5	104	158	143	217,25
321	34	14	110	106	39	84	102	112	136	154	187
323.1	44	20	130	135	120	120	132	160	176	220	242
323.2	20	13	50	41	47	78	60	104	80	143	110
326	23	11	75	72	65	66	69	88	92	121	126,5
420	15	1	30	-	-	6	22,5	13	22,5	16	22,5
433	58	23	195	212	214	138	174	184	232	253	319
520	17	11	50	36	50	66	51	88	68	121	93,5
513	10	1	20	-	-	6	15	13	15	16	15

Ohjearvot	(l/s)/hlö	(l/s)/m ²
S1	11	5,5
S2	8	4
S3 /D2	6	3

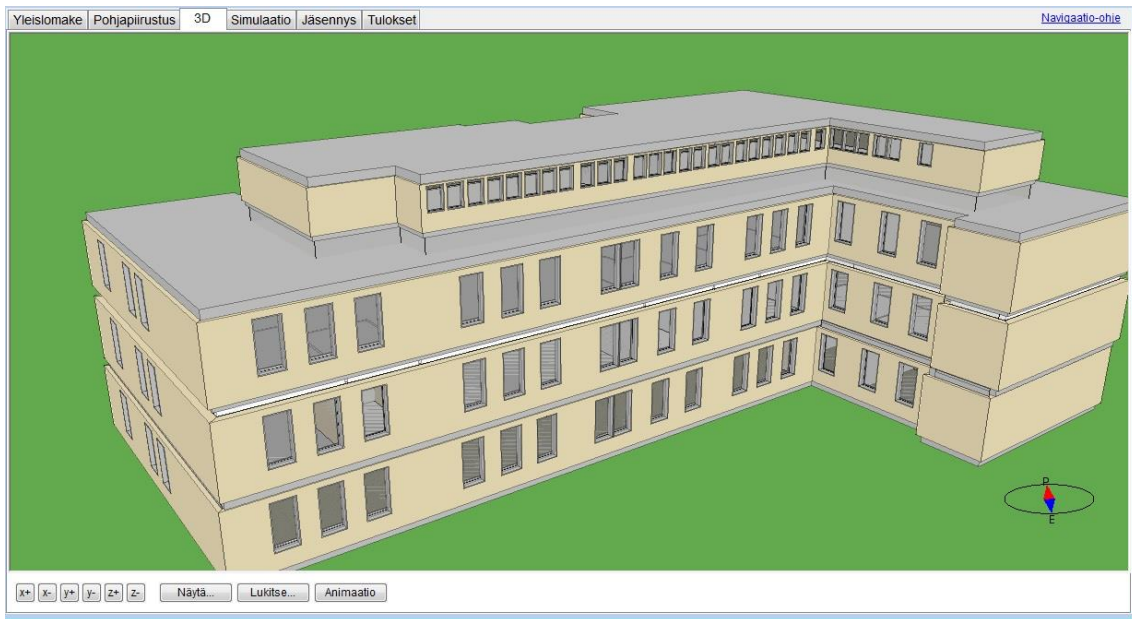
*Huoneet 420 ja 513 ovat toimistokäytössä.
Ilmamäärät mainittu l/s*

Kuva 13. Ilmamäärävertailu

5.3 Simulointi & Laskelmat

5.3.1 Simuloinnit IDA ICE-ohjelmalla

Equan kehittämä IDA ICE (Indoor Climate and Energy) on ohjelma jolla pystytään luomaan 3D malli rakennuksesta sekä simuloida sisäilmasto ja energian kulutus. Tein kiinteistön huoneista mallin Progran Oy:n MagiCAD Room-lisäohjelmalla Autodeskin AutoCad ohjelmaan jonka sitten ajoin IDA ICE ohjelmaan ja pystyin siten simuloimaan sisäilman olosuhteet ja analysoimaan sisäilman käyttäytymistä vuoden aikana. Simulointimallin ohjearvot ovat mittausten perusteella syötettyjä ohjelmaan ja kiinteistön vuotoilmaluku on arvioitu vastaamaan mitattuja hiilidioksidipitoisuuksia kyseisellä kuormituksella ja ilmanvaihdolla.



Kuva 14. 3D-malli koulusta IDA ICE ohjelmassa

Simuloidessa syötetyillä lähtötiedoilla on suuri merkitys simuloinnin tuloksien luotettavuuden kannalta. Henkilömäärät ovat koulun yhteyshenkilöltä saadut keskimääräiset lukumäärät, hänen mukaansa nämä eivät ole maksimimääriä. Simulointimallissa on käytetty oppilaiden läsnäololle aikataulua: yhdestä tunnista 45 min paikalla ja 15 min poissa, eli vastaamaan oppitunteja ja välitunteja. Täten saadaan luokkaa tuuletettua hieman väli-

tuntien aikana. Rakenteiden U-arvot ovat arvioituja RakMk C4-osan mukaan ja rakennekuvista mitattuja ja laskettuja. Kaikissa simuloinneissa on käytetty tuloilman lämpötilaa +17 °C.

Taulukko 5. Simuloinnin tulokset

Huone	Maksimi lämpötila (°C)	Maksimi suhteellinen kosteus (%)	Maksimi hiilidioksidi pitoisuus (ppm)	Ilmanvaihtokerroin (1/h)	Tunnit lämpötila yli 25 °C (h)	Henkilöt (kpl)	Maksimi auringon tuotama lämpökuorma (W/m ²)	Hiilidioksidipitoisuus jos 2 henkilöä lisätään huoneeseen
214	23,9	43	638	3,14	0	13	70,24	675
215	22,7	43	710	2,73	0	13	24,56	759
217	22,4	44	668	3,77	0	23	40,14	692
309	22,4	43	671	2,74	0	20	25,41	699
320	27,8	40	1298	0,83	6,0	13	52,53	1434
321	25,9	42	812	2,45	5,3	14	76,06	872
323.1	25,0	42	819	2,88	4,3	20	59,13	862
323.2	25,7	42	1195	1,82	5,5	13	44,87	1321
326	23,0	44	881	3,02	0,0	11	23,54	970
420	24,6	42	492	2,19	0,3	1	77,14	-
433	22,6	44	677	3,67	0,0	23	41,05	702
513	25,0	42	522	4,13	1,3	1	87,81	-
520	25,8	43	1014	4,17	5,75	11	67,19	1130

Nämä tulokset ovat yhden päivän simuloinnista (2.9.2013). Simuloinnissa auringon tuotamaa lämpökuormaa on minimoitu pitämällä sälekaihtimet ikkunoitten välissä alhaalla ja kiinni. Näistä huomataan hiilidioksidi pitoisuuden nousevan korkealle muutamassa huoneessa mutta vain yksi ylittää RakMk D2 / Sisäilmastoluokitus S3 laatimaa ohjetta 1200 ppm (huone 320). Luokassa 320 on keskimäärin 13 oppilasta ja suunnitellut ilmamäärät ovat; tuloilmaa 50 l/s ja poistoilmaa 50 l/s, mitattu tuloilma oli 41 l/s ja poistoilma 47 l/s. Nämä eivät tavoita ilmamäärien minimi ohjearvoja vaikka ilmamäärät mitoitettaiisiin pinta-alan mukaan ((l/s)/m²) (katso liite 2). Jos huoneisiin lisätään kaksi henkilöä,

ylittyy hiilidioksidipitoisuuden raja-arvo kahdessa huoneessa. Lämpötilat taas ovat riipuvaisia ulkoilman lämpötilasta koska erillistä jäähdytysjärjestelmää ei ole, on mahdollista pitää viileämpää ilmaa sisällä kuin ulkona. Koska kyseessä on koulu, se ei ole käytössä kesällä kun on pahimmat helteet. Joten myöhäiskesän ja alkusyksyn auringon säteilyn tuottama lämpö on suurin sisälämpötilan määräävä lämpökuorma.

Taulukko 6. Simulointi ilman sälekaihtimia

Huone	Maksimi lämpötila (°C)	Maksimi suhteellinen kosteus (%)	Maksimi hiilidioksidi pitoisuus (ppm)	Ilmanvaihtokerroin (1/h)	Tunnit lämpötila yli 25 °C (h)	Henkilöt (kpl)	Maksimi auringon tuottama lämpökuorma (W/m ²)	Hiilidioksidipitoisuus jos 2 henkilöä lisätään huoneeseen
214	26,5	42	638	3,14	2,5	13	164	675
215	23,5	43	711	2,73	0,0	13	59	758
217	23,0	43	669	3,77	0,0	23	81	691
309	22,7	43	671	2,74	0,0	20	58	697
320	31,7	38	1298	0,83	7,9	13	122	1439
321	29,9	39	813	2,45	7,1	14	175	871
323.1	27,9	41	820	2,88	7,3	20	136	861
323.2	28,5	41	1198	1,82	7,8	13	104	1321
326	23,3	44	882	3,02	0,0	11	53	925
420	28,7	38	492	2,19	3,1	1	181	-
433	23,3	43	677	3,67	0,0	23	82	701
513	30,3	37	522	4,13	4,4	1	204	-
520	28,9	41	1021	4,17	7,7	11	155	1135

5.3.2 Laskelmat

Jäähdyttämällä huoneet pelkällä ilmanvaihdolla erillisen jäähdytysjärjestelmän sijaan, tarvitaan todella iso ilmamäärä ja näin isoa ilmanvaihtokerrointa huoneissa. Tämä perustuu kaavaan: $Q = \dot{q} \cdot C_{p_{ilma}} \cdot \rho \cdot \Delta T$ missä Q = jäähdytysteho (W), \dot{q} = ilmamäärä (m^3/s), $C_{p_{ilma}}$ = ilman ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg), ρ = ilman tiheys kg/m^3 ja ΔT = lämpötilaero (sisäilman lämpötila - tuloilman lämpötila) ($^{\circ}C$). Täten en suosittelisi jäähdyttämään ilmalla, jos tilat halutaan viileämmiksi. Esimerkiksi jos halutaan poistaa huoneessa 214 auringon tuottaman lämpökuorman 3160 W, noin $+17^{\circ}C$ tuloilmalla. Jos sisäilman lämpötila halutaan pysyvän $+23^{\circ}C$, saadaan lämpötilaero $6^{\circ}C$.

Laskemalla tämä tilanne tulee tuloilman olla noin 440 l/s jotta se poistaisi 3160 W lämpökuorman ja pitäisi lämpötilan $+23^{\circ}C$.

5.4 Parannusehdotukset

Säätämällä ilmamäärät sisäilmastoluokan S2 mukaan eli 8 l/s, hlö saadaan hiilidioksidi pitoisuus kuurin kaikissa huoneissa. Suosittelisin ilmamäärien säätöä koulun kaikkiin huoneisiin ja niihin huoneisiin missä ei päästä riittäviin ilmamääriin on oppitunnit järjestettävä niin ettei maksimi henkilömäärä ylity. Rakenteille olisi hyvä jos ylipaineisuutta vähennettäisiin. Voi olla että koko ilmanvaihtojärjestelmä on alapaineinen tai lähellä tasapainoa, että poisto-ilmot käytävissä, vessoissa tai muissa huoneissa tasapainottaa järjestelmän mutta sitä ei tiedä ennen koulun ilmanvaihtokoneiden virtaamat tarkistettu.

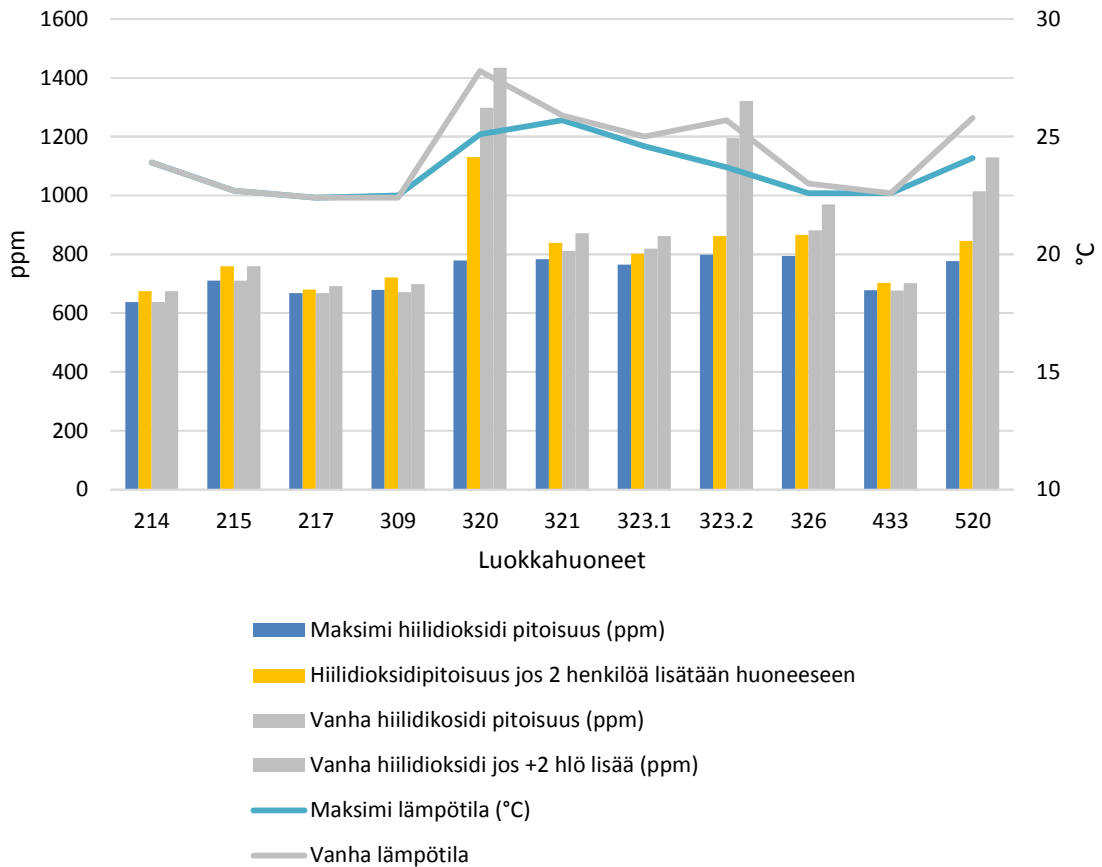
Pitämällä sälekaihtimet ikkunan välissä kiinni aurinkoisina päivinä huoneitten lämpötila pysyy noin +25 °C:ssa.

Taulukko 7. Simulointi uusilla ilmamäärillä

Huone	Maksimi lämpötila (°C)	Maksimi suhteellinen kosteus (%)	Maksimi hiilidioksidi pitoisuus (ppm)	Ilmanvaihtokerroin (1/h)	Tunnit lämpötila yli 25 °C (h)	Henkilöt (kpl)	Maksimi auringon tuottama lämpökuorma (W/m ²)	Hiilidioksidipitoisuus jos 2 henkilöä lisätään huoneeseen
214	23,9	43	638	3,1	0,0	13	70	675
215	22,7	43	710	2,7	0,0	13	24	759
217	22,4	44	668	3,8	0,0	23	36	680
309	22,5	43	679	2,8	0,0	20	24	721
320	25,1	42	779	2,0	3,3	13	53	1131
321	25,7	42	783	2,6	5,1	14	76	839
323.1	24,6	42	765	3,3	3,3	20	59	802
323.2	23,7	43	799	4,1	0,0	13	45	862
326	22,6	44	794	3,7	0,0	11	22	866
420	24,5	42	492	2,2	0,2	1	77	-
433	22,6	44	678	3,7	0,0	23	37	703
513	25,0	42	522	4,1	1,2	1	88	-
520	24,1	43	777	8,6	2,5	11	67	846

Viivat kuvaavat lämpötilaa ja palkit hiilidioksidi pitoisuutta, harmaalla värillä olevat kuvaavat nykytilannetta ja väritetyt säädön jälkeisiä olosuhteita. Tässä huomataan että seitsemän huonetta ovat jo riittävän hyvin suunniteltu ja toteutettu käyttötarkoitukseen. Muissa huoneissa taas päästäisiin huomattavasti parempiin olosuhteisiin pelkällä säätötyöllä.

Kaava 1. Ilmaolosuhteiden vertailu



6 PÄÄTELMÄT

Opinnäytetyön tarkoitus oli saada lukijalle tarpeeksi laaja käsitys ja ymmärrys aiheesta sekä sisäilmaston parantaminen kohteessa. Tutkimustyön tavoitteena oli osoittaa jolla menetelmällä tilat saadaan parannettua, ja simuloitujen tulokset osoittavat että tekemällä ehdotetut parannustyöt viihtyvyys tiloissa paranee huomattavasti. Säättöitten tehtyä oppilaat pystyvät myös paremmin keskittymään oppituntien aikana. Tässä tavoitteessa on onnistuttu ja tiedot välittyvät eteenpäin.

Säättöytöt ja tarkemmat mittaukset ovat vielä tekemättä, joten jää nähtäväksi että saadanko kouluun viihtyisät oltavat. Harmitti että niin monta luokkahuonetta oli tyhjillään kahden mittauspäivän aikana ja lukujärjestysten paikkaan pitämättömyydestä.

Opinnäytetyöprosessi alkoi todella hitaasti mutta loppuvaiheessa sitten vauhti kiihtyi, mutta sujui pääsääntöisesti hyvin. Työn aiheesta löytyy todella paljon kattavaa tietoa ja sen sisäistäminen ja ymmärtäminen vaati paljon aikaa. Prosessin aikana opin henkilökohtaisesti todella paljon taloteknisistä muuttujasta sisäilmastoon liittyen sekä eri sovelluksien käytöstä. Vaikka meillä on ollut koulussa erillinen IDA ICE kurssi, ei sinä aikana perehdytty ohjelman sisäilmaston tutkinta ominaisuuteen joten se tuli nyt opittua.

Opinnäytetyötä tehtiin vaiheittain muiden töiden ohella ja venyi täten pitkäkestoiseksi työksi. Ilmamäärien mittaus oli tehtävä sinä aikana kun luokkahuoneet eivät olleet käytössä. Tämän vuoksi oli pienehköjä ongelmia mittausajankohdan päättämisessä. Kommunikointi mittaus päivistä ja muista tiedoista tapahtui sähköpostitse koulun yhteyshenkilön kanssa.

LÄHTEET

Ainsworth BE1, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr, Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. (2011). *2011 Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*

Rakennustieto Oy. (1995). RT 07-10564. *Rakennuksen sisäilmasto*

Rakennustieto Oy. (1999). RT 05-10710. *Kosteus rakennuksissa*

Rakennustieto Oy. (2004). RT STM-21232. *Asumisterveysohje*

Rakennustieto Oy. (2007). LVI 05-10417. *Rakennusten sisäilmaston suunnitteluperusteet*

Rakennustieto Oy. (2008). RT 07-10946. *Sisäilmastoluokitus 2008*

Ruotsalainen, Risto; Forss, Pertti; Puhakka, Eija; Seppänen, Olli; Säteri, Jorma. Hengitysliitto Heli Ry. 2006. *Terveellisen rakennuksen ilmanvaihto*. Hengitysliitto Heli Ry:n opas. Sosiaali- ja terveysministeriö.

Sisäilmayhdistys Ry. (2014). *Ilmanvaihdon perusteet*. Saatavilla: <http://www.sisailmayhdistys.fi/paasivuista-toinen/ilmanvaihdon-perusteet/>

Ympäristöministeriö. (2003). *Lämmöneristys*. C4 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

Ympäristöministeriö. (2012). *Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto*. D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Saatavilla: http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma

LIITE 2. ILMAMÄÄRIEN VERTAILU

Kohde:

huone	pinta-ala m ²	hlö	Suunniteltu ilmamäärä	Mittattu ilmamäärä		S3 / D2		S2		S1	
				Tulo	Poisto	((l/s)/hlö)*h ²	((l/s)/hlö)*h ²	((l/s)/hlö)*h ²	((l/s)/hlö)*h ²	((l/s)/hlö)*h ²	((l/s)/hlö)*h ²
214	45	13	105	145	141	78	135	104	180	143	247,5
215	41	13	100	113	86	78	123,9	104	165,2	143	227,15
217	57	23	180	222	134	138	171	184	228	253	313,5
309	58	20	175	187	217	120	174	160	232	220	319
320	40	13	115	35	26	78	118,5	104	158	143	217,25
321	34	14	110	106	39	84	102	112	136	154	187
323.1	44	20	130	135	120	120	132	160	176	220	242
323.2	20	13	50	41	47	78	60	104	80	143	110
326	23	11	75	72	65	66	69	88	92	121	126,5
420	15	1	30	-	-	6	22,5	13	22,5	16	22,5
433	58	23	195	212	214	138	174	184	232	253	319
520	17	11	50	36	50	66	51	88	68	121	93,5
513	10	1	20	-	-	6	15	13	15	16	15

Ohjearvot	(l/s)/hlö	(l/s)/m ²
S1	11	5,5
S2	8	4
S3 /D2	6	3

Huoneet 420 ja 513 ovat toimistokäytössä.
Ilmamäärät mainittu l/s

SVENSKT REFERAT AV EXAMENSARBETET

Jonny Vilén

INLEDNING

I dagens läge när det vistas mycket inomhus och byggnaderna är rätt täta, är ett väl fungerande inomhusklimat av hög kvalitet nödvändigt. Inomhusklimat är ett aktuellt ämne inom byggnadsbranschen.

Det kan vara svårt att definiera bristerna på inomhusklimatet på grund av dessa brister är individuella och människor upplever bristerna på olika sätt.

I arbetet belyses det för läsaren hur viktigt ett bra inomhusklimat är för både användarna och själva byggnaderna. Som ett praktiskt fall undersöks inomhusklimatet i en skolbyggnad som ägs av Senatfastigheterna, jobbet görs under Taltec Oy:s ledning, vilket är ett företag som erbjuder VVSA-planering och uppförandet av fastigheter, med en specialisering på specialbyggnader som t.ex. fängelser, sjukhus och laboratorium.

INOMHUSKLIMATETS DEFINIERING

Inomhusklimat är den luft som vi andas in när vi vistas inomhus. Till klimatet räknas också andra faktorer som påverkar trivseln i omgivningen. Luften består till största del av kväve, syre och andra gaser. Resterande delar är sedan föroreningar som härstammar sig från människan (koldioxid) eller från konstruktionerna. Uteluftens kvalitet har en stor inverkan på den renade inblåsningsslufden. Om byggnaden ligger på ett område som har mycket livlig trafik, är det inte alltid lika lätt att få alla föroreningar bort från inneluften.

I byggnadens planeringsskede bör det utrymmens placering. Det är viktigt att planera vilka utrymmen som omringar varandra och att rätt byggmaterial väljs för att skapa ett gott inomhusklimat.

KLASSIFICERING AV INOMHUSKLIMAT

Det finns tre olika klasser som inomhusklimatet klassificeras enligt. Gradering går från bättre till sämre, dvs. S1, S2 och S3, S3-klassen motsvarar minimikraven i Finlands byggnadsbestämmelsernas del D2 (2012). Dessa är gjorda för att kunna definiera inomhusklimatet i utrymmen. Klassificeringarna av inomhusklimat är inte uppgjorda för att kunna göra en uppskattning av byggnadens skick, utan till detta ändamål skall direktiven i Asumisterveysohje (KH STM-10391).

PÅVERKAN AV INOMHUSKLIMATET

Genom att förhindra möjliga fuktskador förbättras inomhusklimatet automatiskt. Fuktskador uppkommer oftast på grund av planeringsfel, fel som skett under byggandet eller bristfälligt underhåll. Ett dåligt inomhusklimat ger upphov till olika symptom och sjukdomar hos människor. Vanligaste symptom är huvudvärk, yrsel och illamående. När människan inte trivs eller drabbas av olika hälsoproblem försämras också jobbets effektivitet, som i sin tur skapar ekonomiska förluster och kostnader.

VENTILATIONEN

Ventilationen är den viktigaste komponenten för att försäkra ett bra inomhusklimat. Med ventilationen rengörs inomhusklimatet av de föroreningar som människan åstadkommit. Det finns tre olika sätt som ventilationen kan utföras med. Det äldsta och vanligaste sättet för äldre hus är självdrag var luftutbytet inte tryggt med någon mekanisk lösning utan luftflödet hittar sin väg ut ur konstruktionerna. Alternativ 2 baserar sig på samma princip, att luften dirigeras direkt från uteluften utan förstärkning. Men frånluften är däremot förstärkt med en fläkt som suger luften ut ur utrymmet. Det effektivaste sättet är att ha en till- och frånluftsfläkt som sköter utbytet av luften. Värmeåtervinning används nästan alltid i denna lösning.

ANDRA FAKTORER SOM PÅVERKAR INOMHUSKLIMATET

Värme och fukt har en stor inverkan på trivseln inomhus, genom att försäkra omständigheterna minimeras riskerna för att byggnadens konstruktioner tar skada samt att människans hälsa riskeras. Det finns undersökningar på optimala temperaturer som människan trivs och fungerar bäst i och dessa bör beaktas redan inom planeringen. Människan förorenar luften med bl.a. den koldioxid som finns i utandningen, fukt även värmestrålar som kroppen alstrar och kan i längden leda till förhöjda temperaturer. Känslan av drag upplevs också som ett minus i trivseln.

SKOLBYGGNADENS UNDERSÖKNING

På grund av användarens önskan, publiceras inte skolans namn eller plats i detta arbete. Skolans personal hade klagat på att syret tar slut under lektionerna och önskade sig ett bättre inomhusklimat. Stora renoveringar är inte möjliga att göra p.g.a. byggnadens historiska värde. Själva skolans grundrenoverings planerna gjordes år 2008 och Instakon Oy stod för VVS-planeringen. Klagomålen på dåligt inomhusklimat hade från 13 rum och då jag undersökte fastigheten märkte jag att klassrummen är rätt så trånga och ventilationsplanerna inte var tillräckliga för ändamålet. Jag utförde mätningar på temperatur, relativ fuktighet och koldioxidhalt i klassrummen. I vissa rum lämnade jag en sk. temperatur-logger som mätte temperaturen och lagrade datan med 10 minuters mellanrum. Mätningarna skedde den 6.6.2013 och den 10.6.2013. Tyvärr var de flesta klassrummen ganska tomma så dessa resultat motsvarar inte normala omständigheter. Efter detta utförde jag simulationer med IDA ICE-programmet och jag kunde specificera hurudant inomhusklimatet är i klassrummen under en normal lektion. Ytterligare en simulation utfördes där de i klass S2 specificerade luftmängderna styrdes till klassrummen. Under denna simulering förbättrades koldioxidhalten betydligt samtidigt som temperaturen sjönk till ca. 25 °C.

SLUTSATSER

Målet med detta examensarbete var att beskriva för läsaren vad inomhusklimatet består av, hur det påverkar människorna som vistas i det samt vilka konsekvenser det har på byggnadernas konstruktioner. Bevisade också hur inomhusklimatet förbättras i skolan med att ställa nya luftmängder till dem som använts i simulationen. De fysiska förbättringarna och noggrannare mätningar/undersökningar är inte gjorda. Det var synd att jag inte fick exakta mätningar gjorda p.g.a. informationen om klassrummens användning inte stämde. Jag har under examensarbetsprocessen lärt mig väldigt mycket om inomhusklimat, användning av olika programvaror och det fanns bra material inom ämnet.

LIITE 4. RakMk D2 ohjearvot

Taulukko 1. Asuinrakennukset

Asuntojen ilmanvaihto mitoitetaan yleensä taulukon poistoilmavirtojen perusteella siten, että asuntojen ilmanvaihtokerroin on vähintään 0,5 l/h ja ulkoilmavirtojen riittävyys varmistetaan vähintään ohjearvojen mukaisiksi. Pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston käyttäjän ilmanvaihtokerroin on enintään 0,7 l/h ja poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti tarpeen mukaan. Jos poistoilmavirran tehostusta voidaan ohjata vain rakennuskohtaisesti, voidaan pienten asuntojen poistoilmavirrat mitoitaa ohjearvoja pienemmiksi siten, että huoneiston ilmanvaihtokerroin on vähintään 1,0 l/h. Suurten asuntojen poistoilmavirrat mitoitetaan yleensä ohjearvoja suuremmiksi, jotta tilakohtainen ulkoilmavirta olisi ohjearvon mukainen ja huoneiston ilmanvaihtokerroin olisi vähintään 0,5 l/h.						
Tila / käyttötarkoitus	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/hlö	Ulkoilmavirta (dm ³ /s)/m ²	Poistoilmavirta dm ³ /s	Äänitaso L _{A,eq,T} / L _{A,max} dB	Ilman nopeus talvi m/s	Huom!
Asuintilat:	6					
Asuinhuoneet		0,5		28 / 33 *	0,20	*C1 määräys
Keittiö		#S	8 #A	33 / 38 *	0,20	*C1 määräys
- käyttäjän tehostus		#S	25	33 / 38	0,20	
Vaatehuone, varasto		#S	3	33 / 38		
Kylpyhuone		#S	10 #B	38 / 43	0,20	
- käyttäjän tehostus		#S	15	38 / 43	0,20	
WC		#S	7 #B	33 / 38		
- käyttäjän tehostus		#S	10	33 / 38		
Kodinhuone		#S	8	33 / 38	0,30	
- käyttäjän tehostus		#S	15	33 / 38	0,30	
Huoneistos sauna		2 #C	2/m ² #C	33 / 38		
Yhteistilat:						
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		
Varastot		0,35	0,35 /m ²	43 / 48		
Kylmäkellari (myös asuntokylmiö, jos pinta-ala > 4m ²)		0,2	0,2 / m ²	43 / 48		
Pukuhuone		2	2 / m ²	33 / 38	0,20	
Pesuhuone		3	3 / m ²	43 / 48	0,20	
Saunan löylyhuone		2	2 / m ²	33 / 38		
Talopesula		1	1 / m ²	43 / 48		
Kuivaushuone		2 #D	2 / m ² #D	43 / 48		
Askarteluhuone, kerho huone		1 #E	1 / m ² #E	33 / 38	0,20	
# A Ohjearvo, kun liesikuvun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa on liesikuvun ohjearvo 20 dm ³ /s.						
# B Ohjearvo, kun ilmavirran tehostusta voidaan ohjata tila- tai asuntokohtaisesti, muussa tapauksessa ilmavirran ohjearvo on käyttäjän tehostuksen mukainen.						
# C Kuitenkin vähintään 6 dm ³ /s. Saunan ilmavirtaa ei oteta huomioon laskettaessa asunnon ilmanvaihtokerrointa, jos saunan ulkoilmavirta on yhtä suuri kuin poistoilmavirta.						
# D Voidaan mitoitaa pienemmäksi kun käytetään ilmankuivainta.						
# E Edellyttää tuuletusmahdollisuutta; muuten 1,5 (dm ³ /s)/m ² .						
# S Ulkoilmavirta korvataan yleensä asuinhuoneista johdettavalla siirtoilmavirralla.						

Taulukko 2. Toimistorakennukset #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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!		
Toimistohuone ja vastaavat tilat	8	1,5	0,35	33 / 38 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje		
Neuvotteluhuone		4		33 / 38	0,20 / 0,30	#3		
Asiakastila		2		38 / 43	0,30 / 0,40	#2,		
Käytävätila		0,5		38 / 43	0,30	#2,		
Kahvio, taukotila		5		38 / 43	0,25			
Arkisto, varasto								
Tupakointitila: – rakennuksen käyttöaikana – rakennuksen käyttöajan ulkopuolella					20	38 / 43	0,30	#4
Kopiointihuone					10			#4
				1	4			
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.								
#2 Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.								
#3 Jos rakennuksessa on kolme tai useampia neuvotteluhuoneita, on niiden ilmanvaihto oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.								
#4 Tupakointitilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.								

Taulukko 3. Oppilaitokset #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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!		
Opetustilat	6	3	0,35	33 / 38 *	0,20 / 0,30	#4, *C1 ohje		
Käytävät / Aulat		4		38 / 43			#2	
Liikuntasali: – liikuntasalikäyttö		2		38 / 43	0,30		#3	
– juhlasalikäyttö		6		33 / 38	0,25			
Luentosali		8		6	33 / 38	0,20 / 0,30	#4	
Ryhmätyötila		8		4	33 / 38	0,20 / 0,30	#4	
Ruokala		6		5	33 / 38	0,25		
Varastot								#S
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.								
#2 Kiinteiden työpisteiden ilmannoisuuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.								
#3 Sisäilmasto ja ilmanvaihto mitoitetaan vaativimman käytön mukaisesti, oltava ohjattavissa tarpeen mukaan eri käyttötilanteisiin.								
#4 Tilan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.								
#S Voi käyttää siirtoilmaa								

Taulukko 4. Ravintolat ja hotellit #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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Ravintolat	10	10		38 / 43	0,20	#2, #T
Henkilöstö- ja lounasravintolat	6	6		38 / 43	0,20	#2
Hotellihuone	10	1		28 / 33	0,20	
Käytävä		0,5		33 / 38	0,25	#2
Aula		2		33 / 38	0,20	#2
Kokoustila	8	4		33 / 38	0,20	
Ravintolan tupakointitila						#3
- ravintolan käyttöaikana			30			#4
- ravintolan käyttöajan ulkopuo- lella			10			
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11. Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilmannopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#3	Ravintolan ja muun ravitsemisliikkeen tupakointitilasta ja sen ilmanvaihdosta säädetään toimenpiteistä tupakoinnin vähentämiseksi annetulla lailla (693/1976), sellaisena kuin se on laissa 700/2006, valtioneuvoston asetuksella toimenpiteistä tupakoinnin vähentämiseksi (225/1977), sellaisena kuin se on asetuksessa 963/2006, ja sosiaali- ja terveysministeriön asetuksella ravintolan ja muun ravitsemisliikkeen tupakointitilasta (964/2006).					
#4	Kuitenkin vähintään 180 dm ³ /s oviaukon neliometriä kohden.					
#T	Ravintolan ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.					

Taulukko 5. Myymälät ja teatterit #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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Myymälä		2		43 / 48	0,25	#2, #T
Teatterin katsomo	8			28 / 33	0,20	#T
Teatterin näyttämö		3		28 / 33	0,25	#2
Aula, lämpiö		5		38 / 43	0,25	#T
Konserttisali	8			25 / 30	0,20	#T
Elokuvateatteri	8			33 / 38	0,20	#T
#1 Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11. Hygieniatilat.						
#2 Kiinteiden työpisteiden ilman nopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.						
#T Ilmanvaihto on oltava ohjattavissa tarpeen mukaan.						

Taulukko 6. Urheilutilat, uimahallit ja kasarmit #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} dB	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 oleskellaan		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	
Pesuhuone			5	38 / 43	0,30	#S
Käytävä		1		38 / 43	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						

Taulukko 7. Hoitolaitokset #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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Sairaalan potilashuone	10	1,5		28 / 33 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Sairaalan toimenpidehuone		2		33 / 38	0,20 / 0,30	#E
Sairaalan kuntoutushuone		2		33 / 38	0,20 / 0,30	
Sairaalan oleskelutila		3		33 / 38	0,20	
Lastenhoitotilat		2		33 / 38	0,20 / 0,30	
Pitkäaikaispotilaiden hoitotilat		2		33 / 38	0,20 / 0,30	#3
Käytävä		0,5		33 / 38	0,20 / 0,30	#2
Odotustilat		3		33 / 38	0,20 / 0,30	#2
Potilas- ja odotustilojen WC			30 / paikka	38 / 43	0,20	
Huhteluhuone			10	38 / 43	0,20	#3
Pidätettyjen vastaanottotila		3	1	33 / 38	0,20	#4
Putkakäytävä		3		38 / 43	0,20	
Juoppoputka		8	10	33 / 38	0,20	#S
Sellikäytävä		2		38 / 43	0,30	
Selli	8	2,5	3	33 / 38	0,20	#S
Päiväkodit:						
Lepohuoneet	6	2,5		28 / 33 *	0,20 / 0,30	*C1 ohje
Leikki- ja ryhmähuoneet	6	2,5		33 / 38	0,20 / 0,30	
Vesileikkihuone		2		33 / 38	0,20 / 0,30	
Eteinen		2		33 / 38	0,20	
Märkäeteinen			5			#3, #S
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilmannonpeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#3	Poistoilmavirtaa ja vastaavasti ulkoilmavirtaa suurennetaan kohdepoistojen ja / tai hajujen hallitsemisen edellyttämällä määrällä.					
#4	Poistoilma ympäröivien hygienia- ymv. tilojen kautta.					
#E	Erikoistilojen, kuten leikkaussalien, toimenpidehuoneiden, röntgentilojen, välinehuoltotilojen, potilaiden pesuun käytettyjen tilojen jne. ilmanvaihto suunnitellaan tapauskohtaisesti.					
#S	Siirtoilmavirta					

Taulukko 8. Muut julkiset tilat #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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Liikenneasemat: Odotustila ja käytävä		5		43 / 48		#2
Näyttelyihin käytettävät tilat: - Näyttelytilat		4		33 / 38	0,20/0,40	#2, #T
- Museot		4		33 / 38	0,20 / 0,40	#2, #T
- Messutilat		4		38 / 43	0,20 / 0,40	#2, #T
Kirjastot: - Kirjastosali	8	2	0,5	33 / 38	0,20 / 0,40	#2
- Lukusali	8	2		33 / 38	0,20 / 0,30	#S
- Varasto						
Kirkot: - Kirkkosali	6			33 / 38	0,20	#T
- Muut yleisötilat		5		33 / 38	0,20	#T
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Kiinteiden työpisteiden ilmannopeuden ohjearvot kuten toimistohuoneessa.					
#S	Siirtoilmavirta					
#T	Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen käytön oltava mahdollista.					

Taulukko 9. Työtilat yms. #1, #2 ja #3

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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Tehdastyö: - Kevyt	10	1,5, #4			0,20 / 0,30	
- Keskiraskas	10	1,5, #4			0,25 / 0,50	
Laboratoriot (kemian)	8	1		38 / 43	0,20 / 0,40	#E, T
Autokorjaamo, katsastustilat		7, #5	3	43 / 48	0,25	
#1	Hygieniatilojen poistoilmavirrat kts. taulukko 11 Hygieniatilat.					
#2	Rakennukseen kuuluviin toimistotiloissa sovelletaan toimistorakennuksen ohjeita.					
#3	Poistoilmavirtaa vastaavasti ulkoilmavirtaa suurennetaan kohdepoistojen ja/tai epäpuhtauksien hallitsemisen edellyttämällä määrällä.					
#4	Ilmanvaihtolaitos mitoitetaan vähintään ko. ilmavirralla. Laitosta voidaan käyttää pienemmällä ilmavirralla työtavoista yms. tehtävän selvityksen epäpuhtauspäästöjen ja lämpökuormien perusteella. Ilman nopeudet ovat esimerkkejä. Työn luonne ratkaisee lämpötilatason ja ilman nopeuden tapauskohtaisesti.					
#5	Edellyttää paikallista pakokaasun poistoa, jonka suuruus on vähintään 100 dm ³ /s henkilöautoille ja 300 dm ³ /s kuorma-autoille. Mikäli käytetään pakokaasunpoistokiskoa, joihin ajoneuvot ovat liitettyinä koko ajan, voi ilmavirta olla 2 (dm ³ /s)/m ² . Poistoilmavirta mitoitetaan ottaen huomioon pakokaasunpoisto siten, ettei tila ole alipaineinen, ks. myös standardi SFS 3352.					
#E	Tapauskohtainen suunnittelu.					
#T	Ilmanvaihdon tarpeenmukaisen käytön oltava mahdollista.					

Taulukko 10. Ruoanvalmistus- ja säilytystilat

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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
Keittiötilat: – Valmistuskeittiö		15	15	38 / 43	0,25 / 0,50	#E
– Kuumennuskeittiö		10	10	38 / 43	0,25 / 0,50	#E
– Jakelukeittiö		5	5	38 / 43	0,25 / 0,50	#E
– Kahvikeittiö		3	30 l/s/keittiö	33 / 38	0,20 / 0,40	
Varastotilat: – Kuivavarasto			0,5			#S
– Kylmävarastot >4 m ²			0,2			#S
– Jätehuone			5			#1
– Jäähdytetty jätehuone			2			#1
#1 Tilan on aina oltava alipaineinen ympäröiviin tiloihin nähden.						
#E Minimi-ilmavirtoja. Ilmavirrat mitoitetaan tapauskohtaisesti lämpökuormien perusteella.						
#S Siirtoilmavirta						

Taulukko 11. Muiden kuin asuntojen hygieniatilat sekä muut tilat

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} dB	Ilman nopeus talvi / kesä m/s	Huom!
WC:t – työpaikkatiloihin tai vastaaviin liittyvät			20 / paikka	38 / 43		#S
– yleisön käyttämiin tiloihin liittyvät			30 / paikka	38 / 43		#S
Pesuhuone		3	5,	38 / 43	0,20	#S
Pukuhuone		5	4/kaappi	38 / 43	0,20	#S
Saunan löylyhuone		1	2	38 / 43		#S
Siivoustilat			4			#S
Porrashuone		0,5 l/h	0,5 l/h	38 / 43		#1
Hissikiilu	4		8			
Hissikonehuone			17			#2
#1 Ilmanvaihtokerroin						
#2 Tarkistetaan lämpökuorman perusteella. Konehuoneen enimmäislämpötila on 35 °C.						
#S Siirtoilmavirta						