



Tampereen ammattikorkeakoulu

# AMMATILLINEN OPETTAJAKORKEAKOULU

Opettajakoulutuksen kehittämishanke

Oppimisympäristöt talotekniikka-alan koulutuksessa

Seppo Vuorenpää

6P2PA

2008

VUORENPÄÄ SEPPO: Oppimisympäristöt talotekniikka-alan koulutuksessa

Tampereen ammattikorkeakoulu

Opettajakoulutuksen kehittämishanke 21s. + 6 liites.

Ryhmän opettaja Kaarina Ranne

Maaliskuu 2008

Asiasanat: ilmanlaatu, työsaliopetus, ilmalämpöpumppu, oppimisympäristön viihtyvyys

## **TIIVISTELMÄ**

Kehittämishankkeen tavoitteena oli parantaa oppimisympäristön tasoa talotekniikka-alan koulutuslalla Porin ammattiopiston talotekniikkaosastolla. Kehitettävien alueiden tarve kartoitettiin oppilaskyselyn avulla, ja kysely osoitti kehittämisen tarpeen luokkatilojen lämpötilan ja ilmanlaadun parantamiseen.

Kyselytutkimus osoitti myös tarpeen lisätä työsalin opetustilojen harjoituspaikkojen määrää, johtuen pitkälti oppilasmäärien kasvusta.

Teoriaopetustilojen ilmanlaadun parantamiseksi ja tulokseksi saatiin, että lämpötilan alentamiseksi kyseiset luokkatilat tulisi varustaa ilmanjäähdytyslaittein. Työsali paikkojen lisäys tulisi toteuttaa tilojen uudelleen järjestelyin ja työpisteiden lisäksi.

Näillä toimenpiteillä saavutamme parannusta oppimisympäristössämme.

# SISÄLTÖ

1. KEHITTÄMISHANKKEEN TARKOITUS.....	4
2. MENETELMÄT.....	5
3. YHTEENVETO TULOXSISTA.....	6
4. OPETUSTILOISSA SUORITETUT MITTAUKSET.....	8
4.1 Mitatut hiilidioksidi (CO <sup>2</sup> )- ja lämpötila-arvot.....	8
4.2 Mitä on hiilidioksidi? .....	8
5. SUOSITUKSET OPETUSTILOJEN VIIHTYVYYDESTÄ.....	9
5.1 Opiskeluympäristö työpaikkana .....	9
5.2 Hyvä sisäilmasto lisää hyvinvointia ja viihtyisyyttä ja parantaa oppimistuloksia .....	11
6. YLEISET MÄÄRÄYKSET ILMANLAADUSTA HIILIDIOKSIDIARVOJEN OSALTA .....	13
6.1 Rakennusmääräykset ilmanvaihdolle .....	13
6.2 Ilmansuojelulaki .....	13
6.3 Asumisterveysohje .....	13
6.4 Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista ..	14
6.5 Ilmanvaihto.....	14
6.6 Lämpöolot .....	16
7. TOIMENPIDE- EHDOTUS.....	17
7.1 Työsaliharjoituspaikkojen lisäys .....	17
7.2 Työsalissa suoritettavien toimenpiteiden kustannukset.....	18
7.3 Luokkatilan jäähdytys/ilmanlaadun parannus .....	18
7.4 Luokkatiloissa suoritettavien toimenpiteiden kustannukset.....	19
8. YHTEENVETO .....	20
LÄHTEET .....	21
Liite 1 Oppilaskysely, oppimisympäristön viihtyvyys.....	
Liite 2 Oppilaskysely luokkatilojen toimivuudesta	
Liite 3 Oppilaskysely työsaliviihtyvyydestä	
Liite 4 Oppilaskysely sosiaalityötilojen toimivuudesta päivittäisessä käytössä	
Liite 5 Mitatut hiilidioksidipitoisuudet luokissa	
Liite 8. Huono ilma tulee kalliiksi.....	
Liite 9. Putkipuristin.....	
Liite 10. Työsalin pohjapiirustus.....	
Liite 11. Toshiba ilmalämpö/jäähdytys yksikkö .....	

## KEHITTÄMISHANKKEEN TARKOITUS

Tämän kehittämishankkeen tavoitteena on kehittää ratkaisuja luokka- ja työsaliovetustilojen puutteisiin ja ongelmiin, jotka tulevat esiin oppilaiden ja opettajien väsymiseen tunnin edetessä. Tavoitteena on esittää LVI- alan osaston teorialuokkatilojen lämpötilaa alentavaa ja ilmanlaatua parantavaa toimenpidettä, mikä saavutetaan, kun luokkatilat varustetaan ilmanjäähdytyslaittein.

Työsaliovetustilojen tilantarpeen kasvuun on ollut vaikuttamassa aikaisemmasta 16 oppilaan ryhmäkoosta siirtyminen 20 oppilaan ryhmäkokoihin.

Kehittämishankkeen käynnistymiseksi olen tehnyt oppilaskyselyn, ja tämän pohjalta olen koonnut eniten kehittämistarvetta vaativat alueet, mitkä tuon esiin hankkeessani. Oppilaskysely on toteutettu neljän kyselytehtävän avulla. Tämän avulla pyrin kartoittamaan oppilaiden kokemat viihtyvyyttä heikentävät tekijät esiin, ja näiden pohjalta tulen luomaan kehittämissuunnitelman. Oppilaskysely sisälsi viihtyvyykskyselyn eri oppimisympäristöistä, teorialuokkatilat, työsaliovetustilat ja oppilaiden sosiaalilat. (Liite 1,2,3 ja 4).

Suurimpana häiritteijänä oppilaat kokivat luokkatilojen ilmanlaadun. Ovetustiloissa toteutettiin kyselyssä esille nousseen epäkohdan mittaukset. Ovetustiloissa suoritettiin oppituntien eri ajankohtina mittauksia, mitkä kertovat luokkatiloissa vallitsevan hiilidioksidipitoisuuksien määrästä ja vaihteluista ovetustilanteen aikana, sekä lämpötilojen muutoksesta oppituntien aikana. (Liite 5 ja 6).

Tuolin ja pulpetin ergonomia oli kyselyissä mukana, mutta niiden vaikutusta ei koettu juurikaan merkittäväksi tekijäksi viihtyvyydelle, verraten ilmanlaatuun kyseisissä tiloissa. (Liite 1, kuvio 1).

Lämpötilamittaukset olisi ollut aiheellisempia suorittaa syyslukukauden alettua, jolloin oppilaiden kokemat tuntemukset viihtyvyydestä olisivat käsittäneet koko lukuvuoden.

Työsaliopetustilojen kyselyssä hain oppilaiden tuntemuksia asteikolla 1-5, eli näin kartoitin haittaavimman tekijän heidän viihtyvyydessään.(Liite 3).

Yhtenä alueena kyselyssä oli mukana sosiaalitilojen viihtyvyys, mikä käsitti ilmanlaadun, vaatteiden säilytyksen ja peseytymismahdollisuuksien kartoituksen.

Kyselyn toteutin, samaa / eri-mieltä-vaihtoehtotehtävän avulla.(Liite 4).

## **1. MENETELMÄT**

Tutkimus ja kehittämiskohde:

Porin Ammattiopisto / Tekniikkaopisto

Professorintie 5 28601 Pori

Talotekniikkaosaston luokkatilat Mlu 13 ja 14

Talotekniikkaosaston luokkatila Mty 14 ja sosiaalitulat 13a ja 13b

Tutkimusmenetelmänä käytettiin kyselytutkimusta, jossa kartoitettiin oppilaiden viihtyvyyttä luokkatiloissa, työsalissa ja oppilaiden sosiaalituloissa. Kyselylomake sisälsi kysymykset luokkatilojen viihtyvyydestä, työsaliopetustilojen toimivuudesta oppilaiden näkökulmasta ja sosiaalitulojen toimivuudesta. Kysely suoritettiin kahdelle LVI-alan opiskelijaryhmälle LVI B06 ja LVI A07, kyselyyn osallistui 40 oppilasta. Liite 1.

Vastausten perusteella tein luokkatiloissa hiilidioksidipitoisuuksien mittauksia, koska oppilaat kokivat luokkatilojen ilmanlaadun huonoksi. Vertauspohjana käytin yleisiä määräyksiä ja suosituksia hiilidioksidipitoisuuksista ja julkisten tilojen hiilidioksidipitoisuuksien annetuista raja-arvoista. Raja-arvojen ylittyminen oppituntien aikana antoi aiheutta tutkia mahdollisten korjaustoimenpiteiden toteuttamismahdollisuuksia.

## 2. YHTEENVETO TULOKSISTA

Kyselytutkimuksessa neljän eri kyselykohdan suurimmaksi haittatekijäksi koettiin opetustiloissa vallitsevan ilmanlaadun huono taso ja opetustilojen liian korkea lämpötila syys- ja kevätkaudella.



Kuvio 1 Kuva luokkatilasta Mlu 14

Ensimmäinen kyselytehtävä (Liite1) sisälsi kysymykset, jotka koskivat ergonomiaa, taululle näkyvyyttä, oppilaiden taholta aiheutuvaa opetuksen keskeytystä, kalvojen näkyvyyttä sekä havaintovälineiden riittävää määrää. . Kysely toteutettiin pisteyttämällä 1-5, josta 5 oli haittaavin tekijä ja 1 vähemmän haittaavaksi koettu. 5 pisteen vastauksia kertyi eniten pulpetin ja istuimen ergonomiaa koskevasta kysymyksestä, ja muuten voidaan todeta, että muut vastaukset eivät tuoneet suuria eroavaisuuksia.

Toinen kysely (Liite 2) sisälsi opetustilojen viihtyvyyteen vaikuttavia tekijöitä, kuten ilmanlaadun, lämpötilan, riittävien opetustilojen sekä valaistuksen määrää koskevat kysymykset. Kysymykset olivat toteutettu samaa / erimielttä-tehtävän avulla, ja suurimpana epäkohtana koettiin ilmanlaadun vaikutus opiskeluvireyteen. 29 oppilasta vastasi haittaavimpana kokeneensa opetustilojen ilmanlaadun tason ja toisena suurena tekijänä nähdään lämpötilan vaikutus opiskeluvireyteen. Kyselyn jälkeen tämä lämpötilaa koskeva kysely osoitti, että kyseessä oli liian korkea lämpötila luokkatiloissa varsinkin kevät ja syyslukukaudella. Opetustiloja pitää riittämättömänä vain yhdeksän oppilasta, ja valaistusta riittämättömänä pitää vain yksi oppilas neljästäkymmenestä.

Kolmas kysely (Liite 3) koski työsaliopetustilojen viihtyvyyttä ja siellä vallitsevan siisteyden, lämpötilan, ilmanlaadun, melutason – ja työpisteiden riittävyyden vaikutuksista oppilaiden työskentelyyn. Oppilaiden antamat pisteet osoittivat, että työsalin työskentelypisteiden puute koettiin eniten haittaavaksi ja toisena ilmanlaatu, sekä siisteyden ja melutason merkityksen nähtiin myös olevan yhtenä haittaavana tekijänä työskentelyssä. Työsalin lämpötila koettiin vähiten haittaavaksi tekijäksi näiden kysymysten pohjalta arvioiden. Vastaukset eivät tuoneet esiin kovinkaan suuria eroja eri kysymysten välillä.

Neljäs kyselytehtävä (Liite 4) oli samaa / eri mieltä -tehtävä, joka koski oppilaiden sosiaalitulojen toimivuutta päivittäisessä käytössä. Pukutilojen ilmanvaihdon koki riittämättömäksi 1/3 osaa vastanneista ja peseytymismahdollisuuksiin olisi kaivannut parannusta 1/3 vastanneista. Pukukaappeja piti riittämättömänä 1/3 osaa oppilaista, eli sosiaalitulojen voidaan näin ajatella olleen melko toimivat ja eivät näin ollen ole kehittämiskohteena juurikaan merkittävä.

### **3. OPETUSTILOISSA SUORITETUT MITTAUKSET**

#### **4.1 Mitatut hiilidioksidi (CO<sup>2</sup>)- ja lämpötila-arvot**

Teorialuokkatilojen mittaukset suoritettiin Alnor Q-TRAK8550- mittarilla.

Luokkatilat eroavat toisistaan neliömäärältään: luokka Mlu 13 on kooltaan 56,16 m<sup>2</sup>/168, 48 m<sup>3</sup>. Luokka Mlu 14 on kooltaan 75 m<sup>2</sup>/225 m<sup>3</sup>. Suoritetuissa mittauksissa on havaittavissa ilmanlaadun eroavaisuus suuremman luokkatilan eduksi. (Liite 5. 6. 7)

#### **4.2 Mitä on hiilidioksidi?**

Ihmisen aineenvaihdunta tuottaa sisäilmaan hiilidioksidia (CO<sup>2</sup>) ja muita epäpuhtauksia.

Hiilioksidin määrää sisäilmassa voidaan pitää ihmisestä peräisin olevien sisäilman epäpuhtauksien indikaattorina. Sisäilman hiilidioksidipitoisuus saattaa kohota suureksi esimerkiksi asuinhuoneiston makuuhuoneessa yön aikana, koulun luokahuoneessa oppituntien aikana ja päiväkodin lepohuoneessa. Sisäilma tuntuu tällöin tunkkaiselta. Hiilidioksidin suuri pitoisuus sisäilmassa voi aiheuttaa väsymystä, päänsärkyä ja työskentelytehon huononemista.

Hiilidioksidipitoisuuksia on suositeltavaa seurata sellaisilla jatkuvatoimisilla, rekisteröivillä mittalaitteilla, joiden toiminta perustuu esimerkiksi infrapunasäteilyn absorptioon (SFS 5412) tai sähkökemialliseen kennoon. Mittalaitteet on kalibroitava säännöllisesti ja sähkökemiallisten laitteiden kennot on uusittava muutaman vuoden välein. Hetkellinen hiilidioksidipitoisuus voidaan mitata myös suoraan osoittavilla ilmaisinputkilla, jotka värjäytyvät imettäessä niiden läpi tietty ilmavirta.

( <http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/suorakanava/artikkeli2.asp?id=576> 30.3.2008).



## 5. SUOSITUKSET OPETUSTILOJEN VIIHTYVYYDESTÄ

### 5.1 Opiskeluympäristö työpaikkana

Lehtiartikkelissa Paikallislehti Vihreässä langassa käsiteltiin Helsingin alueen oppilaitosten ilmanvaihdon korjauksista aiheutuvia kustannuksia ja tutkittiin kouluissa vallitsevien hiilidioksidipitoisuuksien määriä ja tutkimus osoitti jopa raja-arvojen ylittyneen tuplasti.

(Laitinen Jussi. 22.4.2005. Paikallislehti Vihreä lanka, artikkeli: Huono ilma tulee kalliiksi). ( Liite 7).

Tunkkainen ja huono ilma aiheuttavat väsymystä ja päänsärkyä työpäivien kestäessä pitkään, mikäli ilmanlaatu on heikko. Huonossa ilmassa keskittymiskyky heikkenee sekä lika ja pöly puolestaan voivat aiheuttaa ärsytysoireilua silmissä ja hengityselimissä. (Sisäilman hyväksi, Työterveyslaitos 2006, 12)

Koulu on henkilöstön työpaikka, jossa työnä on opettaminen, oppimaan ohjaaminen ja oppimisen tukeminen; tuloksena on oppilaiden oppiminen. Työturvallisuuslain mukaan työympäristön on oltava toimintaan nähden tarkoituksenmukainen – siis työympäristön tulee olla tarkoituksenmukaiseen opettamiseen, oppimisen ohjaamiseen ja tukemiseen nähden ja myös oppilaan oppimiseen nähden. Opetustyöpaikan, opiskeluympäristön, tulee tukea oppimista täyttääkseen lain vaatimuksen tarkoituksenmukaisuudesta.

Työnantajan on työturvallisuuslain mukaan huolehdittava jo suunnitteluvaiheessa, että työtilat soveltuvat aiottuun tarkoitukseen. Työtilojen tilavuuden ja pinta-alan tulee olla riittävä, samoin työtiloissa tulee olla riittävästi tilaa työn tekemistä ja työn vaatimaa liikkumista varten. Työturvallisuuslaki tähdentää lisäksi työnantajan velvollisuutta ottaa huomioon työhön, työolosuhteisiin ja muuhun työympäristöön sekä työntekijän henkilökohtaisiin edellytyksiin liittyvät seikat. Perusopetuslaki puolestaan edellyttää opetuksen järjestämistä oppilaiden ikäkauden ja edellytysten mukaisesti. Asetuksessa perusopetuksen valtakunnallisista tavoitteista korostetaan erityisesti tyttöjen ja poikien erilaisten tarpeiden ja kasvun ja kehityksen erojen

huomioon ottamista. Lait täydentävät toisiaan, vaikkakin toinen lähestyy oppimisympäristöä oppijan ja toinen työntekijän näkökulmasta. Samoin lait yhdessä kattavat koko ikäjakauman avuttomimmasta oppilaasta kokeneimpaan työntekijään. Molemmat tähtäävät tarkoituksenmukaiseen työympäristöön, jossa yksilön edellytykset otetaan huomioon.

Henkilökunnalle tulee järjestää tarkoituksenmukaiset työolot. Koulu on perinteisesti ollut erilaisten ammattiryhmien työpaikka, jossa toiminta on perustunut yksin toimimisen malliin. Yhteistoiminnallisessa kulttuurissa työntekijä saa enemmän tukea kollegoiltaan ja esimiehiltään. Tällöin tarvitaan myös tilallisia mahdollisuuksia vuorovaikutukseen. Pääosa työstä tapahtuu vuorovaikutustilanteissa oppilaiden kanssa, mutta opetuksen valmistelu edellyttää rauhallisia yksilö- tai tiimityöhön sopivia paikkoja.

Oppilaitoksen henkilöstö toimii joukkueena, jonka toiminta lähtee yhteisöllisyydestä. Koko henkilökuntaa ja myös vierailevia asiantuntijoita tai opetusharjoittelijoita varten rakennettavat kahvio- ja taukotilat pukeutumis- ja peseytymistiloihin mahdollistavat jatkuvan vuorovaikutuksen (Nuikkinen Kaisa, Terveellinen ja turvallinen koulurakennus, Opetushallitus 2005, s. 55-56).

Nykyään ollaan enemmän sisätiloissa kuin ennen ja siitä johtuen nuorten ja työikäisten allergiat ovat viime vuosikymmeninä lisääntyneet, ja merkittävä osa niistä liittyy altistumiseen sisäilman sisältämiin pölyhiukkasiin ja muihin partikkeleihin. (Lahtinen Marjaana, Lappalainen Sanna, Reijula Kari. Sisäilman hyväksi, Toimintamalli vaikeiden sisäilmaongelmien ratkaisuun, Työterveyslaitos, 2006).

## **5.2 Hyvä sisäilmasto lisää hyvinvointia ja viihtyisyyttä ja parantaa oppimistuloksia**

Terveellisen, turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston aikaansaamiseksi käytetään rakenteellisia keinoja, pienennetään sisäistä kuormitusta, rajoitetaan ulkoisen ja sisäisen kuormituksen vaikutusta sekä käytetään ilmanvaihto- ja ilmastointiteknisiiä keinoja. ( Talotekniikka-RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: LVI-järjestelmät ja automaatiojärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry ja Sähkötieto ry).

Rakentamisen yhtenä keskeisenä tavoitteena voidaan nykyisin pitää hyvää sisäilmaa. Hyvä suunnittelu on hyvän sisäilmaston saavuttamisen ensimmäinen askel. Hyvän sisäilmaston luominen alkaa rakennushankkeen tavoitteiden määrittelystä. Sisäilmaston lopulliseen laatuun vaikuttavat lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointilaitteet, rakennustekniikka, rakennustöiden suorittaminen ja käytetyt materiaalit sekä rakennuksen käyttö ja kunnossapito. Nämä kaikki seikat on otettava huomioon suunnittelun, rakentamisen ja käytön kaikissa vaiheissa.

### **Korjaus- ja muutostyöt**

Rakennusten energiankäytön tehostamisen yhteydessä sisäilman laatu on aina turvattava. Energiansäästön ja hyvän sisäilmaston on kuljettava käsi kädessä, eikä energian säästö voi mennä terveellisyyden edelle. Ongelmien aiheuttajien löytäminen ja vikojen korjaaminen on välttämätöntä. Tärkeintä olisi pyrkiä rakennuksen oikealla käytöllä ja laitteiden säännöllisellä huoltamisella välttämään mahdolliset ongelmat etukäteen.

Rakentamista koskevat säädökset eivät edellytä D2:ssa estettyjen määräysten noudattamista korjauskohteissa. Kun rakennuksen käyttötarkoitus säilyy ennallaan, korjaustoimien lähtökohtana voidaan pitää olemassa olevaa tilannetta. Säästösten vaatimukset täyttyvät, kun koulurakennuksen ilmanvaihto täyttää ne vaatimukset, jotka ovat olleet voimassa rakennuksen valmistumisajankohtana. Olosuhteita ja järjestelmiä on voitava parantaa ilman, että saavutetaan D2:ssa kuvailtu taso. Yksittäisissä tapauksissa korjaamisen ja parantamisen periaatteista sovitaan paikallisen rakennusviranomaisen kanssa.

Kunnan terveysturvaviranomainen valvoo käytössä olevien koulujen terveellisyttä, myös sisäilman laatua. Koulujen perusrakennusten yhteydessä on syytä varmistaa etukäteen terveysturvaviranomaisen näkemys toimenpiteiden periaatteista ja varmistaa, että sisäilmaston vaatimusten minimitaso tulee varmistetuksi ja että terveysturvaviranomaisen soveltamat säädökset otetaan huomioon. Joka tapauksessa merkittävien perusrakennustoimenpiteiden jälkeen koulutuksen järjestäjällä on terveysturvaviranomaisen mukaisesti velvollisuus ilmoittaa työympäristöviranomaiselle tehdyistä toimenpiteistä.

Hiilidioksidin määrä sisäilmassa kertoo ihmisestä peräisin olevien epäpuhtauksien määrästä. Sisäilma ei täytä terveysturvaviranomaisen vaatimuksia, jos hiilidioksidipitoisuus on yli 2 700 mg/m<sup>3</sup> (1 500 ppm); tällöin ilmanvaihtoa on tehostettava. Ulkoilmavirran pitäisi olla yleensä noin 4 l/s henkilöä kohden, jotta hiilidioksidipitoisuus ei kohoaisi suuremmaksi kuin 2 700 mg/m<sup>3</sup>. (Nuikkinen K. 2005, 112-115)

## **6. YLEISET MÄÄRÄYKSET ILMANLAADUSTA HIILIDIOKSIDIARVOJEN OSALTA**

### **6.1 Rakennusmääräykset ilmanvaihdolle**

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että sisäilmassa ei esiinny terveydelle haitallisessa määrin kaasuja, hiukkasia tai mikrobeja eikä viihtyisyyttä alentavia hajuja.

Ohje: Sisäilman hiilidioksidin pitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana on yleensä enintään 2160 mg/m<sup>3</sup> (1200 ppm).

(RT RakMK-21218 KH RakMK-10380 LVI RakMK-00277 säännöstiedosto).

### **6.2 Ilmansuojelulaki**

Ilman pilaantumisella tarkoitetaan tässä laissa sellaista ihmisen toiminnasta johtuvaa ulkoilman koostumuksen tai sen ominaisuuksien muuttamista, josta joko välittömästi tai välillisesti aiheutuu vaaraa tai haittaa terveydelle taikka elollisen luonnon toiminnoille, muun ympäristön vahingollista muuttumista, taloudellista vahinkoa tai yleistä viihtyisyyden vähentymistä taikka muu näihin rinnastettava yleisen tai yksityisen edun loukkaus. Ilman pilaantumisen vaaraa aiheuttavalla toiminnalla tarkoitetaan rakennuksen, laitoksen tai alueen käyttämistä taikka muun toiminnan järjestämistä siten, että siitä saattaa aiheutua ilman pilaantumista. (Laki 1017/1996 2 §, 1711/1995)

### **6.3 Asumisterveysohje**

#### **Hiilidioksidin ohjearvo ja tutkiminen**

Sisäilman kohonnut hiilidioksidipitoisuus on osoitus ilmanvaihdon riittämättömyydestä, eikä sille voida ilmoittaa mitään erityistä terveydellistä ohjearvoa. Jos sisäilman hiilidioksidipitoisuus ylittää

2 700 mg/m<sup>3</sup> (1 500 ppm), ilmanvaihto ei ole terveysuojelulain edellyttämällä tasolla. Hiilidioksidi tulisi mitata sisäilmasta, jos sisäilma tuntuu tunkkaiselta tai ilmanvaihdon riittävyyttä on syytä epäillä. Tyydyttävänä hiilidioksidipitoisuutena sisäilmassa voidaan pitää arvoa 2 160 g/m<sup>3</sup> (1 200 ppm).

Hiilidioksidin mittausmenetelmät: Sisäilman hiilidioksidipitoisuuden vaihteluita tulisi seurata usean tunnin tai vuorokauden aikana. (Sosiaali- ja terveysministeriön opas 2003:1, terveysuojelulaki 763/94,32 §).

## **6.4 Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista**

Työhuoneen ilmatilan tulee olla vähintään kymmenen kuutiometriä kutakin työntekijää kohden. Tätä laskettaessa otetaan työhuoneen korkeudesta huomioon enintään kolme ja puoli metriä.

Jos työpaikalla käytetään koneellista ilmanvaihtoa, se on pidettävä toimintakunnossa. Laitteistossa oleva työntekijälle välitöntä terveystaittaa aiheuttava lika ja muut epäpuhtaudet on puhdistettava.

Laitteiston on toimittava niin, että työntekijöiden terveydelle ei aiheudu haittaa tai vaaraa.

Jos se on työntekijöiden turvallisuuden ja terveyden kannalta tarpeellista, ilmanvaihtolaitteisto on varustettava valvontajärjestelmällä, joka ilmoittaa toimintahäiriöistä. (Suomen säädöskokoelma 577/2003, 9 §).

## **6.5 Ilmanvaihto**

Rakennusmääräyskokoelman osaan D2 sisältyy rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa koskevat määräykset ja ohjeet. Määräykset koskevat uudisrakentamista. Määräysten mukaan rakennus on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan kaikissa tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilmasto. Rakennuksen suunnittelussa ja rakentamisessa on terveellisen,

turvallisen ja viihtyisän sisäilmaston saavuttamiseksi otettava huomioon seuraavat rakennukseen vaikuttavat asiat: sisäinen kuormitus kuten lämpö-, kosteus- ja henkilökuormat sekä rakennus- ja sisustusmateriaalien päästöt; ulkoinen kuormitus, kuten sää- ja ääniolot, ulkoilman laatu ja muut ympäristötekijät sekä sijainti ja rakennuspaikka. ( Talotekniikka-RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: LVI-järjestelmät ja automaatiojärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry ja Sähkötieto ry).

Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava rakennuksen suunnitellun käyttötarkoituksen ja käytön perusteella siten, että se luo omalta osaltaan edellytykset tavanomaisissa sääoloissa ja käyttötilanteissa terveelliselle, turvalliselle ja viihtyisälle sisäilmastolle. Ilmanvaihtojärjestelmä on suunniteltava ja rakennettava siten, että se oikein käytettynä, huollettuna ja kunnossapidettynä kestää toimintakuntoisena suunnitellun käyttöiän. Huonetiloissa tulee olla ilmanvaihto, jolla käyttöaikana taataan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä sisäilman laatu. ( Talotekniikka-RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: LVI-järjestelmät ja automaatiojärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry ja Sähkötieto ry).

Määräysten mukaan luokkahuoneen ilman tulee vaihtua henkeä kohti laskettuna 6 litraa sekunnissa tai neliometriä kohti 3 litraa sekunnissa. Hiilidioksidipitoisuuden ylin sallittu määrä on 1 200 ppm. (1 ppm-yksikkö vastaa yhtä kuutiometriä (cm<sup>3</sup>) kaasua kuutiometrissä ilmaa.)

D2:n määräykset johtavat pääasiassa koneelliseen ilmastointiin, mutta on suositeltavaa varustaa kaikki opetus- ja työskentelytilat lisäksi avattavilla ikkunoilla nopeata tuulettamista varten.

( Talotekniikka-RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: LVI-järjestelmät ja automaatiojärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry ja Sähkötieto ry).

## 6.6 Lämpöolot

Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisää huonelämpötilaa voidaan ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. Rakennus on suunniteltava ja rakennettava siten, etteivät ilman liike, lämpösäteily ja pintalämpötilat aiheuta epäviihtyisyyttä. Oleskeluvyöhykkeen huonelämpötilan lämmityskauden suunnitteluarvona käytetään yleensä 21°C. (Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa D2.)

Uudisrakentamista koskevat lisäksi rakentamismääräyskokoelman osan C3 lämmöneristysmääräykset ja osan C4 lämmöneristysohjeet. Osasta D3 löytyy rakennuksen energiataloutta koskevat määräykset ja ohjeet sekä osasta D5 ohjeet rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskentaan. Rakennusosien, jotka erottavat lämpimän ja puolilämpimän tilan ulkoilmasta, lämmittämättömästä tilasta tai toisistaan, tulee olla lämpö- ja kosteusteknisiltä ominaisuuksiltaan sellaisia, että tilassa voidaan saavuttaa käyttötarkoituksen edellyttävät sisäilmasto-olot hyvän energiatehokkuuden vaatimusten mukaisesti. Rakennuksen vaipan tulee olla niin ilmanpitävä, että rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä voi toimia suunnitellusti. Rakenteisiin on tarvittaessa tehtävä erillinen ilmansulku. Erityistä huomiota tulee kiinnittää rakenteiden liitosten ja läpivientien suunnitteluun sekä rakennustyön huolellisuuteen, (Suomen rakennusmääräyskokoelma, osa C3.)



## **7. TOIMENPIDE- EHDOTUS**

### **7.1 Työsaliharjoituspaikkojen lisäys**

Työsalissa on nykyisellään kahdeksalle oppilaalle samanaikaisesti käytettävissä olevat putkipuristinpenkit (Liite 3.) ja oppilasmäärän lisääntyessä tarve on kasvanut jonkin verran. Aikaisempien oppilasmäärien ollessa luokkaa kohden 16 oppilasta, on nykyiset 20 oppilaan luokat saaneet aikaan lisätarvetta harjoitus- ja työskentelypaikkojen osalle.

Työsalissa olevat nykyiset työpöydät on mahdollista varustaa kahdella putkipuristimella ja näin saavutetaan mahdollisuus kymmenen oppilaan samanaikaiselle työskentelylle. (Liite 4.)

Mahdollisuus uuden harjoituspöydän hankinnasta on selvitettävä ja pohdittava, onko taloudellisempaa ostaa, vai olisiko taloudellisempaa teettää uusi pöytä oppilastyönä omassa oppilaitoksessamme. Työtilojen kokonaispinta-ala taas voi olla riittämätön, mikäli tiloihin sijoitetaan yksi suuri asennuspöytä lisää (1000×2400 mm).

Työsalityöskentelyssä suurin osa harjoituksista suoritetaan seinä asennuksina ja näin ollen asennustilan tarve oppilasta kohden on noin 1-2 m<sup>2</sup> seinäpinta-alaa. 20 oppilaan tarve on näin ollen noin 40m<sup>2</sup>. Tällä hetkellä käytettävissä oleva tila on noin 20m<sup>2</sup>. Opetustilojen uudelleen järjestelyllä voidaan saavuttaa lisäystä tiloihin, jopa tarvittava lisä mitä luonteva harjoitusympäristö edellyttää. Kehitysraportin liitteestä 4, selviää paikka, mihin saadaan pinnoitettua puukoolauksin varustettua lastulevyseinää noin 8 m<sup>2</sup>. Työstä ei aiheudu juurikaan kustannuksia, koska oppilaitoksessamme on varastoituna jo kyseiset materiaalit mitä työ edellyttää. Työ tullaan suorittamaan oppilastyönä.

## **7.2 Toimenpiteen kustannukset**

Työsalipöytien varustaminen kahdella uudella putkipuristimella ei aiheuta kovinkaan merkittäviä kustannuksia. Puristimen yksikköhinta on LVI-alan tukku-  
liikkeestä hankittuna noin 50 € kpl, sisältäen oppilaitoksen neuvottelemat alennukset ALV 0%.

## **7.3 Luokkatilan jäähdytys/ilmanlaadun parannus**

Luokkatilat tullaan varustamaan Toshiba RAS- 10NKV-E- sisäyksiköin ja RAS-10NAV-E- ulkoyksiköin. Kyseisten ilmalämpöpumppujen tehon riittävyys on varmistettu alan yrityksestä käsin. Jäähdytysyksikön mitoitus perustuu 50 W/m<sup>2</sup>; tällä saavutetaan optimaalinen lämpötila haluttuun tilaan. Luokkatilojen jäähdytys kapasiteettien tarve määräytyi seuraavasti: Mlu 14 vaadittava teho on 3,75 kW ja Mlu 13 2,8 kW. Kyseisen Toshiba RAS-10NAV-E jäähdytysteho on 3kW eli soveltuu luokkatilaan Mlu 13. Luokkatila Mlu 14 varustetaan Toshiba RAS-13NAV-E ja RAS-13NKV-E laittein, joiden jäähdytysteho on maksimissaan 4 kW. Liite 5.

Kyseiset sisäyksiköt parantavat huoneilman laatua, kuten monet käyttäjät ovat jo käytännössä huomanneet. Sisäyksikön käsittelemä huoneilma voi maksimissaan olla jopa 618 m<sup>3</sup>/h. Sisäyksikkö on varustettu sähkösuodatus menetelmällä, jonka avulla puhdistetaan ilmasta pölyhiukkaset ja muut partikkelit. Tämän lisäksi laitteen suuret suodattimet ovat positiivisesti varautuneet ja keräävät pölyhiukkaset sekä muut bakteeripartikkelit ja näin saadaan sisäilma puhtaammaksi. Tämän puhdistustoiminnon vaikutuksesta luokkatilojemme ilmanlaatu tulee parantumaan merkittävästi.

## **7.4 Toimenpiteen kustannukset**

Suoritin tiedustelun Toshiba paikalliselta jälleenmyyjältä (Polar-kylmä Oy) tuotteen tämänhetkistä hintaa, joka on noin 1500 €- 1700 €(asennuskustannukset eivät sisälly hinta-arvioon). Asennus tehdään oppilastyönä, oman osastomme oppilaiden harjoitustyönä.

Oppilaitokseemme on haettu kylmätekniikka-asentajan perustutkinnon koulutus-oikeuksia ja näiden oikeuksien myöntämisen jälkeen oppilaitoksessamme tullaan toteuttamaan kyseisen perustutkinnon koulutusohjelmaa.

## 8. YHTEENVETO

Oppimisympäristö talotekniikka-alan koulutuksessa: mitä se on? Oppimisympäristöä määritellään seuraavasti: Oppimisympäristö-käsite on syntynyt tilauksesta löytää perinteisen luokkahuoneopetus-paradigman haastajalle lähikehityksen vyöhykettä valloitettavaksi. Se on toistaiseksi aika hahmoton suhdekäsite, jonka omaa olemusta ei ole perusteellisesti analysoitu. Suhteena määritellen oppimisympäristö koostuu avoimesta, ei suljetusta tilasta, jossa on ennemminkin oppimisen raaka-aineita kuin valmiita sisältöjä ja tuotteita. (Helakorpi, S & Ruohonen, T. 2002. Oppi2002. Oppimisympäristöjen kehittämisprojekti. Opettajakorkeakoulun julkaisuja D:121).

Vaikka oppimisympäristö käsitteenä on alan kirjallisuudessa kuvattu melko avoimeksi tilaksi, niin pyrin käsittelemään oppimisympäristöä, rajaten sen luokka- ja työsalitiloissa tapahtuvaan opetukseen.

Suoritetut tutkimusmittaukset ja kyselyt oppilaille osoittivat tarvetta parantaa oppimisympäristöä seuraavana esitetyillä toimenpiteillä. Yksi merkittävistä luokka opetustilojen viihtyvyystekijöistä muodostuu hyvän ilman vaikutuksella. Suoritetut mittaukset näyttivät ilmanlaadussa olevan kehitettävää. Tämän johdosta päädyin ratkaisuun luokkatilojen lämpötilan alentamiseen ja ilmanlaadun parantamiseen suunnittelemalla niihin sijoitettavat ilmanjäähdytysyksiköt.

Työsaliopetustilojen suurimmaksi ongelmaksi koettiin tutkimuksen mukaan harjoituspaikkojen riittämättömyys. Tämän tilanteen korjaamiseksi päädyin ratkaisuun, jossa yksittäisten oppilaiden työskentelypisteitä lisätään kahdella kappaleella ja harjoitustilassa vaadittavaa seinäpinta-alaa lisätään opetustilojen uudelleen järjestelyllä. Tiloihin rakennetaan vapautuvaan seinätilaan puupinnoitettua harjoitusseinää, tämä sekä ilmalämpöpumppujen asennustyö toteutetaan pääasiallisesti oppilastyönä.

## LÄHTEET

Helakorpi, S & Ruohonen, T. 2002. Oppi2002. Oppimisympäristöjen kehittämisprojekti. Opettajakorkeakoulun julkaisu D:121.

Laki 1017/1996 RT YM1-21006 2 §(1711/1995)

Laitinen Jussi. 22.4.2005. Paikallislehti Vihreä lanka, artikkeli: Huono ilma tulee kalliiksi

Lahtinen Marjaana, Lappalainen Sanna, Reijula Kari. Sisäilman hyväksi, Toimintamalli vaikeiden sisäilmaongelmien ratkaisuun, Työterveyslaitos, 2006.

Nuikkinen Kaisa, Terveellinen ja turvallinen koulurakennus, Opetushallitus. 2005.

Sosiaali- ja terveysministeriön oppaita 2003:1 Asuntojen ja muiden oleskelutilojen fyysiset, kemialliset ja mikrobiologiset tekijät

Suomen säädöskokoelma 577/2003. Valtioneuvoston asetus työpaikkojen turvallisuus- ja terveysvaatimuksista.

Talotekniikka-RYL 2002. Talotekniikan rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Osa 1: LVI-järjestelmät ja automaatiojärjestelmät. Rakennustietosäätiö RTS, LVI-Keskusliitto ry ja Sähkötieto ry.

Valtuutussäännös: Terveysturvallisuuslaki 763/94

<http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/suorakanava/artikkeli2.asp?id=576> 30.3.2008

## Liite 1 Oppilaskysely, oppimisympäristön viihtyvyys

(luokkatilat, työtilat ja sosiaalilat).

**1. Mitkä asiat haittaavat luokkaopiskelussa sinua. (numeroi 1-5, 5 = eniten haittaava).**

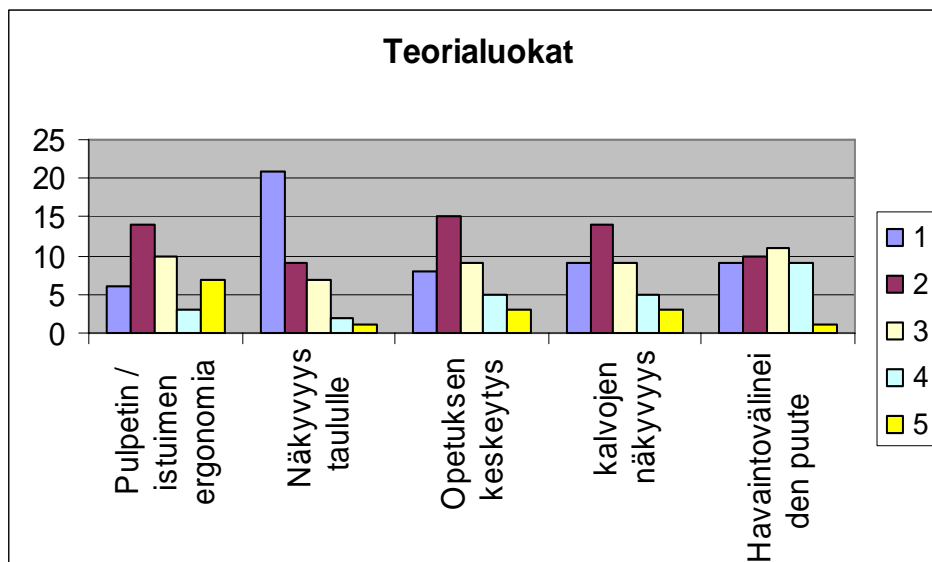
**Pulpetin /tuolin ergonominen suhde**

**Näkyvyys taululle**

**Opetuksen keskeytys oppilaiden johdosta. mm. rauhattomuus.**

**Piirtoheitinkalvojen näkyvyys.**

**Havaintovälineiden puute. (esimerkkejä käytettävistä osista).**

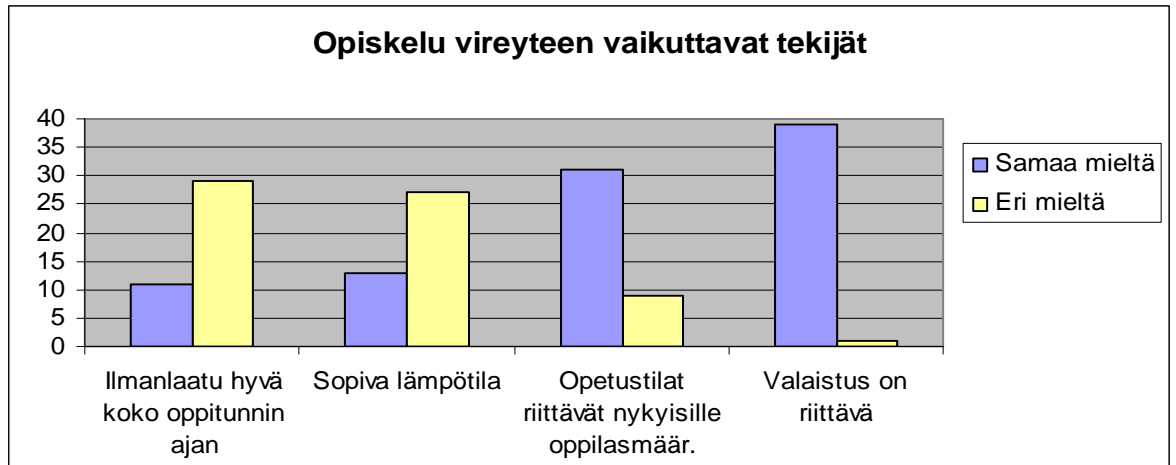


Kuvio 1 Vastaukset kysymykseen: Mitkä asiat haittaavat luokkaopiskelussa?

## Liite 2 Oppilaskysely luokkatilojen toimivuudesta

### 2.Miten koet luokkatilojen vaikuttavan opiskeluvireyteesi.

	samaa mieltä.	eri mieltä
<b>Oppitunnin ilmanlaatu on hyvä, koko tunnin ajan</b>		
<b>Luokkatiloissa vallitsee sopiva lämpötila kaikkina vuodenaikoina.</b>		
<b>Opetustilat ovat riittävät nykyisille oppilasmäärille.</b>		
<b>Luokkatilojen valaistus on riittävä.</b>		



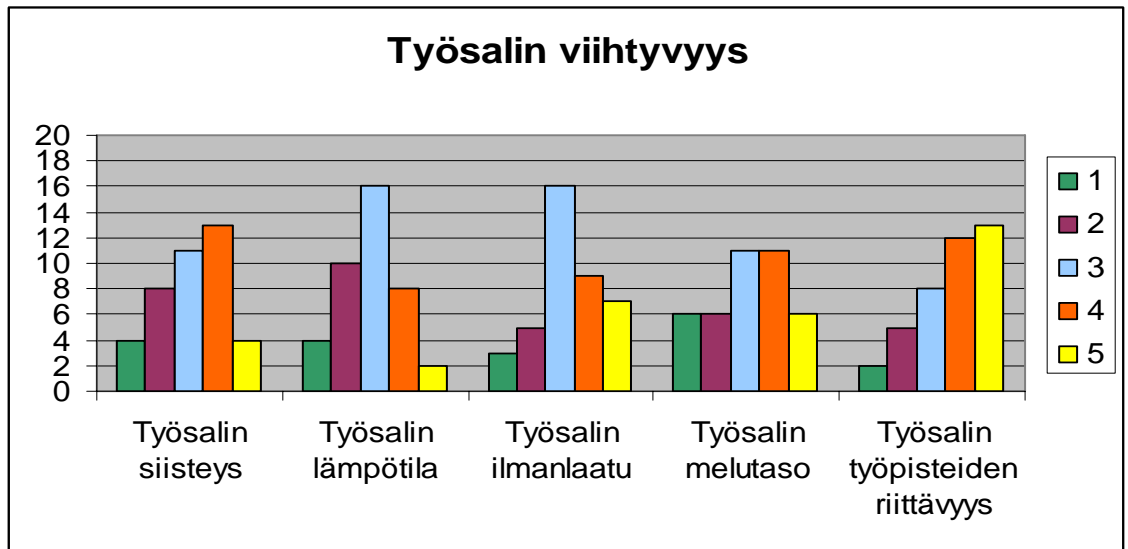
Kuvio 2 Vastaukset kysymykseen: Miten koet luokkatilojen vaikuttavan opiskeluvireyteesi?

Lyhyestä mittaus-ajankohdasta huolimatta oppilaat ovat kokeneet luokkatilojen lämpötilan ongelmallisena varsinkin hellejaksoina, mitä he olivat kokeneet aikaisemmin oppilaitoksessamme.

### Liite 3 Oppilaskysely työsali viihtyvyydestä.

3. Mitkä asiat mielestäsi vaikuttavat työsali viihtyvyyteen ja opiskeluun eniten. arvioi 1-5 5 = merkitsevin.

<b>Työsalin siisteys</b>	
<b>Työsalin lämpötila eri vuodenaikoina</b>	
<b>Työsalin ilmanlaatu</b>	
<b>Työsalin melutaso</b>	
<b>Työsalin työpisteitä on riittävästi oppilasmäärään nähden</b>	



Kuvio 3 Vastaukset kysymykseen: Mitkä asiat mielestäsi vaikuttavat työsali viihtyvyyteen ja opiskeluun eniten?

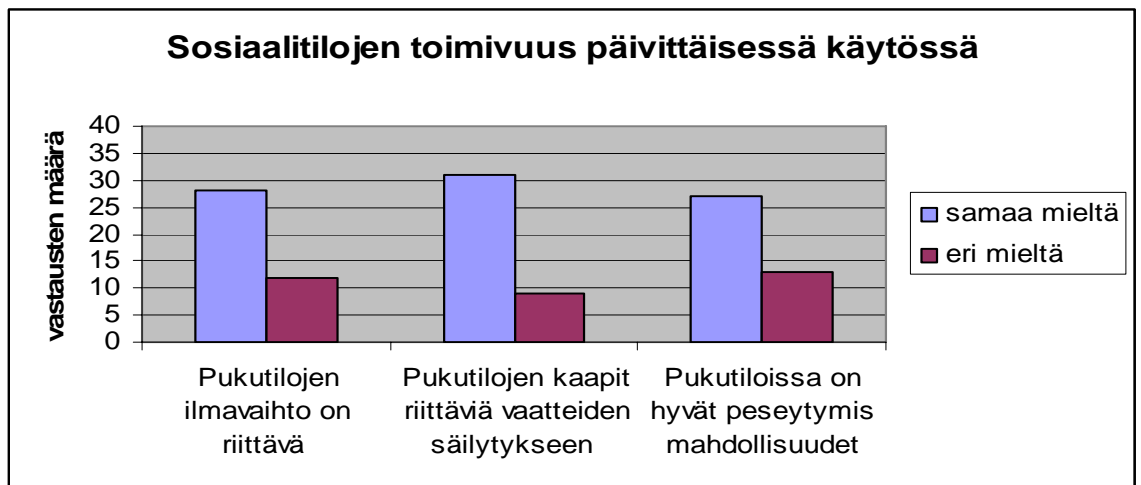
Työsalissa koettiin yleisesti olevan puutetta työpisteiden määrässä.



## Liite 4

4. Miten sosiaalitilat mielestäsi toimivat päivittäisessä käytössä (pukutilat).  
Rastita oikea vaihtoehto.

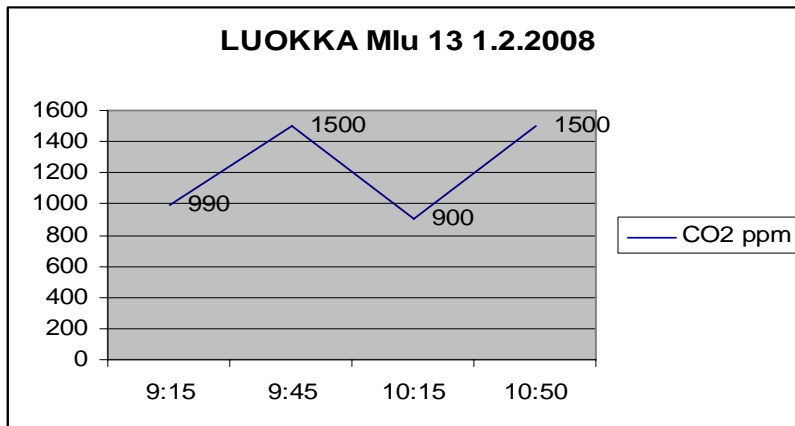
	samaa mieltä.	eri mieltä.
<b>Pukutilojen ilmanvaihto on riittävä</b>		
<b>Pukutilojen kaapit riittävät vaatteiden säilytykseen</b>		
<b>Pukutiloissa on hyvät peseytymismahdollisuudet</b>		



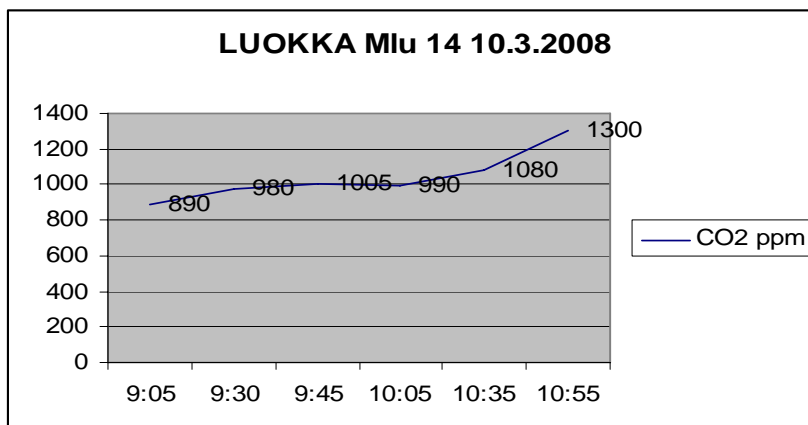
Kuvio 4 Vastaa kysymykseen: Miten sosiaalitilat mielestäsi toimivat päivittäisessä käytössä?

Tämä kysely ei juuri tuonut esiin tyytymättömyyttä tilojen toimivuudesta.

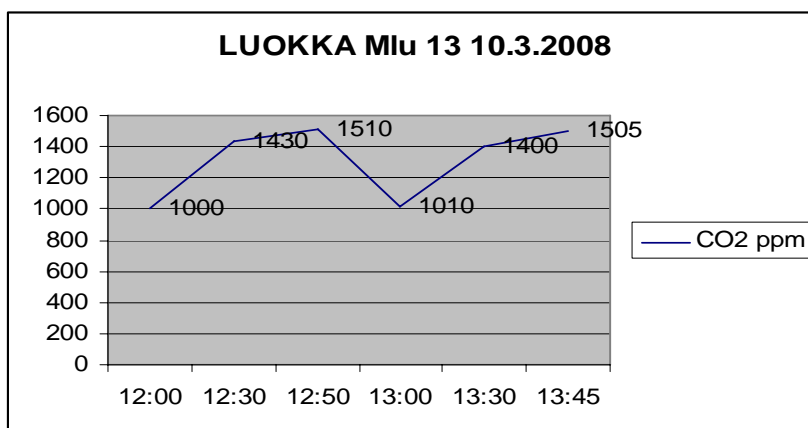
## Liite 5



Kuvio 5. Mitatut hiilidioksidipitoisuudet luokassa Mlu 13,18op

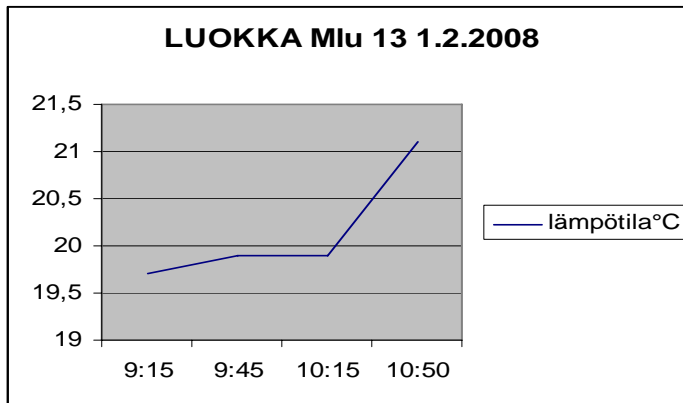


Kuvio 6. Mitatut hiilidioksidipitoisuudet luokassa Mlu 14, 20 op

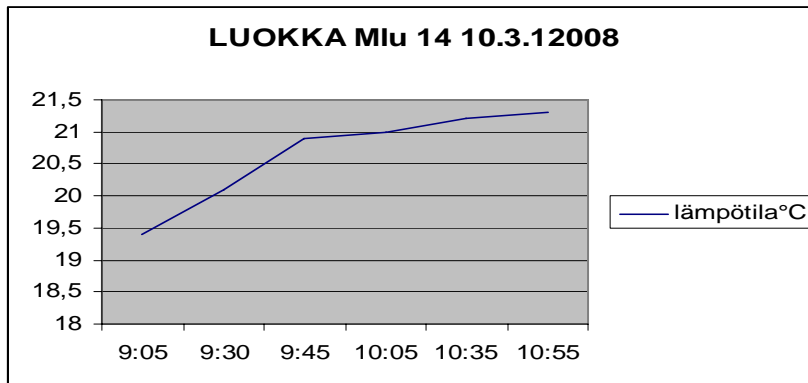


Kuvio 7. Mitatut hiilidioksidipitoisuudet luokassa Mlu 13, 20 op

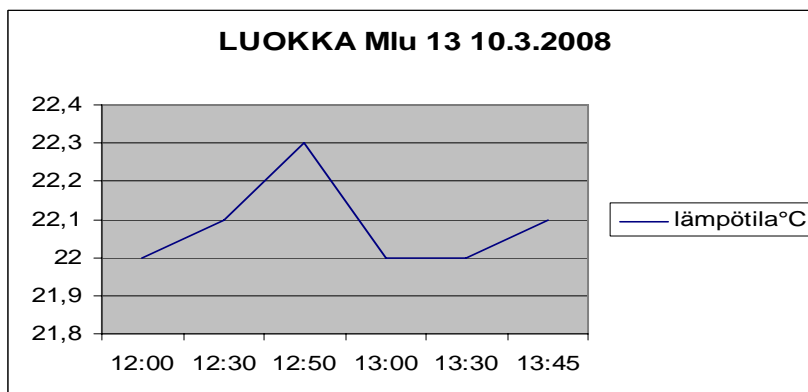
## Liite 6



Kuvio 8. Lämpötilamittaus oppitunnin aikana luokassa Mlu 13, 18 op



Kuvio 9. Lämpötilamittaus oppitunnin aikana luokassa Mlu 14, 20 op



Kuvio 10. Lämpötilamittaus oppitunnin aikana luokassa Mlu 14, 20 op

## Liite 7. Huono ilma tulee kalliiksi

Paikallislehti Vihreä lanka, artikkeli

**Jussi Laitinen**

Yli puolet Suomen kouluista kärsii homeesta tai kosteusongelmista. Helsingissä ilmastointiremontteihin uppoaa sata miljoonaa euroa.

**H**elsingin koulujen huonon sisä-ilman parantaminen maksaa kaupungille vähintään sata miljoonaa euroa. Opetusvirastossa tekeillä olevan selvityksen mukaan ilmastointi pitää uusia ainakin 40 koulussa, ja yksi tällainen remontti maksaa noin 2,5 miljoonaa euroa.

Tavallisin ongelma on huonosta ilmanvaihdosta johtuva hiilidioksidin liian suuri määrä luokkahuoneissa. Lisäksi kouluissa on home- ja kosteusvaurioita.

Tutkimustietoa Helsingin koulujen sisäilmasta on vähän, joten ongelma saattaa olla paljon arvioitua laajempi.

”Ennen 1980-lukua rakennettuja kouluja on reilut sata. Vain pieneen osaan niistä on tehty perusparannuksia. Lopuissa on luultavasti jonkinlaisia ongelmia”, opetusviraston arkkitehti **Marketta Savelainen** arvioi.

### **Hiilidioksidia on jopa tuplasti liikaa**

Tuore 40 koulun lista koottiin opettajien ja Helsingin ympäristökeskuksen tekemien ilmoitusten perusteella.

Kuvaavaa on, että ympäristökeskus teki mittauksia 13 koulussa ja luokitteli niistä 10 kiireellisesti remontoitaviksi. Luokkahuoneiden hiilidioksidipitoisuus ylitti raja-arvot pahimmillaan kaksinkertaisesti.

Yksi näistä kouluista on Kampissa sijaitseva Ressun peruskoulu, josta ympäristölautakunta jätti opetusvirastolle uhkasakon tammikuussa. Ennakkotapaus syntyi, kun virasto ei ryhtynyt toimiin, vaikka Ressun huonosta sisäilmasta saatiin tuloksia jo vuonna 1999.

Liika hiilidioksidi tekee sisä-ilman ummehtuneeksi. Se heikentää keskittymiskykyä sekä aiheuttaa päänsärkyä ja väsymystä. Home- ja kosteusvaurioista koituu muun muassa hengitystieoireita, kuten astmaa ja yskää.

”Tällä hetkellä pystytään korjaamaan pari koulua vuodessa”, rakennusviraston toimistopäällikkö **Ismo Vantola** sanoo. ”Toivon mukaan opetusviraston selvitys vaikuttaa valtuustoon ja ensi vuoden talousarviossa remontteihin saadaan lisää rahaa.”

Tänä vuonna koulujen kaikkiin peruskorjauksiin on varattu 27 miljoonaa euroa. ”Ja kohteita on hurjasti”, Vantola lisää.

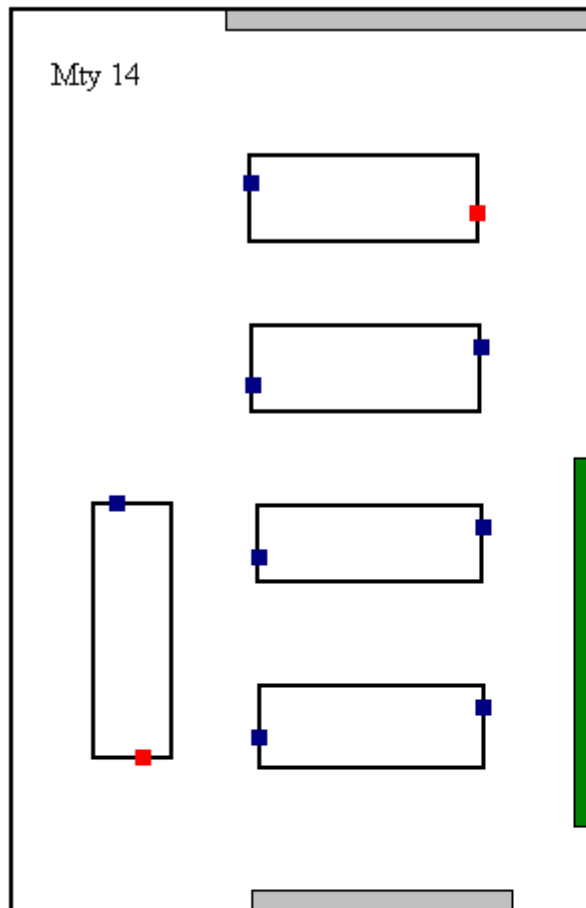
## Liite 8. Putkipuristin



## Putkiruuvipuristimet

- Puristimen runko ja alusta valmistettu vahvasta valuraudasta.
- Karkaistusta työkaluteräksestä valmistetut leuat.
- Kätevä putkituki ja putkentaivutin.

## Liite 9. Työsalin pohjapiirustus



- Nykyiset putkipuristin penkit
- Uudet putkipuristin penkit
- Nykyiset asennusseinät
- Uusi asennusseinä

## Liite 10. Toshiba ilmalämpö/jäähdytys yksikkö

### **Avaintoiminnot:**

- Uusi edistyksellisen, esteettinen ja virtaviivainen muotoilu.
- Uusi viruksia tuhoava ja allergian oireita helpottava suodatus: Zeolite-plus suodatin + Sasa suodatin poistavat bakteereja. Bioentsyymi suodatin + Gingko suodatin puhdistavat ilman.
- Viimeisin Digital Hybrid Inverter teknologia lisää energiatehokkuutta, optimoivat miellyttävyyden ja takaa luotettavan toiminnan.
- Suosikkiasetukset saat yhdellä napin painalluksella!
- Matala äänitaso: jäähdytystoiminnon äänitaso, vain 29 dB, takaa levollisen yön.
- HI-POWER toiminto: laskee/nostaa



Tähän uusi laite on integroitu laadukkaita sisäisiä laitteita

Ulkoyksikön malli		RAS-10NAV-E	RAS-13NAV-E	RAS-16NAV-E
Liitettävien sisäyksiköiden määrä	kpl	1	1	1
Sisäyksikön malli		RAS-10NKV-E	RAS-13NKV-E	RAS-16NKV-E
Lämmitysteho max.	kW	4	5	7,4
COP (kun ulkoilman lämpötila +7°C)		3,84	3,72	3,41
Jäähdytysteho max.	kW	3	4	5,2
COP		3,29	3,27	2,85
Energialuokka (lämm./jäähd.)		A/A	A/A	A/A
Käyttöjännite	V/~	220-240 / 1~	220-240 / 1~	220-240 / 1~
Virrankulutus (lämm./jäähd.)	A	0,84 / 0,76	1,13 / 1,07	1,73 / 1,62
Kylmäaine		R-410A	R-410A	R-410A
Ulkoyksikön äänitaso (lämm.)	dB(A)	47	50	51
Ulkoyksikön äänitaso (jäähd.)	dB(A)	46	48	49
Ulkoyksikön mitat (k x l x s)	mm	530 x 660 x 240	550 x 780 x 270	550 x 780 x 270
Ulkoyksikön paino	kg	30	36	39
Putkitusmatka max.	m	10	15	15
Yksiköiden korkeusero max.	m	8	10	10
Toiminta-alue (lämm./jäähd.)	°C	- 15 - 24 / 10 - 43	- 15 - 24 / 10 - 43	- 15 - 24 / 10 - 43
Sisäyksikön äänitaso (lämm.)(max./min.)	dB(A)	38 / 29	39 / 29	39 / 29
Sisäyksikön äänitaso (jäähd.)(max./min.)	dB(A)	38 / 27	39 / 26	45 / 34
Sisäyksikön mitat (k x l x s)	mm	275 x 790 x 218	275 x 790 x 218	275 x 790 x 218
Sisäyksikön paino	kg	10	10	10
Puhallinnopeuksien lukumäärä		5	5	5
Puhallusilman määrä (lämm.) max.	m <sup>3</sup> /h	618	618	780



Sisäyksikkö RAS-10NKV-E