

Jouni Karvonen

Ratkaisumallit erään omakotitalon ryömintätilan kosteusongelmiin

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööriö
Rakennustekniikan ko
Opinnäytetyö
30.4.2011

Tekijä(t) Otsikko	Jouni Karvonen Ratkaisumallit erään omakotitalon ryömintätilan kosteusongelmiin
Sivumäärä Aika	39 + 7 liitettä 30.4.2011
Tutkinto	Insinööri AMK
Koulutusohjelma	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	
Ohjaaja(t)	Yliopettaja Hannu Hakkarainen
<p>Tässä insinööriyössä pyrittiin selvittämään syy erään omakotitalon ryömintätilan kosteusongelmiin ja valitsemaan taloudellisesti järkevä pitkän aikavälin vaihtoehto kosteusongelman poistamiseksi.</p> <p>Lähtötilanne kohteessa oli, että ryömintätilassa oli kaiken aikaa kosteutta. Ryömintätilan ongelmaan oli useampi asiantuntija esittänyt ratkaisuvaihtoehtoja, mutta kosteuden aiheuttajaa ei oltu selvitetty eikä korjausvaihtoehtoja pohdittu kustannusten ja kohteen kokonaistilanteen kannalta.</p> <p>Tässä insinööriyössä koottiin yhteen eri ratkaisuvaihtoehdot ja alettiin tutkia eri vaihtoehtojen käyttökelpoisuutta ottaen huomioon myös toteutus- ja ylläpitokustannukset.</p> <p>Kohteen tutkimuksissa tutkittiin ilmanvaihdon ja pohjarakentamisen toteutukset verrattuna suunnitelmiin. Suunnitelmat hankittiin Rakennusvalvontavirastosta.</p> <p>Alkuperäisten rakentamisasiakirjojen perustella pystyttiin todentamaan, että mm. pohjarakentamisen puutteet aiheuttivat ryömintätilaan ilman kosteutta, joka piti maaperän ja ryömintätilan kosteuden kaiken aikaa korkeana. Kosteus todennettiin säännöllisillä mittauksilla.</p> <p>Ryömintätilan maaperästä ja vesilammikoiden vedestä tehtiin analyysit laboratoriossa ja näin todettiin, että vesi ei aiheudu esimerkiksi vuotavasta putkesta tai lähteestä.</p> <p>Kosteusongelman yksiselitteiseksi syyksi todettiin kohteen ryömintätilan suunnitelmista poikkeava toteuttaminen, joka aiheutti sen, että ryömintätila ei toiminut kosteusteknisesti oikein. Lisäksi salaojien virheellinen korkeusasema aiheutti salaojien toimimattomuuden.</p> <p>Tutkimusten jälkeen vertailtiin eri ratkaisumalleja ja lopuksi tehtiin kustannuslaskelmat, korjausehdotus ja korjaussuunnitelma. Ratkaisuvaihtoehdoksi valittiin maa-ainesten vaihto, salaojien ja ilmanvaihdon korjaus.</p>	
Avainsanat	Ryömintätila, kosteusongelma, ilmanvaihto

Author(s) Title Number of Pages Date	Jouni Karvonen Solutions for humidity problems in a crawl space in one particular detached house. 39 + 7 liitettä 30.4.2011
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	
Instructor(s)	Hannu Hakkarainen principle lecturer

In this study an attempt has been made to identify the reasons for moisture problems in a crawl space of a one-family house and further, to choose an economically reasonable long-term option to eliminate the moisture problem.

The starting point of the study was that there was moisture all the time in the crawl space. Several experts had presented various solutions to the problem but the very cause of the problem had not been clarified, and the options to solve the problem had not been considered by taking into account the costs and the overall situation.

This study brought together the various options to solve the moisture problem and various alternatives were explored by taking into account the implementation and maintenance costs. When studying the target the implementations of ventilation and foundation engineering were examined and compared with the plans. The plans were obtained from the Building Authorities.

On the basis of the original construction documents it was possible to verify that for instance foundation engineering deficiencies caused humidity in the air in the crawl space. This humidity also kept the soil and crawl space moisture level constantly high. The humidity was verified by periodic measurements.

Laboratory analyses were made of the crawl space soil and the water puddles and it was found out that the cause for the existence of water was not a leaking pipe or a spring. The fact that the crawl space of the target house was constructed differently from the plans was proved to be the explicit reason for the humidity problem. Thus, the crawl space did not work technically right. In addition, faulty drains caused the elevation of the drains to fail.

After the studies different solutions to the problem were compared and calculations of costs were made.

Out of the alternatives that were explored, soil replacement as well as drains and ventilation repairs were regarded as the most eminent solutions to improve the situation.

Keywords

Crawl space, moisture problem, ventilation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kohteen esittely	2
3	Kosteusongelmista alapohjassa	3
3.1	Sadevedet	3
3.2	Ilmassa oleva kosteus	3
3.3	Kapillaarinen nousu	4
3.4	Riittämätön ilmanvaihto	5
3.5	Salaojien toimimattomuus	7
4	Kohteen nykytila	7
4.1	Salaojien asemat	8
4.2	Lätäköet	9
4.3	Ilmanvaihto	10
5	Mittaustulokset	11
5.1	Vesinäyte	11
5.2	Kaivaminen	12
5.3	Kuivaseulonta	13
5.4	Rakeisuuskäyrä	14
5.5	Ilman kosteus ja -lämpötila	14
6	Seuraukset	24
6.1	Kasvustot ja hengitysilma	24
6.2	Kustannukset	25
6.3	Lahoaminen	26
6.4	Terveyshaitat	26
6.5	Kiinteistön myyntikelvottomuus	27
7	Ratkaisumallit	27
7.1	Maa-aineksen vaihto	28

7.2	Hormi katolle	29
7.3	Ojat	29
8	Kustannukset	29
9	Korjaussuunnitelma	31
10	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

1 Johdanto

Ajatus tähän insinööriyöhön syntyi ilmeisestä tarpeesta puuttua omakotitaloissa vaaniviin kosteusongelmiin ja alalla rehottavaan "mustatuntuu"-konsultointiin. Pääkaupunkiseudun rakentamiseen hyvin soveltuvat tontit on rakennettu täyteen jo vuosia sitten. Rakentamista on laajennettu alueille, joita ennen pidettiin täysin sopimattomina rakennuksille. Tontit ovat joko maapohjaltaan tai sijainniltaan sopimattomia. Kun rakentamiselle huonosti soveltuva pohjamaa yhdistetään tiukkaan kilpailuttamiseen, ammattitaidottomaan urakointiin ja riittämättömään valvontaan, ollaan tilanteessa, jossa syntyneitä "susia" riittää korjattaviksi.

Kolmannen vuoden opiskelijana kuulin erään omakotitalon tilanteesta, jossa myyntiä varten oli tilattu kuntokartoitus. Kartoituksessa oli havaittu ryömintätilan kosteusongelma, joka olisi poistettava ennen mahdollista myyntiä. Kiinteistön omistaja kysyi alan eri asiantuntijoilta neuvoa ja sai ristiriitaisia lausuntoja mahdollisista ratkaisumalleista. Ratkaisumalleja löytyi kaikkiaan kuusi, eikä maallikolla ole mahdollisuutta arvioida luotettavasti eri ratkaisumallien kustannuksia tai ylipäätään niiden tehokkuutta. Ensimmäinen ajatus, joka maallikolle syntyy, on se, että kosteus on siirtynyt nestemäisessä olomuodossa virtaamalla paikasta toiseen. Todennäköisimpinä veden lähteinä voidaan pitää putkivuotoa, sadevettä tai lähdeettä. Vaikka kosteusongelmaa kävi selvittämässä useampi asiantuntija, ei tutkimuksissa tullut selvyttä kosteuden alkuperään eikä siitä aiheutuviin haittoihin tai kustannuksiin. Koska teoriaa kosteuden alkuperästä ei ollut, ei myöskään syntynyt riittävän vakuuttavaa tutkimustulosta, jolla olisi uskallettu ryhtyä korjaustoimenpiteisiin. Konsulttien puolustukseksi täytyy todeta, että usein toimeksianto on riittämätön. Toisaalta ammattilaisen pitäisi pystyä antamaan aina korjaussuunnitelma, joka on sekä riittävän kattava teknisesti, että riittävän toimiva toteutettavaksi.

Tässä insinööriyössä otetaan kantaa ongelman syntyyn ja siihen, miten ongelma saadaan pitkällä aikavälillä, taloudellisesti järkevästi, poistettua. Konsulttien ehdotukset on sellaisenaan hyväksytty toteutettavien vaihtoehtojen listalle. Yleensä omakotitalon omistaja tai ostaja ei pysty arvioimaan, onko joku tarjotuista ratkaisumalleista jo lähtökohtaisesti muita järkevämpi. Ammattilaiselle muodostunee tilanteesta melko

helposti mielikuva mallista, miten korjaushanke tulisi toteuttaa, mutta maallikon on tyytyminen uskomaan ammattilaisen mielipiteeseen. Konsultoinnissa tulisikin noudattaa korkeaa moraalia ja pyrkiä aina ratkaisuihin, jotka täyttävät hyvän rakennustavan kriteerit.

2 Kohteen esittely

Kohde on vuonna 1998 valmistunut kaksikerroksinen omakotitalo Espoon Juvanmalmilla. Omakotitalon alapohja on ryömintätalallinen ja ryömintätilan ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti. Ryömintätilan korkeus on keskimäärin 800 mm. Anturat on perustettu paaluille ja ontelolaatta-alapohja on kantava. Kohteen nykyinen omistaja on ostanut kohteen rakennuttajalta vuonna 2006.



Kuva 1. Kohde kosteusmittausten aikaan.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa C2 määritetään tämän opinnäytetyön lähtökohta: Rakenteet ja LVI-järjestelmät on tehtävä siten, ettei sisäistä ja ulkoisista kosteuslähteistä peräisin oleva vesihöyry, vesi tai lumi haitallisesti tunkeudu rakenteisiin ja rakennuksen sisätiloihin [1].

Lisäksi rakentamismääräyskokoelmassa mainitaan huollettavuus, joka kyseisessä kohteessa toteutuu heikosti. Ryömintätilan sisäänkäynti ei ole kuvien mukaisesti kiinteistön ulkoseinällä, vaan sijaitsee huoneiston sisätiloissa hankalassa paikassa toiseen kerrokseen vievien portaiden alla olevassa komerossa. Myöskään ilmanvaihdon

venttiilien asennukset eivät vastaa rakennusvalvonnassa olevia kuvia. Ilmanvaihtoa ei ole toteutettu kuvien mukaisesti, eikä muutoksista ole tehty rakennusasiakirjoihin mitään merkintöjä.

Kun mittaukset rakennuksen ryömintätilassa aloitettiin, oli ryömintätilassa silmämääräisesti arvioiden kerääntynyt satoja litroja vettä ja ryömintätilan katosta tiputteli vettä. Jo ennen varsinaisten mittausten aloittamista, oli siis herännyt epäilyksiä mahdollisista virheistä rakentamisessa.

3 Kosteusongelmista alapohjassa

Kosteus ei lähtökohtaisesti kuulu rakennuksiin, eikä rakennuksen rakenteisiin. Rakennukseen tuleva kosteus on johdettava ulos rakennuksesta, jotta rakenteet eivät altistu kosteudesta aiheutuville haitoille. Kosteutta voi tulla rakennuksen rakenteisiin joko suoraan ilmasta tai maakerrosten välityksellä. Kosteusongelmien torjuntaan riittää yleensä muutaman yksityiskohdan huolellinen suunnittelu ja suunnitelmien huolellinen toteuttaminen rakentamisvaiheessa.

3.1 Sadevedet

Suurin kosteuden lähde rakennuksien välittömässä läheisyydessä on normaali luonnonkierron mukana tuleva vesi. Vettä tulee rakenteisiin niin satamalla, kuin virtaamallaakin. Sadeveden torjunnassa keskeisessä asemassa on kate, jonka tulee olla vedenpitävä sekä syöksytorvet, joilla sadevedet ohjataan pois rakennuksen seinustoilta. Kyseisen kohteen katteet, sadekourut sekä sadevesien viemärointi ovat moitteettomassa kunnossa. Kaduilla on viemärointi eikä ympäristön valumavesistä ollut havaittavissa haittaa, vaikka tontin välittömässä läheisyydessä korkeampiakin maastonkohtia.

3.2 Ilmassa oleva kosteus

Ilmassa olevan kosteuden aiheuttama kosteushaitta korostuu varsinkin kesäisin, kun ryömintätilan lämpötila on ympäröivän luonnon lämpötilaa matalampi. Ilmassa oleva vesihöyry tiivistyy eli kondensoituu nesteeksi, kun kastepiste saavutetaan. Tuolloin

rakenteen pinnan lämpötila alittaa ilman kastepistelämpötilan ja kosteus kondensoituu tasaiseksi vesikalvoksi. Kyseistä ilmiötä nimitetään filmikondenssiksi [2]. Filmikondenssi kehittyy pisarakondenssiksi [2], jos kosteutta on riittävästi ja riittävän pitkiä ajanjaksoja. Kosteutta saattaa olla ryömintätilassa haitallisia määriä jopa kuukausia [3]. Insinööriyön kohteena olevassa kiinteistössä kesäkauden ja talvikauden välinen kosteusero oli huomattava. Talvikaudella rakennuksen ryömintätila kuivui niin, että suhteellisessa kosteudessa tavoitettiin normaaleja ilmankosteusarvoja vastaavat arvot, mutta kesäkaudella kosteus oli niin runsasta, että kattoon tiivistynyt kosteus oli lammikoitunut ryömintätilan lattialle. Ilmiö aiheutuu pisaroiden koon kasvamisesta. Kun pisarat kasvavat riittävän suuriksi, painovoima pakottaa ne alas. Kohteen varsinaiset ilmankosteusmittaukset suoritettiin myöhäissyksyllä ja alkutalvella, jolloin silloinkin saatiin normaaliarvot reippaasti ylittäviä mittaustuloksia.

Konvektio

Konvektio [2] perustuu ilman kokonaispaine-eroon. Paine-erot pyrkivät tasoittumaan ja ilma virtaa suuremmasta paineesta pienempään paineeseen päin. Virtauksen määrä riippuu paine-erosta. Kosteuskonvektiossa ilman mukana siirtyy kosteutta. Kosteuskonvektio aiheuttaa riskin, että ilmapirran mukanaan kuljettama kosteus viillenee ja tiivistyy näin ollen nesteeksi.

Diffuusio

Diffuusio [2] perustuu tasoittumaan pyrkiviin vesihöyryn pitoisuuseroihin. Diffuusio suunta on pienempään vesihöyryn pitoisuuteen päin. Diffuusio siirtää talvisin kosteutta ulos ja kesäisin kosteutta rakennuksen sisälle.

3.3 Kapillaarinen nousu

Kapillaarinen nousu aiheutuu liian kuohkeasta maa-aineksesta [4]. Kapillaarinen siirtyminen tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että eri materiaaleihin imeytyy kosteutta ja kosteus siirtyy eri suuntiin eri tavoin. Kohteen pohjamaa on savea, joka voi imeä itseensä kapillaarisesti jopa 800 kg/m^3 vettä. Kun maanpinnan yläpinnasta haihtuu vettä, se korvaantuu syvemmältä maasta kapillaarisesti nousevalla vedellä. Näin

päädytään tilanteeseen, jossa suhteellinen kosteus pysyttelee koko ajan lähellä sataa prosenttia.

Kapillaarinen nousu katkaistaan laittamalla rakennuksen pohjan alle soraa, jonka raekoko on 32 mm. Vaihtoehtoisena materiaalina voidaan käyttää myös kevytsoraa, jonka on todettu joissakin tapauksissa toimivan jopa varsinaista salaojasoraa tehokkaammin [4]. Kevytsoran käyttäminen pienensi TKK:n tutkimuksessa ryömintätilan suhteellisen kosteuden sorakerroksen pinnalla n. 85 prosenttiin, kun sepeliratkaisu ei vastaavasti toiminut kapillaarikatkona ja suhteellinen kosteus pysytteli yli 90 prosentin lukemissa. Ilmiön katsottiin aiheutuvan käytetyn sepelin mukana olevasta hienoaineksesta, joka mahdollistaa kosteuden kapillaarisen nousun ryömintätilaan. Kurnitski [4] onkin tutkimuksessaan päätenyt päätelmään, että ryömintätilan kapillaarikatkona voidaan käyttää kevytsoraa. Kevytsora on otettu tässä lopputyössä yhdeksi mahdollisesti käytettäväksi materiaaliksi, kun ratkaisuvaihtoehtoa kosteusongelmaan etsitään.

Kapillaarista kosteuden nousua ryömintätilaan voidaan estää myös muovikalvolla, jonka tulee olla vähintään 0,2 mm paksu. Muovikalvo asennetaan niin, että mahdolliset sade- ja kondenssivedet pääsevät valumaan ryömintätilan seinustoilta salaojaputkistoihin. Toinen vaihtoehto kondenssivesien ohjaamiseen salaojiin, on pienten reikien tekeminen muovikalvoon. Muovikalvo jätetään ryömintätilaan maanpinnalle ja kiinnitetään jollakin epäorgaanisella painavalla kiinnikkeellä. Muovikalvon asentamisella ryömintätilaan on päästy jopa kolmenkymmenen prosenttiyksikön pienennyksiin ryömintätilan ilman suhteellisissa kosteuksissa [3]. Teknisen korkeakoulun raportissa B63 painotetaan erityisesti hiekan sopimattomuutta muovikalvon kiinnitykseen, koska hiekka itsessään voi sitoa itseensä suuria vesimassoja.

3.4 Riittämätön ilmanvaihto

Ilmassa oleva vesihöyry voidaan ohjata rakennuksesta ulos riittävällä ilmanvaihdolla. Kyseisessä kohteessa ei ole koneellista ilmanvaihtoa ja kostea ilma pääsee vapaasti kohteen ryömintätilaan. Rakentamismääräysten osassa C2 on määrätty ryömintätilan ilmanvaihtotenttiilien pinta-alaksi 0,4 % ryömintätilan pohjan pinta-alasta. Rakennuksen alapohjan osastojen välisten tuuletusaukkojen tulee olla

tuuletuslinjastoon sopivat ja riittävän suuret. Rakentamismääräyskokoelmassa määrätään aukkojen kooksi vähintään kaksinkertainen koko verrattuna ulkoilmaan meneviin aukkoihin.

Kyseisen kohteen pinta-alan vähimmäismäärä ilmanvaihtoaukoille on 0,60 neliometriä. Kun aukkoja on kymmenen, tulisi yhden aukon olla vähintään 0,06 neliometriä. Tästä saadaan aukon halkaisijaksi 280 mm. Lisäksi ryömintätilan väliseiniin tulevien tuuletuslinjastoon sopivien aukkojen pinta-alan tulisi olla 0,12 neliometriä.

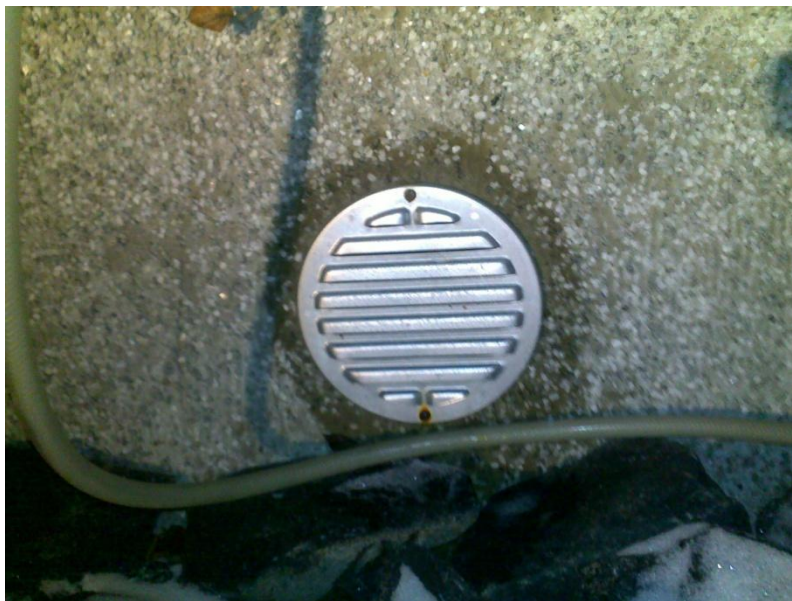
Painovoimaisille ilmanvaihtoventtiileille on määriteltävä aukon pienennyskerroimia, joilla kompensoidaan venttiileistä aiheutuva heikennys ilmavirtauksiin.

Ilmanvaihdon tehollinen pinta-ala kerrotaan seuraavilla kertoimilla:

Puristetusta pellistä tehdyt venttiilit 0,3

Valurautaventtiilit 0,6

Tuuletusputket 0,15 (L-putki, 1 mutka) [2].



Kuva 2. Ilmanvaihtokanava.

Lisäksi rakentamismääräyskokoelmassa määrätty ilmanvaihtokanavan minimikorkeus 150 mm maanpinnasta jää toteutumatta. Vaikka kohteen ryömintätilan kosteusongelmat eivät kuvan 2 osoittamasta virheestä aiheudukaan, on ilmanvaihtoaukkojen korkeusasema selvästi liian lähellä maanpintaa.

3.5 Salaojien toimimattomuus

Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa C2 määritellään rakennuksen salaojien asemat ja toimintatapa. Salaojilla pidetään rakennus vapaana kapillaarivirtauksesta sekä estetään pohjavedenpinnan nouseminen rakenteisiin. Lisäksi salaojat johtavat sulamis- yms. pintavedet pois rakennuksen perustusten välittömästä läheisyydestä. Salaojajärjestelmän tulee olla sadevesijärjestelmästä erillään. Salaojitus alentaa paikallisesti tasoa, jolla pohjavesi normaalisti sijaitsee ja se asennetaan 200 mm sokkelipalkin alapuolelle. Salaojituksen toimimattomuus aiheutuu esimerkiksi sopimattomasta maa-aineksesta salaojaputken ympärillä, salaojaputkiston vajavaisista kaadoista tai salaojaputkiston väärästä korkeusasemasta.

4 Kohteen nykytila

Ryömintätilassa tehdyissä mittauksissa havaittiin ilman suhteellisen kosteuden pysyttelevän jatkuvasti sadan prosentin tuntumassa. Tilanne havainnollistui aina, kun kellariin mentiin suorittamaan mittauksia. Katon ja seinien lämpötila oli matalampi kuin ryömintätilassa olevan ilman kastepiste. Kaikilla mittauskerroilla ryömintätilan kattoon oli tiivistynyt vesipisaroita ja maassa olevat kuopat olivat täyttyneet vedellä. Koska ryömintätila oli lokakuussa 2010 erittäin märkä, päätettiin kohteesta ottaa myös vesinäyte ja tehdä sekä silmämääräinen että kosteusmittarilla todennettu tarkistusmittaus talvella.



Kuva 3. Tilanne lokakuussa 2010

Helmikuussa 2011 havaittiin silmämääräisessä tarkastuksessa, että ryömintätila oli kuivunut huomattavasti. Ryömintätilassa ei ollut enää lätäköitä, mutta maaperä oli edelleen kostea. Ryömintätilan katto helmeili yhä vesipisaroita.

4.1 Salaojien asemat

Salaojien korkeusasemia tarkistettaessa havaittiin, että salaojat ovat asennettu anturan syvyyteen, eli asennussyvyys jää noin 400 mm vajaaksi. Salaojat ovat kuivat, eivätkä toimi suunnitellulla tavalla. Asiaa selvitettiin tarkemmin tammikuussa 2011 Espoon rakennusvalvontavirastossa, jossa selvisi, että kyseisen kohteen rakennuslupa-asiakirjoista puuttui alunperin salaojakatselmuksen pöytäkirja. Syyskuussa 2002 rakennusvalvontaan oli toimitettu todistus, jossa kohteen vastaava mestari todistaa tarkastaneensa kohteen salaojien rakentamisen syyskuussa 1998. Vastaava mestari todistaa neljä vuotta aiemmin tehdyssä katselmuksessa toteutuksen olleen leimatun vaihtopiirustuksen mukainen. Samaisessa piirustuksessa on näytetty salaojien asema suhteessa rakennuksen anturaan. Kyseinen asema ei ole käytännössä toteutunut. Vaihtoehtoiksi jää joko se, että salaojat ovat väärässä korossa tai rakennuksen antura on väärässä korossa. Kun ilmanvaihdon toteutuksia kyseisessä kohteessa tutkitaan, saa anturan koron kyseenalaisuus vahvistusta. Vaikuttaa todennäköiseltä, että niin sanotun salaojakatselmuksen yhteydessä on havaittu tontin koroissa epätarkkuuksia, mutta jostakin syystä asiaa ei ole ryhdytty selvittämään tarkemmin. Jos asiaan olisi perehdytty tuolloin, olisi salaojitus saatu helposti asennettua oikeaan korkoon, kun verrataan sitä rakennuksen anturaan.

Salaojien korkeusasemalla on keskeinen merkitys salaojan toiminnalle ja näin ollen koko rakennuksen pohjan alla olevan maa-aineksen kuivana pysymiselle. Korjaussuunnitelmassa tullaan ottamaan kantaa, miten salaojitus korjataan.

4.2 Lätäköet

Ryömintätilaan on tiivistynyt ja tai noussut kapillaarista kosteutta vähintään satoja litroja. Vaikka ryömintätilaa on yritetty pumppaamalla tyhjentää, ei haluttua lopputulosta saavutettu.



Kuva 4. Tilanne lokakuussa 2010.

Helmikuun 2011 tarkastuskäynnillä kosteutta ei mitattu, mutta ryömintätilan katto oli edelleen hyvin kostea. Ryömintätilan lattialla oleva hiekka oli märkää, mutta lätäköitä ei ollut. Ryömintätilan kuivuminen talvella kuitenkin vahvistaa teoriaa, jonka mukaan ryömintätilassa oleva kosteus ei olisi tullut ryömintätilaan virtaamalla ulkoa tai olisi lähteen tapaista pohjavettä. Samoin viemäristä tuleva vuotovesi voidaan sulkea pois vaihtoehtojen listalta. Ainoaksi mahdollisuudeksi kosteuden aiheuttajaksi jää ryömintätilan ilmassa oleva kosteus, joka siirtyy ulkoilmasta ryömintätilaan. Veden lätäköitymiseen löytyy kohteessa syitä ainakin väärästä maa-aineksesta ryömintätilassa, salaojien väärästä asemasta ja väärinsuunnittelusta höyrystulusta.



Kuva 5. Talvella ryömintätila kuivuu.

4.3 Ilmanvaihto

Ryömintätilan ilmanvaihto on toteutettu painovoimaisesti ilmanvaihtoputkilla, joiden sisähalkaisija on 125 mm. Talon kummallakin sivulla on kolme putkea ja päädyissä neljä. Tuuletettavan ryömintätilan pinta-ala on 100 m². Tuuletusputket ovat L-malliset ja ne on varustettu säleiköillä. Säleiköistä aiheutuu pinta-alaan pienennyskerroin 0,6. Putkien laskennallinen halkaisija on 125 mm, eli yhteenlaskettu pinta-ala on 0,49 m². Pienennyskerroimella muokattu kokonaispinta-ala on 0,3 m². Rakentamismääräyskokoelma määrää alapohjan tuuletukseksi vähintään 0,4 prosenttia. Määräysten mukainen minimituuletus olisi siis 0,4 m².

Rakentamismääräyskokoelman C2-osa määrää lisäksi L-putkille kertoimeksi 0,15, jolloin kohteessa jäähdään selvästi alle ryömintätilan tuuletusaukkojen koon minimivaatimuksen.

Rakentamismääräys C2-osa määrää ryömintätilan osastojen välisten tuuletusaukkojen minimikooksi kaksinkertaisen koon verrattuna tuuletuslinjan ulkoilmaan meneviin aukkoihin. Minimivaatimus ei kyseisessä kohteessa toteudu. Kuvissa 6 ja 13 (s. 22) näkyy ilmanvaihdon toteutuksessa tulleita virheitä. Samoissa kuvissa näkyy myös haittoja, joita tehdyistä virheistä on aiheutunut.



Kuva 6. Lumi on tukkinut ilmanvaihtokanavan.

Helmikuun tarkastuskäynnillä kohteessa ainakin yksi ilmanvaihtokanava oli käytännössä täysin tukossa. Riittämätön virtaus ei saa pidettyä tupruavaa lunta liikkeessä, vaan lumi jää tukoksi valurautaisen ritilän taakse.

5 Mittaustulokset

Mittaustuloksia tutkittaessa herää väistämättä ajatus, että kyseistä kohdetta rakennettaessa joko ei ole ymmärretty, mitä tehdään, ei ole välitetty mitä ja miten tehdään tai kohteessa on täysin ohitettu rakentamisen valvonta. Valvonnan puutteesta kertovat osansa ristiriidat, jotka selviävät Espoon rakennusvalvontaan jätetyistä asiapapereista. Ilmanvaihtoa ei ole toteutettu suunnitelmien mukaisesti. Vaikka toteutuksessa ei ole noudatettu suunnitelmia, ei rakennusvalvonta ole vaatinut tekemään mitään muutoksia. Ainoa vaatimus rakennusvalvonnasta on ollut jälkikäteen tehty selvityspyyntö puuttuvasta salaojien tarkistuspytäkirjasta.

5.1 Vesinäyte

Koska ryömintätilassa oli paljon kosteutta, päätettiin tutkimukset aloittaa vesinäytteen laborioriotutkimuksella. Tutkituksen tavoitteena oli saada selville ryömintätilassa olevan lätköityneen kosteuden alkuperä. Vesinäyte otettiin talteen ryömintätilasta 29.9.2010 ja analysoitiin Metropolilabin laborioriossa 30.9.2010. Tehdyssä laborioriotutkimuksissa ei saatu täysin yksiselitteistä lopputulosta. Näytteen analysointi kuitenkin paljasti, että näytteessä ei ole klooria. Kloorin puutteesta johtuen

vesi ei voi olla verkostovettä, vaikka veden pH onkin verkostovedeksi sopiva. Todennäköisesti veden pH on noussut, kun vesi on joutunut kosketuksiin betonisen ontelolaatan kanssa, koska betoni itsessään on emäksistä. Vesi ei myöskään sähkönjohtavuuden perusteella ole jätevettä. Varsinainen varmistus veden alkuperästä saatiin vasta talvella, kun ryömintätilan lätköityminen väheni, mutta tilan kosteus pysyi kuitenkin korkeana. Kyseessä on normaali ryömintätilan kosteuden kausivaihtelu, joka aiheuttaa ulkoilman ja ryömintätilan välinen lämpötilaero.

5.2 Kaivaminen

Ryömintätilan pohjaa kaivettiin helmikuussa 2011 kosteuden levinneisyyden selvittämiseksi. Lätäköt olivat kuivuneet ja pyrittiin selvittämään, onko pohjamaan kosteudessa havaittavissa eroja eri syvyyksissä. Maa oli tasaisen märkää. Noin 150 mm kaivamisen jälkeen törmättiin muovikalvoon, jota ei ole merkitty kohteen rakennusvirastossa oleviin rakennuslupakuviin. Jää arvailuiden varaan, onko kyseessä muovikalvo, jolla on tarkoitus ehkäistä maaperästä haihtuvaa kosteutta. Matilainen, Jerkku ja Kurnitski ovat raportissa B 63 [3] selvittäneet kyseisen haihtumissulun toimintaa. Savimaasta, jota kohteenkin maaperä on, haihtuu jopa 75 grammaa vettä tunnissa [5]. Haihtumista pystytään tehokkaasti vähentämään ryömintätilan maanpinnalle asennettavalla 0,2 mm paksulla muovikalvolla, mutta erityisesti varoitetaan, että muovikalvoa ei saa kiinnittää paikoilleen hiekalla, joka sitoo itseensä vettä. Asennettu muovikalvo tekee ryömintätilan pohjalle vedenpitävän kaukalon, joka estää tehokkaasti vedenpääsyä suunniteltuihin poistumisreitteihin.

Ryömintätilan pohjalla olevasta maa-aineksesta otettiin 29.9.2010 talteen näyte, jota analysoitiin Hämeen ammattikorkeakoulussa lehtori Jari Mustosen toimesta. Näytteelle suoritettiin kuivaseulonta, jossa näytteestä oli uunissa haihdutettu ylimääräinen neste ja kuiva maa-aines seulottiin läpi kuivaseulontaseulojen. Luvussa 5.3 käydään tarkemmin läpi kuivaseulonnan tulos. Luvussa 5.4 on tarkastelu kuivaseulonnan tulosta rakeisuuskäyrän muodossa.

5.3 Kuivaseulonta

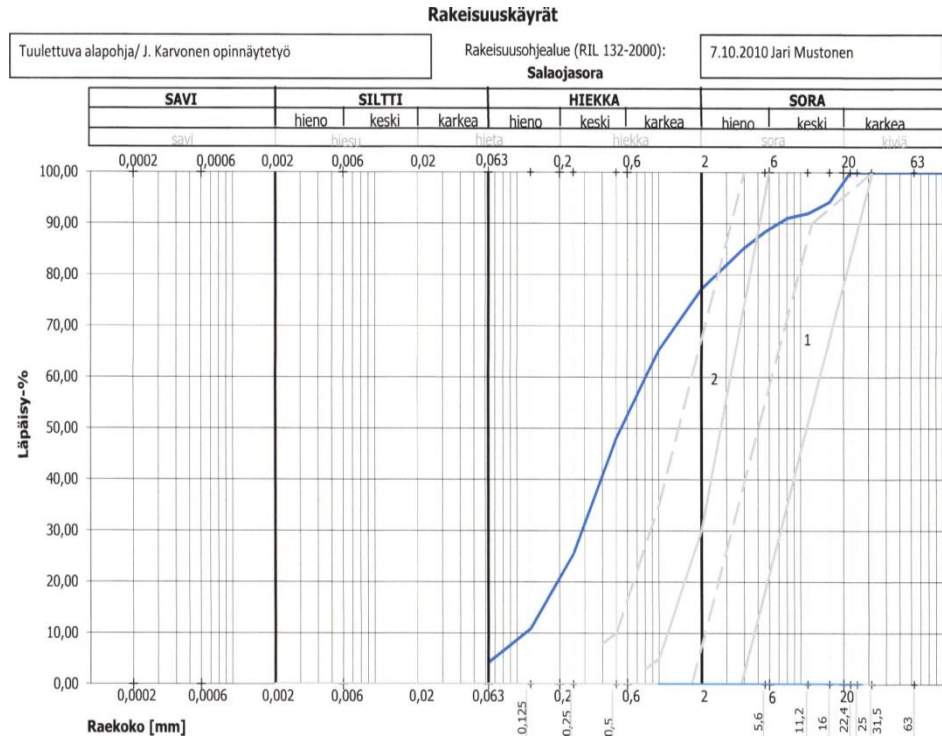
Kuivaseulonnassa havaittiin, että vain 6 prosenttia maa-aineksesta täytti ryömintätalalle vaaditun minimin. 200 mm kerroksen tulee olla raekooltaan 5/6/8/16/32 sepeliä. Nyt 4 mm:n seulan läpäisi 88 prosenttia maa-aineksesta. Raekoon pienuus mahdollistaa veden kapillaarisen virtauksen. Samalla liian pieni raekoko estää veden virtauksen kohti salaojia ja pois rakennuksesta toimien siis kosteussulun tapaan. Ryömintätaljan maa-aines on koostumukseltaan sopimatonta kyseiseen käyttötarkoitukseen.

Taulukko 1. Kuivaseulonta

Seula [mm]	Läpäisy [%]
125	100
63	100
31,5	100
25	100
22,4	100
16	94,2
11,2	91,9
8	91,0
5,6	88,4
4	85,1
2	77,0
1	65,1
0,5	47,8
0,25	25,2
0,125	10,7
0,063	4,2
Pohja	0,0

5.4 Rakeisuuskäyrä

Kuivaseulonnan taulukoitujen tulosten perusteella tehdystä rakeisuuskäyrästä voidaan lukea maa-aineksen luokitus. Ryömintätilan maa-aines on keskikarkeaa hiekkaa.



Kuva 7. Rakeisuuskäyrä

5.5 Ilman kosteus ja -lämpötila

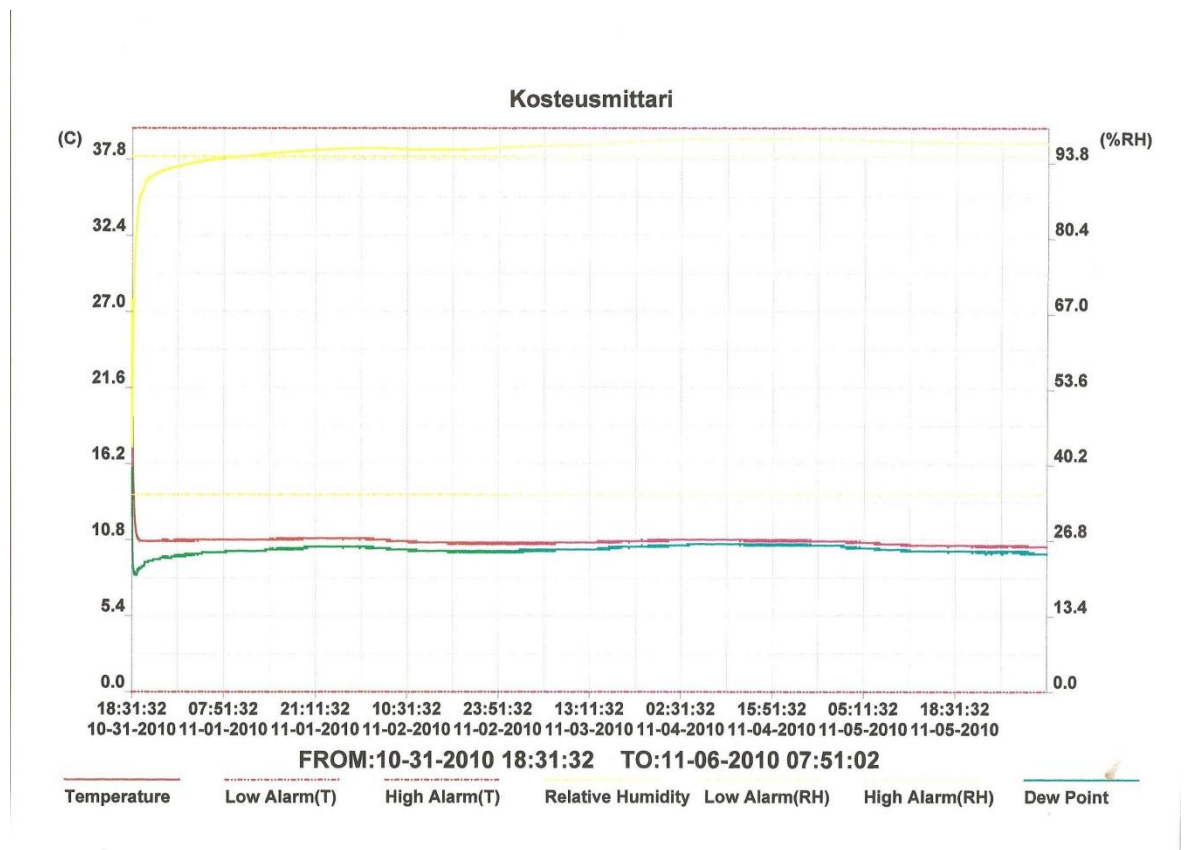
Kosteusmittaukset tehtiin 2010 loka- ja marraskuun aikana. Mittaukset tehtiin ryömintätilaan johtavan luukun läheisyydestä katossa, ryömintätilan ulkoseinältä 500 mm ryömintätilan maantasosta ja ilmanvaihtokanavasta. Mittaukset tehtiin samanaikaisesti sisällä ja ulkona.

Mittaukset suoritettiin kolmessa jaksossa. Jaksot pyrittiin valitsemaan niin, että sääolosuhteet olisivat mahdollisimman stabiilit. Mittarina käytettiin Moisture Logger ST-171 -mallia. Ulkoilman mittaukset tehtiin aina samassa mittauspisteessä. Sisämittauksissa kosteusmittari asennettiin kolmeen eri pisteeseen, mittauspisteet sijaitsivat ryömintätilaan menevän käyntiluukun välittömässä läheisyydessä. Mittari oli asennettuna alapohjan katkaistussa ontelossa (kuva 9). Ryömintätilan ulkoseinän mittauksessa mittari oli asennettuna ryömintätilan seinustalle 500 mm:n korkeudelle

ryömintätilan lattiatasosta. Kolmannessa sisämittauksessa mittari oli asennettuna ilmanvaihtokanavaan. Etäisyys ulkoseinästä oli 300 mm. Kosteusmittauksissa havaittiin ryömintätilan suhteellisen kosteuden olevan jatkuvasti yli 90 prosenttia. Ryömintätilan ulkoseinältä tehdyissä mittauksissa pysyttiin koko mittausajanjakson 100 prosentin suhteellisessa kosteudessa. Ongelmalliseksi tilanteen tekee ryömintätilan jatkuva kosteus. Kun ilman suhteellinen kosteus saavuttaa 75 prosentin raja-arvon, alkaa pinnoille muodostua hometta, jos lämpötilan on yli +3 ° C ja alle + 45 ° C [6].

Mittaustulos luukun alapinnasta

Kuvassa 8 on esitetty mittaustulos ryömintätilaan menevän luukun alapinnan tasolta. Kosteusmittari oli asennettu hiukan varsinaista ryömintätilan kattoa korkeammalle, katkaistun ontelon sisään. Luukun saumat eivät ole täysin tiiviit ja luukusta pääsee ryömintätilaan lämmintä ilmaa, joka vaikuttaa mittaustulokseen lämpötilaa nostavasti.



Kuva 8. Kosteusmittaus ryömintätilan sisäänkäynnin kohdalta ontelosta.

Kuvassa 9 havainnollistuu hyvin kosteusmittarin asema, kun ryömintätilan katon kosteusarvoja lokakuussa 2010 mitattiin. Kun luukku avattiin, lemahti ryömintätilasta ummehtunut kostea kellarin tuoksu.



Kuva 9. Mittari luukun yläreunassa 31.10.2010

Luukku itsessään oli toteutettu mielenkiintoisesti. Luukku oli selvästikin sahattu sopivaan kohtaan, kun ontelolaatat ja ontelolaatan päälliset lattiarakenteet olivat tulleet asennetuiksi. Luukku itsessään on erittäin hankalassa paikassa ja ryömintätilaan kulkeminen on vaikeaa. Korjauksia toteutettaessa tulisi ottaa kantaa myös ryömintätilan sisäänkäynnin asemaan. Asemaa olisi mahdollista muuttaa salaojien esiin kaivamisen yhteydessä. Käyntiluukku sijaitsee hyväksytyissä rakennuslupakuvissa kiinteistön ulkoseinällä.

Samanaikaisesti kosteuden sisämittausten kanssa tehtiin mittaus talon seinustalta. Mittauspiste sijaitsi metrin korkeudella maanpinnasta ja mittaustulokset kirjattiin muistiin kahdesti vuorokaudessa. Mittaustuloksissa ei ole havaittavissa ristiriitaisuuksia. Ryömintätilan lämpötilan muutokset seuraavat lämpötilan muutoksia ulkoilmassa. Ryömintätilan suhteellinen kosteus pysytteli vakaasti sadan prosentin tuntumassa, vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus vaihtelikin.

Taulukko 2. Mittaustuloksia ulkona

Päivä	Aika	Lämpötila	Suht. kosteus [%]	Ilmanpaine [mp]
31.10.2010	19:51	7,4	85	1007
1.11.2010	07:11	7,6	87	1008
1.11.2010	15:12	8,4	93	1007
1.11.2010	18:40	7,8	87	1007
1.11.2010	21:48	7,2	93	1008
2.11.2010	05:38	3,1	93	1009
2.11.2010	16:56	5,4	93	1011
2.11.2010	22:02	6,4	76	1008
3.11.2010	08:22	7,8	93	998
3.11.2010	17:07	7,8	93	991
4.11.2010	07:04	6,9	87	986
4.11.2010	18:34	6,2	81	991
5.11.2010	06:07	4,0	93	993
5.11.2010	20:30	4,5	87	997
6.11.2010	06:30	2,3	93	996
6.11.2010	12:33	1,9	87	996

Vaikka ulkolämpötila ja ilman suhteellinen kosteus vaihtelivat, pysyivät ryömintätilan olosuhteet vakaina. Lämpötilassa oli viikon aikana vain 0,6 asteen vaihtelu ja suhteellinen kosteus asettui välille 95-99 prosenttia.

Taulukko 3. Mittaustuloksia ryömintätilan sisäänkäynnin kohdalta katosta.

Päiväys	Aika	Lämpötila [c]	Suht. kosteus [%]
30.10.2010	19:51	10,7	88,4
1.11.2010	07:11	10,8	94,6
1.11.2010	15:12	10,8	95,6
1.11.2010	18:40	10,9	95,9
1.11.2010	21:48	10,9	96,2
2.11.2010	05:38	10,8	96,5
2.11.2010	16:56	10,5	96,2
2.11.2010	22:02	10,6	96,4
3.11.2010	08:22	10,6	96,9
3.11.2010	17:07	10,7	97,4
4.11.2010	07:04	10,8	98,1
4.11.2010	18:34	10,8	98,2
5.11.2010	06:07	10,6	97,8
5.11.2010	20:30	10,4	97,4
6.11.2010	06:30	10,3	97,3
6.11.2010	12:33	10,3	97,3

Taulukko 4 havainnollistaa hyvin, kuinka nopeasti ryömintätilan ulkoseinällä saavutettiin kastepiste.

Taulukko 4. Mittaustuloksia ulkoseinän vierustalta ryömintätilasta.

Päivä	Aika	Lämpötila [c]	Suht. kosteus [%]
15.11.2010	22:02	9,6	93,6
16.11.2010	07:11	10,8	97,5
16.11.2010	15:12	10,8	99,7
17.11.2010	18:40	10,9	100
17.11.2010	21:48	10,9	100
18.11.2010	05:38	10,8	100
18.11.2010	16:56	10,5	100
19.11.2010	22:02	10,6	100
20.11.2010	08:22	10,6	100

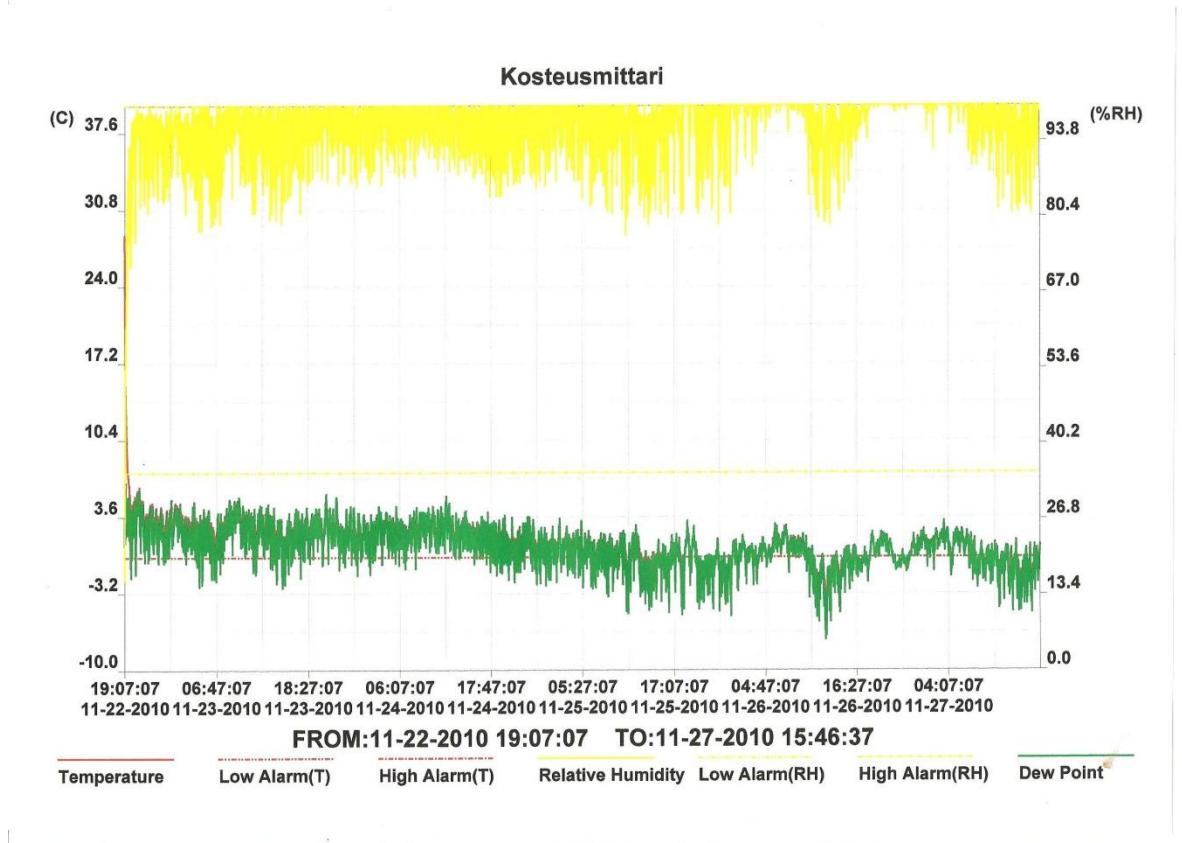
Kuvassa 11 näkyy mittarin asema, kun mittauksia suoritettiin ulkoseinän välittömästä läheisyydestä.



Kuva 11. Mittarin asema ryömintätilan seinustalla.

Mittaustulos ilmanvaihtokanavasta

Viimeiseksi mittaukset tehtiin ilmanvaihtokanavan sisäpuolelta noin 300 mm ilmanvaihtoaukon suulta. Mittauksia tehtäessä oli vuodenaikaan nähden erittäin kylmä, mutta ilmanvaihtoaukon riittämätön ilmanvaihto lämmitti selvästi mittauspistettä ja mittaus pystyttiin tekemään mittarin käyttörajoissa.



Kuva 12 . Kosteusmittaus ilmanvaihtokanavasta

Taulukossa 5 esitetään mittaustulos ilmanvaihtokanavasta. Mittarin antamat arvot vaihtelevat tiheästi. Ilmiö aiheutunee ilmanvaihtokanavassa vaikuttavista virtauksista.

Taulukko 5. Mittaustuloksia ilmanvaihtokanavasta kanavan ulkopuolelta.

Päivä	Aika	Lämpötila	Suht. kosteus [%]	Ilmanpaine [mp]
22.11.2010	22:10	-4,4	93	1015
23.11.2010	07:36	-4,5	79	1011
23.11.2010	20:06	-3,7	86	1004
24.11.2010	08:30	-3,6	86	999
24.11.2010	20:20	-5,1	86	1000
25.11.2010	06:20	-7,9	73	1000
25.11.2010	17:56	-9,7	79	1002
26.11.2010	07:05	-13,0	78	1005
27.11.2010	18:20	-14,0	78	1005
27.11.2010	12:20	-10,3	85	1014



Kuva 13. Ilmanvaihtokanava ontelolaatassa.

Kanavan sisäinen mittauspiste oli ilmanvaihtokanavassa noin 300 mm:n etäisyydellä rakennuksen ulkoseinästä. Lämpötilassa on jopa 15 °: n eroja. Erot selittynevät heikolla ilmanvaihdolla sekä virtauksen suunnalla, joka lienee ollut mittaushetkellä ryömintätilasta ulospäin. Kuvassa 13 näkyy mittauskohteena olevan putken ulostulo ontelosta. Rakennuslupakuvissa kyseinen ilmanvaihtoventtiili on suora ja sijaitsee ryömintätilan yläreunassa ontelolaatan alapuolella. Toteutuksessa putki on L-mallinen ja ohjaa ilman kohti ryömintätilan lattiaa.

Taulukko 6. Mittaustuloksia ilmanvaihtokanavasta kanavan sisältä.

Päivä	Aika	Lämpötila	Suht. kosteus [%]	Ilmanpaine [mp]
22.11.2010	22:10	2,3	84	1007
23.11.2010	07:36	1,6	87	1008
23.11.2010	20:06	3,1	93	1007
24.11.2010	08:30	2,6	87	1007
24.11.2010	20:20	1,2	93	1008
25.11.2010	06:20	1,1	93	1009
25.11.2010	17:56	0,4	93	1011
26.11.2010	07:05	2,3	76	1008
27.11.2010	18:20	1,8	93	998
27.11.2010	12:20	-2,1	93	991

6 Seuraukset

6.1 Kasvustot ja hengitysilma

Homelajeja tunnetaan kymmeniä tuhansia. Homeet aiheuttavat lukuisia hengityselinsairauksia [7]. Lievimmillään puhutaan nuhasta ja yskästä, kun taas vakavimmissa tapauksissa hengityselinsairaudet johtavat jopa kuolemaan. Homeiden aiheuttamat sairaudet ja niistä aiheutuneet kustannukset ovat kansantaloudellisesti merkittäviä. Ongelmallista homeiden aiheuttamisesta tautitapauksissa, on niiden aukoton kytkeminen sairastumiseen. Kosteus- ja homevaurioiden aiheuttama sisäilman huononeminen aiheutuu mikrobeista, itiöistä, myrkyistä ja muista aineenvaihduntatuotteista. Lisäksi rakennusmateriaalien hajoaminen mikrobitoiminnan seurauksena vapauttaa päästöjä huoneilmaan.

Jos tiloista, jossa kasvustoja on, on suora ilmayhteys ympäröiviin tiloihin, leviää terveyshaittoja koko kiinteistöön. Jos kiinteistössä on hometta, leviävät itiöt, varsinkin kuivina kausina, kaikkialle asuintiloihin.

Taulukossa 7 on esitelty homevauriorakennuksien mahdollisia terveyshaitan aiheuttajia. Taulukosta ilmenee hyvin vaikeus, johon törmätään tutkittaessa kosteus- ja homevaurioita. Terveyshaitan aiheuttajien mittaaminen ja näin ollen löytäminen on vaikeaa.

Rakentamisessa tulisi keskittää ponnistelut haittojen syntymisen ehkäisyyn. Haittojen syntymisen estäminen ei varsinaisesti edes lisää rakentamisen kustannuksia. Uudisrakentamisessa haittojen synty estetään seuraamalla tarkasti tehtyjä suunnitelmia. Kaikkia rakentamisen vaiheita tulee valvoa, että rakentaminen suoritetaan hyvää rakentamistapaa noudattaen. Kun rakentaminen on nykypäivänä pilkottu pieniin urakoihin, korostuu työnsuorittajan oma ja pienen urakoitsijan työnjohdon osuus valvonnan toteutumisessa.

Lopputyön kohteena olevassa rakennuksessa on selvästi ollut puutteita rakentamisessa, valvonnassa ja urakoiden vastaanottamisessa. Kun on huomattu puutteita rakentamisessa, ei rakentamisaikaisia vakuuksia olisi tullut urakoitsijalle palauttaa ennen tehtyjä korjauksia.

6.2 Kustannukset

Arvioitaessa kosteus- ja homevahinkojen kustannuksia, on otettava huomioon tiedossa olevat kustannukset maanlaajuisesti. Kosteus- ja homevaurioiden arvioidaan aiheuttavan terveydenhuollolle vuosittain 200 miljoonan euron kulut [10].

Taulukko 7. Kosteus- ja homevauriorakennuksessa esiintyviä mahdollisia terveyshaitan aiheuttajia. [9]

Haitan aiheuttaja	Mittaaminen	Muuta huomioitavaa
Itiöt	Tavanomaisesti mitataan elinkelpoisia itiöitä.	Ei useinkaan poikkea hometaloissa muista taloista.
Mikrobien tuottamat orgaaniset yhdisteet	Voidaan määrittää ilmasta ja tutkia erikseen epäilyttäviä materiaaleja.	Ei välttämättä näy määrittämisessä.
Homemyrkyt	Ei menetelmiä ilmamäärittämiin, mutta voidaan määrittää vaurioituneista materiaalista.	Negatiivinen tulos ei täysin mytoksiineja poissulkeva.
Allergeenit	Ei menetelmiä.	Tunnetaan kymmenkunta, mutta niiden esiintyminen eri homelajeissa huonosti tunnettu.
Rihmastot	Voidaan määrittää ilma- ja materiaalinäytteistä.	
Muut sisäilman mikrobit	Määritetään bakteerien kokonaismäärä ilmassa.	Bakteerien kokonaismäärä kuvaa yleensä ihmiskuormitusta tilassa.
Muut kasvuston mikrobit	Alustoilla kasvavien bakteerien kokonaismäärä.	Tunnistus ja merkitys osittain epäselvä.

6.3 Lahoaminen

Sienet kasvavat kosteissa olosuhteissa ja ryömintätilan jatkuva sademetsän kaltainen olosuhde altistaa kaikki ympärillä olevat rakenteet lahottajasienille. Lahottajasienet on eroteltu aiheuttamiensa vaurioiden ja tuhojen värin mukaisesti.

Korroosio eli syövytyslaho

Korroosiolahon [10] aiheuttaa valkolaho. Valkolaho käyttää ravinnokseen puun ligniiniä ja puun vallitsevaksi väriksi jää selluloosan valkoinen. Ligniinin hävitessä, puu muuttuu huokoiseksi massaksi. Alkuun valkolahoa on vaikea havaita. Valkolaho ottaa mieluiten kasvualustakseen lehtipuun.

Destruktio eli kutistumislaho

Kutistumislahossa aiheuttajana on ruskolaho. Ruskolaho käyttää ravinnokseen selluloosaa ja jättää jälkeensä ligniiniä. Kun selluloosa puuttuu puusta, se kutistuu ja ratkeilee pieniksi ruskeiksi palasiksi. Ruskolahottajat viihtyvät lähinnä havupuualustoilla, eli toimivat tehokkaasti rakennuslahottajina.

Katkolaho

Katkolahottajat toimivat puun soluseinämien sisällä. Puu näyttää ulospäin aivan normaalilta. Se säilyttää muotonsa, mutta joutuessaan taivutetuksi se katkeaa helposti.

6.4 Terveyshaitat

Duodecimin tutkimuksessa on todettu homealtistuksen aiheuttavan astmaa, infektioiden lisääntymistä, ärsytysoireita, limannousua, nuhaa, käheyttä, väsymystä, kuumeilua, nivelkipuja, muistihäiriöitä sekä keskittymisvaikeuksia. Terveyshaitat eivät rajoitu pelkästään talojen käyttäjiin ja asukkaisiin, vaan ongelmia on ilmennyt myös lisääntyneinä sairaus poissaoloina rakennusalalla. Tarkkaa tietoa kustannuksista ei ole saatavilla, koska kaikkia homeista aiheutuneita sairastapauksia ei ole pystytty diagnosoimaan. [11]

6.5 Kiinteistön myyntikelvottomuus

Pahin taloudellinen haitta tulee kiinteistön myyntikelvottomuudesta. Suurissa kiinteistöissä puhutaan jopa kymmenien miljoonien eurojen summista. Rakennuksen myyntikelvottomuuden määrittäminen tämän insinööriyön kohteena olevassa rakennuksessa on vaikeaa, mutta periaatteessa rakennusta voi pitää tällä hetkellä myyntikelvottomana ja aiheutuvat kulut olisivat pääoman korkomenetyksinä tuhansien eurojen luokkaa vuodessa.

7 Ratkaisumallit

Lämmitin

Miimu Airaksinen on väitöskirjassaan [12] tutkinut kylmien ryömintätilojen ilmanvaihtoa ja tullut lopputulokseen, että lämpötilan nostaminen on tehokkain tapa estää home- ja sienikasvustojen syntymistä. Jos ryömintätila alipaineistetaan ilmanpoistolla ja ryömintätilan lämpötilaa samalla nostetaan, saavutetaan huonetiloissa huomattava ilmanlaadun parannus. Homeitiöt itsessään ovat hyvin pieniä ja siirtyvät helposti asuintiloihin, jos ryömintätilan paine on asuintiloja korkeampi.

Kosteusongelman yksinkertaisemmaksi poistamistavaksi on ehdotettu ryömintätilan lämpötilan nostamista. Tavoitteena on haihduttaa kaikki ryömintätilaan tuleva kosteus ja ohjata se ulos. Pelkkä lämpötilan nostaminen voidaan saavuttaa asentamalla ryömintätilaan kumpaankin osastoon lämmitin.

Sopiva lämmitin kyseiseen kohteeseen olisi esimerkiksi lämmityspuhallin RP 33, jonka lämpöteho on 3,3 KW. Ratkaisun etuina olisi helppo asennettavuus. Haittana jatkuva energiankulutus sekä laitehankinnoista aiheutuvat kustannukset.

Kondensoiva kuivain

Kondensoivan kuivaimen hyödyt on verrattavissa lämmittimeen. Lisäkustannuksia syntyy kondenssiveden poistoputken asentamisesta. Kohteeseen sopiva kondensoivakuivain on Homedry m 11 -kuivain, jonka kuivauskapasiteetti on noin 11 kg/vrk. Ryömintätilan molempiin osastoihin asennetaan omat kuivausyksiköt. Kondensoivan kuivaimen toimintalämpötila on $- 20 \text{ }^{\circ} \text{C} - + 40 \text{ }^{\circ} \text{C}$, joten sitä pysytään käyttämään ryömintätilassa ympärivuotisesti. Malli on varustettu ilmankosteudenmittarilla, joka kytkee laitteen toimimaan, kun kosteutta on ilmassa tietty määrä.

7.1 Maa-aineksen vaihto

Nykyisen maa-aineksen poisto

Maa-aineksen vaihto alkaa vanhan sopimattoman maa-aineksen poistolla. Poisto tehdään ryömintätilan huoltoluukun kautta. Huoltoluukku on sisätiloissa toiseen kerrokseen johtavan portaikon alla, vaikka piirustuksissa huoltoluukku on sijoitettu talon ulkoseinustalle. Poistoon on varattava riittävän pitkällä imuletkulla varustettu kalusto, jonka säiliöön poistettava maa-aines saadaan. Poistettava maa-aines on tilavuudeltaan noin 70 kuutiometriä ja painaa noin 140 tonnia.

Salaoja-sora

Täyttöaineena käytettävä salaojasora pumpataan samalla kalustolla, millä tyhjentäminen tehdään. Täyttökerros on 300 mm.

Kevytsora

Täyttöaineena käytettävä kevytsora pumpataan samalla kalustolla, jolla tyhjennyskin tehdään. Täyttökerros on 300 mm.

Maa-aineksen vaihto ja salaojitus

Maa-aineksen vaihto tehdään joko edellä kuvatun salaojasora- tai kevytsora-vaihtoehdon mukaisesti. Salaojitus tehdään alkuperäisen salaojitussuunnitelman mukaan, mikä käytännössä tarkoittaa salaojien aseman siirtämistä 400 mm alemmaksi nykyisestä tasosta. Salaojan asema on esitetty kuvassa 14.

7.2 Hormi katolle

Hormin asentamisessa aloitetaan painovoimaisen ilmanvaihdon periaatteesta, jonka mukaan ilma virtaa painovoimaisesti ylöspäin kohti matalampaa painetta. Näin ryömintätilasta katolle vedettävä yhteys poistaa ryömintätilassa olevan kosteuden. Sopiva huippuimuri hormin yhteyteen on Vilpe E 120, jonka imuteho on noin 70 litraa sekunnissa.

7.3 Ojat

Avo-ojilla ohjataan katosta tiivistyvä kosteus sadevesikaivoon, jotka kaivetaan ryömintätilan molempien osastojen nurkkiin.

8 Kustannukset

Eri ratkaisuvaihtoehtojen kustannusvertailussa on aikaikkunaksi valittu kaksikymmentä vuotta. Kustannuksissa on pyritty huomioimaan laitehankinnoista aiheutuvat välittömät kulut, rakennustekniset kulut, maansiirtokulut sekä energiankulutuksesta aiheutuvat kulut. Energian hinnan arvioiminen luotettavasti on käytännössä mahdotonta ja laskennassa on käytetty kiinteää energian hintaa. Hinnaksi on otettu 8,96 snt / kwh.

Lämmittimen sekä kondensoivan kuivaimen kohdalla on laitteista aiheutuva energiankulutus merkittävä kustannustekijä. Jos energialle laskettaisiin 3 prosentin vuosittainen hinnankorotus, olisi lämmittimen sähköenergian lasku 2300 €. Todellinen kustannus lämmittimien käytöstä olisi reilusti yli 30000 €. Sama vääristymä on myös kondensoivan kuivaimen sekä huippuimurin kustannuksissa. Koska kyseisten laitteiden energiankulutus on kuitenkin lämmitintä pienempi, ei energianhinnan nousemisen pois jättäminen kustannuksia seurattaessa aiheuta yhtä pahaa vääristymää.

Taulukossa 8 on eritelty kustakin ratkaisuvaihtoehdosta aiheutuvat arvioidut kustannukset. Laitteiden eikä palveluiden hintoja ei ole kilpailutettu, vaan ne on kysytty tunnetuilta laitetoimittajilta.

Taulukko 8. Ratkaisuvaihtoehtojen kustannusvaikutukset.

	Koneet	Työ	Vuosikulutus	Yhteensä (20v)
Lämmitin	589	300	1300	26889
Kondensoiva kuivain	960	800	266	7086
Maa-aineksen vaihto	0	9500		9500
Hormi katolle	200	300	160	3700
Ojat	0	500	0	500
Salaojat	0	12000	0	12000

Lämmitin

Lämmittimeksi valittiin RP 33, joita tarvitaan ryömintätilaan kymmenen kappaletta. Lämmittimien hankintahinta on 589 €. Asennus maksaa noin 100 €. Käyttökustannukset ovat vuodessa 1300 €. Kun energianhinta tulee varmasti nousemaan, eivät todelliset vuosikustannukset tule jäämään alle kahteentuhanteen euroon.

Kondensoiva kuivain

Kondensoivan kuivaimen hankintahinta on 960 €. Asennuksiin on varattu 800 €. Vuosikulutukseksi on laskettu 266 €, josta saadaan kokonaiskustannuksiksi noin 7000 euroa.

Maa-aineksen vaihto

Riippumatta siitä, valitaanko uudeksi maa-ainekseksi salaoja-sora vai kevytsora, tulee kustannukseksi noin 9500 euroa. Kustannukset aiheutuvat maa-ainesten kuljetuksista ja pumppaamisista.

Maa-aineksen vaihto ja salaojat

Vaihtoehdossa on samat kustannukset maanvaihdollisesti. Salaojien kaivaminen ja uusien salaojaputkien asennus 12000 €.

Hormi katolle

Hormin vaatimat rakennustekniset työt ja hormin hinta 300 €. Huippumuri 200 €. Energiaa vaihtoehto kuluttaa 3200 euron arvosta. Kokonaiskustannus on 3700 €.

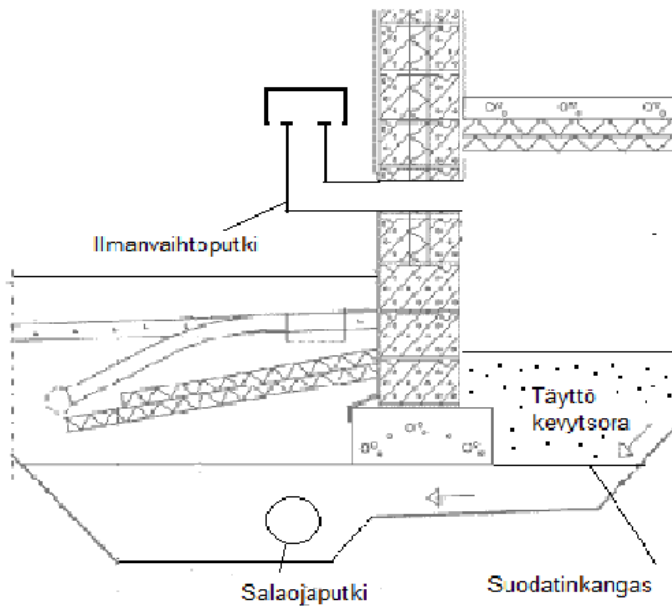
9 Korjaussuunnitelma

Korjaustavan valinnan pohjana on ajatus ratkaisusta, joka on taloudellisesti järkevä ryömintätilan kosteusongelman poistamiseksi. Valittavan ratkaisun tulee olla pitkäkestoinen kattaakseen rakennuksen koko oletetun käyttöiän.

Kuten kustannuksista voidaan päätellä, ei sähköllä tapahtuva lämmittäminen ja ryömintätilan kuivaaminen ole kustannustehokas ratkaisu edes keskipitkällä aikavälillä. Ratkaisun tulee olla itsessään edullinen käyttää ja siksi on päädytty aloittamaan korjaus maa-aineksen vaihdolla.

Vaihtamalla maa-aines saadaan sekä katkaistuksi kapilaarinen nousu että mahdollistetaan veden kulkeutuminen salaojitukseen.

Maa-aineksen vaihtamisen yhteydessä poistetaan "suodattavan" kerroksen alle asennettu muovi. Ratkaisumalli lähtee ajatuksesta, että kaikki tarvittavat korjaustoimenpiteet tehdään, jos tilanne ei ole korjaantunut ennen koko listan läpikäyntiä.



Kuva 14. Ryömintätila korjausten jälkeen

Maa-aineksen poisto

Valittiinpa esitetyistä korjausvaihtoehdoista mikä tahansa, on ensimmäinen ja välttämättömin toimenpide vanhan maa-aineksen poistaminen. Maa-aines ei toimi kapillaarikatkona ja se estää savimaan pintaan asennetun muovikalvon poistamisen. Maa-aines poistetaan tarkoitukseen soveltuvalla imulaitteistolla. Imuletku vedetään ryömintätilaan ja maa-ainesta poistetaan vähintään 300 millimetriä. Poisto tehdään ryömintätilan käyntiluukun kautta. Kokonaismaamassaksi poistossa tulee noin 30 kuutiometriä. Maanpoiston yhteydessä poistetaan muovi, joka on asennettu noin 150 mm:n syvyyteen ryömintätilan pohjan pinnasta.

Asennetaan kevytsora

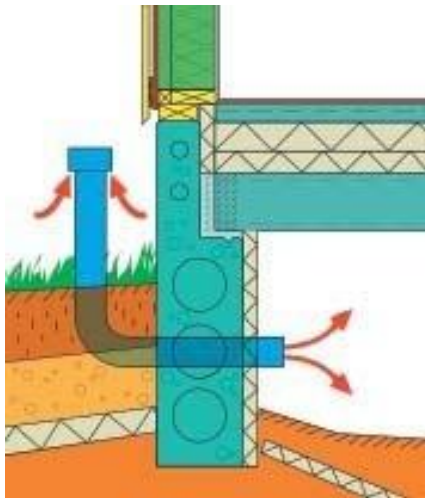
Maanpoiston valmistuttua ryömintätilan pohjalle asennetaan kuvan neljätoista mukaisesti suodatinkangas ja tilaan pumpataan kevytsoraa. Kapillaarikatkoksi on valittu kevytsora, joka on aiemmin viitatuissa TKK:n tutkimuksissa [5] osoittautunut erinomaiseksi pohjaratkaisuksi. Kevytsora on toiminut paremmin kapillaarikatkona kuin salaojasora, vaikka salaojasoraa on totuttu perinteisesti pitämään parhaana kapillaarikatkona. Parempaa toimivuutta on perusteltu kevytsoran pienemmällä termisellä massalla. Pienempi terminen massa, joka on energiaa sitovaa kiinteää ainesta, nopeuttaa pohjan täyttöaineksen reagoimista lämpötilanmuutoksiin ja esimerkiksi kesällä ryömintätila lämpenee tehokkaammin, mikä vähentää ryömintätilan suhteellista kosteutta. Suhteellisia kosteuksia mitattaessa päästiin yli 5 prosenttiyksikön eroon suhteellisessa kosteudessa kevytsoran eduksi. Sepelille saatiin suhteelliseksi kosteudeksi toistuvasti yli 90 prosentin arvoja, kun kevytsoralla päästiin samoissa olosuhteissa 85 prosentin suhteelliseen kosteuteen. Kevytsoran valintaa voidaan perustella myös kohteen ryömintätilan tarkistusluukun ja varsinaisen ryömintätilan hankalalla rakenteella. Luukku on kooltaan vain 300 mm x 500 mm ja ryömintätilan jakava peruspalkki estää liikkumista ryömintätilassa tehokkaasti. Kevytsoran tasainen levittäminen on helpompi vaihtoehto.

Pintojen käsittely

Ryömintätilan katto ja seinät ruiskutetaan homeenestoaineella. Toimenpiteellä varmistetaan, että homeitiöille ei jää sopivaa kasvuympäristöä, vaikka kosteus- ja lämpöolosuhteet saneerauksen jälkeenkin olisivat satunnaisesti homeitiöille suotuisat. Homeenestoaineena käytetään esimerkiksi Elix oy:n Elixia, joka on pellavaöljypohjainen homeenestosuojaja.

Ilmanvaihdon avaus

Ilmanvaihtoventtiilit avataan niin, että suora ilmavirtaus läpi ryömintätilan mahdollistuu ja rakentamismääräyskokoelman mukainen vähimmäisilmanvaihto toteutuu. Rakennuksen pitkillä seinustoilla olevien ilmanvaihtokanavien halkaisijaksi porataan 30 mm. Kyseisten aukkojen yhteys vastapäiselle seinälle varmistetaan asentamalla nykyisien ilmanvaihtoventtiilien tilalle uudet, jotka kaivetaan maahan ja asennetaan seinustalle alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti. Nykyiset putket on asennettu niin, että ilma kulkee ulkoa putkeen ja kääntyy putkessa kohti ryömintätilan lattiaa. Korjauksen jälkeen talon seinustalla on venttiilit, jotka ovat pystyssä, mutta ryömintätilassa on suora yhteys vastakkaisilla seinustoilla oleviin ilmanvaihtoventtiileihin. Ryömintätilan osastojen väliseen muuriin avataan tuuletuslinjalle 0,12 neliömetrin aukot.



Kuva 15. Uusi ilmanvaihtoputki [13]

Asennetaan tuuletus

Katolle asennetaan huippuimuri, joka säädetään poistamaan ilmaa 80 litraa tunnissa 6 tuntia vuorokaudessa. Tällä toimenpiteellä varmistetaan riittävä kosteutta siirtävä ilmanvaihto.



Kuva 16. Vilpe -huippuimuri [14]

Salaojat siirretään oikeaan korkoon

Kun kiinteistön sisäpuoliset korjaukset on saatu valmiiksi, aloitetaan kohteen salaojituksen korjaus. Korjaus aloitetaan syyskuun alussa, jotta asukkaille aiheutuu korjauksista mahdollisimman vähän haittaa. Kiinteistön takapihalla oleva terassi porealtainen joudutaan ensin purkamaan. Purkamisen jälkeen vanhat salaojat kaivetaan esiin ja asennetaan oikeaan syvyyteen. Salaojakaivot sekä salaojaputket vaihdetaan tarvittaessa uusiin. Salaojaputkien ympärille laitetaan rakennusmääräysten mukainen kerros salaojasoraa ja salaojaputkien kaadot tehdään alkuperäisten suunnitelmien mukaisesti, noudattaen rakentamismääräyskokoelman määräyksiä.

10 Yhteenveto

Ryömintätilaisen tutkimuskohteen korjaamisessa on tärkeää valita korjausratkaisu, joka poistaa kohteen kosteusongelman mahdollisimman kustannustehokkaasti. Kohteessa on tehty paljon virheellisiä ratkaisuja jo rakentamisvaiheessa. Ensimmäinen virhe on ollut pohjaurakoinnin välinpitämättömyydessä ja siitä seuranneesta suunnitelmista poikkeamisesta. Rakentamisen alkuvaiheessa ei ole kiinnitetty huomiota salaojituksen oikeisiin korkoihin. Salaojat ovat 400 mm liian korkealla eivätkä toimi lainkaan suunnitellulla tavalla. Eroavaisuuksia on kirjattuna myös rakennusvalvontaan jätettyihin kuviin. Leikkauskuvan X-X mukaan salaoja on syvyydessä 27.700 ja salaojakuvan mukaan 26.500. Ryömintätilan pohjalla ei ole riittävää kapillaarikatkerrosta ja kosteus pääsee nousemaan kapillaarisesti ryömintätilaan. Suunnitelma-asiakirjoista ei yksiselitteisesti selviä, miten kohteen salaojituksen ja ilmanvaihdon on ajateltu toimivan. Ainoa varma asia on, että toteutus on monelta kohdista epäonnistunut pahasti.

Pesty salaojasora on kallista verrattuna muovikalvoon ja on luultavaa, että kohteessa on pyritty säästämään kustannuksissa. Koska rakentamismääräyskokoelma määrää salaojituksen aseman, on se saatettava oikeaan korkoon. Salaojitus asennetaan rakennusvalvonnan lupakuvien mukaiseen korkoon. Ei liene sattumaa, että rakennusvalvonnasta puuttuu kyseisen kohteen salaojakatselmuksen alkuperäinen pöytäkirja. Pöytäkirjan tilalle toimitettu selvitys on päivätty vuosia kohteen valmistumisen jälkeen. Jos salaojakatselmuksen on suorittanut vastaava mestari, jolla on tehtävään vaadittava pätevyys, hän ei ole voinut olla huomaamatta, että salaojat eivät ole rakennuksen suhteen oikeassa paikassa. Vaikka salaojat ovat suunnitelmien mukaisessa syvyydessä, ei ratkaisu ole oikea, koska koko rakennus on väärässä korkeusasemassa. Jos anturat olisivat tulleet oikeaan korkeusasemaan, olisi samalla ryömintätilan ilmanvaihtokanavat voitu toteuttaa suunnitelmien mukaisesti. Väärät valinnat ryömintätilan pohjan täytöissä olisi myöskin voitu välttää asiantuntevammalla ja tiukemmalla valvonnalla.

Jos edellä mainitut toimenpiteet olisi tehty rakentamisvaiheessa, olisi koko ongelma jäänyt syntymättä tai ainakin sen korjaaminen olisi ollut huomattavasti helpompaa. Todennäköisesti ainoa lisätyö olisi ollut hormin ja huippuimurin asennukset.

Jotta ryömintätilan ilmanvaihto saataisiin toimimaan suunnitelmien mukaisesti, pitäisi koko rakennusta nostaa 400 mm ylemmäksi. Pohjarakentamisen aikana on työmaalla tapahtunut jossakin vaiheessa mitä ilmeisimmin virhe, kun korkoja on viety rakentamisen eri kohteisiin. Ilmeistä on, että perustusten antura on jostakin syystä lipsahtanut väärään korkoon. Samalla salaojat ovat kuitenkin oikeassa korossa ja tämä selittää salaojien väärän paikan suhteessa rakennuksen anturaan. Kun anturat ovat asennusvaiheessa jääneet liian alas, on myös ryömintätila liian syvällä maan uumenissa. Jos ryömintätilan ilmanvaihtokanavat olisi suunnitelmien mukaisesti tehty suoriksi, olisivat ne johtaneet ryömintätilan asemasta asuintiloihin. Työmaalla asia on ratkaistu niin, että ilmanvaihtokanava kääntyy seinässä 90 astetta ja ilman tuloaukko on ryömintätilan katossa.

Korjaussuunnitelman mukaisesti salaojien kaivamisen yhteydessä avataan seiniin, ryömintätilan ja ulkoilman välille, riittävän suuret aukot, joihin asennetaan L-malliset tuuletusputket yhdellä mutkalla ja hatulla. Ryömintätilan osastojen väliseinän ilmanvaihtoaukkoja suurennetaan määräysten mukaisiksi ja ilmanvaihtuminen varmistetaan huippuimurilla.

Ryömintätilan kosteustekninen toiminta taataan vaihtamalla ryömintätilan maa-aines ja poistamalla muovikalvo, joka löydettiin tutkittaessa ryömintätilan maa-aineksen nykyistä koostumusta.

Lähteet

- 1 Kosteus rakentamisessa. 1999: 11. Rakennustieto Oy. Tampere.
- 2 Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. 1997: 45, 54, 56. Rakennustieto Oy. Tampere.
- 3 Matilainen, Jerkku, Kurnitski. 1999: 27, 28. Ryömintätilan ratkaisut ja rakennusfysiikka, Raportti B 63. Monila Oy. Espoo.
- 4 Matilainen, Jerkku, Kurnitski. 1999: 55, 58. Ryömintätilan kosteus ja mikrobit, Raportti B 62. Monila Oy. Espoo.
- 5 Kurnitski, Ketunen, Matilainen, Smolander, Sääksvuosi. 1998: 34 Ryömintätilan tuuletus ja kosteuskäyttäytyminen. Monila Oy. Espoo.
- 6 Suvanto. 2005: 439. Rakennusfysiikka. Edita Publishing Oy. Helsinki.
- 7 Mikrobien terveyshaitat. 2011. Verkkodokumentti. Sisäilmayhdistys. <www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/terveysvaikutukset/mikrobien_terveyshaitat/>. Luettu 20.4.2011.
- 8 Annamari Typpö. 2011: 9. Kiinteistölehti 2/2011. Helsinki.
- 9 Markku Seuri, Eero Palomäki. 2000: 51. Haasteellinen sisäilma. Rakennustieto Oy. Tampere.
- 10 Laho. 2011. Verkkodokumentti. Oulun kaupunki. Luettu 20.4.2011. www.ouka.fi/pora/tietopankki/lahot.htm.
- 11 Hankala haitallinen home. 2011. Verkkodokumentti. Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. <www.ktl.fi/portal/suomi/terveyden_ammattilaisille/ymparistoterveys/hometalot/tutkimustietoa/> Luettu 20.4.2011.
- 12 Airaksinen. 2003. Moisture and fungal spore transport in outdoor airventilated Crawl spaces in cold climate. TKK. Espoo.

- 13 Ontelosokkelilla nykyaikainen tuulettuva alapohja. 2011. Verkkodokumentti. Rakentaja.fi. <http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/artikkelit/3556/ontelosokkelilla+nykyaikainen+tuulettuva.htm>. Luettu 20.4.2011.
- 14 P-huippuimurit. 2011. Verkkodokumentti. Sk-tuote.fi. < www.vilpe.com/Link.aspx?id=535016 > Luettu 20.4.2011.

Kuivaseulonta

KUIVASEULONTA				
Päiväys:	7.10.2010			VESIPITOISUUS
Tilaja:	Jouni karvonen			
Saapunut:	5.10.2010		Massa märkänä	1119
Käsittelijä	JMU		Massa kuivana	1027
Näytenro:	Tuulettuva alapohja			
			W %	8,96
Seula [mm]	Massat	Seulalle jäi [%]	Läpäisy	
125		0,0	100,0	
63		0,0	100,0	
31,5		0,0	100,0	
25		0,0	100,0	
22,4		0,0	100,0	
16	33	5,8	94,2	
11,2	13	2,3	91,9	
8	5	0,9	91,0	
5,6	15	2,6	88,4	
4	18	3,2	85,1	
2	46	8,1	77,0	
1	68	11,9	65,1	
0,5	99	17,3	47,8	
0,25	129	22,6	25,2	
0,125	83	14,5	10,7	
0,063	38	6,7	4,2	
Pohja	24	4,2	0,0	
Summat	571	100,0		

Veden laboratoriotutkimus



TESTAUSSELOSTE 2010-12982-1
Vesi

1(1)
06.10.2010

Tilaaaja

Karvonen Jouni

Plazankuja 3 F 84
00580 Helsinki



Näytetiedot	Näyte	Vesinäyte		
	Näyte otettu	29.09.2010	Kellonaika	19.00
	Vastaanotettu	30.09.2010	Kellonaika	15.50
	Tutkimus alkoi	30.09.2010	Näytteenoton syy	Tilaustudkimus
	Ottopiste	Juvanmalmi		
	Näytteen ottaja	Tilaaaja		

Analyysi	Menetelmä	12982-1 Vesinäyte	Yksikkö
Kokonaiskloori vuotovesistä	SFS-EN ISO 7393-2:2000	ei todettu	Cl2 mg/l
pH	* SFS 3021 1979	8,0	
Sähkönjohtavuus	* SFS-EN 27888:1994	239	µS/cm
Sulfaatti	* ISO 10304-1:2007	15	mg/l

*=näyte tutkittu akkreditoidulla menetelmällä

Lausunto **12982-1:** Näytteenä olleen veden pH-luku on lähellä verkostoveden pH-lukua. Pintaveden pH-luku on useimmiten alle 7,5. On kuitenkin mahdollista, että veden kulkiessa betonimateriaalia pitkin, sen pH-luku nousee. Klooria ei todettu, minkä perusteella vesi ei olisi verkostovettä. Kloori voi kuitenkin olla hävinnyt veden seistessä. Sähkönjohtavuuden perusteella, vesi ei ainakaan ole jätevettä. Sulfaattipitoisuus on alhaisempi kuin Helsingin verkostovedessä. Selkeätä vastausta kysymykseen onko vesi verkostovettä vai pohjavettä ei pysty antamaan.

Yhteyshenkilö Nikkola Kirsti, (09) 310 32024

Kalso Seija
toimitusjohtaja

Tiedoksi jouni.karvonen@edu.hel.fi

Akkreditointi ei koske lausuntoa. Analyysitulokset pätevät ainoastaan analysoiduille näytteille.
Analyysitodistuksen saa kopioida vain kokonaan. Muussa tapauksessa kopioinnista on saatava lupa.

Postiosoite PL 550 00099 HELSINGIN KAUPUNKI metropolilab@hel.fi	Käyntiosoite Viikinkaari 4 Helsinki 79 http://www.metropolilab.fi	Puhelin +358 9 310 31602	Faksi +358 9 310 31626	Y-tunnus 2340056-8 Alv. Nro FI23400568
---	---	------------------------------------	----------------------------------	---

RP SÄHKÖLÄMMITTIMET

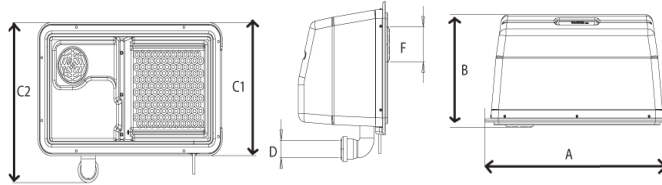


Malli	RP 33	RP 50	RP 90	RP 150
Lämpöteho Kw	1,65-3,3	2,5-5	3-6-9	7,5-15
Lämpöteho Kcal/h	1,420 2.840	2.150 4.300	2.580 5.160 7.740	6.450 12.900
Ilmamäärä	400 m3/h	400 m3/h	800 m3/h	1.300 m3/h
Liitäntä jännite	1-230 ph-volt/50Hz	3-400 ph-volt/50Hz	3-400 ph-volt/50Hz	3-400 ph-volt/50Hz
Virta	14,3 A	7,2 A	13,0 A	21,6 A
Melutaso	50 DB(A)	50 DB(A)	52 DB(A)	54 DB(A)
Mitat (LxBxH)	mm 250x250x420	mm 250x250x420	mm 330x380x590	mm 330x380x590
Paino	7,5 Kg	8,0 Kg	13,5 Kg	15,5 Kg

HOMEDRY

Model HomeDry 11Y

Allaolevan piirroksen mittatiedot ovat ainoastaan viitteelliset.



Leveys (A)	Syvyys (B)	Korkeus (C)	Märkä ilma (D)	Kuiva ilma (F)	Paino
652 mm	322 mm	382/459 mm	50 mm	100 mm	15 kg

Tekniset tiedot

Prosessi-ilma

Nimellisilmavirta (m ³ /h)	110
Sallittu staattinen paine (Pa)	75

Regenerointi-ilma

Nimellisilmavirta (m ³ /h)	25
Sallittu staattinen paine (Pa)	75

Liitäntäteho, jännite ja virrankulutus

Liitäntäteho (kW)	0,95
230V 1-50Hz (A)	4,1

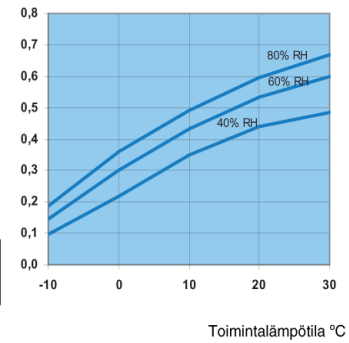
Muut tekniset tiedot

Normaali käyttölämpötila-alue (°C)	-20/+40
Ilmansuodatin, vakio	G3 (EU3)
Sähkösuojaluokka (kuori)	IP23

Kuivausteho

Keskimääräinen kapasiteetti
11 kg/24 tunnissa 20°C 60 % RH.

Kuivausteho kg/h



Varustesarja

(sisältyy vakiotoimitukseen)

- RH15 hygropaatti sisältäen kaapelin
- märkäilmaletku
- jalusta
- asennusohje

HOMEEN- JA LAHONESTO ELIXI

Käyttökohteet:

Puurakenteiden, kankaiden ja pressujen suojaaminen. Tuotetta käytetään silloin, kun voidaan epäillä käsiteltävän kohteen joutuvan sellaisiin kosteus- ja lämpöolosuhteisiin, joissa sinistymisen ja homehtuminen voi olla mahdollista. Tyypillisiä kohteita ovat terassien kaiteet, laiturit, veneet, ulkokalusteet, saunakalusteet. Homeenestoainetta levitetään ennen muiden pintakäsittelyaineiden käyttöä. Tuotetta voidaan käyttää myös ennaltaehkäisevästi esim. hirsirakennuksissa, jos tiedetään, että varsinaista pintakäsittelyä ei päästä heti tekemään.

Tuotetta voidaan käyttää myös vihannes – ja hedelmälaatikoiden sekä muiden säilytystilojen suojaamiseen.

Käyttö:

Käsittelylämpötila vähintään 10 C°.

Tuote sivellään tai ruiskutetaan kohteeseen. Esine voidaan myös kastaa nesteeseen

Kuivuminen: Annetaan kuivua noin vuorokausi ennen muiden pintakäsittelyaineiden käyttöä.

Riittoisuus: 10–15 m² pinnan huokoisuudesta ja käsittelymenetelmästä riippuen.

Varastointi Huoneenlämmössä tai viileässä. Ei saa päästää jäätymään.

Sisältää, innehåller:

Trimetyyliammoniumkloridi, Natriumtetraborat.

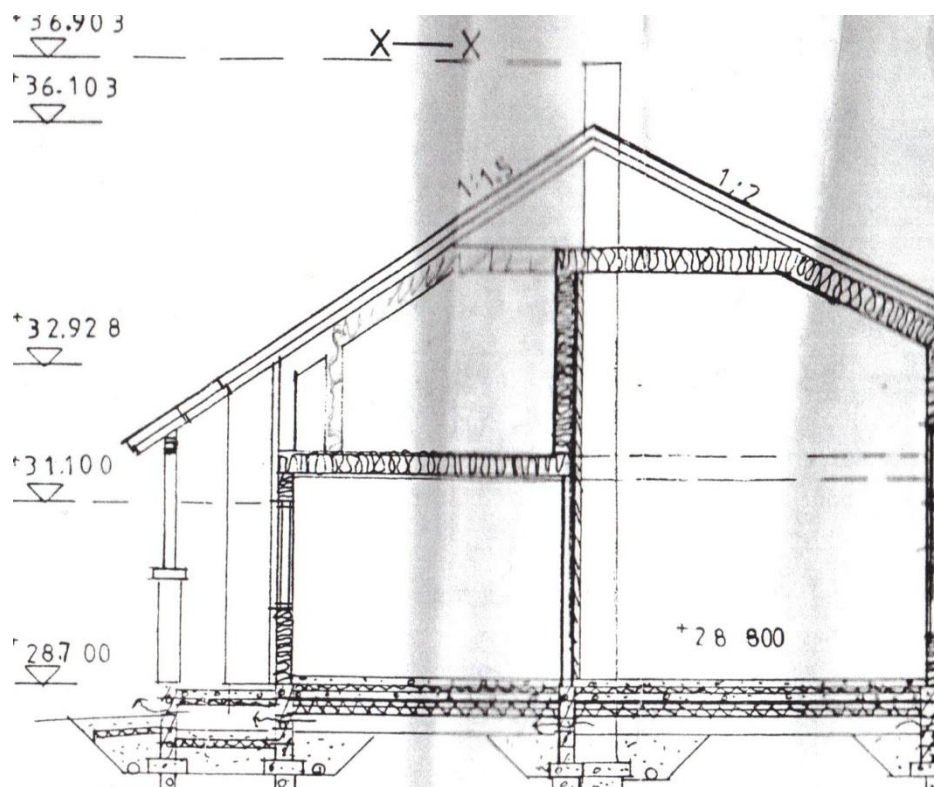
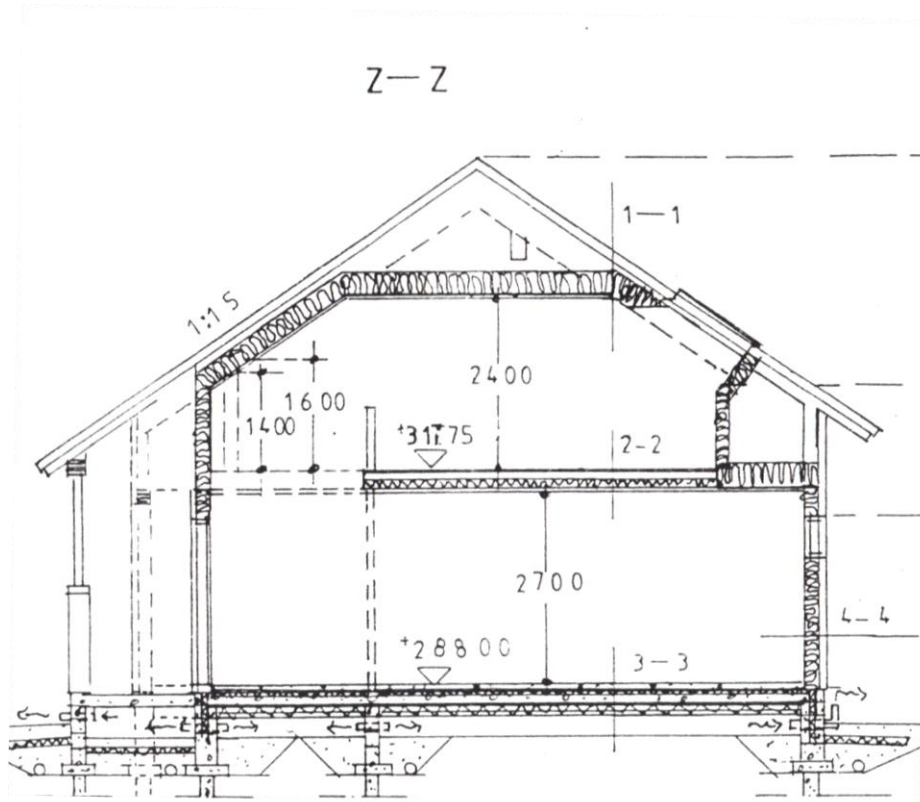
Pakkauskoot:

1L, 5L, 10L

Valmistus ja markkinointi Elix Oil Oy, Joensuuntie 49, 31400 Somero, 02-777630,

www.elixioil.fi

LEIKKAUS Z-Z ja X-X



SALAOJAT

