

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Talotekniikan koulutusohjelma

Esa Peltari

Ilmanvaihtojärjestelmien muutosratkaisuja

Insinööriyö 30.4.2010

Ohjaava opettaja: lehtori Jorma Säteri

Tekijä Otsikko	Esa Peltari Ilmanvaihtojärjestelmien muutosratkaisuja
Sivumäärä Aika	53 sivua 30.4.2010
Koulutusohjelma	talotekniikka
Tutkinto	insinööri (AMK)
Ohjaava opettaja	lehtori Jorma Säteri
<p>Opinnäytetyössä tarkastellaan erilaisissa rakennuksissa tehtyjä ilmanvaihtojärjestelmien muutos- ja perusparannusratkaisuja sekä vertaillaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2 eri vuosina ilmestyneitä ilmanvaihtomääräyksiä ja ohjeita keskenään ilmanvaihtomäärämitoituksen ja lämmöntalteenottohyötysuhteen kannalta. Lisäksi opinnäytetyössä tutkitaan omakotitalon ilmanvaihtokoneeseen ja järjestelmään suoritettuja huoltotoimenpiteitä ja niiden vaikutusta ilmanvaihtomääriin.</p> <p>Opinnäytetyössä päädyttiin siihen, että ilmanvaihtojärjestelmiin tehtävät muutokset on aina tapauskohtaisesti suunniteltava ja niissä on otettava huomioon elinkaarikustannukset ja pyrittävä minimoimaan IV- järjestelmän energiankulutus käyttämällä hyvillä hyötysuhteilla olevia poistoilmanlämmöntalteenottojärjestelmiä.</p> <p>Opinnäytetyön IV-järjestelmän huolto- ja puhdistusosiossa suoritetuissa ilmamäärämittauksissa havaittiin, että on ehdottaman tärkeää, että IV-järjestelmien suodattimet vaihdetaan riittävän usein ja muutenkin järjestelmä pidetään puhtaana ja muutkin huoltotyöt suoritetaan ajallaan.</p> <p>Ilmanvaihtomäärät putoavat selvästi, jos järjestelmän eri osat ovat likaisia.</p>	
Hakusanat	Ilmanvaihto, Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D2, lämmöntalteenotto

Author Title Number of Pages Date	Esa Pelttari Ventilation system 53 30 April 2010
Degree Programme	Building Services engineering
Degree	Bachelor of Engineering
Supervisor	Jorma Säteri, Lecturer
<p>The purpose and objectives of the final year project were to investigate the airflow in a ventilation system before and after cleaning. The air flow was measured both before and after each of the components of the system were cleaned.</p> <p>Because people spend most of their time indoors, good ventilation and quality of inside air is important. Unfortunately, inside air takes up many kinds of pollution, such as radon, cigarette smoke, carbon dioxide, moisture and unknown stink. A human being consumes 15000 litres of air each day.</p> <p>Nowadays ventilation can be provided in two ways, either as supply-exhaust-ventilation and exhaust-ventilation only. Earlier even gravitational ventilation was used. Currently the Finnish Building Code does not allow it .</p> <p>Supply-exhaust ventilation is a good choice for homes because it allows the installation of an efficient heat recovery unit, a very important feature in the ventilation system.</p> <p>A ventilation system must be maintained it. The ventilation unit must be controlled at two to three-month intervals to make sure the need of maintenance is noticed. There are ventilation units with an indicator too.</p> <p>The heat recovery unit must be checked at least twice a year, the ducts must be cleaned approximately once every 10 years in residential buildings.</p> <p>In this final year project it was established that if the ventilation system is not cleaned regularly, the air flow can diminish considerably.</p>	
Keywords	Ventilation, heat recovery, maintenance

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

1	Johdanto	6
2	Käsitteitä ja määritelmiä	7
2.1	Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät	7
2.2	Muita määritelmiä	7
3	Ilmanvaihtomääräykset ja ohjeet	9
3.1	Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto	9
3.2	Sisäilmastoluokitus	14
4	Sisäilmastoa pilaavia päästöjä	15
4.1	Radon	15
4.2	Pienhiukkaset	17
4.3	Kosteusvauriot	18
4.4	Formaldehydi	18
4.5	Hiilidioksidi	18
4.6	Hiilimonoksidi eli häkä	18
4.7	Asbesti	19
4.8	Tupakansavu	19
5	Ilmanvaihtojärjestelmän eri osat ja niiden huolto pientaloissa	20
5.1	Ilmanvaihtojärjestelmän eri osat ja niihin kohdistuvat huoltotoimenpiteet	20
5.1.1	Ulkosäleikkö	20
5.1.2	Ulkoilma ja jäteilmapelit	21
5.1.3	Suodattimet	21
5.1.4	Lämmöntalteenotto	22
5.1.5	Lämmityspatterit	24
5.1.6	Puhaltimet	24
5.1.7	Tulo- ja poistoilmaventtiilit	24
5.1.8	IV-kanavien puhdistus	25

6	IV-järjestelmien osien puhdistuksen vaikutus ilmamääriin	26
7	Erilaisiin rakennuksiin toteutettuja ilmanvaihtojärjestelmien muutoksia	32
7.1	Nuorisokahvila	32
7.2	Terveydenhoitotilat	34
7.3	Siirtokelpoisen toimistorakennuksen muuttaminen päiväkodiksi	35
7.4	Vanhojen IV-järjestelmien täydentämistä omakotitaloissa	36
7.5	Vanhan siirtokelpoisen koulurakennuksen osittainen siirtäminen ja muuttaminen nuorisotilaksi	36
7.6	Vanhan entisenä paperitehtaana toimineen toimistorakennuksen perusparannus	37
7.7	Hostellin rakentaminen vanhaan pienteollisuustaloon	39
8	Loppuyhteenveto	40
	Lähteet	43
	Liitteet	
	Liite 1: Omakotitalojen IV-järjestelmän huoltokirjamalli	45
	Liite 2: LTR-3-ilmanvaihtokoneen VTT:n tuotesertifikaatti	46
	Liite 3.1: Osa nuorisokahvilan ilmanvaihtosuunnitelmaa	47
	Liite 3.2: Nuorisokahvilan ilmamäärienmittauspöytäkirja	48
	Liite 4: Osa terveydenhoitotilojen 1 krs:n ilmanvaihtosuunnitelmasta.	49
	Liite 5: Vanhan omakotitalon ilmanvaihtojärjestelmän muutossuunnitelma.	50
	Liite 6: Siirtokelpoisen koulun osan muuttaminen nuorisotilaksi: osa ilmanvaihtosuunnitelmasta	51
	Liite 7: Toimistohuoneen ilmastointisuunnitelma, sisäänpuhallus toteutettu jäähdytyspalkeilla	52
	Liite 8: Hostellin rakentaminen vanhaan pienteollisuustilaan: osa ilmanvaihtosuunnitelmasta	53

1 Johdanto

Rakennusten sisäilmaongelmat ovat hyvin yleisiä. Sisäilmaongelmia aiheuttavat esim. rakennusten kosteusvauriot, tupakointi, pienhiukkaset, radon, puutteellinen ilmanvaihto ja epätyydyttävät sisälämpötilat. Hyvän sisäilmaston merkitys terveydelle ja työtahokkuudelle on kiistaton.

Rakennuskannan ikääntyminen ja toisaalta tilojen käyttäjien valveutuneisuus ja kasvanut vaatimustaso aiheuttavat yhä lisääntyvää ilmanvaihto- ja muiden teknisten järjestelmien korjaus- ja uusimistarvetta. Vanhojen rakennusten, jotka on varustettu ainoastaan koneellisella poistoilmajärjestelmällä, muuttaminen lämmöntalteenotolla varustetuksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi ei aina ole ihan helppoa eikä aina edes taloudellisesti kannattavaa pitkien takaisinmaksuaikojen takia. Joissakin tapauksissa kuitenkin ainakin koneellisen tuloilman lisääminen vanhan rakennuksen poistoilmajärjestelmää täydentämään on esim. kohonneiden radonpitoisuuksien vuoksi välttämätöntä.

Insinööriyössä vertaillaan Suomen rakentamismääräyskokoelman (SRMK) osan D2 eri vuosina ilmestyneitä painoksia keskenään (1–5) ja myös verrataan Sisäilmayhdistyksen julkaisemaa Sisäilmaluokitus 2008:aa (6) näihin D2:n määräyksiin.

Tämän lisäksi insinööriyössä esitellään ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa, ongelmia, ja parannuskeinoja. Työssä esitellään myös ratkaisumalleja ilmanvaihtojärjestelmien muuttamiseen, täydentämiseen ja tilamuutoksiin kohteissa. Lisäksi insinööriyössä tutkitaan IV-järjestelmän eri komponenttien likaantumista ja niiden puhdistamista ja sen vaikutusta ilmanvaihtomääriin.

Rakennusten käyttötarkoituksen muutokset ovat yksi syy ilmanvaihtojärjestelmän muuttamiseen tai täydentämiseen. Samoin rakennuksen peruskorjaus on hyvä syy rakentaa uusi IV-järjestelmä tai täydentää vanhaa järjestelmää.

2 Käsitteitä ja määritelmiä

2.1 Ilmanvaihto ja ilmastointijärjestelmät

Ilmanvaihdolla tarkoitetaan huoneilman laadun ylläpitämistä ja parantamista huoneen ilmaa vaihtamalla. (5)

Painovoimaisella ilmanvaihdolla tarkoitetaan iv-järjestelmää, jonka toiminta perustuu korkeus- ja lämpötilaerojen sekä tuulen aiheuttamiin paine-eroihin. Lämmin sisäilma kevyempänä virtaa poistoilmakanavassa ylöspäin ja ulos rakennuksesta. Tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina. (5)

Koneellisella poistoilmajärjestelmällä tarkoitetaan iv-järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmavuotoina. (5)

Koneellisella tulo- ja poistoilmajärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tuodaan lämmitettyä ja suodatettua ulkoilmaa puhaltimen avulla. (5)

Ilmastoinnilla tarkoitetaan järjestelmää jolla huoneilman puhtauden, lämpötilan, kosteuden ja ilman liikkeen hallintaa tulo- ja /tai kierrätysilmaa käsittelemällä. (5)

2.2 Muita määritelmiä

Hiukkaset PM10 tarkoittavat hiukkasia, jotka ovat aerodynaamiselta halkaisijaltaan alle 10 µm. (5)

Huonelämpötilalla tarkoitetaan yleensä ilman lämpötilaa oleskeluvyöhykkeellä. Kun huoneessa on laajoja pintoja, joiden lämpötila poikkeaa ilman lämpötilasta, käytetään huonelämpötilana operatiivista lämpötilaa. Operatiivinen lämpötila kuvaa sisäilman lämpötilasta poikkeavien pintalämpötilojen vaikutusta ihmisen lämmöntunteeseen. (5)

Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteholla (SFP-luvulla) tarkoitetaan rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien yhteenlaskettua sähköverkosta ottamaa sähkötehoa jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla (suurempi näistä). Ilmanvaihtojärjestelmän sähköverkosta ottama sähköteho sisältää puhaltimien moottorien sähkötehon lisäksi mahdollisten taajuusmuuttajien ja muiden tehonsäätölaitteiden sähkötehon. (5)

Ilmanvaihtokertoimella tarkoitetaan tunnin kuluessa huonetilaan tai tilasta virrannutta ulkoilmavirtaa huonetilan ilmatilavuutta kohti, $(\text{m}^3/\text{h})/\text{m}^3 = 1/\text{h}$. (5)

Käyttöajalla tarkoitetaan aikaa, jolloin rakennuksessa tai tilassa oleskellaan tai rakennusta tai tilaa käytetään sen käyttötarkoituksen mukaisesti. (5)

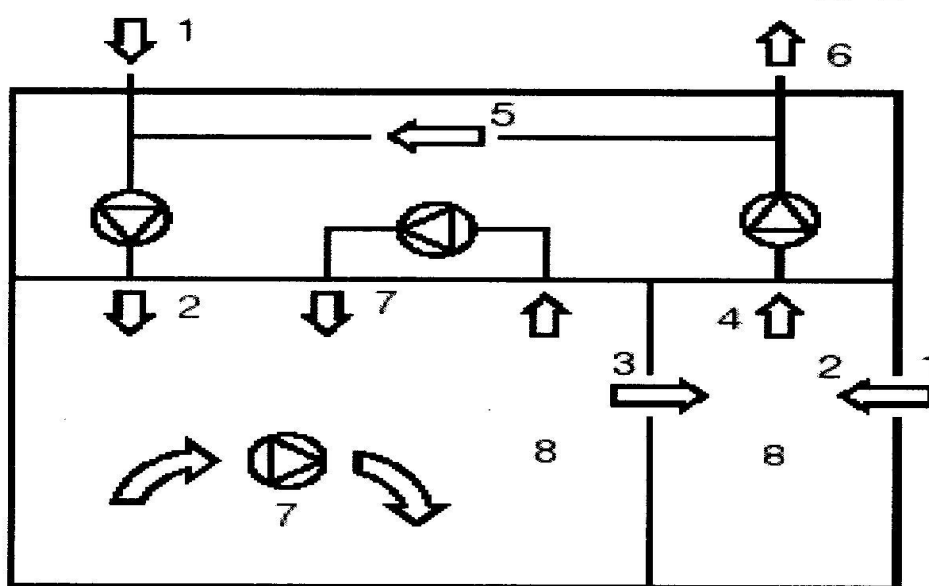
Lämpötilahyötysuhteella tarkoitetaan lämmöntalteenottolaitteiston lämmönsiirtimen tuloilman lämpötilanmuutoksen suhdetta poisto- ja ulkoilmanlämpötilojen erotukseen lämmönsiirtimessä. (5)

Oleskelutilalla tarkoitetaan huonetilaa, jossa oleskellaan pitempään kuin tilapäisesti. Oleskelutiloja eivät ole esimerkiksi hygieniatilat, pukuhuoneet ja toimistokäytävät. (5)

Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan sitä osaa huonetilasta, jossa sisäilmastovaatimukset on suunniteltu toteutuvaksi. Yleensä se on vähintään huonetilan osa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8 metrin korkeudella lattiasta ja sivupinnat 0,6 metrin etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista. (5)

Suunnitellulla käyttöiällä tarkoitetaan rakennukselle, rakennusosalle, talotekniikkajärjestelmälle, sen osalle tai komponentille asetettua käyttöikävaatimusta, jonka määrittelee rakennushankkeeseen ryhtyvä, rakennuttaja tai suunnittelija. (5)

Kuvasta 1 selviävät ilmanvaihdon ilmavirtojen nimitykset



Kuva 1. Ilmavirtojen nimitykset (5)

1. Ulkoilma 2. Tuloilma 3. Siirtoilma 4. Poistoilma
5. Palautusilma 6. Jäteilma 7. Kierrätysilma 8. Sisäilma

3 Ilmanvaihtomääräykset ja ohjeet

3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelma osa D2 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto

Ensimmäinen D2 (1) on ilmestynyt marraskuussa 1975, ja se on tullut voimaan koskien rakentamistoimenpiteitä, joihin on haettu lupaa 1.7.1976 tai sen jälkeen. D2:n määräyksiä on uudistettu vuosien varrella jotakin kertoja. Ensimmäiset kaksi D2:ta vuodelta 1975 ja 1978 (2) olivat sisäasianministeriön päätöksiä, myöhemmät D2 1987 (3), D2 2003 (4) ja D2 2010 (5) ovat olleet ympäristöministeriön päätöksiä. Nykyisin voimassa olevat määräykset ja ohjeet ovat vuodelta 2010 ja koskevat uusien rakennusten sisäilmastoa ja ilmanvaihtoa.

D2:n kohdan 2.1.1 mukaan rakennukset on suunniteltava ja rakennettava kokonaisuutena siten, että oleskeluvyöhykkeellä saavutetaan terveellinen, turvallinen ja viihtyisä

sisäilmasto. Lisäksi kohdassa 2.2.1 todetaan, että rakennus on suunniteltava siten, että oleskeluvyöhykkeen viihtyisä huonelämpötila voidaan pitää ylläpitää käyttöaikana niin, ettei energiaa käytetä tarpeettomasti. (5.)

Vuoden 1975 D2:n määräyksessä ei ole mainittu muita ilmanvaihtomääräohjeita kuin yleisohje: jokaisessa rakennuksessa on turvattava tilakohtaisen käyttötarkoituksen mukainen riittävä ilmanvaihto. Lisäksi siinä viitataan joihinkin sisäasiainministeriön ohjeisiin, joita ei ole liitetty näihin määräyksiin. (1.)

Taulukkoon 1 on koottu eri vuosien D2:n tuloilmamäärien pinta-ala pohjaisia tai henkilömäärään perustuvia ohjearvoja.

Taulukko 1.D2:n vuosien 1978, 1987, 2003 ja 2010 ilmanvaihdon tilakohtaisia tuloilman ohjearvoja

Tila	D2 1978 (2) Tuloilmavirta (l/s, m ²) ja (l/s, hlö)	D2 1987 (3) Ulkoilmavirta (l/s, m ²) ja (l/s, hlö)	D2 2003 (4) Ulkoilmavirta (l/s, m ²) ja (l/s, hlö)	D2 2010 (5) Ulkoilmavirta (l/s, m ²) ja (l/s, hlö)
Olohuone	0,35 (kaikki tilat joita ei erikseen ole mainittu)	0,5	0,5 (asuinhuone) 6 (asuintila)	0,5 (asuinhuone) 6 (asuintila)
Makuuhuone	0,35 -	0,7 4	0,5 (asuinhuone) 6 (asuintila)	0,5 (asuinhuone) 6 (asuintila)
Toimistohuone	0,8 (ei tupakointia) 1,6 (tupakointi sallittu)	1 10	1,5 8 (neuvotteluhuone)	1,5 8 (neuvotteluhuone)
Opetustilat	3 (2 jos mahdollisuus tuuletukseen välituntien aikana)	3 6	3 6	3 6
Hotellihuone	1 -	1 10	1 10	1 10
Myymä	2 (4 jos voimakas hajukuormitus) -	2 4	2 -	2 -
Liikuntatila	- -	3 12	Jaettu: kuntosaliin, liikuntasaliin ja liikuntahalliin	Jaettu: kuntosaliin, liikuntasaliin ja liikuntahalliin
Voimistelusal	2 (8 juhlasali ja kilpailukäytössä) -	- -	- -	- -
Kuntosali	- -	- -	4 -	4 -
Liikuntasali	- -	- -	6 -	6 -
Liikuntahalli	- -	- -	2 -	2 -
Kasarmien miehistötila	- -	1 5	2 8	2 8
Sairaalan potilashuone	1,4 -	1,2 8	1,5 10	1,5 10
Päiväkodin Leikki- ja ryhmähuone	2,5 -	2 5	2,5 6	2,5 6
Kirjasto	1,4 -	2 (yleisöluke) 4	2 8	2 8
Kirkko	- -	6 6	- 6	- 6

Kuten huomataan taulukosta 1, neliökohtaisia pinta-alapohjaisia ilmanvaihtomääriä ei määräystasolla ole kasvatettu kuin jossakin harvoissa kohdissa ja niissäkin muutokset ovat olleet vähäisiä.

Sen sijaan esim. kirjaston henkilömäärään perustuva tuloilmamäärä on kaksinkertaistunut vuoden 1987 määräyksestä jo vuoden 2003 määräkseen. Muutenkin ilmamäärin mitoitusta on ohjattu enemmän tilojen todellisiin henkilökuormiin.

Taulukko 2.D2:n vuosien 1978,1987, 2003 ja 2010 ilmanvaihdon tilakohtaisia ohjearvoja poistoilman osalta.

Tila	D2 1978 (2) Poistoilmavirta (l/s, m ²)	D2 1987 (3) Poistoilma- virta (l/s, m ²)	D2 2003 (4) Poistoilmavirta (l/s, m ²)	D2 2010 (5) Poistoilmavirta (l/s, m ²)
Asuntojen keittiöt	22 (12 riittää, jos mahdollisuus riittävään ilmanvaihdon tehostamiseen)	20	8/20 (pienempi kun asunto- tai tilakohtainen tehostus mahdollisuus)	8/25 (suurempi käyttöajan tehostus)
Asuntojen kylpyhuoneet	16 (8 riittää, jos mahdollisuus tuuletukseen tai muuhun ilmanvaihdon tehostamiseen käytön jälkeen)	15	10/15 (pienempi kun asunto- tai tilakohtainen tehostus mahdollisuus)	10/15 (pienempi kun asunto- tai tilakohtainen tehostus mahdollisuus)
Tupakkahuoneet (toimistorakennukset)	16	10	10/20 (suurempi rakennuksen käyttöaikana)	10/20 (suurempi rakennuksen käyttöaikana)
Kopiointihuone (toimistot)	- -	4 -	4 -	4 -
WC (asunnot)	8 (2 riittää, jos mahdollisuus ilmanvaihdon riittävään tehostamiseen)	10	7/10 (pienempi q kun tehostusmahdollisuus)	7/10 (pienempi q kun tehostus mahdollisuus)
WC (yleisötilat)	30	30	30	30
Sairaalan toimenpidehuone	1,4 (potilashuone)	8	-	-
Jakelukeittiö	-	6	5	5
Päiväkodin märkäeteinen	-	2	5	5
Asemahalli	- -	5 -	5 -	5 -
Näyttelytilat	-	3	-	-
Autokorjaamot	-	3	3/5	3

Taulukkoon 2 on koottu D2:n eri vuosien poistoilmanohjearvoja. Kuten taulukosta 2 huomataan, määräykset eivät ota kantaa eri tilojen poistoilmamääriin tilakohtaisesti niin tarkasti kuin tuloilmanosalta, vaan suunnittelijoille on annettu vapaammat kädet suunnitteluun.

Poikkeuksena ovat vuoden 1978 määräykset, jossa samassa taulukossa on annettu tilojen tulo- ja poistoilmavirtojen ohjearvot. Vuoden 1987 määräyksissä on myös joidenkin tilojen poistoilman määrälle annettu ohjearvoja.

Itse olen suunnitellut niin, että tilakohtaiset tulo- ja poistoilmamäärät ovat pääosin tasapainoissa. Näin estetään hajujen ja muiden epäpuhtauksien siirtyminen tilasta toiseen. Poikkeuksen tästä asuntojen ilmanvaihto suunnitellaan siten, että tuloilma johdetaan olo- ja makuuhuoneisiin ja poistoventtiilit sijoitetaan wc- ja pesutiloihin, keittiöön ja vaatehuoneisiin.

Rakennukset suunnitellaan ulkoilmaan nähden hiukan alipaineiseksi. D2 määrittelee alipaineen maksimimääräksi 30 Pa. (5)

Tilojen ulkoilmavirta on oltava vähintään $0,35 \text{ (dm}^3/\text{s, m}^2\text{)}$, mikä vastaa ilmanvaihtokerrointa $0,5 \text{ 1/h}$ huoneessa, jonka vapaa korkeus on $2,5 \text{ m}$, eli 100 m^2 :n asunnossa on ulkoilmamäärän (= ilmanvaihtomäärä) oltava vähintään $0,5 \text{ 1/h} \times 100 \text{ m}^2 \times 2,5 \text{ m} = 125 \text{ m}^3/\text{h}$ eli n. 35 l/s .(5)

Ennen vuotta 1987 laadituissa asuntojen iv-suunnitelmissa ei tarvinnut määrätä korvausilmalaitteita, vaan riitti, että suunnitelmissa kerrottiin, että korvausilma virtaa esim. olo- ja makuuhuoneisiin ikkunoiden tiivisterakojen kautta. Vuoden 1987 D 2 (3) vaati jo, että on käytettävä korvausilmalaitteita, joiden ominaisuudet on tunnettava. Silloin aloitettiin korvausilmaventtiileiden käyttäminen asuntojen olo- ja makuuhuoneiden ulkoseinissä tai ikkunoissa.

Lämmöntalteenoton rakentaminen oli tullut pakolliseksi vuoden 1987 D2 (3) määräykseen, jos laitoksen ilmamäärä on ollut vähintään $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Vuoden 2003 D2 (4) on jo asettanut vaatimuksen, että poistoilmasta lämpöä on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa 30 %:a ilmanvaihdon tarvitsemasta lämpömäärästä. Tosin määräys antaa mahdollisuuden vastaavan lämpömäärän pienentämiseen, joka voitiin tehdä rakennuksen vaipan lämmöneristystä parantamalla; tästä oli tosin laadittava laskelma.

Nykyisessä vuoden 2010 D2:ssa edellytetään, että poistoilmasta lämpöä on otettava talteen lämpömäärä, joka vastaa 45 %:a ilmanvaihdon tarvitsemasta lämpömäärästä. Jälleen annetaan mahdollisuus vastaavan lämpömäärän pienentämiseen rakenteellisilla ratkaisuilla tai vähentämällä muulla tavoin ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemää lämpömäärää. Lämpöenergian pienentämien on osoitettava lämpöhäviön tasauslaskennalla. (5.)

Uusimmissa D2:issa 2003 (4) ja 2010 (5) on esitetty vaatimus myös IV-järjestelmien SFP-luvun suhteen, eli koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähkötehokkuusluku saa olla yleensä enintään 2,5 kW/(m³/s). Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähkötehokkuusluku saa olla yleensä enintään 1,0 kW/(m³/s). Vuoden 1987 D2:ssa näitä vaatimuksia ei vielä ole. (3)

3.2 Sisäilmastoluokitus

Toinen apuväline, joka ei ole määräys mutta auttaa esim. suunnittelu- ja rakennusvaiheessa sisäilmastoa koskevien tavoitteiden asettamisessa on Sisäilmayhdistys ry:n julkaisema Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäilmastoluokituksessa on sisäilmasto-olosuhteet jaettu kolmeen laatuluokkaan: S1, S2 ja S3. S1 on paras ja takaa yksilöllisen sisäilmaston, S2 on hyvä sisäilmasto ja S3 määräysten eli D2:n edellyttämä vähimmäistaso. (6.) Taulukkoon 3 on koottu Sisäilmaluokituksen 2008 ohje- ja tavoitearvoja.

Taulukko 3. Sisäilmastoluokituksen 2008 ohje- ja tavoitearvoja (6).

	S1	S2	S3
CO ₂ - pitoisuus	750 ppm	900 ppm	1200 ppm
Radonpitoisuus	100 Bq /m ³	100 Bq /m ³	200 Bq /m ³
Ilmanvaihtomäärä, tupakointi kielletty, vähäpäästöiset rakennusmateriaalit	0,5 l/s, m ² +10 l/s, hlö	0,5 l/s, m ² 7 l/s , hlö	D2 6 l/s, hlö opetustiloissa 8 l/s , hlö esim toimistoissa
Lämpötila (kesäaikana) tilakohtainen säädettävyys	25 23...25	25 -	- -
Lämpötila (talviaikana) tilakohtainen säädettävyys	21,5 20..23	21,5 -	21,5 -
Ilmanvaihtojärjestelmän puhtausluokat	P1	P1	P2
Tuloilmansuodatusluokka	G3+/F8/F7	G3+/F8/F7	F6/F7

4 Sisäilmastoa pilaavia päästöjä

Ilmanvaihdon ja sisäilman laadun suunnittelussa D2:ssa annetut epäpuhtauksien pitoisuusohjearvojen enimmäisarvot koskevat yli 6 kuukautta käytössä ollutta rakennusta, jonka ilmanvaihto on pidetty koko ajan päällä mitoitustilavirralla. (5)

Taulukkoon 5 on koottu D2:ssa mainittuja huoneilman epäpuhtauksien enimmäisarvoja.

Taulukko 4. D2:ssa esitettyjä joidenkin epäpuhtauksien määritellyjä enimmäisarvoja (5).

Epäpuhtaus	Yksikkö	Pitoisuus enintään / suunnittelun ohjearvo
Ammoniakki ja amiinit	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	20
Asbesti	kuitua / cm^3	0
Formaldehydi	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
Hiilimonoksidi	Mg/m^3	8
Hiukkaset PM10	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	50
Radon	Bq/m^3	200 (vuosikeskiarvo)
Styreeni	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1

4.1 Radon

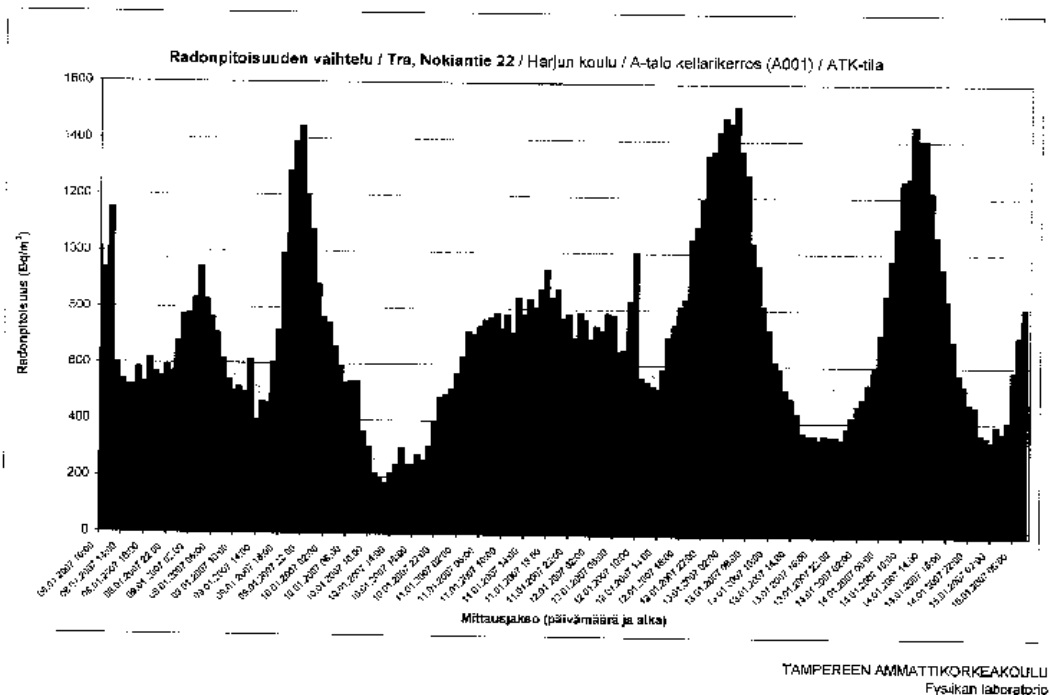
Radon on radioaktiivinen jalokaasu, joka syntyy radiumin hajoamistuotteena (7).

Radonin hajoamistuotteet kulkeutuvat hengitysilman mukana keuhkoihin. Keuhkojen kulkeutuva säteilyannos lisää keuhkosyövän mahdollisuutta. Tupakointi lisää radonin aiheuttamaa riskiä. Radonin on arvioitu aiheuttavan n. 200 keuhkosyöpätapausta vuosittain Suomessa. (8)

Suomessa on arvioitu sisäilman radonpitoisuuden olevan ainakin Euroopan, jollei maailman korkeimmat. Rakennuksen huoneilmaan radonia tulee rakennuksen alla olevasta maaperästä. Kerrostalojen ylempien kerrosten radon-pitoisuus on lähes kokonaan rakennusmateriaaleista peräisin. Vanhojen asuntojen huoneilman radonpitoisuuden vuosikeskiarvo ei saisi ylittää arvoa $400 \text{ bq}/\text{m}^3$. (8).

Radonpitoisuus on helposti mittavissa esim. radonmittauspurkeilla marraskuun alun ja huhtikuun lopun välillä. Purkit sijoitetaan kahden kuukauden ajaksi tilaan (tiloihin), joiden radonpitoisuus halutaan mitata, ja sen jälkeen purkit lähetetään säteilyturvakeskukseen analysoitavaksi. (8) Radonpitoisuutta voidaan vähentää maanvaraisen lattian ja seinien välisen saumakohdan tiivistämisellä. Tuulettuva alapohjatila on radon turvallisempi ratkaisu.

Maanvaraiseen lattian alle voidaan uudisrakentamiskohteissa asentaa radon-salaojaputkisto, joka liitetään pystykanavaan, joka voi olla varustettu poistopuhaltimella tai olla ilman sitä. Lisäksi voidaan porata talon alle radonkaivo ja varustaa se painovoimaisella- tai koneellisella poistoilmanvaihdolla. (8)



Kuva 2. Koulun kellarissa olevassa atk-tilassa suoritetun jatkuvan radonmittauksen ajallinen vaihtelutulos (9).

Kuvan 2 radonmittausraportissa näkyy jatkuvan radonmittauksen tuloksia ajalla 8.1–15.1.2007 eräällä koululla. (9)

Mittauksissa todettiin, että radonlukemat olivat koholla ja radonpitoisuuden keskiarvo koko mittausjaksolla oli **710 Bq/m³** ja vastaavasti radonpitoisuuden keskiarvo työajalta

(arkisin klo 8–15) oli **580 Bq/m³**. Mittauksen jälkeen rakennuksen betonilattian päälle koolatun puulattian alle lisättiin oma erillinen aina päällä oleva poisto ja tilan IV-kone muutettiin käymään aina, kun aikaisemmin tilan IV-kone kävi arkisin klo 5–17. Muutoksien jälkeen radonpitoisuus mitattiin uudelleen seuraavana syksynä. Saman atk-tilan (A001) radonmittaus tulos ajalta 5.11.2007 klo 8:00–13.11.2007 klo 8:00: Radonpitoisuus koko mittausajalta **200 Bq/m³**. Radonpitoisuus työajalta klo 8–15 **240 Bq/m³**.

4.2 Pienhiukkaset

Pienhiukkaset ovat hiukkasia, joiden halkaisija on alle 2,5 mikrometriä.

Suomessa suurimmat pienhiukkaspäästöt tulevat liikenteestä, puun pienpoltosta, energiantuotannosta, katupölystä ja osa tulee myös kaukokulkeumasta. (7)

Pienhiukkaset voivat joutua hengitysilman mukana syvälle hengitysteihin ja pienimmät jopa suoraan verenkiertoon. Pienhiukkasten on todettu aiheuttavan ja pahentavan hengitys- ja sydänsairaiden oireita. (7) Suomessa on arvioitu tapahtuvan vuosittain n. 1300 pienhiukkasten aiheuttamaa ennenaikaista sydän- ja verisuonisairaiden kuolemantapausta. (10)

Yksi keino pienentää sisäilmaan pienhiukkasten määrää on varustaa IV-järjestelmät riittävän hyvillä tuloilmansuodattimilla. Vanhojen painovoimaisten IV-järjestelmien ulkoilmakkojen varustaminen suodattimilla on kuitenkin mahdotonta, koska suodattimen painehäviö on jo niin suuri, että korvausilma tulee sieltä, mistä sitä helpommin pääsee eli ikkunoiden tiivisteraoista, postiluukuista ja muista epätiivetyshetimitä.

4.3 Kosteusvauriot

Rakenteiden kosteusvauriot voivat aiheuttaa rakennusmateriaalien kemiallista hajoamista, minkä seurauksena huoneilmaan voi vapautua haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, samoin kosteusvauriot voivat aiheuttaa terveyshaittaa aiheuttavan mikrobikasvuston tai kemiallisten epäpuhtauksien kehittymiseen. (7.)

4.4 Formaldehydi

Sisäilman formaldehydi on yleensä peräisin liima-aineista, joita on käytetty lastulevyissä, eräissä paneeleissa, myös eräät lakat, maalit, pinnoitteet itsesiliävät tekstiilit ja kokolattiamatot saattavat sisältää formaldehydiä. Formaldehydi ärsyttää silmiä ja ylempiä hengitysteitä. Formaldehydin hajukynnys on n. 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Vaikka formaldehydin enimmäispitoisuus sai olla 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, niin se voi aiheuttaa ärsytysoireita niin pienissä pitoisuuksissa kuin 5–10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. (7).

4.5 Hiilidioksidi

Ihmisten aineenvaihdunta tuottaa huoneilmaan mm., hiilidioksidia. Sen määrä saattaa kohota suureksi esim. luokkahuoneissa oppituntien aikana. Hiilidioksidin suuri pitoisuus huoneilmassa voi aiheuttaa päänsärkyä ja väsymystä.

D2:ssa (5) määritellään, että sisäilman hiilidioksidipitoisuus tavanomaisissa sääoloissa ja huonetilan käyttöaikana saa olla enintään 1200 ppm.

4.6 Hiilimonoksidi eli häkä

Hiilimonoksidia syntyy hiiltä sisältävien aineiden epätäydellisen palamisen seurauksena. Huoneilman häkälähteinä voivat olla tupakointi, uunit, takat, kiukaat, kaasuliedet ja autojen pakokaasujen kulkeutuminen sisälle. Häkämyrkytyksen oireita ovat päänsärky, pahoinvointi, ja hengenahdistus, ja vakava häkämyrkytys aiheuttaa kuoleman.

Sisäilman hetkellinen häkäpitoisuus saa olla enintään 8 mg/ m³.⁽⁷⁾ Mielestäni asunnot, joissa on tulisija, pitäisi varustaa häkävaroittimilla.

4.7 Asbesti

Asbesti on yleisnimi eräille luonnossa esiintyville mineraalikuiduille.

Asbestin käyttö rakennusmateriaaleissa on ollut aiemmin hyvin yleistä. Sitä on käytetty lämmöneristeissä, lattiamateriaaleissa, tasoitteissa, seinä- ja kattolevyissä, kiinnityslaasteissa ja jopa ilmanvaihtokanavissa.⁽⁷⁾ Nykyisin valmistettavat suomalaiset rakennusmateriaalit eivät sisällä asbestia.

Ehjät asbestimateriaalit eivät aiheuta päästöjä, mutta asbestimateriaalia käsiteltäessä ilmaan leviää asbestikuituja. Hengitysilman mukana kuidut kulkeutuvat ja kerääntyvät keuhkoihin. ⁽⁷⁾

4.8 Tupakansavu

Tupakansavu sisältää yli 100 haitallista yhdistettä, joista syöpää aiheuttavia on noin 40. Ympäristön tupakansavun hiukkasten keskimääräinen halkaisija on 0,1 µm, joita ihmiset siis hengittävät keuhkoihinsa. ⁽⁷⁾

Tupakanpolton kieltäminen sisätiloissa ja rakennusten välittömässä läheisyydessä olisi yksi keino vähentää tupakoimattomien ihmisten riskiä sairastua tupakan aiheuttamiin sairauksiin. Joka vuosi passiivinen tupakointi johtaa Euroopassa yli 19 000 henkilön kuolemaan. Suurin osa uhreista altistuu tupakan myrkyille kotonaan. ^(11.)

5 Ilmanvaihtojärjestelmän eri osat ja niiden huolto pientaloissa

5.1 Ilmanvaihtojärjestelmän eri osat ja niihin kohdistuvat huoltotoimenpiteet

Ilmanvaihtolaitoksen tehtävänä on huolehtia rakennuksen ilmanvaihdosta.

IV-järjestelmästä riippuen saattaa laitoksen toimintaan kuulua tavanomaisten perustoimintojen lisäksi (suodatus ja lämmitys) jäähdytys, kostutus, kiertoilmankäyttö ja poistoilman lämmöntalteenotto.

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnitelmien mukainen ja energiataloudellinen käyttö edellyttää, että koko järjestelmän ja kaikkien osakomponenttien toimintaa tarkkaillaan säännöllisesti ja huoltotyöt suoritetaan oikea-aikaisesti.

IV- ja muita teknisiä järjestelmien huoltoa helpottamaan ja oikea-aikaistamaan on omakotitaloissakin oltava huoltokirja, josta voidaan seurata huoltotöiden tuleva ajankohta ja merkitä tehdyt huoltotyöt, katso liite 1.

5.1.1 Ulkosäleikkö

Ulkosäleiköt sijaitsevat ulkoseinissä tai vesikatolla, joskus myös iv-kanavan päässä vapaasti asennettuna. Ulkosäleiköt toimivat ulkoilman sisäänottoaukkoina tai seinältä tapahtuvan jäteilman ulospuhalluseliminä. Ulkosäleikköjen tehtävänä on estää veden, lumen, lintujen ja sinne kuulumattomien esineiden pääsyn iv-koneeseen tai kanavistoon.

Ulkosäleiköistä on tarvittaessa poistettava puiden lehdet ja muut roskat. Talvella jää ja lumi voi tukkia säleiköt (kuva 3), ja ne on yritettävä sulattaa tai muuten poistaa lumi. Tosin talvella energian säästön takia monissa IV-laitoksissa ajetaan pienempää ilmamäärää.



Kuva 3. Talvella lumi ja jää voivat tukkia ulkosäleikköjä (12).

5.1.2 Ulkoilma ja jäteilmapelit

Ulkoilma- ja jäteilmapelien tehtävänä on sulkea ulkoilma- ja jäteilmakanavat silloin kun koneet eivät ole käytössä. Asunkohtaisissa koneissa ei yleensä käytetä näitä peltejä, koska niiden IV-koneet käyvät aina tai ainakin pitäisi käydä aina. Lisäksi D2 (5) antaa ohjeen, että kun liitoskanavat ovat pienempiä kuin 315 mm, ei tarvitse käyttää sulkupeltejä. Huoltokäyntien yhteydessä pitäisi tarkastaa, että pelit menevät kiinni koneiden pysähtyessä ja aukeavat, kun koneet käynnistyvät.

5.1.3 Suodattimet

Ilmanvaihtokoneiden ulkoilmasuodattimien tehtävänä on estää ulkoilman epäpuhtauksien pääsy IV-järjestelmän kautta sisäilmaan. Poistoilmasuodattimien tehtävänä on pitää puhtaana poistoilman lämmöntalteenottoaite poistoilmassa olevista epäpuhtauksista.

Jos ilmanvaihtojärjestelmä on pelkkä koneellisen poiston järjestelmä, silloin poistoilmasuodattimia ei käytetä. Tällöin ainoa suodatin on liesikuvuissa oleva rasvasuodatin, joka on myös pestävä säännöllisesti esim. astianpesukoneessa. (13)

Ilmanvaihtokoneiden suodattimina käytetään yleensä tasosuodattimia tai pussisuodattimia. Jossain konemalleissa voi olla myös sähkösuodattimia.

Suodattimien on oltava aina paikoillaan koneessa, kun iv-konetta käytetään. Tasosuodattimien vaihtoväli on maksimissaan 4 kk ja pussisuodattimien vaihtoväli enintään 6 kk. Suodattimien käyttöikä voidaan pidentää imuroimalla suodatinpussit sisäpuolelta. Tasosuodattimet voidaan myös pestä, mutta pussisuodattimia ei voi pestä. (13)

Suodatinvaihdon yhteydessä on syytä tehdä laitteen sisäpuolinen imurointi. Oman kokemuksen mukaan poistopuolen suodattimet on syytä vaihtaa useammin kuin tuloilmasuodattimet. Tosin koneen ilmanottoaikan sijainnilla on suuri merkitys tuloilmasuodattimien puhtauteen, esim. vilkasliikenteisen kadun varrella olevan IV-koneen ulkoilmasuodattimet joudutaan varmasti vaihtamaan useammin kuin esim. kauempana teistä ja muista ulkoilman epäpuhtauslähteistä olevat suodattimet.

5.1.4 Lämmöntalteenotto

Pyörivä lämmöntalteenottokiekko

Lämmöntalteenoton tehtävänä on siirtää poistoilman lämpöä tuloilmaan.

LTO-kiekon likaisuus tarkastetaan silmämääräisesti esim. suodatinvaihdon yhteydessä. Mikäli LTO-kiekko on likaantunut, se voidaan poistaa koneesta. Kiekkoa ei kuitenkaan saa upottaa veteen, koska kiekon rungon sisällä on sähkömoottori, joka ei saa kastua. Lisäksi kiekon pyörityshihnan kunto on tarkistettava. Isompien IV-koneiden kiekko on pyrittävä puhdistamaan paikan päällä. Kiekon puhdistus tapahtuu esim. imuroimalla tai paineilmalla. (14.)

LTO- kenno

Asuntokohtaisten iv-koneiden likaiset LTO-kennot (kuva 4) voidaan irrottaa koneesta ja pestä esim. upottamalla astiaan jossa vettä ja astianpesuainetta. Kennon huuhtelu tapahtuu juoksevalla vedellä. Isompien koneiden kennot pitää puhdistaa paikan päällä esim. paineilmalla tai imuroimalla. (13.)



Kuva 4. Asuntokohtaisen IV-koneen likainen LTO-kuutio menossa puhdistukseen. Kuva on kennon poistopuolelta suodattimen takaa.

Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumput ovat yleistyneet viime vuosina voimakkaasti pienempien uudisomakotitalojen yhdistettynä lämmönlähteenä ja IV-koneena. Myös lämpimän käyttöveden valmistus onnistuu lämpöpumpulla. Jos LTO-kiekon vuosihyösuhte on n. 45 % niin poistoilmalämpöpumpulla se on ainakin vuosihyötysuhteena 150%. Lämpöpumppujen hyötysuhde ilmoitetaan COP-kertoimella, joka kertoo kuinka tehokkaasti kulutettu sähköenergia saadaan tuotettua lämpöenergiaksi. Poistoilmasta

saadaan vain osa tarvittavasta lämmitystehosta. Loppuosa tuotetaan suuremman lämmitystehontarpeen aikana sähkövastuksilla. (15.)

Puhdistustoimenpiteenä suositellaan höyrystimen pinnalta lian poistoa ja tietenkin suodattimien puhdistusta tai vaihtoa riittävän usein. (15)

5.1.5 Lämmityspatterit

Lämmityspattereilla lämmitetään LTO:n jälkeen tuloilma sopivan lämpöiseksi.

Vesipatterit ovat rakenteeltaan alumiinilamelleilla varustettuja kupariputkipattereita.

Puhdistus tehdään paineilmalla tai imuroimalla tai vesipesuna. (13)

5.1.6 Puhaltimet

Puhaltimien likaisuus tarkastetaan esim. suodatinvaihdon yhteydessä. Tällöin voidaan joutua ainakin asuntokohtaisissa IV-koneissa puhaltimet irrottamaan, jotta puhdistustyö päästään tekemään. Oman kokemuksen mukaan tuloilmapuhaltimet ovat puhtaampia, ja niihin mahdollisesti kerääntynyt pöly lähtee imuroimalla tai paineilmalla. Sitä vastoin poistoilmapuhaltimien siipiin tarttunut lika on tiukemmassa. Jos poistopuhallin on kovin likainen, on helpompi vaihtaa puhallin uuteen kuin puhdistaa se.

5.1.7 Tulo- ja poistoilmaventtiilit

Ilmanvaihdon tulo- ja poistoilmaventtiilit on myös puhdistettava niiden likaantuessa.

Venttiileihin kerääntynyt lika voi pahimmassa tapauksessa tukkia venttiilin lähes kokonaan ja aiheuttaa ilmanvaihtomäärien pienentymistä. Tuloilmaventtiileihin ja niiden ympäristöön voi tarttua sisäilman pölyä, kun ilmaventtiileistä tulevaan ilmasuihkuun sekoittuu huoneilmaa. Tämä ilmiö johtuu yleensä ilman liikkeen keskipakovoimasta. Keittiön ja muiden ”likaisten” tilojen poistoventtiileihin tarttuu poistoilmasta rasvaa ja muita epäpuhtauksia.

Likaiset venttiilit (kuva 5) voidaan irrottaa kanavistosta ja pestä lämpimällä vedellä ja miedolla pesuaineella. Venttiileitä käsiteltäessä on oltava tarkka, että venttiileiden säätöarvoja ei muuteta.



Kuva 5. Erittäin likainen poistoilmaventtiili.

5.1.8 IV-kanavien puhdistus

Taulukkoon 6 on koottu sisäasianministeriön asetuksessa ilmanvaihtokanavien ja laitteistojen puhdistamisesta luetellut kohteet, joissa on suoritettava puhdistustyö ja aikaväli, kuinka usein se on tehtävä. (16)

Taulukko 6. IV-kanavien puhdistusvaatimukset (16)

Kohde	Puhdistustiheys
Ammattimaisten ruuan valmistuspaikkojen iv-kanavat ja laitteistot	Vuosittain
Ruiskumaalaamoiden, puusepäntehtaiden, tekstiilitehtaiden, pesuloiden, leipomoiden ja savustamoiden iv-kanavat ja laitteistot jotka ovat sellaisessa teollisuus- tai muussa tilassa, missä ilmanvaihtokanaviin kerääntyy runsaasti herkästi paloa levittäviä aineita.	Vuosittain
Ilmanvaihtokanavat ja laitteistot huonetilassa, jossa teollisesti valmistetaan tai käytetään palavaa nestettä.	Vuosittain
Sairaaloiden, vanhainkotien ja vankiloiden iv-kanavat ja laitteistot	Vähintään 5 vuoden välein
Päivähoitolaitosten, koulujen, hotellien, lomakotien , asuntoloiden ja ravintoloiden iv-kanavat ja laitteistot.	Vähintään 5 vuoden välein

Asuntokohtaisen IV-järjestelmän puhdistus tapahtuu poistamalla IV-koneesta suodattimet , ja LTO-kenno (kiekko). Sen jälkeen järjestelmä alipaineistetaan poistamalla ulkoilmasäleikkö ja kytkemällä erillinen alipainepuhallin ulkoilmakanavaan (kuva 4). Tämän jälkeen kaikki tulo- ja poistoilmaventtiilit poistetaan ja niiden tilalle asennetaan tukkeet, jotka poistetaan yksi kerrallaan ja pyörivällä harjalla nuohotaan kanavat niin pitkälle kuin rassi menee. Liesikuvun poistokanava puhdistetaan erikseen poraharjalla. Puhdistus vielä viimeistellään ruiskuttamalla desinfiointi-ainetta kanavistoon. Tosin tämä toimenpide ei ole välttämätön.



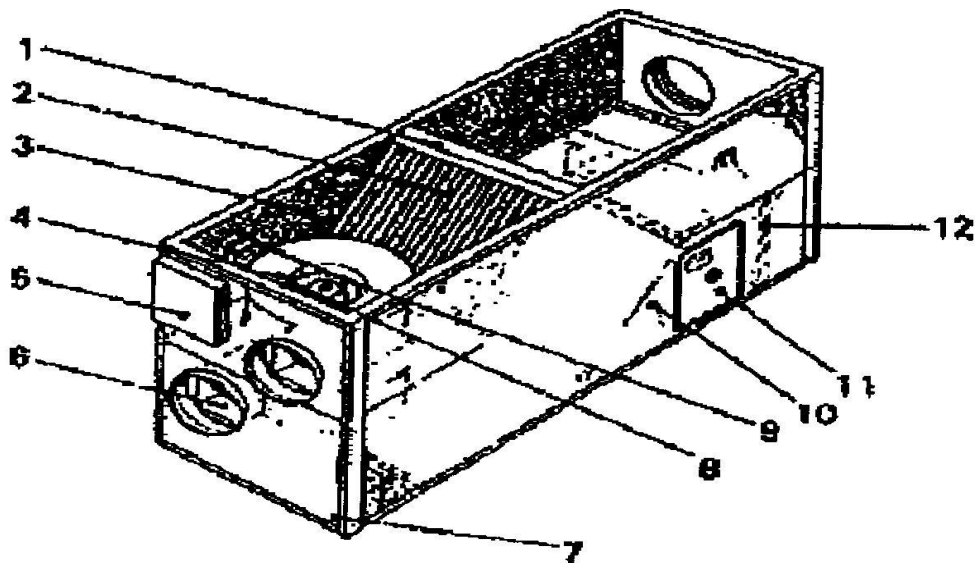
Kuva 6. Nuohoustapahtuman aluksi raitisilmasäleikkö on poistettu ja alipainepuhallin liitetty kanavistoon

6 IV-järjestelmien osien puhdistuksen vaikutus ilmamääriin

Tarkastelukohteena on tässä osiossa 1990-luvulla valmistunut omakotitalo, jossa on koneellinen lämmöntalteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmajärjestelmä. IV-koneena on ullakolle asennettava REXOVENT-kone (kuva 7), jossa on sähköinen etulämmityspatteri ja LTO-kenno. Järjestelmässä ei ole erillistä liesituuletinta, vaan liesikupu, joka on yhdistetty samaan poistoilmakanavistoon.

Koneessa on tasosuodattimet sekä tulo- että poistoilmapuolella. Liesikuvussa on myös iv-koneen 3-portainen ohjaukskytkin. Talon valmistumisen jälkeen ilmamäärät on mitattu ja säädetty. Vuosien varrella koneen suodattimet on vaihdettu vaihtelevasti n. 2 krt /vuosi. Koneen puhaltimet on myös kertaalleen vaihdettu niiden rikkoontumisen vuoksi.

Alun perin oli tarkoitus oli mitata ilmamäärät ennen ja jälkeen ennen iv-järjestelmän jokaisen komponentin puhdistuksen. Kuitenkin ennen suodattimien vaihtoa ja LTO-kennon puhdistusta testipaperi (luku 5) ei pysynyt edes kiinni poistoventtileissä. Ilmamäärät olivat niin pieniä, että niitä ei kannattanut mitata, vaan ensin oli IV-koneen suodattimet vaihdettava. Suodattimien vaihdon yhteydessä havaitsin, että LTO-kenno oli erittäin likainen. Suodattimien vaihdon ja LTO-kennon pesun jälkeen mitattiin ilmamäärät ensimmäisen kerran. Tulokset näkyvät taulukosta 8. Myös koneen poistopuhaltimen siivet olivat erittäin likaiset, ja lika oli erittäin pinttynyttä. Tuloilmapuhaltimen siivet olivat vain hiukan pölyiset.



Kuva 7. Rexovent-ilmanvaihtokone (17)

Rexovent-ilmanvaihtokoneen osat:

1 Poistoilmasuodatin	2 Lämmönvaihdin
3 Vaippa	4 Tuloilmapuhallin
5 Kytkeäkotelo	6 Poistoilmapuhallin
7 Kondenssivesiliitäntä	8 Sähkölämmittimen tuntoelin
9 Tuloilmapuhaltimen tuntoelin	10 Sähkölämmitin
11 Ylikuumenemissuoja	12 Tuloilmasuodatin

Taulukko 8 Ilmamäärien mittaustulokset, 1. mittaus

Ilmamäärien mittauspöytäkirja					Venttiili- tyyppi
Ennen tuloilmapuhaltimen puhdistusta					
ja vanhalla poistopuhaltimella					
Huone	Paine (Pa)	Venttiilin avaus(mm)	Tulo q (l/s)	Poisto q (l/s)	
Sauna	3	15		n.7	KSO-100
WC1	19	9		12	KSO-100
WC2	7	8		n.8	KSO-100
Vaateh.	7	9		n.8	KSO-100
Keittiö	13	16		13	KSO-100
KHH	11	11		10	KSO-100
Pesuh.	10	16		16	KSO-125
MH1	10	7	8		KTS-100
MH2	13	12	12		KTS-100
MH3	16	7	8		CTVB-100
OH	30	7	11		CTVB-100
Sauna	27	3	5		KTS-100
Pesuh.	25	10	13		CTVB-100

Liesikuvun poistoilmamäärää ei mitattu.

Venttiilien avaukset ovat kaikki + merkisiä.

Saunan katossa olevaa "puunuppipoistoventtiilin" ilmamäärää ei mitattu, koska se on normaalisti kiinni.

Mittalaitteena käytettiin TSI VELOCI CALP PLUS -mittaria. Seuraava mittaus tehtiin sen jälkeen, kun poistopuhallin oli vaihdettu ja tuloilmapuhallin oli puhdistettu.

Venttiileiden avauksiin ei koskettu, vaan ne pidettiin samoina kaikissa mittaustapahtumissa. Tulokset näkyvät taulukossa 9.

Taulukko 9. Ilmamäärien mittaustulokset tuloilmapuhaltimen puhdistuksen ja poistopuhaltimen vaihdon jälkeen.

Ilmamäärien mittauspöytäkirja			
Tuloilmapuhaltimen puhdistuksen jälkeen			
ja poistopuhaltimen vaihdon jälkeen			
Huone	Paine(Pa)	Tulo q (l/s)	Poisto q (l/s)
Sauna	15		14
WC1	32		15
WC2	19		12
Vaateh.	10		9
Keittiö	17		16
KHH	14		11
Pesuh.	15		20
MH1	16	10	
MH2	15	13	
MH3	16	8	
OH	40	13	
Sauna	27	5	
Pesuh.	25	13	

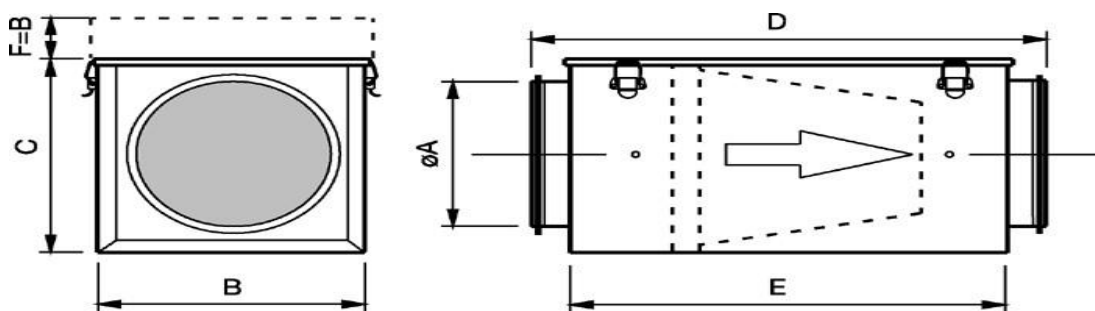
Kanavien nuohouksen jälkeen ilmamäärät mitattiin vielä kerran , jotta saatiin selville nuohouksen vaikutus ilmamääriin. Nämä mittaustulokset näkyvät taulukossa 10.

Taulukko 10. Mittaustulokset n. 1 kk sen jälkeen, kun kanavisto oli nuohottu ja n. 2 kk sen jälkeen, kun suodattimet oli vaihdettu ja poistopuhallin oli vaihdettu.

Ilmamäärien mittauspöytäkirja			
Kanaviston puhdistuksen jälkeen			
Huone	Paine(Pa)	Tulo q (l/s)	Poisto q (l/s)
Sauna	6		8
WC1	15		11
WC2	21		13
Vaateh.	13		10
Keittiö	17		16
KHH	16		12
Pesuh.	15		22
MH1	20	11	
MH2	21	15	
MH3	31	10	
OH	47	13	
Sauna	32	7	
Pesuh.	35	16	

Taulukoista 8, 9 ja 10 havaittiin, että tuloilmamäärät kasvoivat tai olivat vähintään samat kuin ennen nuohousta. Poistoilmamäärissä oli sen sijaan muutoksia molempiin suuntiin. Yhtenä syynä saunan poistoilmamäärän pienenemiseen oli se, että nuohoussassi ei mahtunut saunan poistokanavaan, koska poistovenktiili sijaitsee lauteiden alla ja IV-kanava on kanttikanava kooltaan 50 x 100 saunan seinän sisässä. Lisäksi aikaa oli jo jonkin verran kulunut poistoilmansuodattimen vaihdosta. Se ilmeisesti oli jo sen verran likaantunut, että suodattimen likaantuminen aiheutti ilmamäärien pienentymistä. Siten suodattimet pitäisi vaihtaa myös nuohouksen yhteydessä.

Jos tämäntyyppisen IV-koneen tuloilmansuodattimen suodatustasoa halutaan parantaa, se on mahdollista tehdä lisäämällä koneen eteen raitisilmakanavaan erillinen kotelo, jossa on esim. EU-5-luokan pussisuodatin (kuva 6). Tosin suodattimen lisäys pienentäisi ilmamääriä, koska pussisuodattimella on suurempi painehäviö kuin tasosuodattimella, joka on EU-3-suodatusluokkaa.



Kuva 8. Raitisilmakanavaan asennettava erillinen suodatinkotelo.(18)

Jos halutaan tämän IV-järjestelmän energiataloudellisuutta vielä parantaa, voitaisiin vanha Rexovent-IV-kone korvata esim. Enervent Oy:n pyörivällä lämmöntalteenotolla varustetulla LTR-3-tyyppisellä koneella. Koneesta on VTT:n tuotesertifikaatti, joka lupaa lämmöntalteenoton hyötysuhteeksi vähintään 72 %. (Liite 2)

Tällaisella iv-koneella ilmanvaihdon vuotuinen energian kulutus olisi n. 2 300 kWh, (taulukko 11).

Taulukko 11. Ilmanvaihdon energiankulutuslaskelma, pohjautuu D5:n (19) laskentamalliin, oletettu, että LTO:n vuosihyötysuhde 74 % (liite2), tuloilmamäärä 48 l/s, poistoilmamäärä 50 l/s, koneet käyvät aina ja mitoitusulkolämpötila on -29 °C.

LTO:n vuosihyötysuhde 0,74

ilman tiheys 1,2

qp 0,05 m³ / s

qt 0,048 m³ / s

	kk	aika h	Ulkolt. C	sisä lt. C	Qiv (ei lto)	Qlto	Qiv- lto
Tammikuu	744		-9,16	21	1292,489	996,2934	296,1953
Helmikuu	672		-10,4	21	1345,628	936,8755	408,7526
Maaliskuu	744		-1,8	21	977,0803	753,1661	223,9142
Huhtikuu	720		1,68	21	827,947	617,6218	210,3252
Toukokuu	744		10,5	21	449,9712	332,9787	116,9925
Kesäkuu	720		15,5	21	235,6992	168,791	66,90816
Heinäkuu	744		14,2	21	291,4099	224,6285	66,78144
Elokuu	744		15,2	21	248,5555	183,9311	64,62444
Syyskuu	720		9,08	21	510,8244	365,8162	145,0082
Lokakuu	744		3,37	21	755,5231	559,0871	196,436
Marraskuu	720		0,81	21	865,2303	645,4339	219,7964
Joulukuu	744		-5,25	21	1124,928	832,4467	292,4813
koko vuosi kWh					8925,286	6617,07	2308,216

Taulukossa 12 on laskettu nykyisen ilmanvaihtokoneen energiakulutus olettaen, että LTO:n vuosihyötysuhde on 30 %, muut oletusarvot ovat samat kuin ylemmässä laskelmassa. Vertailussa huomataan, että näillä ilmamäärillä ilmanvaihdon lämpöenergiakulutus olisi n. 3 934 kWh pienempi vaihdettassa ilmanvaihtokone pyörivällä kiekolla varustettuun koneeseen.

Todellisuudessa ilmanvaihtokone käy pääosin osateholla, jolloin energiansäästö olisi arvioilta 30% laskennallista arvoa pienempi.

Taulukko 12 Ilmanvaihdon energiakulutuskalkelma nykyisellä iv-koneella, jossa LTO:n vuosihyötysuhde on 30 %. Muut arvot samat kuin taulukossa 11.

LTO:n vuosihyötysuhde 0,3
 ilman tiheys 1,2
 qp 0,05 m³/s
 qt 0,048 m³/s

	kk	aika h	ulkolt C	sisä lt C	Qiv (ei lto)	Qlto	Qiv- lto
Tammikuu	744	-9,16	21	1292,489	403,9027	888,586	
Helmikuu	672	-10,4	21	1345,628	379,8144	965,8138	
Maaliskuu	744	-1,8	21	977,0803	305,3376	671,7427	
Huhtikuu	720	1,68	21	827,947	250,3872	577,5598	
Toukokuu	744	10,5	21	449,9712	134,9914	314,9798	
Kesäkuu	720	15,5	21	235,6992	68,4288	167,2704	
Heinäkuu	744	14,2	21	291,4099	91,0656	200,3443	
Elokuu	744	15,2	21	248,5555	74,56666	173,9889	
Syyskuu	720	9,08	21	510,8244	148,3039	362,5206	
Lokakuu	744	3,37	21	755,5231	226,6569	528,8662	
Marraskuu	720	0,81	21	865,2303	261,6624	603,5679	
Joulukuu	744	-5,25	21	1124,928	337,4784	787,4496	
koko vuosi kWh				8925,286	2682,596	6242,69	

Uuden koneen hinta, jos asennus tehtäisiin omana työnä olisi n. 2 000 €

Näin saadaan yksinkertainen takaisinmaksuaika investoinnille laskettua.

Se olisi sähköenergianhinnalla 0,1 €/kWh: $\frac{2000}{\langle\langle 6242 - 2308 \rangle \times 0,1 \rangle} = \underline{\underline{n. 5 vuotta}}$

7 Erilaisiin rakennuksiin toteutettuja ilmanvaihtojärjestelmien muutoksia

7.1 Nuorisokahvila

Vanhaan toimistorakennukseen toteutettiin nuorisokahvila. Rakennuksessa on ollut aikaisemmin vain painovoimainen ilmanvaihto. Paikallisen rakennusvalvonnan ohjeiden mukaan ilmanvaihtomääräksi minimissään piti saada 4 l/s,m², kun tila on noin 185 m². Kokonaisilmanvaihtomääräksi tuli siten 750 l/s. Tilan ollessa aika pieni ja ahdas ja päivittäisen käyttöajan aika lyhyt päätettiin, että poistoilman lämmöntalteenottoa ei rakenneta, vaan sen sijaan varustetaan ilmanvaihto CO₂-ohjauksella eli ilmamääriä

ohjataan CO₂-pitoisuuden mukaan. Uusi tuloilmakone sijoitettiin tiloihin rakennettavan siivouskomeron kattoon.

Poistoilmakoneiksi alun perin ajateltiin uusia huippuimureita, mutta tarkemman pohdiskelun jälkeen päädyttiin asentamaan ullakkotilaan 2 kpl kanavapuhaltimia, joista toinen palvelee nuorisotilan yleispoistoa ja toinen wc-tiloja. Näin voidaan tilojen käyttöaikojen ulkopuolella pitää päällä vain likaisten tilojen poistoa.

Koska rakennus on kaukolämmössä, oli luonnollista, että tuloilmakoneen lämmityspatteri on vesilämmitteinen. Lämmityspatteri mitoitettiin niin, että ilmanvaihtoa voidaan tarvittaessa ajaa täydellä teholla myös mitoitusulkolämpötilassa (−29 °C).

Vesipatterin laskennalliseksi mitoitustehoksi tuli 42 kW. Koska näin suurta lisälämmitystehoa ei ollut vanhoista lämmönsiirtimistä saatavissa, täytyi lisätä lämmönjakohuoneeseen uusi IV-lämmönsiirrin.

Tila valmistui kesällä 2009, mutta tilat otettiin käyttöön vasta joulukuussa 2009.

Tilojen käyttäjät ovat valittaneet kylmyyttä tiloissa. Suurena syynä tähän on ollut se, että tilassa ei ole tuulikaappia, vaan sisäänkäynti on suoraan saliin. Tuulikaappia ei rakennettu, koska se olisi vienyt muutenkin pienestä salista tärkeitä neliöitä. Lisäksi yleispoistoilmamäärä jäi hiukan vajaaksi suunnitellusta, koska riittävän isoa kanavapuhallinta ei ollut saatavissa. Wc-tilojen poistopuhaltimella saatiin tilannetta kompensoitua, niin että tilat saatiin kokonaisuudessaan alipaineiseksi.

(Liite 3.1 Nuorisokahvilan ilmanvaihtosuunnitelma.)

(Liite 3.2 Nuorisokahvilan ilmamäärienmittauspöytäkirja)

7.2 Terveydenhoitotilat

Vanhan pienen (pinta-ala on n. 200 m²/ kerros) 2-kerroksisen terveydenhoitorakennuksen ilmanvaihto oli alun perin koneellinen poistoilmanvaihto. Peruskorjattaessa tiloja päätettiin ilmanvaihto varustaa koneellisella tuloilmalla ja poistoilman lämmöntalteenotolla. Uusiksi ilmanvaihtokoneiksi valittiin jäähdytyksellä varustetut pakettikoneet (kuva 9).



Kuva 9. Terveydenhoitotilojen perusparannuksessa käytetty IV-pakettikonetyyppi.(20)

Vaikka rakennuksessa oli vanha poistojärjestelmä, niin IV-kanavisto rakennettiin melkein kokonaisuudessaan uudestaan. Koneen maksimi-ilmamäärä on vain 300 l/s, ja kun ilmanvaihtomääräksi mitoitettiin n. 3 l/s, m², koneita jouduttiin asentamaan alempaan kerrokseen 2 kpl. Ylemmän kerroksen ilmanvaihtoa oli jo aikaisemmin muutettu ja täydennetty kahdella pienemmällä erityyppisellä tilakohtaisella ilmanvaihtokoneella. Ylempään kerrokseen lisättiin vain yksi uusi kone, koska vanhoissa koneissa oli jo LTO ja koneiden arveltiin olevan vielä hyvässä kunnossa

Koska koneessa on jäähdytyskompressori, kone ei ole kovin hiljainen, ja käyttäjät ovatkin valittaneet hiukan koneesta kuuluvia ääniä. IV-konekoppien lisäeristyksellä on päästy ainakin toistaiseksi äänihaitoista eroon.

Vanhojen koneiden ilmamääriä mitattaessa havaittiin, että yläkerran vanhemman uusitun IV-koneen palvelualueella ei saavutettu pyydettyjä ilmamääriä. Koneen suodattimet vaihdettiin, kone imuroitiin ja LTO-kenno puhdistettiin. Tällöin havaittiin, että koneen poistupuolen ilmamäärät suunnitellut ilmamäärät saavutettiin, mutta tulo puoli jäi vielä vajaaksi. Tutkittaessa lähemmin vanhaa kanavistoa havaittiin, että tulo- ja poistokanavien risteilykohdassa oli tuloilmakanava jouduttu tilan ahtauden takia muuttamaan suorakaidekanavaksi, ja se oli tehty liian pieneksi poikkipinta-alaltaan, jolloin kanavassa syntyi suuri painehäviö. Kanavien risteyskohta muutettiin tuloilmakanavan kohdalta väljemmäksi. Ilmamäärien tarkastusmittauksen jälkeen havaittiin, että suunnitellut ilmamäärät saavutettiin. (Liite 4: Terveystieteiden laitoksen ilmanvaihtosuunnitelma, 1 krs.)

7.3 Siirtokelpoisen toimistorakennuksen muuttaminen päiväkodiksi

Rakennuksen käyttötarkoitusta muutettiin toimistosta päiväkodiksi. Rakennuksessa oli jo alun perin koneellinen tulo- ja poistojärjestelmä, mutta rakennuksen entisessä käytössä toimistona ilmanvaihtomäärät oli mitoitettu minimiksi 1 l/s, m² ja uudessa käytössä ilmamäärät jäivät pieneksi. Rakennuksen ilmanvaihtoa oli lisättävä lähes kaksinkertaiseksi. Vanhassa IV-järjestelmässä ei ollut poistoilman lämmöntalteenottoa.

Ilmanvaihtomäärien kasvattaminen tapahtui seuraavasti. Vanha sähköisellä lämmityspatterilla varustettu tuloilmakone ja poistoilmakoneina toimineet vanhat huippuimurit jäivät palvelemaan vain osaa rakennusta. Ilmanvaihtojärjestelmää täydennettiin hankkimalla uusi poistoilman lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtopakettikoje, joka sijoitettiin vanhaan tekniseen tilaan. Lisäksi laitoskeittiön tiskilinja varustettiin huuvalla ja omalla huippuimurilla. IV-kanavat jouduttiin uusimaan lähes kokonaan. Näin piti saada riittävä ilmanvaihto kaikkiin päiväkodin osiin.

Koska alapohjarakenteena on tuulettuva alapohja tila, radonpoistoa ei tarvinnut rakentaa. Tilojen valmistuttua ilmamäärien mittauksessa havaittiin, että vanhan säilytetyn tuloilmakoneen kokonais- ja tilakohtaiset ilmamäärät jäivät vajaiksi suunnitelluista ilmamääristä, vaikka vanhan koneen ilmamääriä ei kasvatettu.

Rakennukseen on tulossa 2. vuoden takuutarkastus, ja siinä yhteydessä mietitään vanhan tuloilmakoneen korvaamista uudella hiukan tehokkaammalla.

7.4 Vanhojen IV-järjestelmien täydentämistä omakotitaloissa

Yksikerroksissa harjakattoisissa taloissa, mikäli ullakkotila on riittävän korkea, on verraten helppoa muuttaa vanha koneellinen poistojärjestelmä LTO:lla varustetuksi koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi, kun asennetaan uudet tuloilmakanavat kylmään ullakkotilaan ja käytetään vanha poistoilmakanavisto lähes sellaisenaan hyödyksi. Vanha huippumuri voidaan jättää pelkästään liesikuvun poistoksi, ja muut poistokanavat liitetään esim. ullakolle asennettavaan uuteen IV-koneeseen. IV-kone voidaan asentaa myös esim. varastoon, kodinhoituhuoneeseen tai tekniseen tilaan, mutta ei kuitenkaan kattilahuoneeseen eikä autotalliin, koska ne ovat eri paloteknistä osastoa. Koneen sijoituksessa on huomioitava kondenssivesiviemärin liitäntä, ja mielellään IV-konetta ei pitäisi asentaa makuuhuoneen vastaiselle seinälle puhaltimien mahdollisten aiheuttamien äänihaittojen takia.

Uudet tuloilmakanavat on tietysti lämpö- ja kosteuseristettävä riittävästi, samoin vanhojen poistoilmakanavien lämpöeristystä on tarvittaessa lisättävä.

(Liite 5: Vanhan omakotitalon ilmanvaihtojärjestelmän muutossuunnitelma.)

7.5 Vanhan siirtokelpoisen koulurakennuksen osittainen siirtäminen ja muuttaminen nuorisotilaksi

Ikäluokkien pienentyessä on vanhoja siirtokelpoisia koulurakennuksia siirretty ja muutettu toisiin käyttötarkoituksiin. Tässäkin tapauksessa $\frac{2}{5}$ vanhasta siirtokelpoisesta koulurakennuksesta päätettiin siirtää toiseen kaupunginosaan ja muuttaa tilat nuorisotiloiksi. Tiloissa oli aikaisemmin ollut 4 kpl koululuokkia. Tilojen vanha IV-kone jäi paikoilleen jätettävään osaan, joten tiloissa oli vain vanhoja IV-kanavien pätkiä ilman IV-laitteita. Vanhassa koneessa oli muuntajakäyttöiset puhaltimet, joten vanhan koneen kokonaisilmamääriä pystyttiin pienentämään ja säätämään ne oikealle tasolle.

Uutta ilmanvaihtojärjestelmää miettiessäni päätin, että asennetaan kokonaisuudessaan uusi IV-järjestelmä, eli ei käytetä edes vanhoja kanavanpätkiä.

Tullessani LVI-suunnittelijaksi hankkeeseen arkkitehtisuunnitelmat olivat valmiit ja rakennuslupa oli kohteelle myönnetty. Saadessani arkkitehtisuunnitelmat käyttööni havaitsin, että tekninen tila oli liian pieni niin, että sinne ei mahtunut sinne ajateltuja ilmanvaihtokoneita. Lisäksi se oli väärällä puolen rakennusta, koska tonttivesijohdolla jouduttiin kiertämään koko rakennus, jotta saatiin vesimittari tekniseen tilaan. IV-koneiden ilmanotto on nyt lähes suoraan etelästä. Teknisen tilan kokoa sentään saatiin kasvatettua siten, että saatiin ilmanvaihtokoneet mahdutettua sinne ja niille saatiin myös riittävät huoltotilat.

Uudessa käytössä vanhat luokat muutettiin niin, että käytävän toiselle puolelle tuli disko ja toiselle puolelle askartelutila, ”baari” ja henkilökunnan tila, wc:t ja pieni tekninen tila. IV-koneiksi valitsin 2 kpl pyörivällä lämmöntalteenottokiekolla varustettuja koneita. Koneiden palvelualueet valitsin siten, että diskoa hoitaa toinen kone ja muita tiloja toinen kone, lisäksi wc-tiloja varten asennettiin oma huippuimuri.

Tilat valmistuivat vasta joulukuussa 2009, ja tilat otettiin tammikuussa 2010 käyttöön. Ilmamäärät saatiin urakoitsijan toimesta mitattua ja säädettyä suunnitelmien mukaisiksi. (Liite 6.)

7.6 Vanhan entisenä paperitehtaana toimineen toimistorakennuksen perusparannus

Rakennus on alun perin ollut paperitehtaana ja rakennettu vaiheittain vuosina 1850–1906. Tampereen kaupunki osti kiinteistön 1928 ja paperitehdas lopetti toimintansa seuraavana vuonna. Tiloihin oli tehty moneen otteeseen muutostöitä ja korjauksia vuosina 1930–1999. Ensimmäinen lähes kaikki tilat läpikäyvä peruskorjaus aloitettiin vuonna 2000. Perusparannus tehtiin kuudessa vaiheessa tahtiin yksi vaihe / vuosi. Rakennus on linnamainen umpipihan ympärille kiertyvä, pinta-alan ollessa noin

16 000 m². Tiloissa toimi kaupungin yleisöpalvelu- ja toimistotiloja, Tampereen teatterin näyttämö ja työpaikkaruokala valmistuskeittiöineen. Lisäksi rakennuksessa toimii kuntosali kaupungin työntekijöille ja saunaosasto.

Uusien LVI- ja varsinkin ilmastointijärjestelmien sovittaminen rakennukseen oli paikka paikoin tosi haastavaa, koska uusien parvien ja välipohjien rakentamisen takia kerroskorkeudet ovat paikoittain matalia eli n. 2 400 mm. Lisäksi rakennuksessa on paikoitellen järeitä betonipalkkeja, joita ei voitu IV-kanavilla lävistää ja joiden alareuna on n. 2 m lattiasta (kuva 10).

Tämäntyyppisissä rakennuksissa täytyy ilmanvaihtokanavien pystynousuja sijoittaa riittävän tiheästi, kerroksien vaakakanavat ovat sopivan lyhyitä. Näin ne eivät joudu risteilemään toistensa kanssa, ja niiden halkaisijat tai, jouduttaessa käyttämään suorakaidekanavia niiden korkeusmitat, eivät ole liian isoja.

Uusia ilmanvaihtokonehuoneita jouduttiin rakentamaan melkein vaihekohtaiseksi, yhteensä 6 kpl, vanhojen kahden säilytettävän konehuoneen lisäksi yhteen vanhaan iv-konehuoneeseen uusittiin ilmanvaihtokoneet.

Toimistohuoneet varustettiin aktiivisilla jäähdytyspalkeilla, eli tuloilma jaetaan myös samoilla palkeilla.

Loppujen lopuksi, kun viimeinkin vaihe oli suunniteltu ja rakennettu, tuloilmakoneita oli 15 kpl, joista vain 4 kpl oli vanhoja. Lähes kaikkiin uusiin iv-koneisiin kuului pyörivällä kiekolla toteutettu poistoilman lämmöntalteenotto.

Uusissa tuloilmakoneissa on myös jäähdytys, joka on toteutettu ekologisesti koskivesijäähdytyksellä. Vieressä virtaavan Tammerkosken vettä käytetään jäähdytyskompressoreiden lauhdutukseen, ja silloin kun kosken vesi on alle +14 °C, vettä käytetään myös jäähdytyspalkkipiirin jäähdyttämiseen ns. vapaajäähdytystoiminnolla.

Toimistohuoneiden ilmamäärät on mitoitettu n. 2 l/s, m².

Jäähdytyspalkkien toimiessa tuloilmaeliminä on tuloilman suuntauksessa oltava tarkkana, sillä esim. kahden jäähdytyspalkin puhaltaessa toisiaan vasten on ilmasuihkun

törmätessä toisiinsa esiintynyt vetovalituksia. Onneksi jäähdytyspalkkien ilmansuuntauksia voidaan helposti muuttaa ja säätää ja vaikka sulkea palkin toisen puolen puhallus. (Liite 7.)



Kuva 10. Vanhan rakennuksen vanhat kattopalkit rajoittavat IV-kanavien vetoja. Huomaa kuvan oikeassa reunassa oleva erittäin matala suorakaidekanava.

7.7 Hostellin rakentaminen vanhaan pienteollisuustaloon

Rakennuksessa on tehty kokonaisvaltainen ilmanvaihdon perusparannus, jossa rakennuksen ullakolle on tehty uusi IV-konehuone, jonne on asennettu koko rakennusta palveleva LTO:lla varustettu tulo- poistoilmakonepari. Tämän kyseessä olevan tilan ollessa vielä pienteollisuus käytössä uudet iv-kanavat vedettiin varauksena myös tähän tilaan.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan E7 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus vuodelta 2004 kohdassa 4.1 kerrotaan, että majoitustiloja ei tulo- eikä poistoilman osalta yleensä saa yhdistää muita käyttötaparyhmiä palveleviin ilmanvaihtolaitoksiin, joten

hostelli piti varustaa omilla IV-koneilla. Ainoastaan tilan likaiset poistot voidaan yhdistää muiden kerrosten kanssa yhteiseen likaisten tilojen poistoon. (20.)

Koska hostellin ilmanvaihto on aina toiminnassa, tiloja palveleva IV-kone on energiansäästön takia varustettava tehokkaalla poistoilmanlämmön talteenotolla. Paikallisen rakennusvalvontaviranomaisen kanssa käydyn neuvottelun tuloksena sovittiin että LTO:na voidaan käyttää pyörivällä kiekolla varustettua iv-pakettikonetta. Samalla majoitushuoneiden ilmamääräksi sovittiin 8 l/s, hlö. Koneen kokonaisilmamääräksi tuli tulopuolella n. 1,3 m³/s ja poistopuolelle n. 1 m³/s. IV-koneeksi valittiin lopulta SWEGON OY:n GOLD- pakettikone. IV-koneelle löytyi lopulta pieni tila hostellin yhteydestä, ja jäteilmakanavaa varten saatiin käyttöön vanha nykyään käyttämätön jätekuilu.

Koska majoitushuoneet ovat jokainen omaa paloteknistä osastoa, jouduttiin päätelaitteet valitsemaan niin että venttiilit toimivat palonrajoittimina 4 hengen huoneissa, ottaen huomioon palonrajoittimen maksimi ilmamäärä on 42 l/s. Suurempien huoneiden palonrajoittimiksi suunniteltiin sulkeutuvat palonrajoittimet eli palopellit. (20.)

Tilat valmistuvat vasta keväällä 2010, joten tätä kirjoitettaessa työt ovat vielä kesken eikä ilmanvaihto vielä toimi. (Liite 8: Osapiirustus hostellin ilmanvaihdosta.)

8 Loppuyhteenveto

Vanhaan rakennukseen tehtävät tila- ja ilmanvaihtojärjestelmien muutokset on aina tarkasteltava tapauskohtaisesti. Mitään yleispätevää ohjetta ei ole siitä, miten IV-järjestelmien muutokset voitaisiin toteuttaa. Itse olen lähtenyt kuitenkin siitä ajatuksesta, että aina kulloinkin voimassa olevan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2:n määräysten mukaiset ilmamäärät vähintään täytyisi saada täytettyä, vaikka D2 koskeekin vain uudisrakennuksia. Nämä vaatimukset on helpompi täyttää, kun lähdetään toteuttamaan sellaista peruskorjausta ja muutostyötä, jossa vanhaa IV-järjestelmää ei ole lainkaan, tai se on hyvin kevyt.

Jos vanha IV-järjestelmä on koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä, mutta ilman lämmöntalteenottoa, ja jos sen järjestelmän neliökohtaiset ilmamäärät ovat alle nykyisten D2-määräysten, pelkkää ilmanvaihdon peruskorjausta on hyvin vaikea toteuttaa. Ongelmia tulee, jos kiinteistö on hiukankin isompi, koska vanhat IV-koneet, konehuoneet, kanavat ja päätelaitteet ovat auttamatta pieniä.

Jos kyseessä on laaja peruskorjaus ja rakennukselle tulee sitä myöten käyttöikä vielä esim. 15–20 vuotta tai enemmän, on energiataloudellisuus ja elinkaarikustannukset otettava huomioon ja on rakennettava ilmanvaihtoon LTO-järjestelmä, vaikka kyseessä olisivat pienemmätkin ilmamäärät.

Ilmavaihtokoneet ja niiden eri komponentit ovat viimeisen vuosikymmenen aikana kehittyneet ja koneista on tullut yhä energiataloudellisimpia, hiljaisempia, asennusystävällisempiä ja jopa tyylikkäämpiä. Myönteisinä kehityksen suuntina ovat erilaisilla lämmöntalteenottoratkaisuilla varustetut tehdasvalmisteiset IV-koneet, joissa on kaikki valmiina, ei tarvitse muuta kuin tuoda kone paikalle, liittää kanavat kiinni koneeseen, kytkeä sähkösyöttö ja asentaa mahdolliset lämpöjohdot ja suorittaa koneen käyntiin ajo. Lisäksi tämäntyyppisten koneiden ilmamääräkapasiteetti on kasvanut ja laitevalmistajia on useita. Koska koneilla on myös yleensä aika lyhyt toimitusaika, toisia malleja on jopa tukkuliikkeiden varastoissa, niin peruskorjaus- ja muutokohteissa tämän tyyppiset IV-koneet voivat jopa lyhentää kohteen rakentamisaikaa verrattuna siihen, että IV-koneet olisivat työmaalla koottavia ns. palakoneita, joille pitää toimittaa erillinen sähkökeskus, rakentaa pumppuryhmät, asentaa rakennusautomaation kenttälaitteet ja liittää ne erilliseen valvonta-alakeskukseen.

Osassa näissä koneita on koneen päältä lähtevät kanavaliitokset, jolloin koneen tilantarve ei ole kovin suuri. Toki kone täytyy sijoittaa siten, että kaikki huoltotoimenpiteet voidaan esteettömästi hoitaa. Samoin nämä koneet on sijoitettava siten, että niiden aiheuttama äänitaso koneen vaipan läpi ei aiheuta äänihaittoja yhä vaativimmille tilojen käyttäjille. IV-konekopin sijoituksella, sen äänieristyksellä ja desibeli-ovilla pyritään nämä ongelmat ennakolta välttämään.

Ilmanvaihdon ja sisäilmaston kannalta on tärkeää, että rakennusten ilmanvaihtolaitteet toimivat oikein ja ilmanvaihtojärjestelmien säännöllinen huolto on järjestetty.

Ilmanvaihtokoneiden suodattimien vaihto on tehtävä riittävän usein. Samoin on huolehdittava, että päätelaitteet, ulkosäleiköt, kanavistot ja ilmanvaihtokoneet ovat riittävän puhtaita eivätkä aiheuta haju- ja epäpuhtaushaittoja. Lisäksi on huolehdittava, että IV-järjestelmän eri komponentit eivät likaantuessaan aiheuta tarpeettomia painehäviöiden kasvamista ja siten ilmanvaihtomäärien pienenemistä.

Lähteet

- 1 Rakennusten ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: sisäasianministeriö 1976.
- 2 Rakennusten ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: sisäasiainministeriö 1978.
- 3 .
- 3 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö 1987.
- 4 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö, 2003.
- 5 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö, 2010.
- 6 Sisäilmastoluokitus 2008, RT 07-10946, Espoo: Sisäilmayhdistys 2008.
- 7 Asumisterveysohje, Helsinki: Sosiaali- ja terveysministeriö 2003
- 8 Sisäilman radon, Helsinki: Säteilyturvakeskuksen (STUK) julkaisu 2009.
- 9 Tampereen Ammattikorkeakoulun Radon-mittausraportti 28.1.2007.
- 10 Hoffren Jukka. Ilman pienhiukkaset merkittävä terveysongelma. Tieto& trendit 3/2008.
- 11 EU:n tupakan vastainen kampanja (WWW-dokumentti)
<http://fi-fi.help-eu.com/pages/Tiesitk%C3%B6-sdidyouknow-2-10.html>
 luettu 1.4.2010.
- 12 Koivula Urpo AX-suunnittelu
- 13 Vallox Digit 2, käyttö- ja huolto-ohje 2009.
- 14 Enervent LTR-3, suunnittelu-, asennus ja käyttöohjeet, Porvoo 2003
15. Suomen Lämpöpumppuyhdistys Ry, SULPU (WWW-dokumentti.)
http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=115KAIR
 luettu 6.4.2010.
- 16 Asetus ilmanvaihtokanavien- ja laitteistojen puhdistamisesta.
 Helsinki: sisäasiainministeriö, 2001.
- 17 Fläkt: Rexovent- lämmöntalteenotto käyttöohje, 1989
- 18 System air, suodatinesite.

- 19 Pientalon D5 / 2007 energialaskentaopas, Helsinki: ympäristöministeriö 17.4.2008.
- 20 Kair Variant 800-1800, esite.
- 21 Ilmanvaihtolaitteistojen paloturvallisuus. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa E7. Helsinki: ympäristöministeriö, 2004.

Liite 2: LTR-3-ilmanvaihtokoneen VTT:n tuotesertifikaatti



TUOTESERTIFIKAATTI

Sertifikaatti Nro VTT-C-3711-09
1 (2)

Enervent Oy

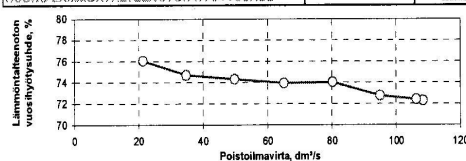
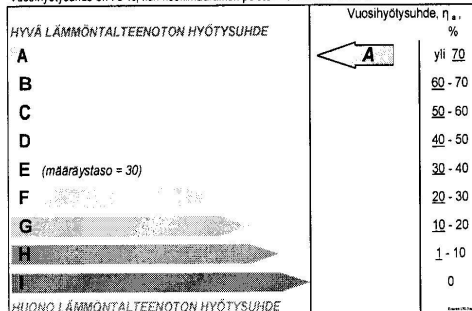
valmistaa

Ilmanvaihtokoneita Enervent LTR-3 eco ED

Enervent LTR-3 eco ED on tarkoitettu käytettäväksi asunnon ilmanvaihtokoneena ja sen lämmöntalteenoton hyötysuhde ja ominaissähköteho sekä lämpö-, virtaus- ja äänitekniset ominaisuudet on määritetty sertifiointiperusteiden VTT SERT R018-04: Asunnon ilmanvaihtokone mukaisesti. Yhteenveto ilmanvaihtokoneen lasketusta energiatehokkuudesta Etelä-Suomen sääoloissa on esitetty seuraavassa:

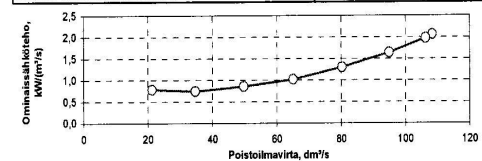
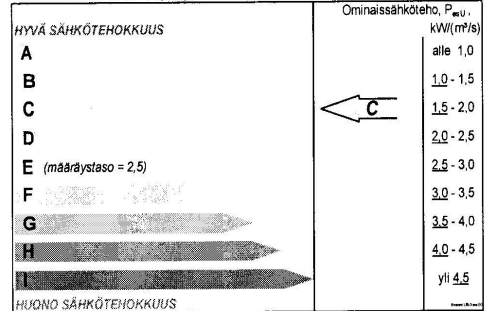
POISTOILMAN LÄMMÖNTALTEENOTON VUOSIHYÖTYSUHDE, η_a

Vuoshiötysuhde on 73 %, kun keskimääräinen poistoilmavirta on 75 dm³/s



ILMANVAIHTOKONEEN OMINAISÄHKÖTEHO, $P_{e,EU}$

Ominaissähköteho on 1,6 kW/(m³/s), kun keskimääräinen poistoilmavirta on 75 dm³/s



Ilmanvaihtokoneen ominaisuudet ja energiatehokkuuden laskennan lähtötiedot ja tulokset on esitetty sertifikaatin liitteessä. Ilmanvaihtokone täyttää em. sertifiointiperusteissa esitetyt vaatimukset.

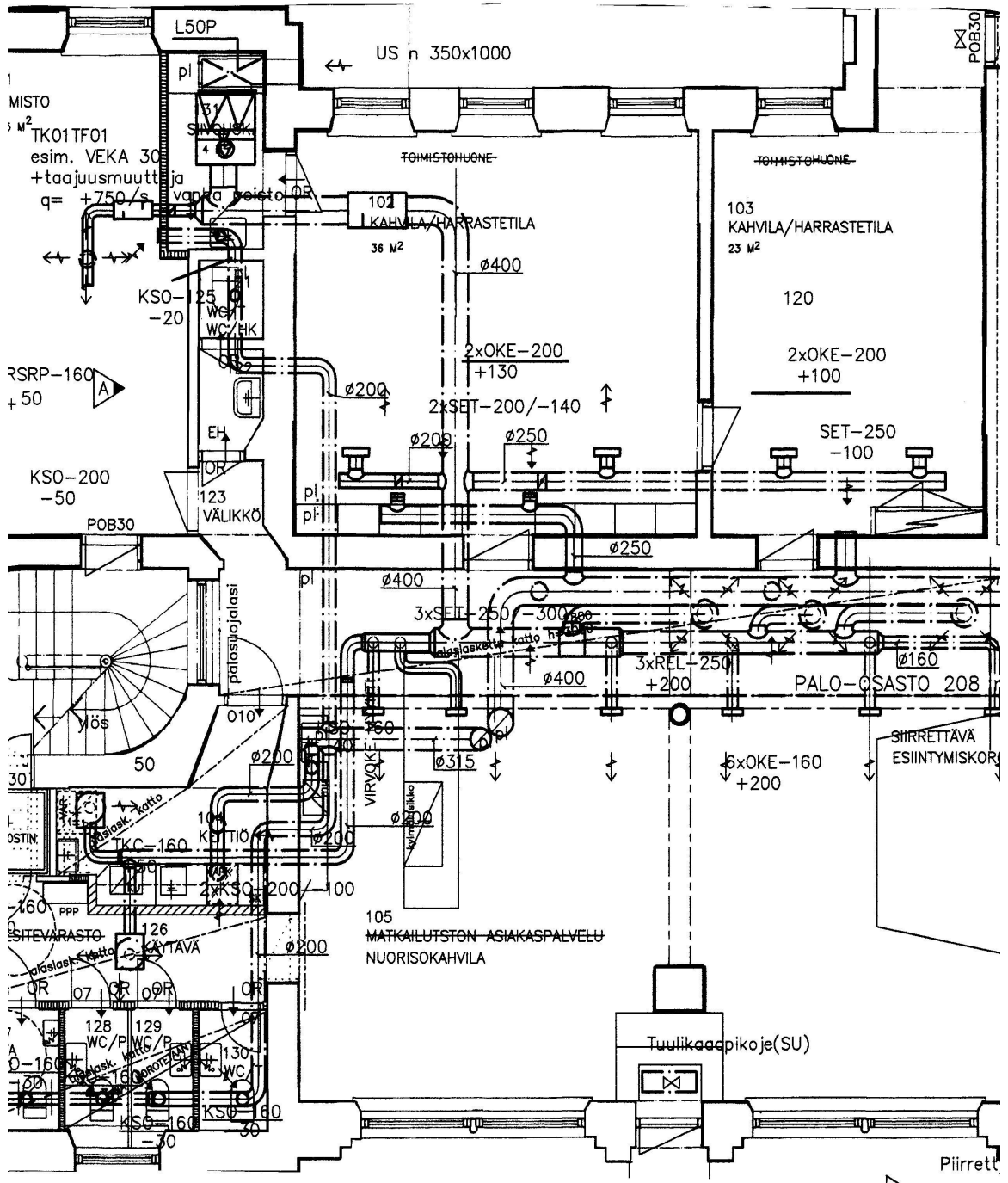
Tämä sertifikaatti on voimassa 28.1.2014 saakka sillä edellytyksellä, että tuotteessa ei tapahdu oleellisia muutoksia ja että valmistajalla on voimassa oleva laadunvalvontasopimus VTT:n kanssa. Sertifikaatin voimassaolon voi tarkistaa VTT:sta tai Internet-osoitteesta <http://www.vtt.fi/>. Muut ehdot on esitetty sertifikaatin lopussa.

Myönnetty Espoossa 29.1.2009

Liisa Rautiainen
Arviointipäällikkö

Juhani Laine
Erikoistutkija

Liite 3.1: Osa nuorisokahvilan ilmanvaihtosuunnitelmaa



Liite 3.2: Nuorisokahvilan ilmamäärienmittauspöytäkirja

TAMPEREEN TILAKESKUS
KIINTEISTÖTEKNINEN YKSIKKÖ
VIINIKANKATU 53 33800 TAMPERE

ILMAMÄÄRIEN MITTAUSPÖYTÄKIRJA

Kohde: Matkailutalo Nuorisokahvila
Osoite: Verkatehtaankatu 2, 33100 TAMPERE
Mittalaite: VELOCI CALC PLUS; MODEL: 8386-M-F FI
(Nimi, järjestysnumero)

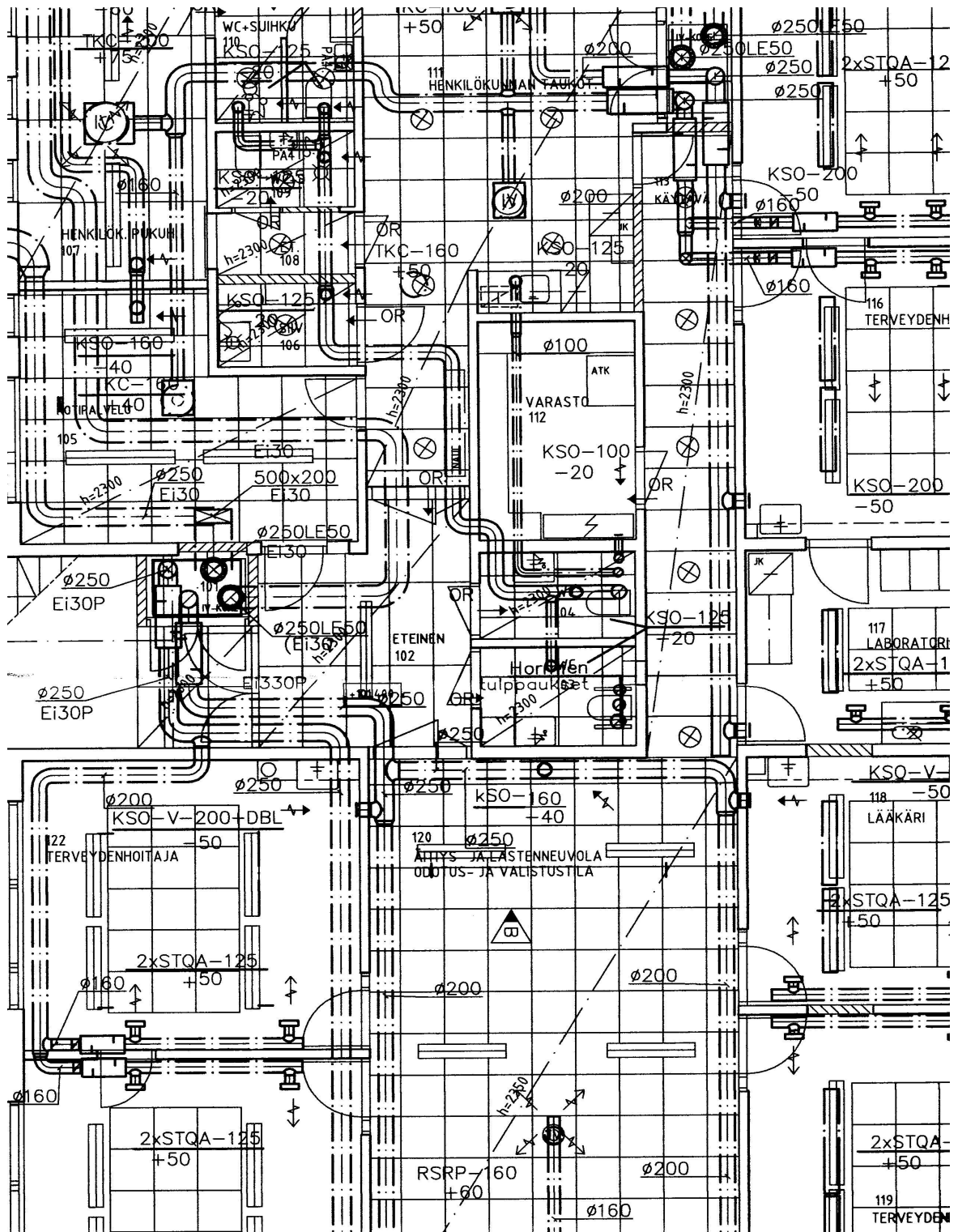
Kerros	Huonetilä	Huone no:	Tilavuusvirta dm ³ /s				Kone no:		Päätelaite malli		Huomautuksia
			Ohjelman muk.		MITATUT ARVOT						
			tulo	poisto	tulo	poisto	tulo	poist	tulo	poisto	
	toimisto	101	50	-50	49	-68			RSRP-160/pra160	KSO-200	T/107Pa As.1.5 P/185Pa As.+10
	kahvila/harrastetila	102	130	-140	h102ja103	-92			2xOKE-200/pra200	2xSET-200	T/10Pa As.5 K20.5 P/17Pa K 11.1
	kahvila/harrastetila	103	100	-100	yht.+225	-66			2xOKE-200/pra250	1xSET-250	T/20Pa As.5 K35.8 P/16Pa K 16.6
	keittiö	104	50	-100	54	-128			TR/S-160	2xKSO-200	T/6Pa K 21.9 P/170ja160Pa As.2x+10
	nuorisokahvila	105	200	-300	204	-212			3xREL-250	3xSET-250	T/33,53ja46Pa K9.2,9,2ja11 P/22,19ja14Pa K3x16.6
		105	200		244				6xOKE-160		T/55,55,58,59,63ja66Pa kaikissa K. 5.3
	wc-henkilökunta	121		-20		-45				KSO-125	P/190Pa As.+5
	käytävä	126	60		62				TR/S-160		T/8Pa K21.9
	wc-inva	127		-30		-56				KSO-160	P/130Pa As.+8
	wc/p	128		-30		-56				KSO-160	P/83Pa As.+15
	wc/p	129		-30		-56				KSO-160	P/110Pa As.+10
	wc/t	130		-30		-56				KSO-160	P/130Pa As.+8
	siivous/iv konehuone	131		-20		-23				KSO-125	P/117Pa As.-5
	yhhteensä		790	-850	838	-858					Mittattaessa koneet 100% ja tk 50 HZ. Mittauksen jälkeen tk podotettu 95%/47.3HZ. Poistoja säädetty siten että huoneistoon saatu lähes suunnitelmien mukainen alipaine eli tehostettu wc/sos. tilojen poistoa yleispoiston alitehon mukaan. Yleispoiston aliteho johtuu kanavan ahtaan reitin aiheuttamasta painehäviöstä.
	Tulokone Veka 30										
	WC/SOS.poisto KVKE315L										
	Yleis poisto KVKE315M										

Päiväys: 18.6.2009

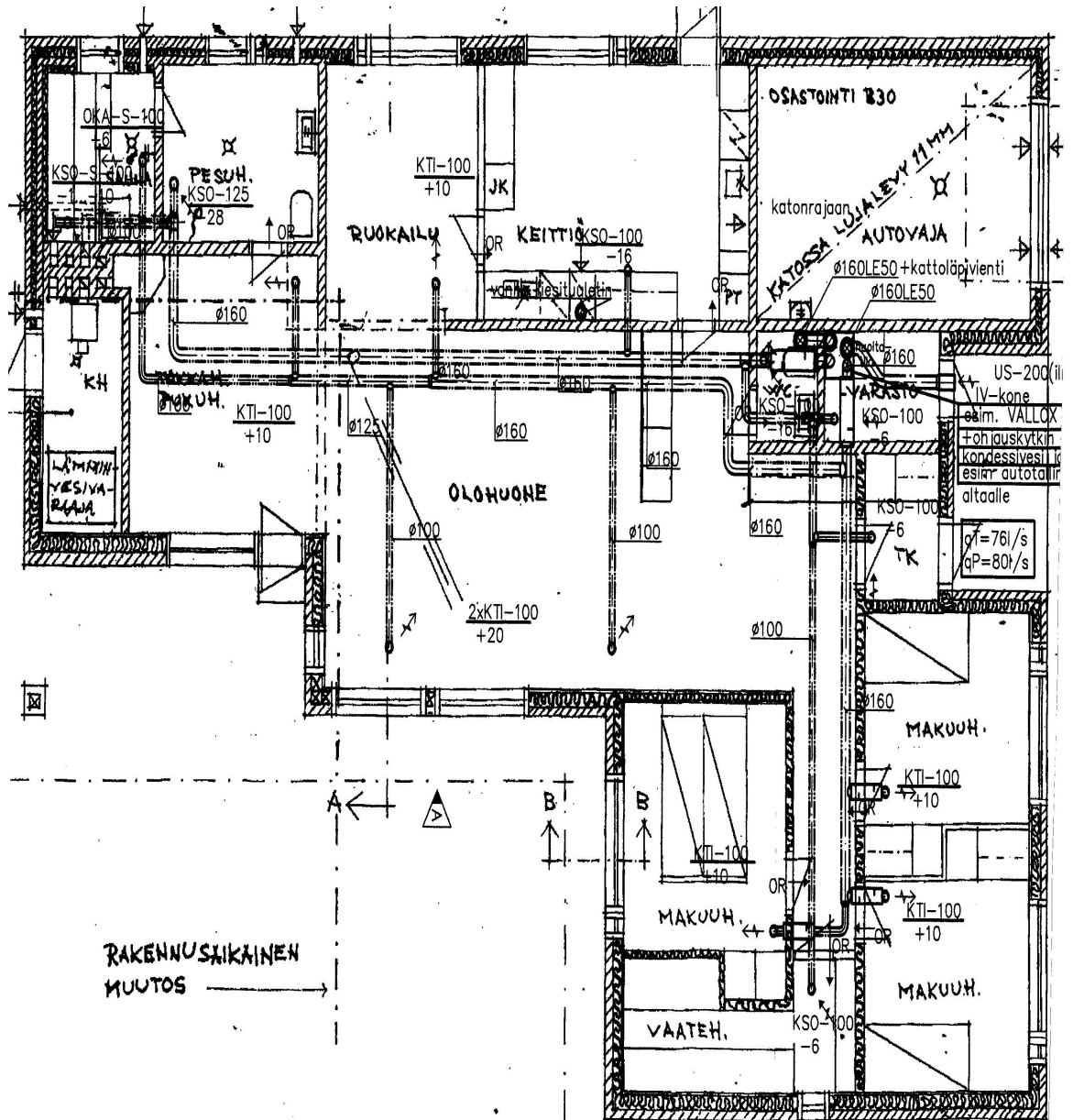
Mittauksen suorittaja: Jani Moisio

Hyväksyjä: _____

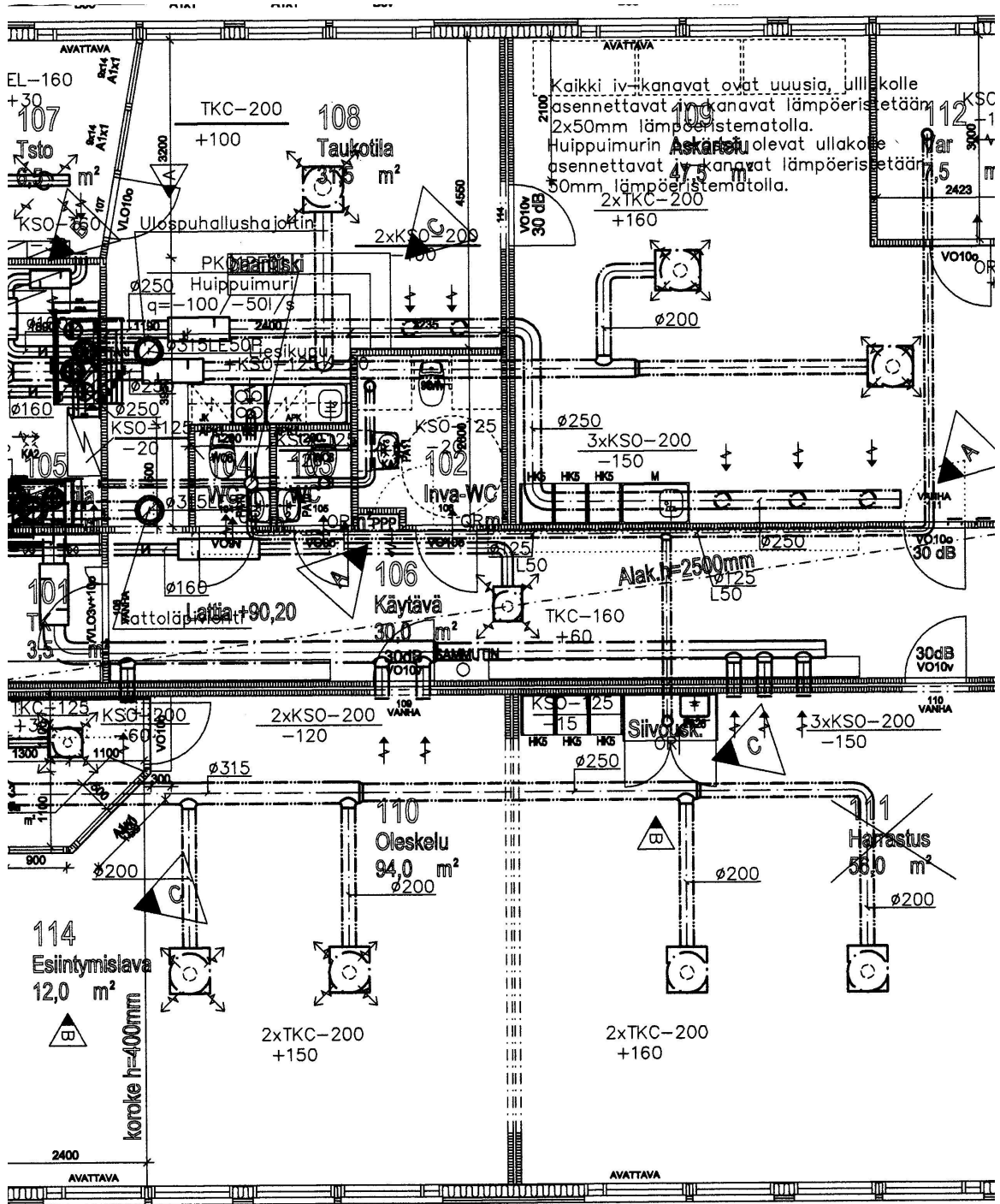
Liite 4: Osa terveydenhoitotilojen 1 krs:n ilmanvaihtosuunnitelmasta.



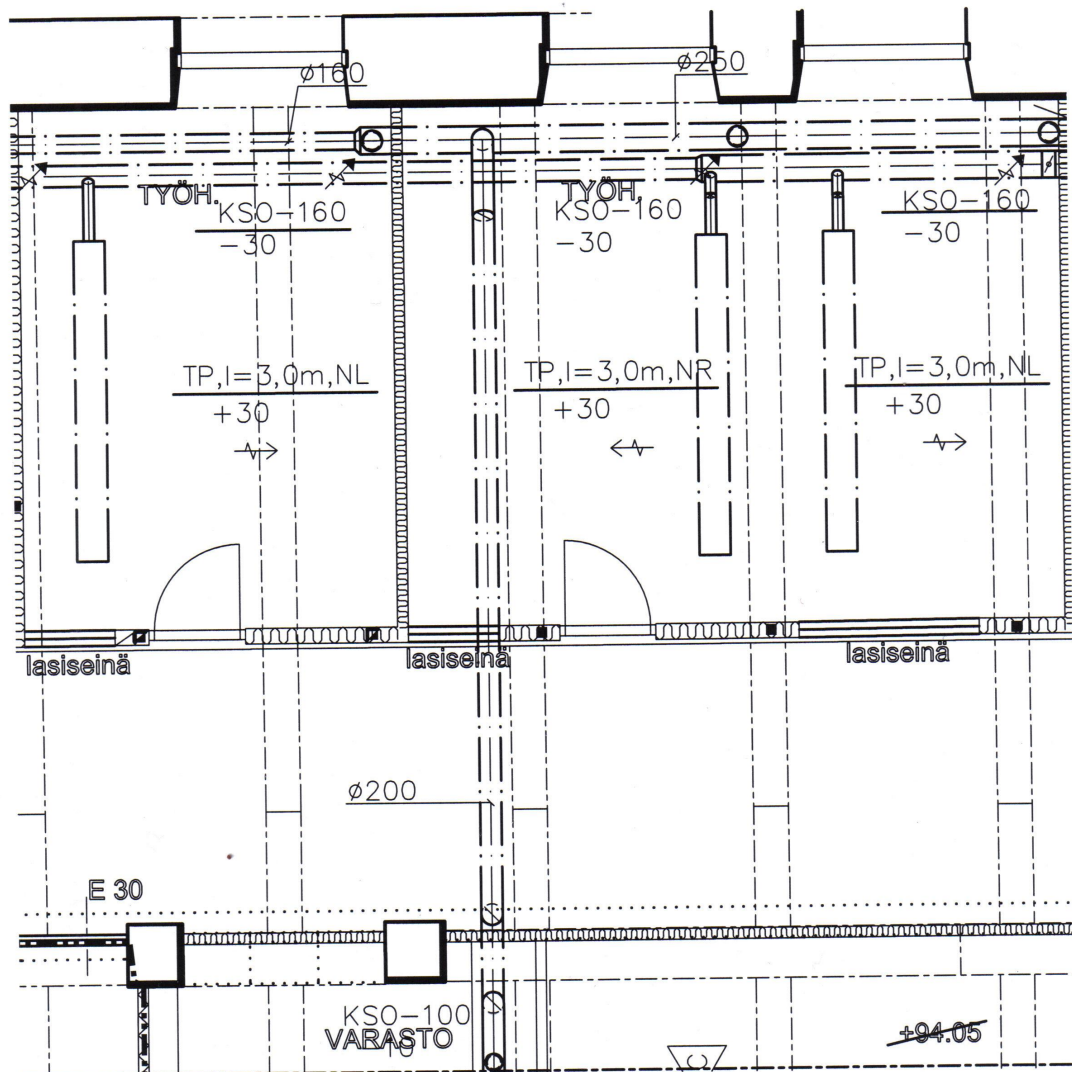
Liite 5: Vanhan omakotitalon ilmanvaihtojärjestelmän muutossuunnitelma.



**Liite 6: Siirtokelpoisen koulun osan muuttaminen nuorisotilaksi:
osa ilmanvaihtosuunnitelmasta**



**Liite 7: Toimistohuoneen ilmastointisuunnitelma, sisäänpuhallus toteutettu
jäähdytyspalkeilla**



**Liite 8: Hostellin rakentaminen vanhaan pienteollisuustilaan:
osa ilmanvaihtosuunnitelmasta**

