



**VAHANEN YHTIÖT**



## **REKOLANMÄEN KOULU**

27.3.2008

## **VSS:n YLÄPOHJAN KUIVATUSSUUNNITELMA**

## **INSINÖÖRITOIMISTO MIKKO VAHANEN OY HUMI-GROUP**

Halsuantie 4, 00420 Helsinki  
Puh. 0207 698 698, fax 0207 698 699  
etunimi.sukunimi@vahanen.com  
www.vahanen.com

## 1. YLEISTIEDOT

### 1.1 Tutkimuskohde

Rekolanmäen koulu  
Valtimontie 4  
01400 Vantaa

### 1.2 Tutkimuksen tilaaja

Vantaan Tilakeskus  
Hankepalvelut, Rakennuttaminen  
Mikko Krohn  
Kielotie 13  
01300 Vantaa

### 1.3 Tehtävä

Tehtävänä oli tehdä VSS:n yläpohjan kuivatussuunnitelma, joka perustuu kesällä 2007 Humi-Group Oy:n tekemiin kosteustutkimuksiin sekä nyt helmikuussa tehtyihin VSS:n yläpohjan alipaineistuskokeisiin.

### 1.4 Tutkimusajankohta

Kenttätutkimukset 21.2. – 22.2.2008 (alipaineistuskokeet)

### 1.5 Tekijät

HUMI-GROUP OY  
Eero Salo, Rkm  
Ari-Veikko Kettunen, DI

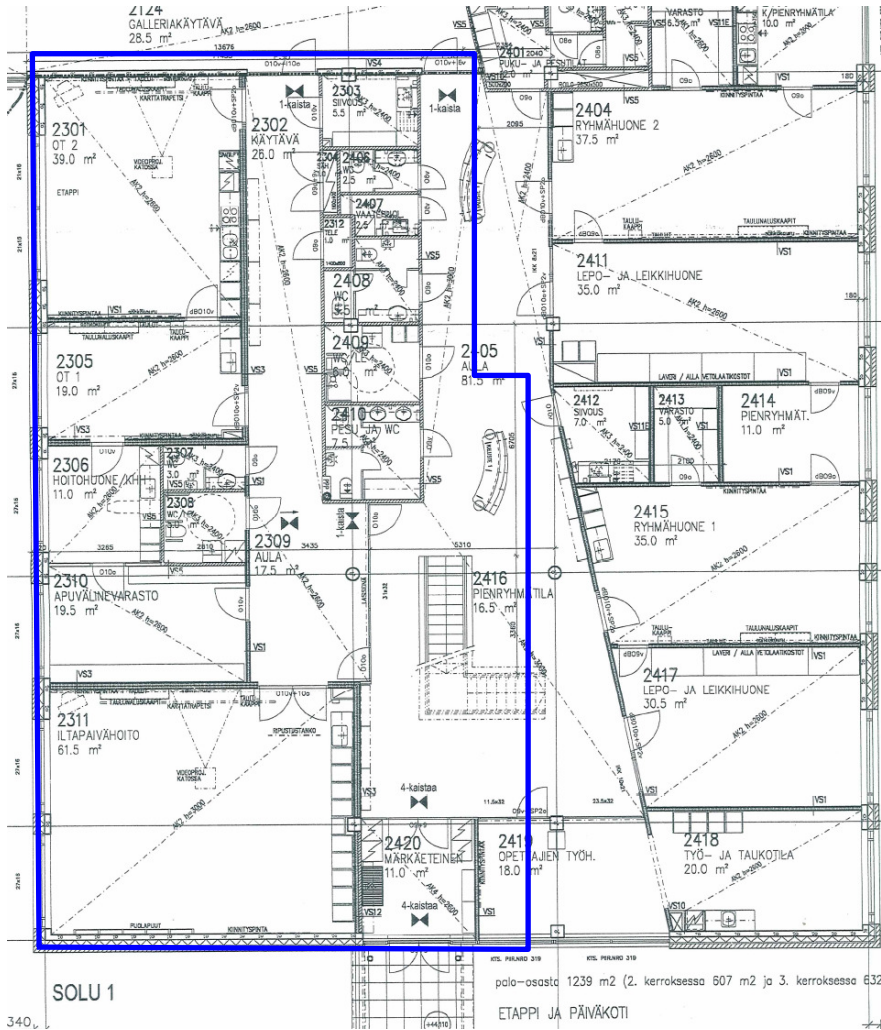
### 1.6 Tutkimuksen kohde ja tausta

Tutkimuksen kohteena oli vuonna 2004 valmistuneessa Rekolanmäen koulussa ja päiväkodissa väestönsuojan yläpuolella sijaitsevat tilat. Kohteen taustatiedot ja kosteustutkimusten havainnot, tulokset ja johtopäätökset sekä toimenpide-ehdotukset on esitetty Humi-Group Oy:n tutkimusraportissa 070813 (4.9.2007).

Alipaineistuskoe tehtiin 2. kerroksen väestönsuojan yläpuoliselle alueelle. Lisäksi alipaineistuskokeen yhteydessä mitattiin kyseiseltä alueelta myös kevytsoran suhteelliset kosteudet. Alipaineistuskokeen alue (= VSS:n alue) näkyy kokonaisuudessaan kuvassa 1, kuvaan on merkitty myös alapuolisen väestönsuojan sijainti.

Kohteesta on ollut käytettävissä seuraavat lähtötiedot:

1. Pohjapiirustukset 1. rakennusvaihe, 1., 2. ja 3. kerroksesta, päivätty 31.1.2003
2. Rakennepiirustuksista runkoleikkaus B – B (31.1.2003), osan 1 1. kerroksen katon mittapiirustus (27.5.2003)
3. Väliopohjan rakennetyyppi VP3 (31.2.2003)
4. Humi-Group Oy:n tutkimusraportti 070813 (4.9.2007)
5. Humi-Group Oy:n mittausraportti 28.8.2006 tehdyistä huoneiden 2301, 2305, 2306, 2310 ja 2311 kosteusmittauksista (raportti 060819). Mittaukset tilasi NCC Rakennus Oy.



**Kuva 1.** Rekolanmäen koulun väestönsuoja on hahmoteltu kuvaan. Kuvassa rajatulle alueelle tehtiin VSS:n yläpohjan kevytsorakerakroksen alipaineistuskoe.

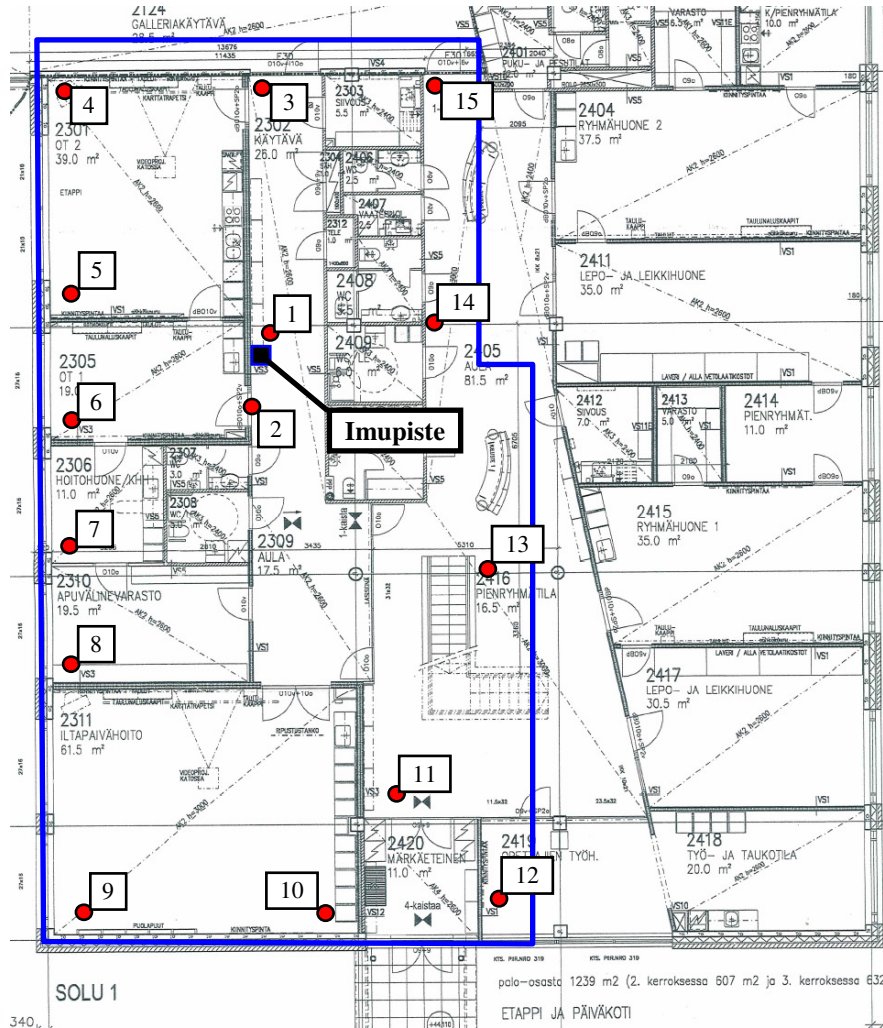
## 2. Tutkimusmenetelmät

Alipaineistuskoe eteni seuraavasti:

- 21.2.2008 Alipaineistuskokeen koejärjestelyn asennus, mittapisteen poraus, alipaineistuskoe ja koejärjestelyn purkaminen
- 22.2.2008 Kevytsorakerakroksen suhteellisen kosteuden mittaukset rakenteen lyhytkestoisien suhteellisen kosteuden mittaamenetelmällä (liite 1), mittaakohtien sekä alipaineistuskokeen imupistekohdan paikkaukset.

Alipaineistuskoe tehtiin yhdellä ns. imupisteellä. Imupiste valittiin käytössä olleiden rakennepiirustusten perusteella suunnitteen VSS:n alueen keskikohdalle käytävälle 2302. Alipaineistuskokeessa rakenteesta imetään ilmaa koeluonteisesti rakenteeseen ja alipaineistettavaan alueeseen soveltuvalla järjestelmällä. Imettävä ilma johdetaan lähes poikkeuksetta ulos erityisesti tilanteissa, joissa jäteilmassa epäillään, oletetaan tai siinä on todettu olevan epäpuhtauksia. Alipaineistuskokeessa imettävä ilmamäärä mitataan. Alipaineistettavan rakennos-/ -kerroksen ja huonetilan väliset paine-erot mitataan ennen alipaineistusta ja alipaineistuksen aikana. Lisäksi selvitetään ilmavirtausten suunnat mittapisteen kohdilla (rakennos-/ -kerroksen ja huonetilan välillä) ennen alipaineistusta ja ali-

paineistuksen aikana ilmapvirtausmerkkisavuilla. Myös sisäilman ja ulkoilman välinen paine-ero mitataan. Alipaineistuskokeen aikana tilan ilmanvaihto oli normaali käyttöasennolla. Kuvassa 2 on esitetty alipaineistuskokeen imupisteen sekä mittapisteiden sijainnit. Kuvissa 3 – 7 on esitetty alipaineistuskoejärjestelmää.



**Kuva 2.** Rekolanmäen koulu. VSS:n yläpohjan (kuvassa rajatun alueen) alipaineistuskokeen imupisteen ja mittapisteiden sijainnit.

Rakenteen lyhytkestoisien suhteellisen kosteuden mittaukset tehtiin Vaisala Oy:n valmistamalla HM44 rakennekosteusmittauslaitteistolla käyttäen Humi-Group:n mittapäiden kalibrointijärjestelmällä (liite 2) alle 2 kk ennen mittauksia kalibroituja HMP44 kosteus- ja lämpötilamittapäitä.



*Kuvat 3 - 5. Rekolanmäen koulu. Alipaineistuskokeen alipaineistusjärjestelmä.*



*Kuvat 6 ja 7. Rekolanmäen koulun VSS:n yläpohjan alipaineistuskokeen jäteilma johdettiin ulos tilasta 2310. Kuvassa 6 alipaineistuskokeen paine-eromittaus käynnissä mittapisteessä 3.*

### 3. Mittaustulokset

Imupisteen ja mittapisteen sijainnit on esitetty aiemmin kuvassa 2. Koealipaineistuksessa käytetty ilmamäärä oli 30 m<sup>3</sup>/h. Alipaineistuskokeen mittaustulokset on esitetty taulukossa 1.

**Taulukko 1.** Rekolanmäen koulu, VSS:n yläpohjan (= välipohjarakenteen) kevytsorakerroksen koealipaineistuksen mittaustulokset 21.2.2008. Taulukossa käytettyjen merkintöjen selitykset on esitetty taulukon alla.

Mitta- piste	0-teho		I - teho	
	(ei alipaineistusimua)		(alipaineistusimu päällä)	
	[Pa]	ilmavirtauksen suunta	[Pa]	ilmavirtauksen suunta
mp 1	+ 2,0	↑	- 35,1	↓↓
mp 2	+ 1,6...+ 2,2	↑	- 31,0	↓↓
mp 3	+ 1,2...+ 1,9	↑	- 30,0	↓↓
mp 4	+ 1,1...+ 2,0	↑	- 29,9	↓↓
mp 5	+ 1,2...+ 1,7	↑	- 30,3	↓↓
mp 6	+ 2,1...+ 3,3	↑	- 26,0	↓↓
mp 7	+ 2,4...+ 3,3	↑	- 24,2	↓↓
mp 8	+ 1,1...+ 2,4	↑	- 23,0	↓↓
mp 9	+ 0,3...+ 1,4	↑	- 23,4	↓↓
mp 10	+ 1,0...+ 1,8	↑	- 22,0	↓↓
mp 11	+ 0,4 ...+ 1,4	↑↑	- 22,5	↓↓
mp 12	+ 1,2 ...+ 2,2	↑	- 21,0	↓↓
mp 13	+ 1,3 ...+ 1,8	↑	- 23,8	↓↓
mp 14	+ 1,1 ...+ 2,0	↑	- 30,0	↓↓
mp 15	+ 0,6 ...+ 1,0	↑↑	-30,0	↓↓
sisä-ulko	+ 2,9...+ 7,8	↑↑	+ 3,1...+ 7,8	↑↑

Taulukon 1 merkintöjen selitykset:

0-teho = ei koealipaineistusta  
 I-teho = koealipaineistuksen imu päällä  
 [Pa] = paine-eron yksikkö  
 suunta = ilmavirtauksen suunta

+ merkki paine-eromittaustuloksen edessä = kevytsorakerros ylipaineinen huonetilaan verrattuna  
 - merkki paine-eromittaustuloksen edessä = kevytsorakerros alipaineinen huonetilaan verrattuna

↑ = ilmavirtaukset hieman huonetilaan päin  
 ↑↑ = ilmavirtaukset hyvin voimakkaasti huonetilaan päin  
 ↔ = ei ilmavirtauksia kumpaankaan suuntaan  
 ↓ = ilmavirtaukset hieman kevytsorakerrokseen päin  
 ↓↓ = ilmavirtaukset hyvin voimakkaasti kevytsorakerrokseen päin

## Kevytsoratilan kosteusmittaustulokset

Kevytsoratilan suhteelliset kosteudet mitattiin paine-eromittapisteiden kohdilta rakenteen lyhytkestoisen suhteellisen kosteuden mittaamenetelmällä. Mittaustulokset on esitetty taulukossa 2.

**Taulukko 2.** Rekolanmäen koulu, VSS:n yläpohjan kevytsorakerroksen suhteellisen kosteuden (RH) ja lämpötilan (T) mittaustulokset 22.2.2008. Mittaussyvytydet lattiapinnasta 18 ... 22 cm.

Mittaushkohta	Rakenne	anturinro	T (°C)	RH (%)	abs (g/m <sup>3</sup> )
<b>mp1</b>					
käytävä 2302	kevytsorakerros	H14	21,8	<b>91,9</b>	17,6
<b>mp2</b>	<i>sisäilma</i>	T605	21,6	34,0	6,4
tila 2305	kevytsorakerros	H10	22,2	<b>95,6</b>	18,8
<b>mp3</b>					
käytävä 2302	kevytsorakerros	H6	21,6	<b>91,9</b>	17,5
<b>mp4</b>					
tila 2301	kevytsorakerros	H11	23,0	<b>91,8</b>	18,9
<b>mp5</b>	<i>sisäilma</i>	T605	22,4	31,3	6,2
tila 2301	kevytsorakerros	H12	22,3	<b>68,8</b>	13,6
<b>mp6</b>					
tila 2305	kevytsorakerros	H13	21,2	<b>86,2</b>	16,0
<b>mp7</b>					
tila 2306	kevytsorakerros	H5	23,2	<b>84,3</b>	17,5
<b>mp8</b>	<i>sisäilma</i>	T605	22,2	32,8	6,4
tila 2310	kevytsorakerros	H3	20,9	<b>78,8</b>	14,3
<b>mp9</b>					
tila 2311	kevytsorakerros	H14	22,4	<b>62,4</b>	12,4
<b>mp10</b>	<i>sisäilma</i>	H3	20,8	32,6	5,9
tila 2311	kevytsorakerros	H10	21,2	<b>76,8</b>	14,3
<b>mp11</b>					
tila 2416					
<b>mp12</b>	<i>sisäilma</i>	H13	21,5	31,4	5,7
tila 2419	kevytsorakerros	H6	23,0	<b>61,9</b>	12,7
<b>mp13</b>					
tila 2416	kevytsorakerros	H11	21,8	<b>98,6</b>	18,9
<b>mp14</b>					
tila 2405	kevytsorakerros	H5	21,2	<b>93,9</b>	17,4
<b>mp15</b>					
tila 2405	kevytsorakerros	H12	22,6	<b>96,1</b>	19,4

#### 4. Kuivatussuunnitelma

Jatkuvatoimisen kuivatusjärjestelmän kuvaus ja toimenpiteet sen toteuttamiseksi:

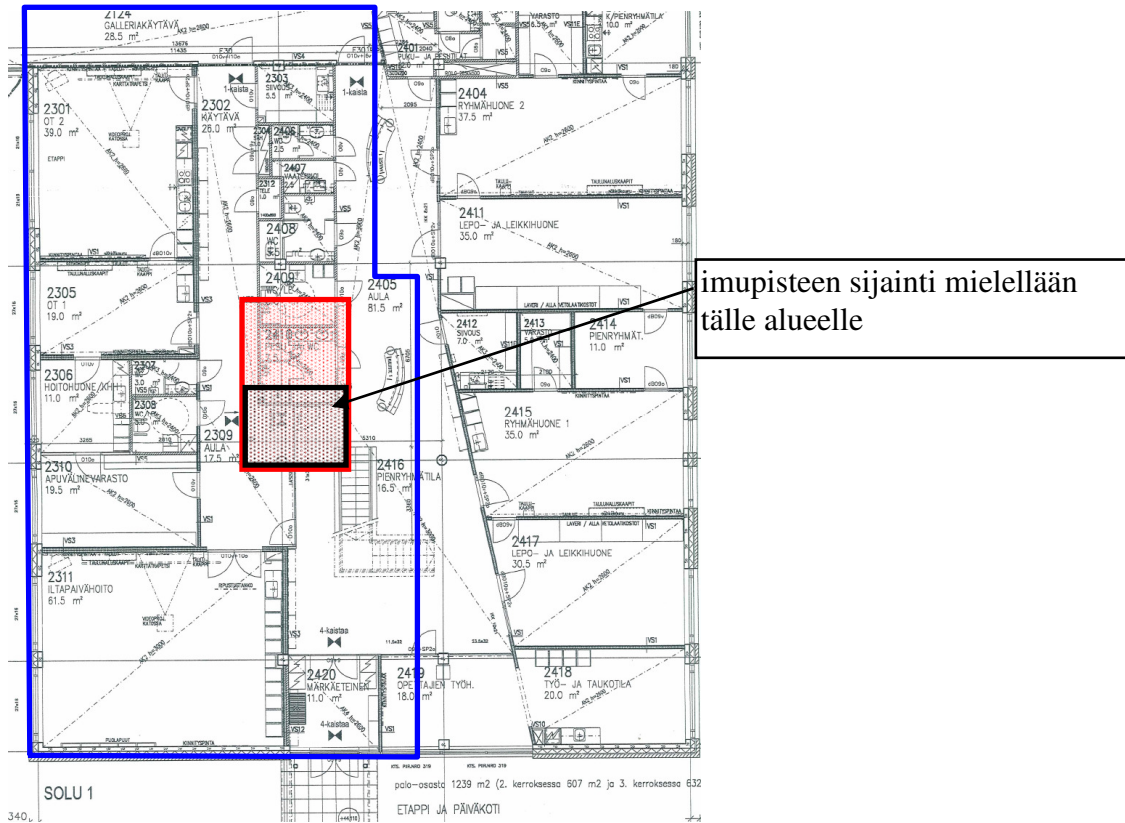
Rekolanmäen koulun VSS:n yläpohjan kevytsorakerrokseen kuivatus voidaan toteuttaa yhdellä kevytsorakerrokseen asennettavalla Ø 100 ... 125 mm imuputkella, joka johdetaan ulos (pääsääntöisesti jäteilma johdettava vesikattotason yläpuolelle). Imukohta tulee tehdä kuvassa 8 rasteroidulle alueelle (kevytsoran korkeimpien kosteuksien alueelle/ läheisyyteen). Imuputkiston läpivientikappale Ø 100 ... 125 mm muovisesta ilmanvaihtoputkesta ja muu kanavisto Ø 100 ... 125 mm muovisesta ilmanvaihtoputkesta. Mikäli ulos johdettavassa imuputkistossa joudutaan tekemään pitkiä sivuttaissiirtymävetoja (esim. alaslaskukatossa), imuputkisto tulee tehdä 125 mm putkistolla. Imuputkea varten tulee pintalaataan tehdä noin Ø 100 - 150 mm reikä (**kuivamenetelmällä**). Reiän koko putken koosta riippuen. Reikään tulee asentaa läpivientikappale (periaatekuva esitetty kuvassa 9). Läpivientikappaleeseen porataan Ø 10... 12 mm reikiä vähintään 30 mm välein. Reiällinen osa kokonaan kevytsorakerrokseen ja sen tulee olla noin 150 ... 200 mm pintalaatan alapinnan alapuolella. Läpivientikappaleen reiällisen osan ympärille ja pohjalle asennetaan muovinen verkko (esim. hyönteisverkko). Verkko voidaan kiinnittää putkeen esim. ilmastointiteipillä tai nippusiteillä. Läpivientikappale tulee liittää laatan lävistyksen ilmatiiviisti (tällä varmistetaan imupisteen toiminta). Läpivientikappaleen liitos tehdään vedeneristystyyppisesti siten, että läpivientikappaleen ja lävistyksen väli täytetään esim. uretaanivaahdolla (varottava liiallista käyttöä, jotta uretaanivaahdo ei valu alas ja tehdyt läpivientikappaleen imureiät eivät tukkeudu). Ureetaanivaahdotuksen kuivuttua ylimääräinen purse leikataan pintabetonilaatan pinnan tasalta pois. Läpivientikohta vedeneristetään Ardex 8 + 9 vedeneristemassalla läpivientien vedeneristysohjeiden ja -tavan mukaisesti. Läpivientikappaleeseen asennetaan imuputkisto, joka johdetaan ulos. Imuputkisto eristetään vesihöyrytiivillä lämmöneristeellä. Imuputki tulee varustaa koneellisella jatkuvatoimisella poistoilmapuhaltimella (esim. Onninen Onnline CK 100C tai CK125C kanavapuhaltimella, putken koosta riippuen). Kanavapuhallin varustetaan tyristörisäätimellä. Imuputkisto tulee varustaa lisäksi erillisellä säätöpellillä (PRA100 tai PRA125). Säätöpellin asennus helposti säätötoimia tehtävissä olevaan kohtaan. Ilmamääränä käytetään 150 ... 170 m<sup>3</sup>/h. Jatkuvatoimisen kuivatuksen puhaltimen virtakytkin/ virtajohdotto sekä tyristörisäädin tulee asentaa sellaiseen kohtaan sekä varustaa sellaisin merkinnöin/ suojauskein, että sitä ei voida vahingossa (esim. asiasta tietämätön) kytkeä pois päältä.

*Imuputkiston asentamisessa ja puhaltimen sijoituksessa tulee huomioida se, että putkistossa kulkee aluksi hyvinkin kostea ilmaa (kondensoituminen putken sisäpintaan mahdollista). Tästä syystä johtuen putki tulee lämmöneristää vesihöyrytiiviksi sekä putkien liitokset tehdä oikein (mahdollinen putken sisäpinnalla järjestelmän alkuvaiheessa valuva kondenssivesi huomioiden).*

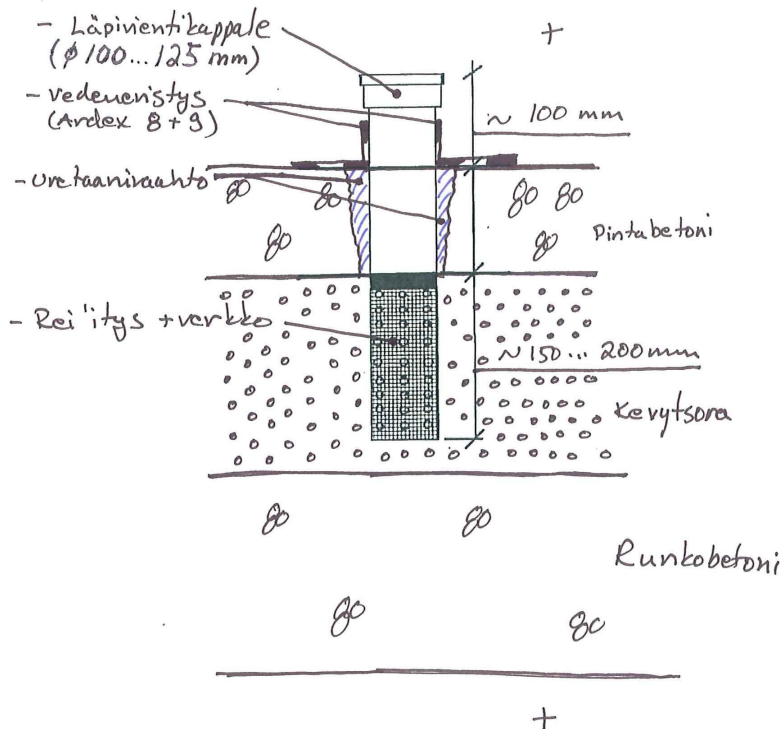
*Jatkuvatoiminen kuivatusjärjestelmä suositellaan otettavaksi käyttöön kesällä.*

*Järjestelmän toimivuus (ilmamäärä- ja paine-eromittaukset sekä ilmamäärän säätötyöt) on syytä varmistaa järjestelmän asennuksen jälkeen käyttöönoton yhteydessä.*



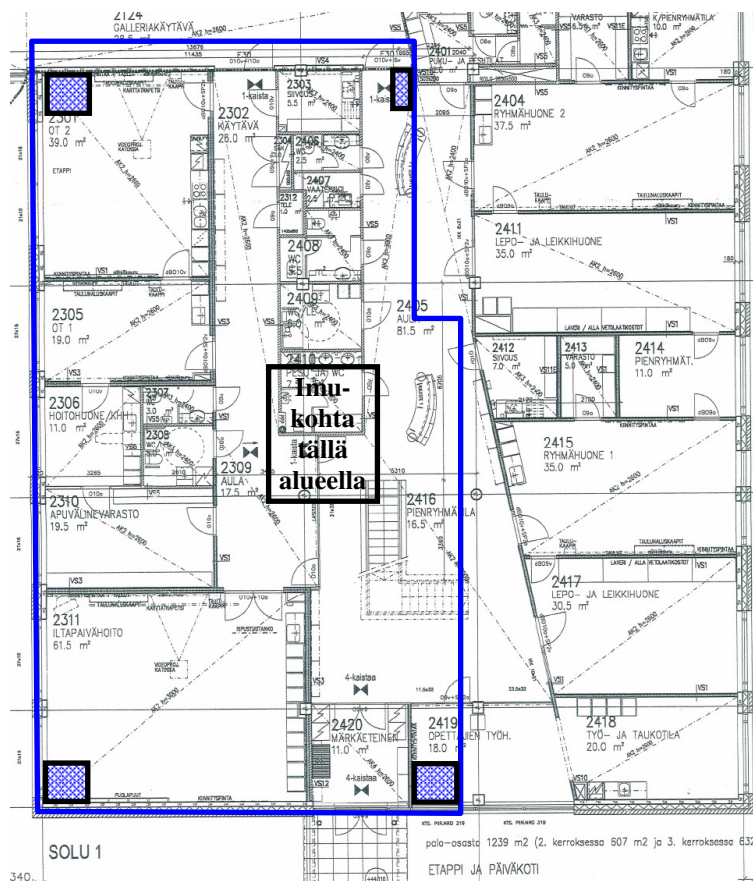


**Kuva 8.** Rekolanmäen koulun väestönsuojan yläpuolisen kevytsoran kuivatuksen imukohta tulee sijoittaa kuvassa rasteroidulle alueelle.

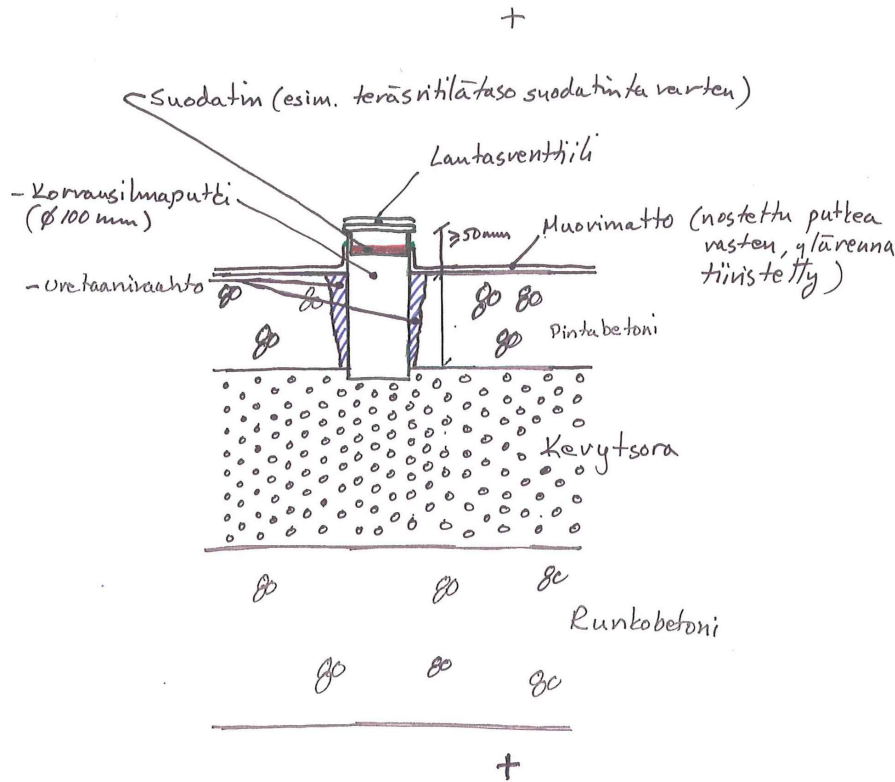


**Kuva 9.** Periaatekuva imukohdan läpivientikappaleesta, sen mitoista ja lävistyksen tiivistyksestä pintabetonilaattaan.

Jatkuvatoimiseen kuivatusjärjestelmään liittyy hallitun korvausilman saanti. Korvausilmaputket/venttiilit tulee sijoittaa kuvassa 10 rasteroiduille alueille (yhteensä 4 korvausilmaputkea, alipaineistettavan alueen nurkkiin). Korvausilmaventtiilit tulee olla säädettäviä. Tästä syystä johtuen korvausilmareitit huonetilasta kevytsorakerrokseen joudutaan putkittamaan  $\varnothing$  100 mm ilmanvaihtokäyttöön soveltuvalla muoviputkella. Tämä edellyttää  $\varnothing$  100 ... 120 mm läpivientien tekoa pintabetonilaatetaan (**kuivamenetelmällä**). Läpiviennin tiivistys soveltaen periaatekuvaa 8, mutta kuitenkin niin, että läpivientikohta tulee ilma- ja vesitiiviiksi (lattian pesuvesiä ei liitoskohdasta saa päästä kevytsorakerrokseen). Mikäli muovimatto uusitaan korvausilmaputken kohdalla, tulee muovimatto nostaa putkea vasten märkätila-asennustyyppisesti sekä tiivistää maton ja putken rajapinta elastisella sauma-aineella. Korvausilmaputki tulee varustaa vaihdettavalla suodattimella ja suodatinta varten suositellaan asennettavaksi suodatintaso (esimerkiksi teräsrilataso kiinteästi putken sisälle). Suodatin siksi, että kevytsorakerrokseen ei saa kulkeutua esimerkiksi huonepölyä. Periaatekuva korvausilmaputkesta on esitetty kuvassa 11. Suodattimen tarkastus vähintään 1/2 vuoden välein ja uusiminen tarvittaessa.



**Kuva 10.** Rekolanmäen koulu. Kuivatusalueen korvausilmaputkien asennusalueet (4 kpl) on rasteroitu kuvaan.



**Kuva 11.** Periaatekuva korvausilmaputkista.

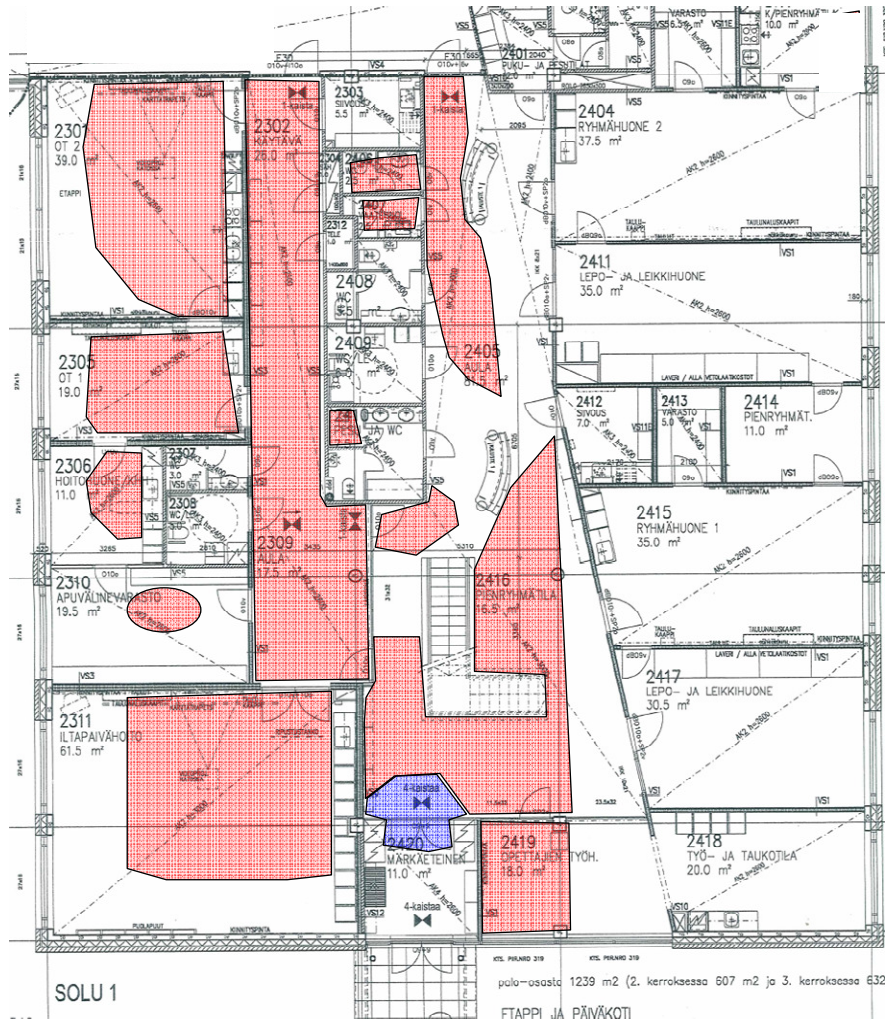
### Pintabetonilaatan tehokuivatusalueet, kuivatusmenetelmä ja uudelleenpäällystyskriteerit:

Pintabetonilaatan tehokuivatusalueet on rasteroitu kuvaan 12 (perustuu Humi-Group Oy:n elokuussa 2007 tekemään kosteustutkimukseen). Kyseisiltä alueilta muovimatot tulee uusia (todennäköisesti muovimattojen uusiminen rasterointeja laajemmalla alueella, mikäli uuden ja vanhan maton saumakohtaa ei esimerkiksi ulkonäöllisistä syistä johtuen voida tehdä huonetilan keskelle). Mattojen uusimisalueelta tulee myös tasoitteet poistaa (poisto mekaanisesti esim. jyrsimällä). Kuvassa 12 rasteroitujen märkätilojen maton uusimistarve/ pintabetonin kuivatusarve on syytä varmistaa korjausten alkuvaiheessa rakennekosteusmittauksin (viiltomittauksin ja/ tai pintabetonilaatan suhteellisen kosteuden mittauksin). Pintalaatan tehokuivatus tulee tehdä säteilijä -tyyppisillä kuivattimilla, jotka nostavat betonin lämpötilan vähintään + 60 °C:een. Kuivatussyklinä 3 / 1 vrk (kuivattimet päällä 3 vrk ja pois päältä 1 vrk). **Pintabetonilaatan kuivatus vasta, kun jatkuvatoiminen kevytsorakeroksen kuivatusjärjestelmä on toiminnassa/ toimintavalmiina.**

Koska pintabetonilaatta kuivuu jatkossa jatkuvatoimisen kuivatusjärjestelmän vuoksi myös alaspäin, pintabetonilaatan uudelleenpäällystyskriteerit ovat:

- pintabetonilaatan 1,5 cm:ssä RH 60 %
- pintabetonilaatan 3,5 cm:ssä RH 90 ... 92 %

Pintabetonilaatan riittävä kuivuminen voidaan varmistaa vain luotettavalla betonin suhteellisen kosteuden mittauksella. Koska pintabetonilaatan kuivattamisessa käytetään betonin lämpötilaa oleellisesti nostavia kuivattimia, betonin suhteellisen kosteuden mittaus tulee tehdä näytepalamittausmenetelmällä. Kuivumisaika-arvio pintabetonilaatalle, em. kosteusraja-arvojen saavuttamiseksi, on 2 – 4 viikkoa, mikäli pintabetonilaatan lämpötila saadaan noin + 60 °C:een



**Kuva 12.** Rekolanmäen koulu. VSS:n yläpuolisten tilojen lattian pintamateriaalin uusiminen kuvassa rasteroiduille alueille. Käytännössä tilojen lattioiden pintamateriaalit voidaan joutua uusimaan kokonaan, mikäli muovimattoja ei voida esimerkiksi ulkonäöllisistä syistä johtuen uusita vain osittain. Pintabetonilaatan tehokuivatus säteilijä –tyyppisillä kuivattimilla kuvassa rasteroiduilta alueilta. Kuvassa esitetyiltä märkätilojen rasteroiduilta alueilta muovimattojen poistamistarve tulee varmistaa korjausten aikana rakennekosteusmittauksin (viiltoimittauksin ja/ tai betonin suhteellisen kosteuden mittauksilla).

### Muut toimenpiteet:

Lattian uudelleenpäällystystyön yhteydessä suositellaan pintalaatan läpi menevien läpivientikohtien sekä pintalaatassa olevien mahdollisten rakojen tiivistämistä vähintään elastisella sauma-aineella, mutta suositeltavinta on tehdä tiivistykset Ardex 8 + 9 vedeneristeellä.

## 5. Paikkaukset

Alipaineistuskokeen imupisteen reikä sekä tehdyt mittausreiät tiivistettiin Cascon valmistamalla Marin & Teknik elastisella sauma-aineella. Avatut muovimattokohdat liimattiin kiinni em. elastisella sauma-aineella (kuvat 13 – 15).



*Kuvat 13 – 15. Rekolanmäen koulu. Alipaineistuskoea varten pintabetonilaatan läpi tehdyt reiät tiivistettiin Marin & Teknik elastisella sauma-aineella. Koetta varten avatut muovimattokohdat liimattiin em. sauma-aineella (kuvat alipaineistuskokeen imupisteen muovimattopaikkauksesta).*

Helsingissä 27.3.2008  
Insinööritoimisto Mikko Vahnen Oy  
Humi-Group



Eero Salo  
Gsm: 050-588 7028

### LIITTEET

- LIITE 1: Rakenteen lyhytkestoisen suhteellisen kosteuden (RH) mittaus  
LIITE 2: Humi-Group Oy:n mittapäiden kalibrointijärjestelmä