

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma/ Korjausrakentaminen ja rakennusrestaurointi

Viivi Etholén

TUULETTUVIEN ALAPOHJIEN VAURIOMEKANISMIT

Opinnäytetyö 2011

## TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

ETHOLÉN, VIIVI

Tuulettuvien alapohjien vauriomekanismi

Insinööri

44 sivua

Työn ohjaaja

lehtori Ilkka Paajanen

Toimeksiantaja

ympäristöministeriö

Toukokuu 2011

Avainsanat

tuulettuva alapohja, kosteusvauriot, riskirakenne

Opinnäytetyö on osa ympäristöministeriön luotsaamaa Kosteus- ja hometalkoot -projektiä, jonka tavoitteena on Suomen rakennuskannan tervehdyttäminen. Talkoissa on monia osa-alueita, jotka liittyvät esimerkiksi uudis- ja korjausrakentamiseen sekä asuntokauppaan ja neuvontaan. Yhtenä osa-alueena talkoissa on koulutus, pätevyystyminen ja tutkimus. Tämän pohjalta on päätetty koota kattava kuntotarkastajille suunnattu koulutusmateriaalipaketti, johon opinnäytetyö kokoaa taustamateriaalia liittyen tuulettuvien alapohjien vauriomekanismeista.

Työn alkuun on koottu tietopaketti Suomessa rakentamista ohjaavista tahoista. Työssä kerrotaan perinteisestä rossipohjasta ja sen rakenteesta sekä modernia tuulettuvaa alapohjaa koskevista määräyksistä. Ennen ongelmallisten rakenneratkaisujen esittelemistä työhön on koottu tietoa kosteusvaurioista ja mikrobeista. Tämän jälkeen työssä esitellään erilaisia rakenteita, jotka altistavat rakennuksen kosteusvaurioille, sekä analysoitu mistä vauriot johtuvat. Tekstin tukena on käytetty itse piirrettyjä pelkistettyjä kuvia, joiden avulla ongelmat hahmottuvat paremmin. Työssä olevien valokuvien avulla on haluttu tuoda esiin ongelmia, joita käytetyt rakenteet ovat aiheuttaneet.

Työn loppupuolella on tehty yhteenveto ongelmista. Suurimpana vaurioiden aiheuttajana tuulettuvien alapohjien vauriotapauksissa on kosteus. Kosteusteknisten olosuhteiden hallintaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota niin uudis- kuin korjausrakennuskohteissakin. Työn viimeisessä luvussa esitetään tuulettuvien alapohjien parannusehdotuksia.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

ETHOLÉN, VIIVI

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

May 2011

Keywords

Problems in Ventilated Base Floor Structures

44pages

Ilkka Paajanen, Senior Lecturer

Ministry of the Environment

ventilated base floors, moisture, mold

The present thesis is a part of the project called Kosteus- ja hometalkoot lead by the Ministry of the Environment. The most important main goal of the project is to make every building in Finland, no matter old or new, safer to health. There are many different strings within the project which are related to for example construction of new houses, renovating and selling and buying houses. One of these strings includes training. The present thesis is one part of a project, which is supposed to produce training material for inspectors, who make the physical examinations in houses. More specifically this thesis focuses on ventilated base floors and the structures that cause problems in ventilated base floors.

The beginning of the thesis presents a short information package about the rules that control construction in Finland. Also the history of ventilated base floors is introduced. The modern structure of ventilated base floors is also explained. Different kind of problematic structures are introduced one by one and analyzed. Before that there is an information package about microbes and moisture problems. Pictures illustrate places that have been damaged by moisture. In the end of the thesis, there is a conclusion about the problems and suggestions how to improve ventilated base floor structures.

## KÄSITTEISTÖ

<b>Höyrinsulku</b>	on ainekerros, jonka tarkoitus on estää vesihöyryn diffuusio rakenteeseen.
<b>Ilmansulku</b>	on ainekerros, jonka on estettävä rakenteen läpi kulkeva ilmavirtaus.
<b>Kapillaarivirtaus</b>	tapahtuu, kun neste siirtyy aineessa huokosalipaineen erojen takia.
<b>Kosteudeneristys</b>	on ainekerros, jonka tarkoitus on estää rakenteeseen joko kapillaarivirtauksena tai diffuusiona siirtyvää kosteutta.
<b>Kosteus</b>	on kaasumaisessa, nestemäisessä tai kiinteässä olomuodossa olevaa kemiallisesti sitoutumatonta vettä.
<b>Rakennuskosteus</b>	tarkoittaa rakennusmateriaaleihin jo ennen rakentamista tai sen aikana sitoutunutta liiallista kosteutta.
<b>Routa</b>	on maassa olevan veden jäätyminen vuoksi kovettunut maakerros
<b>Routaantuminen</b>	tarkoittaa maan jäätymistä.
<b>Routiminen</b>	tarkoittaa routaantumisen yhteydessä tapahtuvaa maan vesipitoisuuden ja tilavuuden kasvamista.
<b>Ryömintätila</b>	on rakennuksen alapohjan ja perusmaan väliin jäävä tuulettuva ilmatila.
<b>Salaojajärjestelmä</b>	on rakennettavan alueen kuivatukseen käytettävä järjestelmä, joka koostuu salaojituskerroksista, salaojakaivoista, salaojaputkista, tarkastuskaivoista ja kokoajakaivoista.
<b>Tuulensuoja</b>	on rakenteessa ulkoilmaa vasten sijaitseva ainekerros, joka estää ilmavirtauksen rakenteeseen.
<b>Tuuletusaukko</b>	on rakenteessa oleva aukko, jonka kautta ilmavirtaus kulkee ryömintätilaan ja sieltä pois.
<b>Vedeneristys</b>	on ainekerros, joka kestää jatkuvaa kastumista eikä päästä nestemäistä vettä tunkeutumaan rakenteeseen.
<b>Vesihöyry</b>	on veden kaasumainen olomuoto.
<b>Vesihöyryn diffuusio</b>	on vesihöyryn siirtymistä suuremmasta vesihöyrypitoisuudesta pienempään.

**Vesihöyryn konvektio** on vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana kokonaispaine-eron vaikutuksesta.

**Vesihöyrynvastus** on materiaaliominaisuus, joka kertoo kuinka hyvin materiaali estää vesihöyryn diffuusiota.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## KÄSITTEISTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn tausta	8
1.2	Työn tarkoitus	8
2	RAKENTAMISTA SUOMESSA OHJAAVAT TAHOT	8
2.1	Yleistä	8
2.2	Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä maankäyttö- ja rakennusasetus	9
2.3	Suomen rakentamismääräyskokoelma	9
3	TUULETTUVA ALAPOHJA	10
3.1	Perinteinen rossipohja	10
3.2	Tuulettuva alapohja RakMK C2 1998 mukaan	11
3.2.1	Yleistä	11
3.2.2	Rakennuspohjan ja maanpinnan kuivatus	12
3.2.3	Ryömintätila	15
4	RYÖMINTÄTILALLISEN ALAPOHJARAKENTEEN RAKENNUSFYSIKAALISET OMINAISUUDET	17
4.1	Lämpötekniset ominaisuudet	17
4.2	Kosteustekniset ominaisuudet	18
5	KOSTEUSVAURIO JA MIKROBIT	18
5.1	Mikrobikasvun edellytykset	19
5.1.1	Kosteus	19
5.1.2	Tuuletus	20
5.1.3	Ravinto	20
5.1.4	Muut seikat	20
5.2	Mikrobit	21

6	ONGELMALLISIA RAKENTEITA	22
6.1	Monttu	23
6.2	Tuuletusaukot	24
6.3	Salaojat	26
6.4	Salaojituskerrokset	28
6.5	Kapillaarikatkot	30
6.6	Lämmöneristys	31
6.7	Kosteudeneristys	33
6.8	Orgaaniset aineet	35
6.9	Lattian tuenta	36
6.10	Alapohjan tiiveys	37
6.11	Putkien rikkoutuminen tuuletustilaan	38
6.12	Perinteisen rossipohjarakenteen muuttaminen	39
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET	39
	LÄHTEET	42

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn tausta

Suomen rakennuskannan tyypillisimmät vauriot liittyvät liialliseen kosteuteen. Kosteus- ja homeongelmia esiintyy niin kouluissa kuin kodeissakin rakennuksen käyttötarkoituksesta riippumatta. Suomessa jopa puolessa kiinteistöistä on havaittavissa ylimääräistä kosteutta ja peräti neljännesosassa vaurioiden aiheuttamat ongelmat ovat niin vakavia, että ne vaikuttavat terveyteen. Vaurioiden ollessa näin yleisiä suuri osa suomalaisista, joko kotonaan tai työssään, altistuu mikrobien vaikutukselle. Näin ollen terveydenhuollon kustannuksetkin nousevat suuriksi home- ja kosteusvaurioiden vuoksi. (Talkootiedot 2010.)

Ongelma on tiedostettu myös valtioneuvostossa, jossa tehtiinkin 24.2.2009 päätös aloittaa Kosteus- ja hometalkoot-toimenpideohjelma. Periaatepäätös asiasta tehtiin 12.5.2010. Talkoot kestävät viisi vuotta, ja niiden tarkoituksena on aloittaa rakennuskannan tervehdyttäminen. Ympäristöministeriö vetää talkoita, mutta mukaan on kutsuttu osallistujia myös oppilaitoksista, kuntasektorilta ja yrityksistä. (Talkootiedot 2010.)

### 1.2 Työn tarkoitus

Opinnäytetyö on osa Kosteus- ja hometalkoissa tehtävää projektia, jossa kootaan kuntotarkastajille opetusmateriaalia pientalojen riskirakenteiden tunnistamiseksi. Työ keskittyy tuulettuvien ryömintätilallisten alapohjien vauriomekanismeihin. Työssä on keskitytty puurakenteisiin alapohjiin, vaikkakin useat ongelmat pätevät myös betoniin alapohjarakenteisiin. Tutkimus keskittyy 1950 - 2000-lukujen pientaloihin.

## 2 RAKENTAMISTA SUOMESSA OHJAAVAT TAHOT

### 2.1 Yleistä

Suomessa rakentamista ohjataan maankäyttö- ja rakennuslailla, josta seuraava ohjaava taho on maankäyttö- ja rakennusasetus. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa on käytännön ohjeistus talon rakentamiseen hyvän rakennustavan mukaisesti. Kuntatasolla rakentamista ohjataan vielä rakennusjärjestyksellä. Rakennusjärjestyksessä kerro-



taan lähinnä kaavamääräyksiin liittyvistä asioista sekä rakennuksen ulkonäöllisistä seikoista. Lisäksi tietoa rakentamisesta ja siihen käytettävistä materiaaleista saa RIL-, RYL- ja RT-julkaisuista, jotka eivät kuitenkaan ole valtion virallisia ohjeita mutta joita käytetään useasti hyvän rakennustavan mittareina.

Vaikka rakentamista pyritään ohjaamaan niin, että lopputulos olisi turvallinen ja terveellinen, ohjeistukset sisältävät paljon tulkinnanvaraisia kohtia. Esimerkiksi monesti sanotaan, että tuuletuksen on oltava riittävä, mutta riittävää ei kuitenkaan määritellä missään, jotta myös uusia keksintöjä ja innovaatioita olisi mahdollista tehdä. Liian tarkat ohjeet haittaisivat edistystä, vaikka joskus nämä tulkinnanvaraiset kohdat johtavatkin ongelmallisiin ratkaisuihin.

Määräykset kehittyvät myös koko ajan. Uusia tutkimuksia tehdään jatkuvasti ja näiden avulla ohjeistusta parannetaan. Vanhojen määräysten mukaan tehdyistä taloista saat- taakin löytyä ongelmia, vaikka ne olisi rakennettu tarkasti sen aikaisten määräysten mukaan. Esimerkiksi vedeneristys-ohjeistus on tullut Suomen rakentamismääräysko- koelmaan mukaan vasta 1990-luvulla.

## 2.2 Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä maankäyttö- ja rakennusasetus

Eduskunta säätää maankäyttö- ja rakennuslain, jonka perusteella ympäristöministeriö säätää maankäyttö- ja rakennusasetuksen. Laissa todetaan, että rakennus ei saa aiheut- taa terveydelle vaaraa ja sen on täytettävä sille asetetut lujuuden, palo- ja käyttöturval- lisuuden, energiatalouden sekä lämmöneristävyyden vaatimukset. Lisäksi rakennuk- selle on esteettisiäkin vaatimuksia. Laissa säädetään ohjeistus myös rakennuksille teh- tävistä muutoksista ja siitä, että muutokset eivät saa aiheuttaa vaaraa tai terveydellistä haittaa rakennuksen käyttäjille. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999.)

Maankäyttö- ja rakennusasetus täydentää ja syventää laissa esitettyjä kohtia. Asetuk- sessa myös kerrotaan Suomen rakentamismääräyskokoelmasta, jonka määräyksiä tu- lee rakentamisessa noudattaa. (Maankäyttö- ja rakennusasetus 1999).

## 2.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma

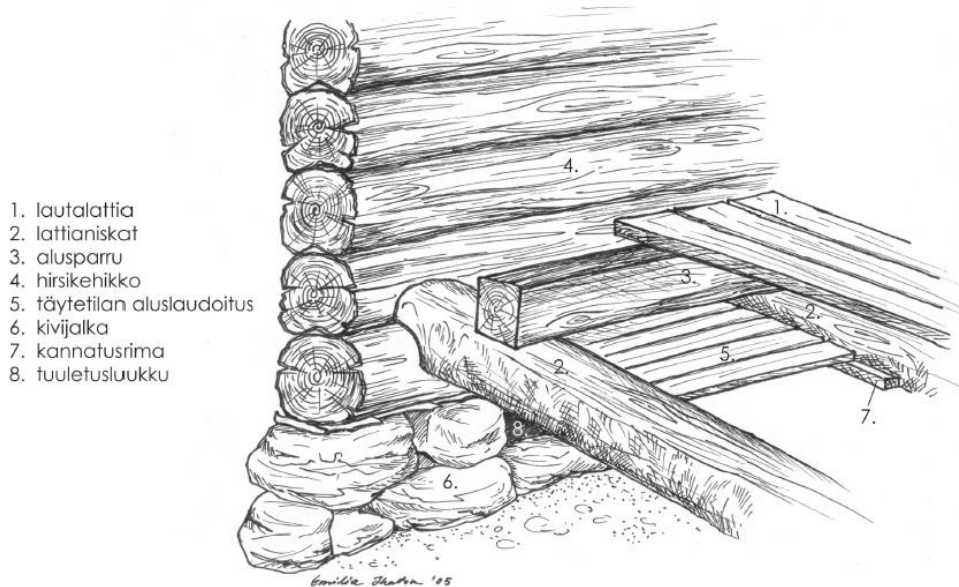
Rakentamismääräyskokoelma on jaettu seitsemään osaan, jotka ovat A Yleinen osa, B Rakenteidenlujuus, C Eristykset, D LVI ja energiatalous, E Rakenteellinen paloturvall-

lisuus, F Yleinen rakennussuunnittelu ja G Asuntorakentaminen. Lisäksi kokoelmassa ovat Eurokoodit. Kokoelma sisältää niin määräyksiä kuin ohjeitakin. Määräyksiä on noudatettava, mutta esitetyt ohjeet eivät ole sitovia. Erilaisiakin rakenneratkaisuja voidaan käyttää, kunhan ne täyttävät määrätyt vaatimukset. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

### 3 TUULETTUVA ALAPOHJA

#### 3.1 Perinteinen rossipohja

Perinteisen rossipohjan (Kuva 1) rakennus aloitettiin yleensä kasaamalla luonnonkivistä kivijalka, jonka päälle hirsikehikot asennettiin. Kivistä saatettiin myös tehdä sydänmuuri rakennuksen keskelle, jos hirsien jännevälit kasvoivat liian suuriksi. Kivijalkaan jätettiin aukkoja, ns. kissanluukkuja, joiden avulla rossipohja tuuletettiin. Hirsien sivuille kiinnitettiin kannatusrimat, joiden päälle saatiin naulattua umpilaudoituks. Laudoituksen päälle saatiin asennettua lämmöneristys, joka yleensä oli sahajauhoa, mutta myös sammalta, turvetta, hiekkaa ja näiden sekoituksia on käytetty eristeenä. Hirsien päälle laitettiin poikittain alusparrut, joiden avulla saatiin eristepaksuutta lisättyä. Lopuksi lattialankut naulattiin alusparrujen päälle. (Rossipohja 2005.)



Kuva 1. Perinteinen rossipohjarakenne (Rossipohja 2005.)

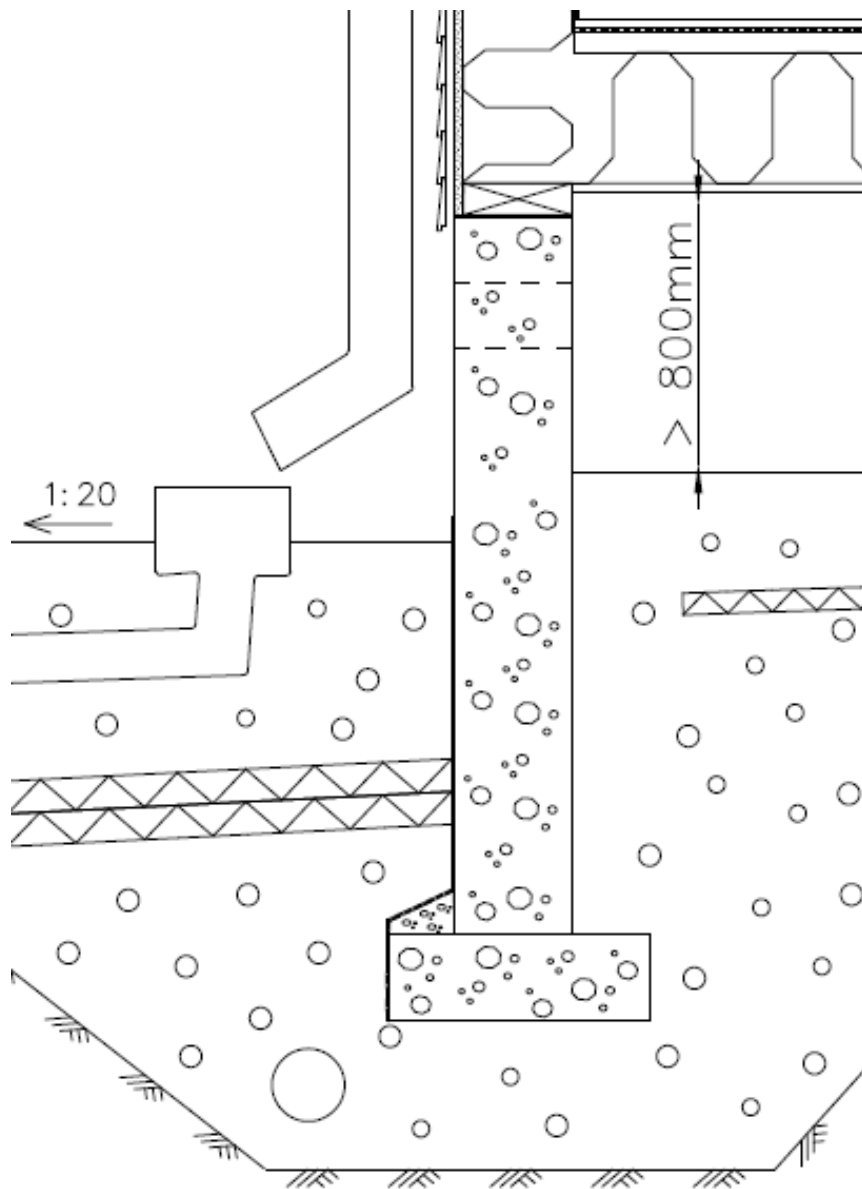
## 3.2 Tuulettuva alapohja RakMK C2 1998 mukaan

### 3.2.1 Yleistä

Seuraavat asiat ovat Rakennusmääräyskokoelmasta poimittuja määräyksiä, ellei toisin mainita. Yleisesti ottaen rakennus on suunniteltava ja toteutettava niin, että kosteus ei pääse kertymään rakennuksen osiin tai sen pinnoille eikä näin ollen aiheuta hygienia- tai terveysriskejä sen käyttäjille tai naapureille. Käytettävien materiaalien on oltava käyttötarkoitukseensa sopivia. Vedelle alttiiksi joutuvien materiaalien on kestävä niille tuleva kosteusrasitus. Rakennusmateriaalit on suojattava kastumiselta niin kuljetuksen, varastoinnin kuin rakentamisenkin aikana. Ennen kuin materiaaleja pinnoitetaan, on varmistuttava rakennuskosteuden poistumisesta. Rakenteet ja läpiviennit on toteutettava niin, ettei kosteus pääse rakenteeseen. Kosteuden pääsy rakenteeseen on estettävä niin sisäisistä kuin ulkoisistakin kosteudenlähteistä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Sisäisiä kosteuden lähteitä ovat mm. sisäilman vesihöyry, roiskevedet ja vesivahingot. Vesivahinkoihin on varauduttava jo rakennuksen toteutusvaiheessa, siten että rakenteista tehdään sellaisia, että vuodot on helppo havaita ja vesivahinkoja mahdollisesti aiheuttavat laitteistot helposti tarkistettavissa. Ulkoisiin kosteuden lähteisiin kuuluvat mm. ulkoilman vesihöyry, sateet, maaperän kosteus, pinta- ja pohjavesi sekä rakennuskosteus. Rakennuksen vaipan on oltava tiivis, jotta rakennus pysyy alipaineisena, eikä näin ollen haitallista vesihöyryn konvektiota synny. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Jos rakenne kastuu, on sen myös päästävä kuivumaan. Ohjeissa mainitaan, että kahden huonosti kosteutta läpäisevän ainekerroksen väliin ei saa jättää materiaaleja, jotka vaativat kuivumista, ellei niiden kuivaamiseksi ole erikseen tehty suunnitelmaa. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)



Kuva 2. Moderni tuulettuva alapohja

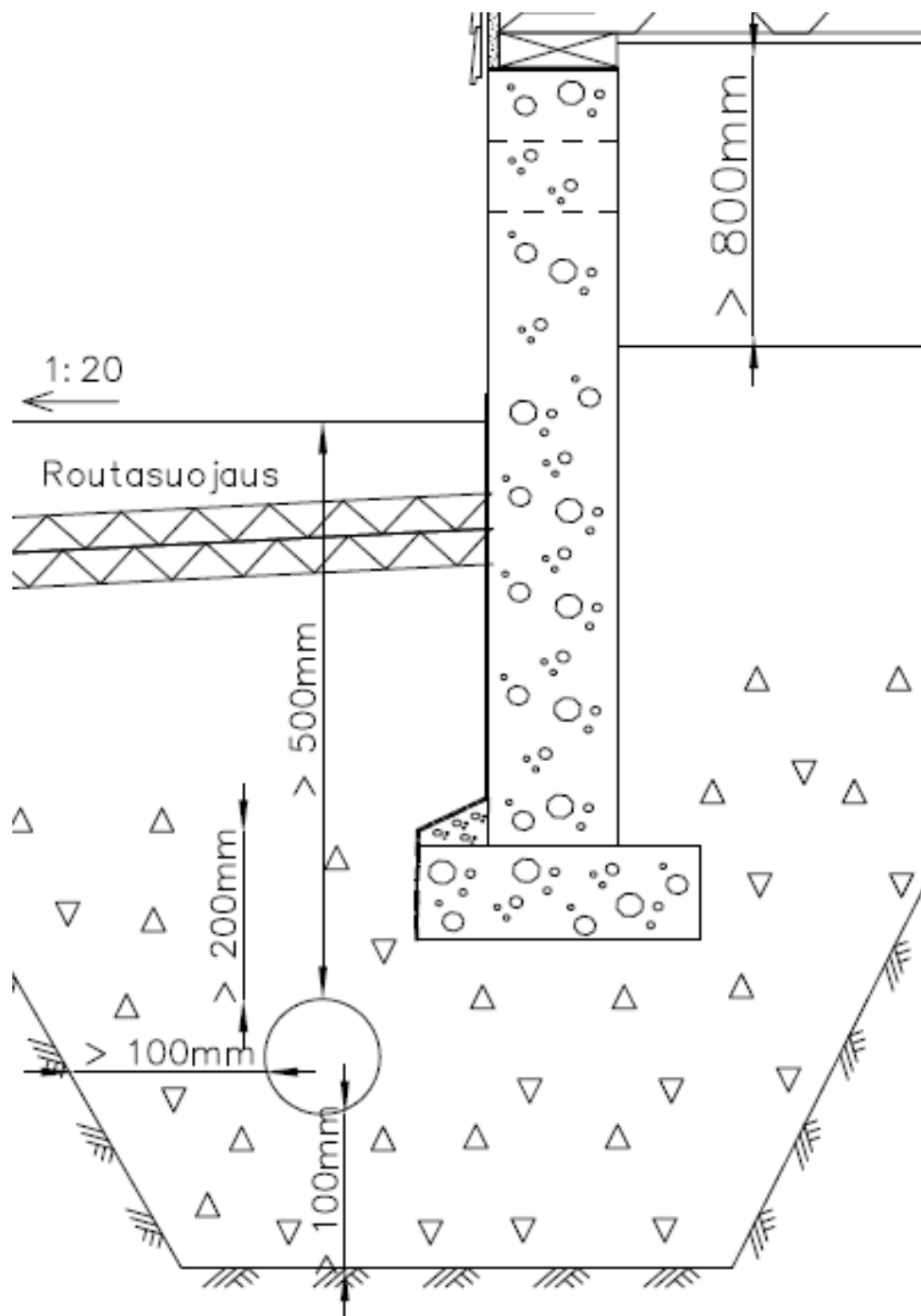
### 3.2.2 Rakennuspohjan ja maanpinnan kuivatus

Määräysten mukaan kapillaarivirtaus rakennuspohjaan on estettävä ja pohjaveden pinta pidettävä tarpeeksi etäällä sekä lattiasta että ryömintätilasta. Tämä voidaan toteuttaa salaojittamalla rakennuspohja ja huomioimalla kosteuden- ja vedeneristykset. Rakennuksen alla ja ympärillä oleva maa on puhdistettava orgaanisista aineksista ja rakennusjätteestä. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Rakennusmääräyskokoelmassa olevien ohjeiden mukaan salaojitus toteutetaan seuraavanlaisesti: Salaojaputket tulee sijoittaa anturan alapinnan alapuolelle vähintään 0,5 m:n syvyyteen maanpinnasta. Putkien ympärille ja ryömintätilan alle tulee asentaa

salaojituskerros. Salaojituskerroksen tekemiseen voidaan käyttää joko luonnonkiviainesta, sepeliä, pestyä singeliä tai jotakin muuta materiaalia, joka ominaisuuksiltaan käy salaojituskerrokseksi. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Alapohjan alla olevan salaojituskerroksen ja salaojaputkia ympäröivän kerroksen on oltava yhteydessä toisiinsa, jotta kosteus alapohjan alta saataisiin johdettua salaojajärjestelmään. Salaojaputket on sijoitettava siten että niiden päälle tulee salaojituskerros vähintään 200 mm sekä niiden alle ja sivuille vähintään 100 mm. Salaojaputket tulee suojata jäätymiseltä ja ruotimiselta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)



Kuva 3. Salaojaputken sijoitus

Salaojajärjestelmään on liitettävä vähintään yksi kokoajakaivo, joka on varustettu liepetesällä. Lisäksi järjestelmässä on oltava tarkastuskaivoja ja -putkia, joiden avulla järjestelmä pidetään puhtaana ja vuosittaiset tarkastukset suoritetaan. Kallistusten salaojaputkissa on oltava vähintään 1:200. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Sade- ja pintavedet on hoidettava pois rakennuksen vierestä eikä niitä saa ohjata salaojajärjestelmään. Piha-alue voidaan päällystää tiiviillä päällysteellä tai tehdä kourut

räystäiden alapuolelle ja näin ohjata vedet pois rakennuksen luota. Maa rakennuksen ympärillä on myös muotoiltava siten, että se viettää poispäin rakennuksesta vähintään 1:20. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

### 3.2.3 Ryömintätila

Määräysten mukaan ryömintätila on toteutettava niin, ettei sinne kerääny vettä ja että sen tuuletus on toimiva. Tuuletustilaan ei saa jäädä tuulettumattomia katvealueita. Ryömintätilassa ei myöskään saa olla minkäänlaisia orgaanisia aineita eikä siellä saa säilyttää tavaraa. Määräyksissä todetaan myös, että tilan on oltava tarkastettavissa kaikkialta, minkä takia ohjeistus neuvoo ryömintätilan korkeudeksi vähintään 800 mm. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Ohjeissa kehoitetaan lisäämään salaojakerroksen lisäksi kosteudeneristys kapillaarista nousua vastaan. Samalla muistutetaan, että kosteudeneristys on asennettava niin, ettei se kerää lammikoita ja on kallistettu salaojiin päin. Ryömintätilan suhteellinen kosteus nousee kesäisin, mitä voidaan hillitä asentamalla lämmöneristys maapohjaan. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

Ryömintätilan tuuletus hoidetaan sokkeliin asennettavien tuuletusaukkojen avulla ja sitä voidaan parantaa katolle vietävien tuuletusputkien avulla. Nämä voivat olla joko painovoimaisesti tai koneellisesti tuuletettuja ratkaisuja. Sokkelissa olevat aukot on suojattava ritilöillä, jotta eläimet eivät pääse niiden kautta ryömintätilaan. Aukkojen vähimmäiskooksi on säädetty  $150 \text{ cm}^2$ , mutta tuuletusaukkojen pinta-aloja mietittäessä on muistettava vähentää ritilöiden peittämä pinta-ala vapaasta pinta-alasta, jotta aukot saadaan riittävän isoiksi, kuten kuvassa 4 esitetään. Ryömintätilan pinta-alaan nähden on aukkojen yhteen lasketun pinta-alan oltava vähintään neljä promillea ryömintätilan pinta-alasta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)

---



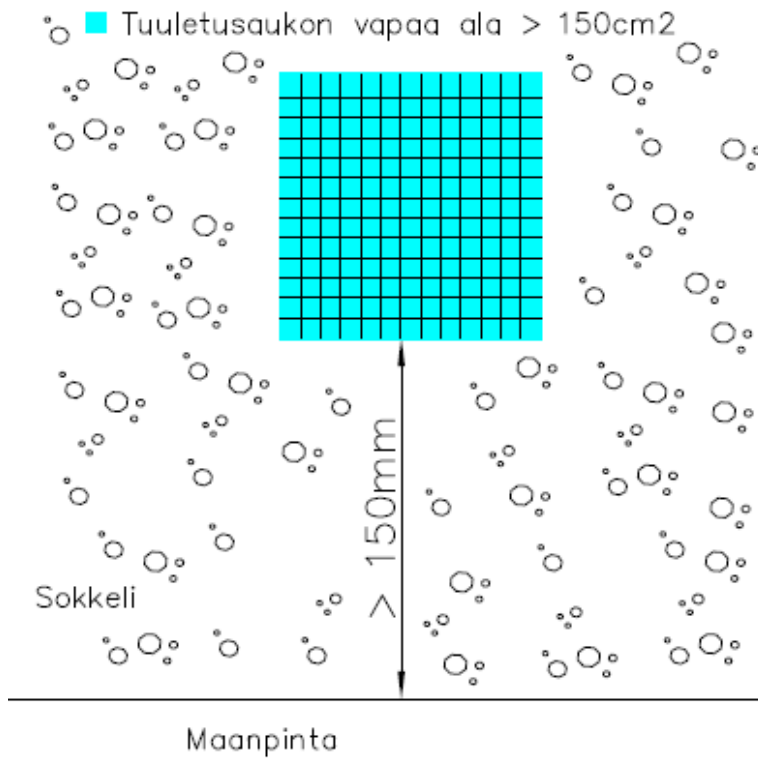
---

 Ulkovuoraus
 

---



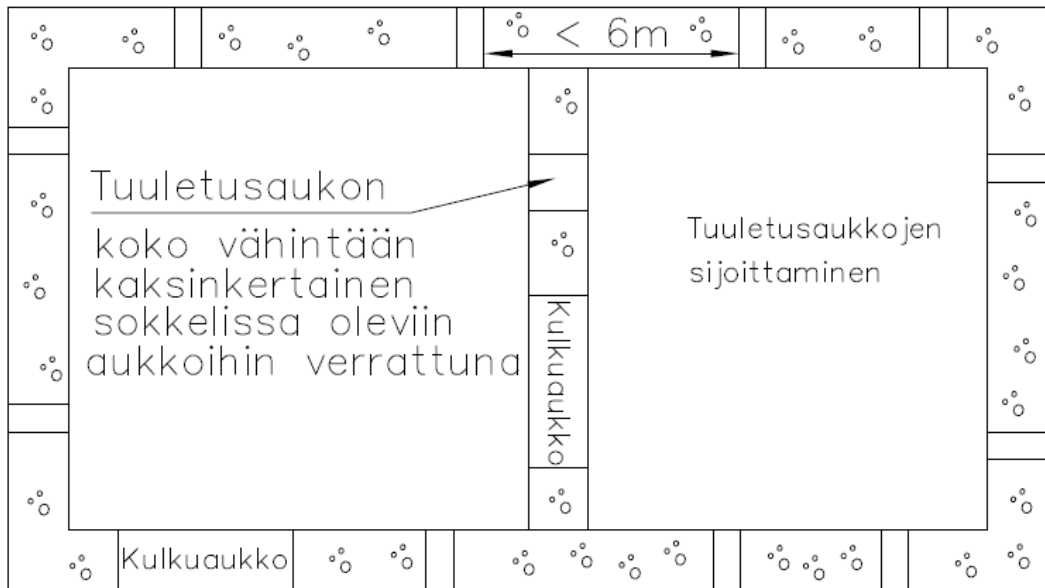
---



Kuva 4. Tuuletusaukko

Tuuletusreihiä sijoitetaan joka puolelle rakennusta, jotta koko ryömintätila saadaan tuuletetuksi. Aukkojen enimmäisväli saa olla enintään 6 m ja niiden alareunan korkeus maanpinnasta pitää olla vähintään 150 mm. Jos ryömintätilassa on sydänmuuri tai vastaava, siihen sijoitettavien tuuletusaukkojen on oltava vähintään puolet suurempia kuin sokkelissa olevien. Kuvassa 5 esitetään esimerkki ratkaisu tuuletusaukkojen sijoittelusta. (Suomen rakentamismääräyskokoelma C2 1998.)





Kuva 5. Tuuletusaukkojen sijainti sokkelissa

#### 4 RYÖMINTÄTILALLISEN ALAPOHJARAKENTEEN RAKENNUSFYSIKAALISET OMINAISUUDET

Rakennusfysikaalisiksi ominaisuuksiksi voidaan lukea materiaalien ja rakenteiden lämmön-, kosteuden- ja äänenkulkuun liittyvät ominaisuudet. Myös erilaiset säteilyn muodot voidaan ajatella rakennusfysikaalisiksi ilmiöiksi. Kosteusvaurioihin ja niiden syntyyn vaikuttavat kuitenkin eniten lämpö- ja kosteusolosuhteet, joten seuraavassa kerrotaan tarkemmin vain niistä.

##### 4.1 Lämpötekniset ominaisuudet

Tuuletustilassa vallitsevalla lämpötilalla on suuri merkitys ryömintätilan suhteelliseen kosteuteen. Mitä suurempi ilman lämpötila on, sitä suurempi sen vesihöyrypitoisuuskin on. Nykyaikaisissa ryömintätalallisissa rakennuksissa ongelmaksi muodostuu usein kesäisin suuret lämpötilaerot ryömintätilan ja ulkoilman välillä. Saapuessa viileään ryömintätilaan kuuma ulkoilma tiivistyy rakenteisiin edistäen vaurioiden alkamista. Aikaisemmin, perinteisen rossipohjan aikaan, alapohjarakenteiden U-arvot olivat huomattavasti huonompia ja ryömintätilojen lämpötilat pysyivät korkeimpina nykyratkaisuun verrattuna. Tämän takia samanlaista vesi ei tiivistynyt rakenteiden pinnoille kuumen ulkoilman saapuessa ryömintätilaan. Näin ollen ryömintätilan lämpötilan hallinta muodostuu nykyisin entistä tärkeämmäksi. (Randen 2007.)

Ryömintätilan lämpötilaan vaikuttavat alapohjan lämmöneristys ja tiiveys, maan routasuojaus, ryömintätilan maanperän lämmöneristys, hyvin vähäisessä määrin perusmuurin eristys ja tietysti ulkoilman lämpötila sekä tuuletuksen määrä. Kun alapohjan lämmöneristävyys ja tiiveys ovat huonot, sisäilmasta johtuu lämpöä ryömintätilaan, mikä näin ollen nostaa ryömintätilan lämpötilaa, kun taas hyvin eristetty alapohja laskee tuuletuksiltaan lämpötilaa. Suuri merkitys tuuletuksiltaan lämpötilaan on myös maanperän lämmöneristämällä; esimerkiksi ryömintätilan pohjalle asennettu 5 cm paksu styrox-levy nostaa lämpötilaa tuuletuksiltaan jo 2 celsiusastetta (Vinha & Korpi 2007). Kesäisin myös toimiva tuuletus tasaa lämpötilaeroja. Tuuletus ei kuitenkaan saa olla liian voimakas, sillä talvella ryömintätilan lämpötila ei saa mennä pakkasen puolelle. (Randen 2007; Randen 2008; Vinha & Korpi 2007.)

#### 4.2 Kosteustekniset ominaisuudet

Ryömintätilaan kosteutta pyrkii esimerkiksi pinta- ja sulamisvesinä. Muita kosteuden lähteitä ovat esimerkiksi ilmassa oleva vesihöyry, maasta niin kapillaarisesti nouseva kuin haihtuvakin vesi, alapohjan läpi huoneilmasta pyrkivä kosteus, vuodot ja rakennuksessa käytettävä vesi sekä rakennuskosteus. Kosteuden määrään ryömintätilassa vaikuttavat rakennuksen vaipan eristykset ja tiiviys, maanperän maalajit ja tehdyt maanvaihdot ja muut maatyöt, salaojitusjärjestelmät, routasuojuukset, ryömintätilan tuuletus, perusmuurin ja maanperän kosteuden eristykset sekä tietysti vallitsevat sääolosuhteet. Lämpötilan vaikutus näkyy ilman kosteuspitoisuutena. Ryömintätilan kuivana pysymisen kannalta tärkeää on pinta-, sade- ja sulamisvesien poisohjaus sekä maasta nousevan kosteuden hallinta. (Randen 2007; Randen 2008; Vinha & Korpi 2007.)

### 5 KOSTEUSVAURIO JA MIKROBIT

Kosteusvauriosta puhutaan silloin, kun materiaalin kosteuspitoisuus mahdollistaa mikrobikasvun (Vaurioitumisen yleisperiaate 2011).



Kuva 6. Esimerkki kosteusvauriosta alapohjatilassa

## 5.1 Mikrobikasvun edellytykset

Mikrobeja on kaikkialla, ja täysin mikrobittoman rakennuksen rakentaminen on täysin mahdotonta. Tärkeintä onkin hallita terveydelle haitallisten mikrobien esiintymistä rakenteissa ja näin ehkäistä niiden vaikutukset sisäilmaan. Tärkein edellytys mikrobien kasvulle on kosteus. Tuuletuskin vaikuttaa kasvuolosuhteisiin suuresti, kun taas lämpötilan, ravinteiden ja hapen vaikutukset ovat vähäisempiä. Mikrobit lisääntyvät valoisuudesta tai happamuudesta riippumatta, niin pimeässä kuin valoisassakin, sekä emäksisessä että happamassa. Mikrobien itiöt säilyvät yleensä elinkykyisinä vaikka kasvuedellytykset itse mikrobien kasvulle eivät täytyisikään. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen, Rantamäki & Tulla 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

### 5.1.1 Kosteus

Ilman vettä mikrobit eivät kasva. Kun ilman suhteellinen kosteus nousee 30 prosenttiin, pystyy mikrobikasvu alkamaan. Todennäköistä kasvu on silloin, kun ilman suhteellinen kosteus nousee yli 70 prosentin. Jokaisella mikrobilla on omat kosteusvaatimuksensa, joten optimaalinen ilman suhteellinen kosteus on hankala määrittää. Suurin merkitys on kuitenkin materiaalin omalla kosteuspitoisuudella. Tämän vuoksi oli-

sikin tärkeää suunnitella rakenteet siten, ettei kosteutta pääse kertymään rakenteen pinnalle taikka sen sisään. On myös tärkeää muistaa kosteussulut esimerkiksi puu- ja betonirakenteiden väliin, jotta kosteus ei pääse kulkeutumaan materiaalien välillä. Materiaalien kastuminen ei kuitenkaan ole vaarallista, jos ne kuivuvat muutamassa päivässä. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

### 5.1.2 Tuuletus

Toinen tärkeä seikka mikrobivaurioiden estämisessä, rakenteen kuivana pitämisen lisäksi, on riittävän tuuletuksen varmistaminen. Tuuletus vie kosteutta mennessään, ja ilmavirtaukset hidastavat mikrobikasvua. Näin ollen onkin tärkeää muistaa hoitaa kunnollinen tuuletus koko ryömintätilan alueelle. Minkäänlaisia katvealueita ei saa muodostua ja etenkin kulmien tuuletukseen tulee kiinnittää huomiota. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

### 5.1.3 Ravinto

Ravintoa mikrobit löytävät helposti kaikkialta, sillä Suomessa käytetään paljon materiaaleja, joissa on runsas selluloosapitoisuus. Mikrobeille kelpaavat ravinnoksi mitkä tahansa eloperäiset materiaalit. Useat mikrobit käyttävätkin ravinnokseen juuri selluloosaa, mutta mikrobikasvu on mahdollista myös betoni- ja kivipinnoilla, sillä ravinnoksi niille kelpaa jopa tavallinen huonepöly. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

### 5.1.4 Muut seikat

Mikrobien elinkyky säilyy jopa  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ :sta  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen lajeittain, esimerkiksi homesienien optimikasvulämpötila on  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Lämpötilan merkitys on siis melko pieni, jos muut kasvuvaatimukset ovat kohdallaan. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

Valoisuus ei vaikuta kasvuun, eikä myöskään ympäristön happipitoisuus. Mikrobit kasvavat niin hapellisissa kuin hapettomissakin olosuhteissa sekä pimeässä että valossa. Myöskään materiaalin pH-arvolla ei ole suurta merkitystä, sillä mikrobit kasvavat jopa todella emäksisten materiaalien, kuten betonin, pinnoilla. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

## 5.2 Mikrobit

Kosteusvaurion yhteydessä puhutaan monesti homehtumisesta, vaikka kysymys saataakin olla esimerkiksi sinistäjäsienenestä tai lahosta. Mikrobeja onkin paljon erilaisia ja erityyppisiä, vaikka ne kansan suussa tunnetaan kaikki homeen nimellä. Yhteistä kaikille niille on erinomainen lisääntymiskyky ja se, että niitä esiintyy kaikkialla.

Bakteerit ilmestyvät kosteusvauriokohteeseen ensimmäisenä. Ne ovat mikrobeista pienimpiä, paljaalle silmälle näkymättömiä, kun taas eräät sienilajikkeet voivat levittää rihmastonsa laajallekin alueelle. Esimerkiksi lattiasieni kuljettaa kosteutta rihmastojensa avulla myös kuiville alueille. Tämän takia olisi tärkeää muistaa kosteussulut eri materiaalien välille. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

Homeet kuuluvat rihmasieniin. Ne lisääntyvät itiöiden avulla suvuttomasti. Homeet eivät vaikuta materiaalien lujuuteen, sillä ne elävät vain niiden pinnoilla. Homeiden vaarallisuus piileekin enemmän siinä, että ne saattavat tuottaa epäpuhtauksia sisäilmaan ja näin aiheuttaa terveyshaittoja. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

Homeiden jälkeen kosteusvauriopaikalle saapuvat lahottajasienet. Ne tuhoavat myös puun lujuusominaisuudet, sillä ne käyttävät ravinnokseen puunaineesia ja samalla hajottavat puun rakenteen. Lahottajat vaativat yleensä paljon kosteutta, ja puun kuivapainosta onkin oltava sitoutumatonta vettä ainakin 40 – 80 %. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

Sienien myrkyllisiä aineenvaihduntatuotteita kutsutaan mykotoksiineiksi. Mykotoksiinien tuotanto on mikrobeilla lajikohtaista; toiset tuottavat niitä jossain kasvunsa vaiheessa ja toiset eivät. Myrkyllisistä aineenvaihduntatuotteista seuraa ihmiselle erilaisia terveyshaittoja, kuten iho- ja hengitystieoireita. (Katsaus mikrobeihin 2011; Kääriäinen ym. 1998; Leivo 1998; Mikrobikasvun edellytykset 2011; Salmi & Kemoff 1996; Seuri & Reiman 1996.)

## 6 ONGELMALLISIA RAKENTEITA

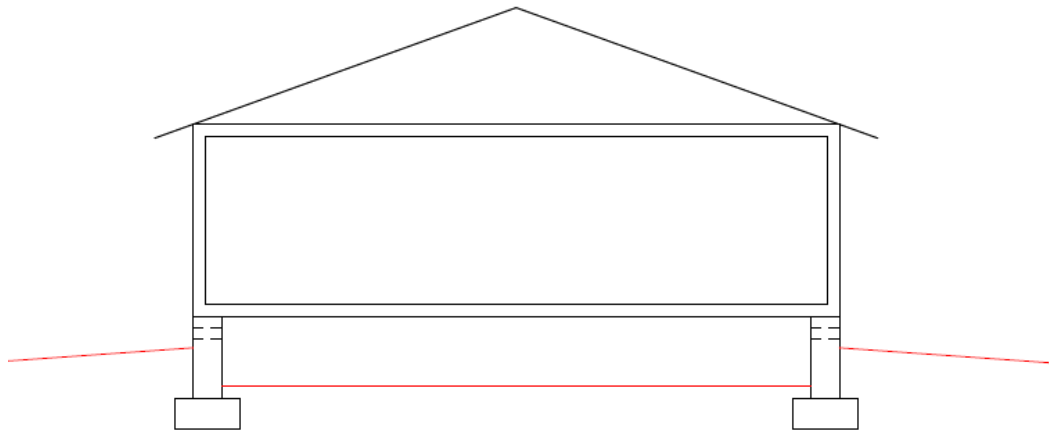
Ryömintätalallisten alapohjien suurin ongelmien aiheuttaja on kosteus. Kosteuden myötä mikrobit pääsevät tuhoamaan alapohjan puisia rakenteita. Betonisissakin materiaaleissa ne lisääntyvät helposti ja näin lisäävät rakennuksen sisäilman laadun huononemisen riskiä. Kosteusolosuhteet saadaan hallintaan estämällä kosteuden pääsy ryömintätilaan ja hoitamalla ryömintätilan tuuletus asianmukaisesti. Yleisimmät vauriotapaukset liittyvätkin huonosti hoidettuihin kapilaari- ja kosteuskatkoihin, puutteellisiin salaojituksiin ja riittämättömään tuuletukseen. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettatut rakenteet 2011; Vaurioitumisen yleisperiaate 2011; Ympäristöopas 28. 1997; Ympäristöopas 29. 1997).



Kuva 7. Huonon tuuletuksen, tuulettutilassa olevien orgaanisten aineiden ja kosteuden yhteisvaikutus on johtanut alapohjan romahdukseen (Pirinen 2011)

## 6.1 Monttu

Kuvan 8 kaltainen monttu-ratkaisu, jossa ulkopuolinen maanpinta on tuuletustilan maanpinnan yläpuolella, on rakennusmääräyskokoelman mukaan sallittu ja sitä käytetäänkin paljon. Kun tuulettuva alapohjarakenne rakennetaan tällaiseksi, saadaan sen avulla rakennuksen korkomaailmaa hallittua ja ulkoportaiden määrää laskettua. Yksityy rakenteen suosioon löytyy Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta F1 Esteetön rakennus. ”Luiska saa olla kaltevuudeltaan enintään 8 % (1:12,5) ja pituudeltaan yhtäjaksoisena enintään kuusi metriä, jonka jälkeen kulkuväylällä edellytetään vaakasuoraa vähintään 2 000 mm:n pituista välitasannetta. Ilman välitasanteita jatkuva luiska saa olla enintään 5 % (1:20) kalteva. Jos ulkotilassa olevaa luiskaa ei voida pitää sisätilassa olevaan luiskaan verrattavissa kunnossa, kaltevuutta vastaavasti loivennetaan.” todetaan Suomen rakentamismääräyskokoelmassa. Määräystä voidaan kiertää käyttämällä monttu-ratkaisua. (Pirinen 1999; Suomen rakentamismääräyskokoelma, F1 2005.)



Tuuletustilan maanpinta on alempana ulkoilman maanpintaa

Kuva 8. Monttu

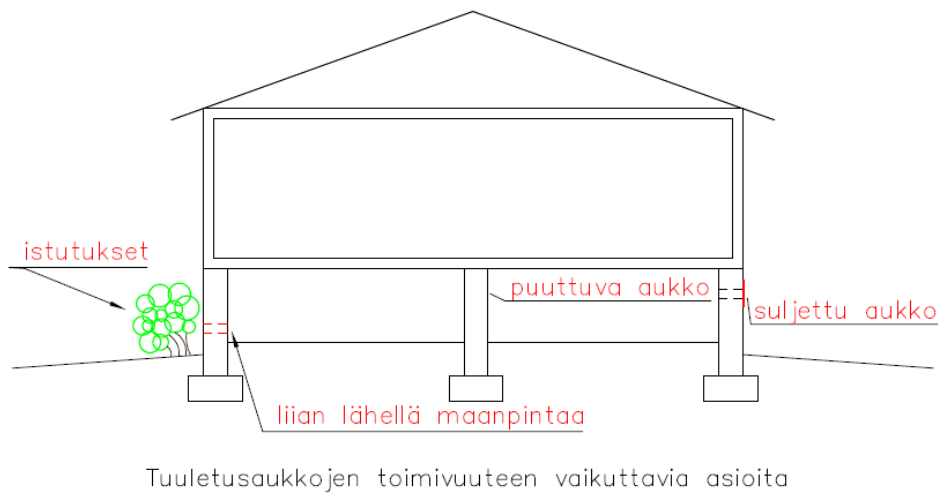
Tällainen rakenne on kuitenkin melko riskialtis, sillä tässä tapauksessa seinän vierelle päässyt vesi pyrkii kohti tuuletustilaa, eikä suinkaan sieltä pois päin. Vesi pyrkii aina alemmas, joten montturakennetta voidaan verrata hiekkalaatikolla kaivettuun koloon, johon vesi ensimmäisenä sateen alettua kertyy. Tällainen rakenne yhdistettynä huonosti toteutettuun salaojitukseen ja sokkelin kosteuskatkojen puuttumiseen takaa talon



alle muodostuvan uima-altaan. (Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Ympäristöopas 29 1997.)

## 6.2 Tuuletusaukot

Kuvassa 9 on esitetty muutama esimerkki, jossa tuuletusaukko ei hoida tehtäväänsä kunnolla. Suurimmat ongelmat syntyvät varmasti silloin, kun tuuletusaukkoja ei ole lainkaan tai ne on suljettu pysyvästi. Tuulettuvan alapohja rakenteen perusajatuksenahan on, että maasta noussut kosteus ei pääse alapohjaan asti, koska tuulettuun tilaan käyvät ilmavirtaukset vievät kosteuden mukanaan. Jos tuuletusaukot puuttuvat, ei näitä ilmavirtauksia pääse syntymään. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettut rakenteet 2011; Ympäristöopas 29 1997.)



Kuva 9. Ongelmia tuuletusaukkojen sijoituksessa





Kuva 10. Heikosta tuuletuksesta johtuvia vaurioita puualapohjassa (Heli 2011)

Tuuletusaukot on muistettava sijoittaa myös sydänmuureihin ja muihin alapohjan alle tuleviin perusmuureihin, jotta tuulettumattomia osastoiteja ei synny. Näissä tapauksissa on myös muistettava, että aukkojen tulisi olla vähintään puolet suurempia kuin sokkelissa olevien aukkojen, jotta tuuletus toimisi tehokkaasti koko tuuletustilan läpi. Myös rakennukseen nurkkiin jää helposti tuulettumattomia katvealueita, joten nurkka-alueiden tuuletukseen kannattaa kiinnittää huomiota. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuuletetut rakenteet 2011; Ympäristöopas 29 1997.)

Samanlaisia ongelmia syntyy myös tuuletusaukkojen ollessa liian pieniä tai silloin, kun niitä on liian vähän. Rakennusvaiheessa tulisi ajatella myös tulevaisuutta tuuletusaukkojen sijoittelua ja kokoa mietittäessä. Vaikka tuuletusaukot olisivat oikein sijoitetut ja tuuletus toimiva heti talon valmistuttua, ei se takaa tuuletuksen toimivuutta rakennuksen koko elinkaaren ajalle. Ajan myötä maanpinta nousee ja talon ympärillä oleva kasvillisuus sekä muut rakennukset saattavat heikentää tuuletusta. Tuuletuksen toimivuutta onkin syytä tarkkailla jatkuvasti ja muistaa suorittaa huoltotoimenpiteitä myös rakennuksen valmistumisen jälkeen. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuuletetut rakenteet 2011; Ympäristöopas 29 1997.)

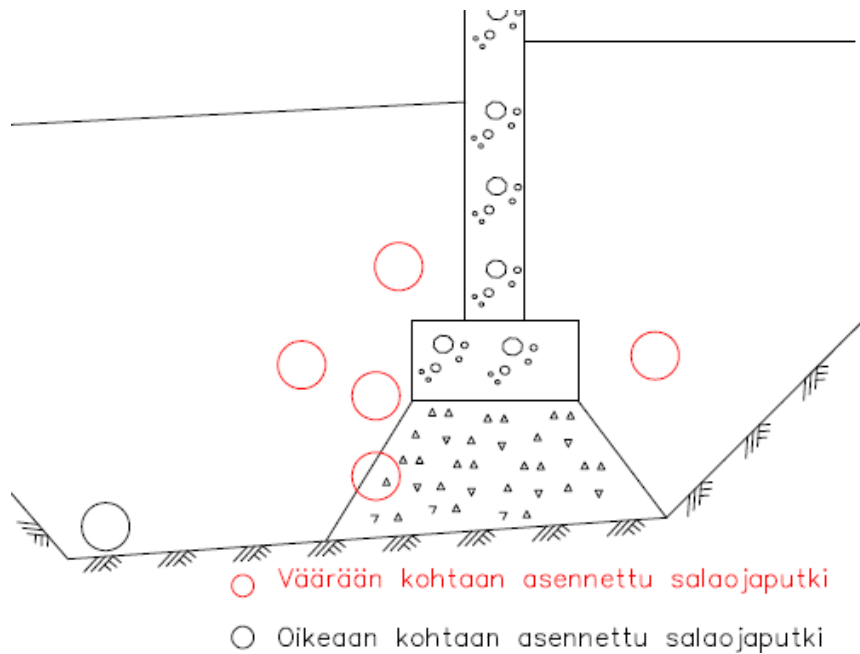


Kuva 11. Esimerkki tuuletusaukon riskialttiista sijainnista (Pirinen 2011)

### 6.3 Salaojat

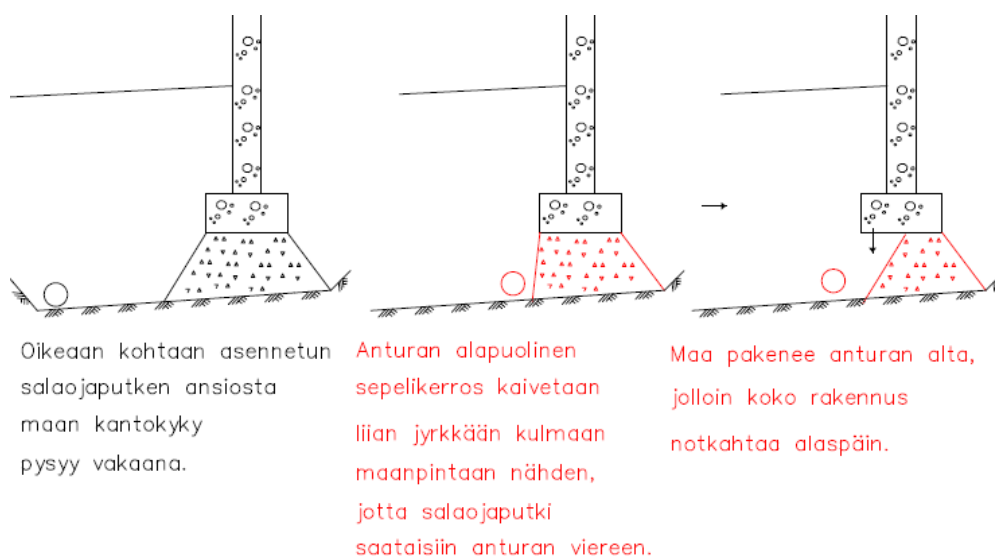
Toimiva salaojitus on avainasemassa perustusten kuivana pysymisen kannalta. Oikein asennettu salaojaputkisto sijaitsee kokonaisuudessaan anturan alapinnan alapuolella, sillä vain näin saadaan vesi ohjattua alas salaojaputkeen ja sitä kautta pois perustusten luota. Salaoja ei myöskään saa sijaita pelkästään rakennuksen sisäpuolella. Salaojitus-ta saadaan toki parantaa asentamalla salaojia myös alapohjan alla olevaan maaperään, mutta putkitus on aina muistettava asentaa myös rakennuksen sokkelin ulkopuolelle.

Vaikka putkisto olisikin korkeusasemaltaan oikeassa paikassa, on muistettava myös oikeanlaiset kallistukset. Salaojat ovat hyödyttömiä, jos kallistukset on tehty väärään suuntaan tai niitä ei ole lainkaan. Järjestelmään on liitettävä tarkistuskaivoja ja vähintään yksi kokoajakaivo, johon kohti kallistukset on hoidettava. Salaoja putkien huolimaton asennus saattaa johtaa siihen, että vesi jää seisomaan putkistoon eikä ohjaudu pois perustusten luota. (Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Ympäristöopas 29 1997.)

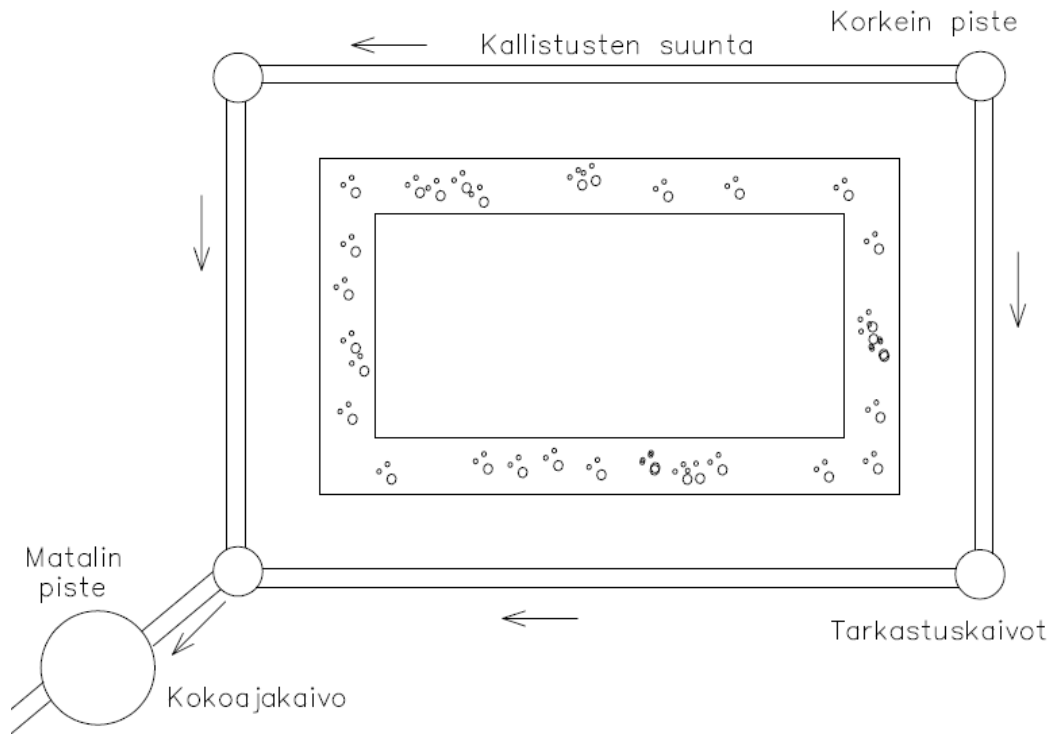


Kuva 12. Salaojaputken sijoitus anturaan nähden. Kuvassa on huomioitu myös kaadot.

Piirustuksissa salaojaputki on usein piirretty heti anturan viereen. Salaojaputken asentaminen heti anturan viereen on kuitenkin arveluttavaa, sillä maan kantokyky vaarantuu, kun anturan alapuolisen sepelikerroksen ja maanpinnan välinen kulma on liian jyrkkä. Liian jyrkkä kulma aiheuttaa helposti maan pakenemisen anturan alta ja tämä taas koko rakennuksen painumisen. Esimerkki maan kantokyvyn pettämisestä on esitetty kuvassa 13. (Stabiliteetti 2011.)



Kuva 13. Maan kantokyky vaarantuu, jos maanpinnan ja sepelikerroksen välinen kulma on liian jyrkkä



Kuva 14. Veden kulku salaojajärjestelmässä

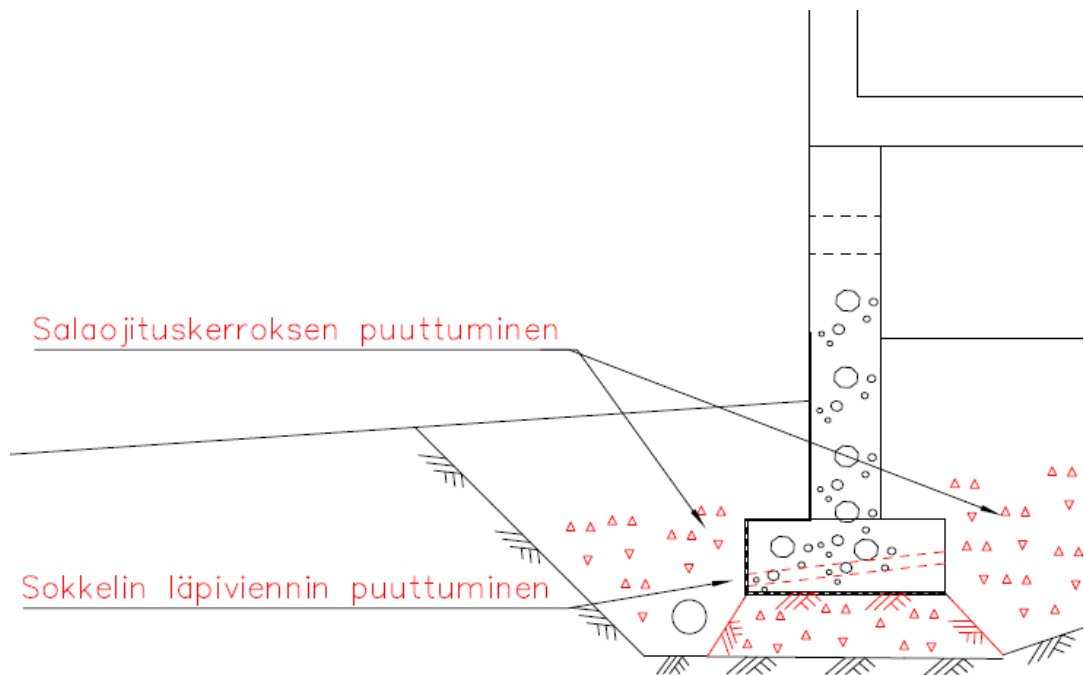
Järjestelmä olisi hyvä tarkastaa useasti, sillä esimerkiksi puiden juuret ja maanpainuminen saattavat aiheuttaa ongelmia salaojajärjestelmässä. Juuret tukkivat putkia ja estävät näin veden kulun putkistossa. Maanpainuminen taas saattaa vaikuttaa kallistuksiin ja näin aiheuttaa putkistoihin veden lammikoitumista. (Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Ympäristöopas 29. 1997.)

Ongelmia salaojajärjestelmässä aiheuttavat myös puutteelliset routasuojaukset. Huonosti toteutetut tai puuttuvat routasuojaukset aiheuttavat muutoksia maaperässä ja näin ollen salaojajärjestelmässä. Pahimmassa tapauksessa koko järjestelmän suunta muuttuu ja vettä alkaa kerääntyä talon alle. Erityisesti huomiota on kiinnitettävä kokoajakaivon ja kunnallisen viemärijärjestelmän väliseen liittymiskohtaan. Usein tämä seikka unohtetaan, vaikka salaojajärjestelmä muuten olisi moitteeton. (Ympäristöopas 29. 1997.)

#### 6.4 Salaojituserrokset

Salaojituserroksen tarkoitus on pysäyttää veden kapillaarinen nousu niin alapohjan alla kuin perustusten ympärilläkin. Ilman salaojituserrosta niin pinta-, sulamis- kuin pohjavedetkin joutuvat helposti anturan ja perusmuurin lähelle. Useasti etenkin vanhimmissa taloissa salaojituserrokset puuttuvat kokonaan, tai ne ovat ajan myötä se-

koittuneet kapillaaristen maalajien kanssa. Maaperää, joka sitoo vettä itseensä, ei saisi sijaita heti anturan ja sokkelin vieressä, sillä se muodostaa perusmuurin ympärille ikään kuin kostean vaipan, josta helposti siirtyy kosteutta rakenteeseen. (Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999.)

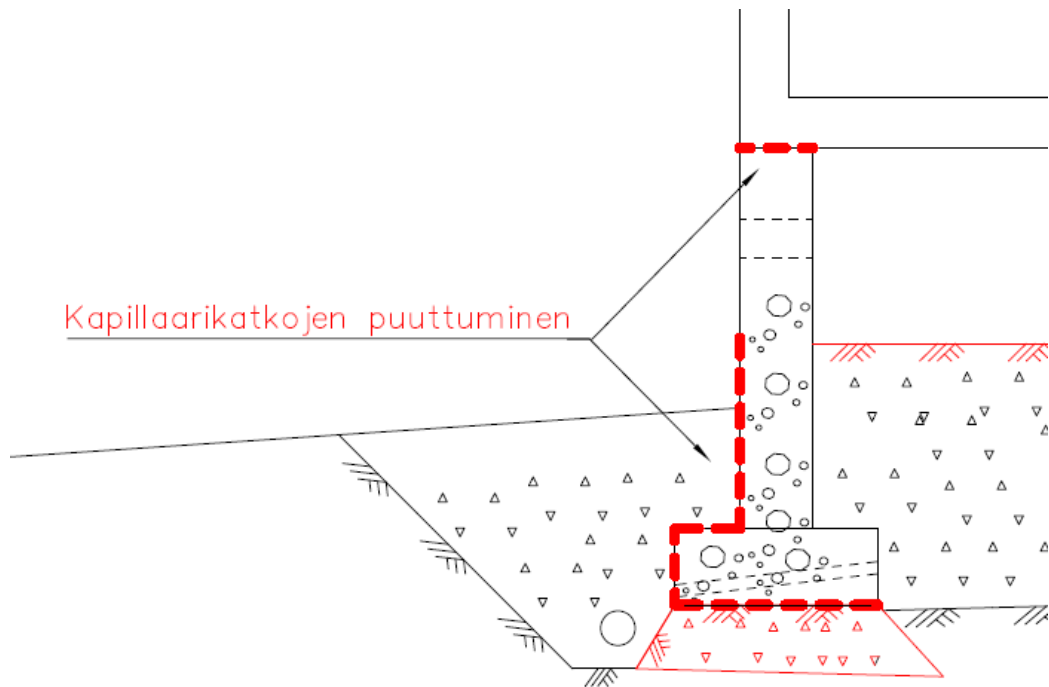


Kuva 15. Salaojituskerrokseen liittyviä ongelmia

Nykymääräysten mukaan alapohjan alapuolisen salaojituskerroksen ja salaojaputkia ympäröivän salaojituskerroksen on oltava yhteydessä toisiinsa. Näin ei kuitenkaan aina ole ollut. Salaojituskerrosta ei aina ole kehoitettu levittämään myös anturan alle, vaan antura on neuvottu rakentamaan suoraan perusmaan päälle. Näissä tapauksissa korostuu vaara, että kosteus kapillaarisesti nousee suoraan perusmaasta rakenteisiin, etenkin jos kosteussulku anturan alapuolella on unohdettu tai huonosti asennettu. Anturan ollessa suoraan perusmaata vasten on myös muistettava huomioida anturan läpiviennit. Jos nämä puuttuvat, ei alapohjan alle joutunut kosteus pääse valumaan salaojiin ja sitä kautta pois rakenteesta, vaan kerääntyy anturan viereen aiheuttaen ylimääräistä kosteusrasitusta ryömintätilassa. (Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011.)

## 6.5 Kapillaarikatkot

Kapillaarikatkojen tehtävä on estää kosteuden imeytyminen rakenteisiin. Antura ja sokkeli tulisi suojata veden kapillaarista nousua vastaan, jotta rakenteet pysyisivät kuivina. Oikein asennetut katkot suojaavat rakennetta, vaikka salaojituserrokset olisivatkin päässeet sekoittumaan. Ne suojaavat rakennetta tehokkaasti myös suuremmilta pinta- ja sulamisvesiltä. (Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Ympäristöopas 29. 1997.)



Kuva 16. Kapillaarikatkot

Katkoja on hyvä olla niin anturan alla kuin perusmuurin seinässäkin, mutta rakenteellisesti tärkeimmät katkot sijaitsevat materiaalien rajapinnoilla. Suurin osa pientalorakentamisessa käytetystä betonista on kapillaarista. Kapillaarikatkojen puuttuessa vesi pääsee helposti kulkeutumaan betonirakenteiden avulla puurakenteisiin ja näin aiheuttamaan kosteusvaurioita. (Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Ympäristöopas 29. 1997.)



Kuva 17. Kapillaarikatkon puuttuminen betonin ja puun väliltä on johtanut puurakenteiden vaurioitumiseen (Pirinen 2011.)

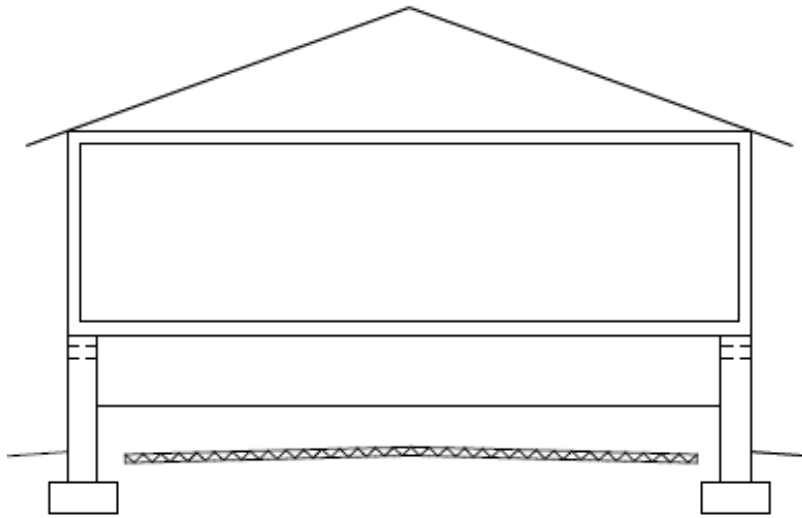
Kapillaarikatko tulisi myös aina muistaa itse ryömintätilan maaperässä, jotta maaperästä haihtuva vesi ei pääsisi nostamaan tuuletustilan kosteusolosuhteita. Tuulettuvan alapohjan maanpinta ei siis koskaan saisi olla alkuperäinen maanpinta. (Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Ympäristöopas 29 1997.)

## 6.6 Lämmöneristys

Modernin tuulettuvan alapohjan yksi yleisemmistä ongelmista on tuuletustilan olosuhteiden hallinta kesäisin. Ryömintätilan lämpötila saattaa kesäisin laskea ulkoilman lämpötilaa matalammaksi, jolloin tuuletustilan suhteellinen kosteus nousee suureksi ja kosteus pääsee tiivistymään rakenteisiin. Tätä ilmiötä on pyritty hallitsemaan asentamalla lämmöneristys tuuletustilan maanpinnalle eli tasaamalla lämpötilaeroja.

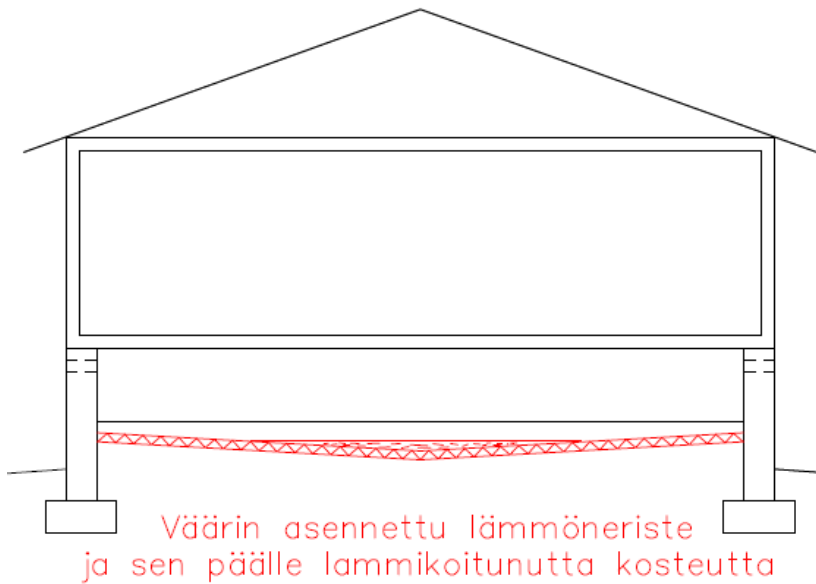
Esimerkiksi 70-luvulla suositeltiin asentamaan mineraalivillakaista ryömintätilan pohjalle. Huonosti asennettu eriste saattaa kuitenkin vain aiheuttaa lisää ongelmia, eikä suinkaan vähennä niitä. Jos eristeen alla oleva maa on kapillaarista, vesi kerääntyy helposti eristeen alapuolelle. Eristeen päälle taas saattaa lammikoitua vettä, jos eristet-

tä ei ole kallistettu oikein. Kuvissa 19 ja 20 on esitetty sekä huonosti, että määräysten mukaisesti asennettu lämmöneriste. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011.)



Määräysten mukaan asennettu lämmöneriste

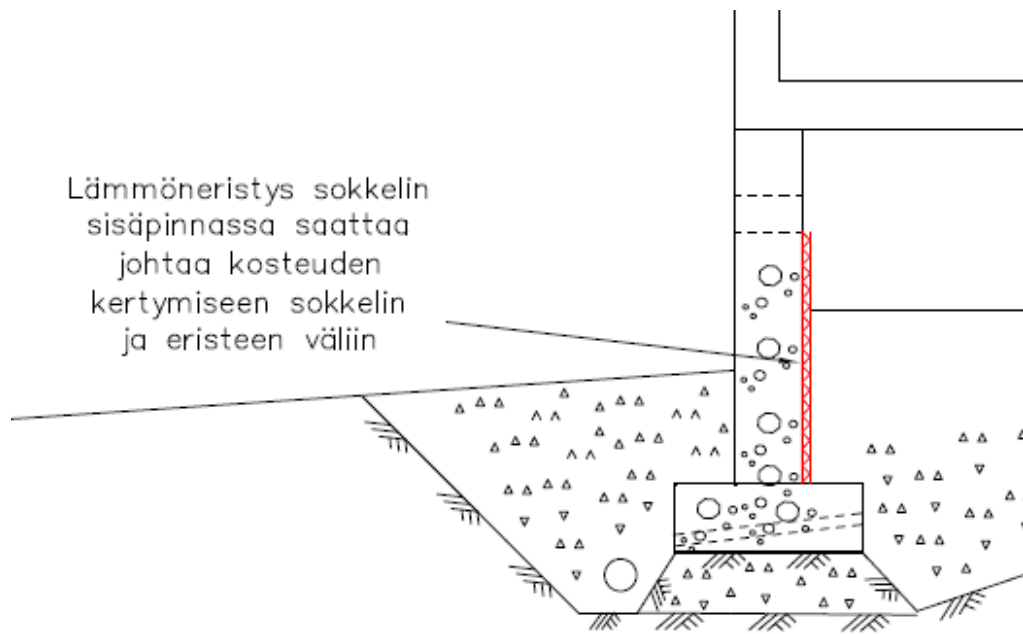
Kuva 18. Määräysten mukainen tuuletustilan lämmön eristys



Kuva 19. Väärin asennettu lämmön eristys

Jotta eristeen päälle kasautuva vesi kulkeutuisi pois ryömintätilasta, eriste tulee jättää irti sokkelin reunoista. Eriste on siis virheellisesti asennettu, jos sokkelin viereen ei ole jätetty tilaa, jonka kautta vesi pääsisi poistumaan salaojiin. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011.)



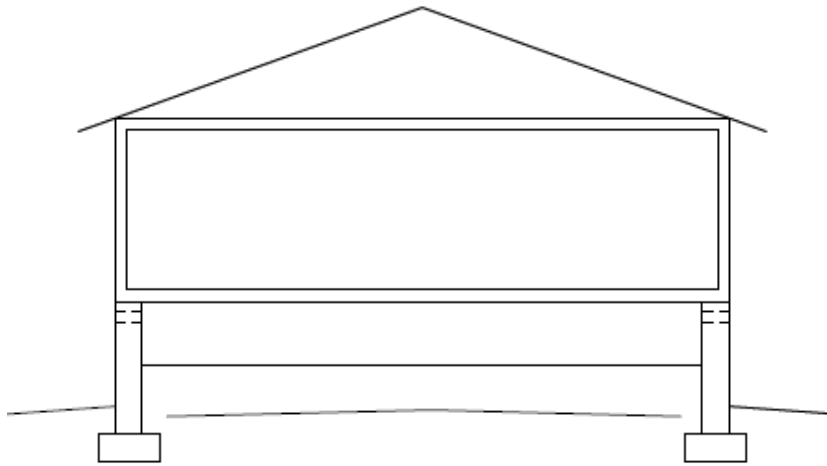


Kuva 20. Sokkelin sisäpuolinen eristys

Kuvassa 20 esitetty sokkelin sisäpuolinen eristys on paljon käytetty ratkaisu, jonka kosteustekninen toiminta on kuitenkin arveluttava. Talvisin puurunkojen alajuoksun alapinta on aina kastepisteessä. Eristäessä sokkeli sisäpuolelta perusmuurin lämpötila laskee. Nykyisin sokkelit pinnoitetaan ja betonin on oltava pakkasen kestävä. Aina näin ei kuitenkaan ole ollut, joten kun sokkeliin pääsee imeytymään vettä, se kerääntyy sokkelin ja eristeen rajapintaan ja kerää näin vettä perusmuuriin. Talvisin tämä aiheuttaa sokkelin jäätyksen ja tätä kautta rapautumisen riski kasvaa.

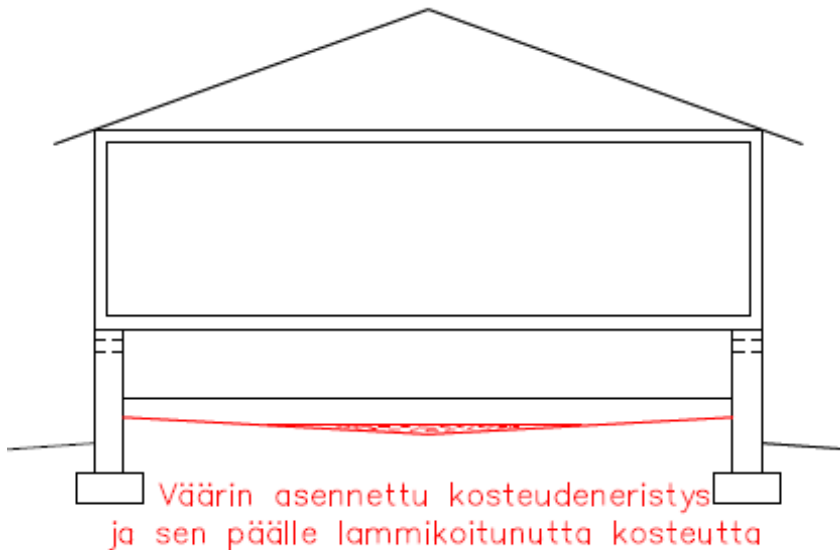
## 6.7 Kosteudeneristys

Kosteuden eristyksen ongelmat ovat samankaltaisia kuin väärin asennetun lämmöneristeenkin kanssa. Tarkoituksena on estää maasta nousevan kosteuden pääsy ryömintätilaan. Kosteussulkuna on käytetty maanpinnalle levitettävää muovia. (Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011.)



Määräysten mukaan asennettu kosteudeneristys

Kuva 21. Tuuletustilan kosteuden eristys



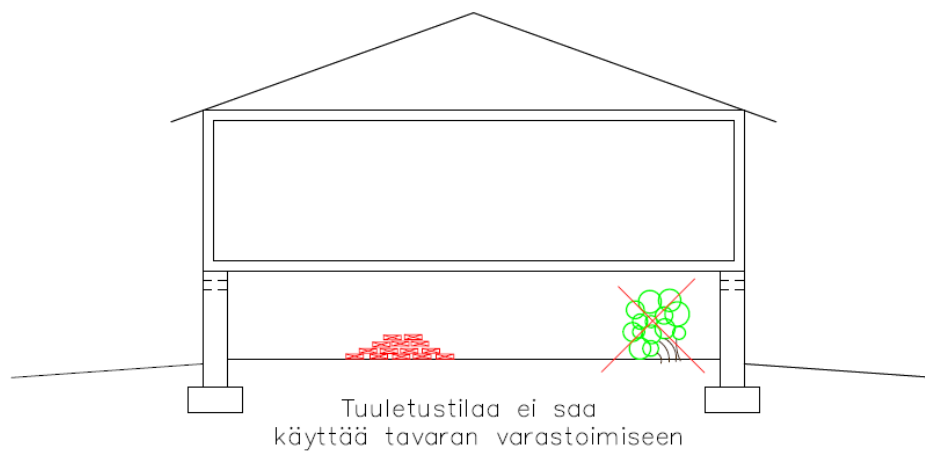
Kuva 22. Väärin asennettu kosteudeneristys kerää vapaata vettä tuuletustilaan.

Muovin asennukseen pätevät samat säännöt kuin lämmöneristeen asennukseen. Sokkelin viereen on jätettävä tilaa, jotta muovin päälle kasaantunut vesi pääsee poistumaan. Veden lammikoituminen estetään ohjaamalla kallistukset reunoja kohti. (Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011.)

Myös ongelmat muovin käytössä ovat samanlaisia kuin lämmöneristeen suhteen. Kerääntynyt vesi muovin alapinnassa aiheuttaa mikrobivaurioita ja lammikoitunut vesi lisää ryömintätilan kosteutta. (Kosteuden siirtyminen 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011.)

## 6.8 Orgaaniset aineet

Joskus ongelmat tuuletustilassa johtuvat käyttäjän tietämättömyydestä. Yleisimmin käyttäjien aiheuttamat vauriot alapohjassa liittyvät tuuletuksen huonontumiseen, joka johtuu siitä, että ryömintätilaa on käytetty tavaroiden varastointiin. Monesti esimerkiksi jäljelle jääneet rakennustarvikkeet varastoidaan tuuletustilaan. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettatut rakenteet 2011; Ympäristöopas 28. 1997.)



Tuuletustilassa ei saa olla mitään orgaanisia aineita

Myös tuuletustilan maaperästä on poistettava eloperäiset materiaalit

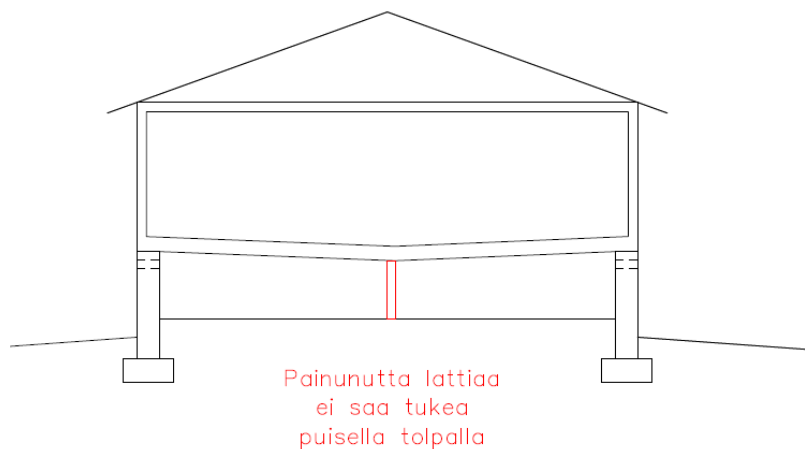
**Kuva 23.** Tuuletustilassa varastoitu puutavara ja siellä kasvava kasvillisuus aiheuttavat ongelmia

Ongelmia syntyy myös, jos ryömintätilaa ei siivota kunnolla sahanpurusta ja rakennusaikana tulleesta rakennusjätteestä, vaan ne jätetään tuuletustilaan. Samaan kastiin rakennusjätteiden kanssa kuuluvat myös anturoiden ja sokkelin muottilaudoitukset, joita ei ole purettu vaan on jätetty ryömintätilaan lahoamaan. Myös ryömintätilan maaperä pitää muistaa puhdistaa orgaanisista aineista tai vaihtaa se kokonaan, jotta tuuletustilaan ei synny lisää lahoamiselle alttiita materiaaleja. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettatut rakenteet 2011; Ympäristöopas 28. 1997.)

Tuuletustilassa olevat ylimääräiset tavarat ja orgaaniset aineet sekä heikentävät ryömintätilan tuuletusta että lisäävät mikrobivaurioiden riskiä. Mitä enemmän tilassa on lahoamiselle herkkiä materiaaleja, sitä todennäköisempää on, että epäpuhtauksia kulkeutuu myös sisäilmaan. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Kosteuden siirtyminen 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettatut rakenteet 2011; Ympäristöopas 28. 1997.)

## 6.9 Lattian tuenta

Rakennusten ikääntyessä suurien jännevälien välissä olevat lattiat saattavat alkaa painua. Joissain tapauksissa painunutta lattiarakennetta on pyritty nostamaan asentamalla puupilari tuuletustilaan lattiaa tukemaan. Korjaus on riskialtis jo materiaaliltaan, mutta usein myös kosteussulku on unohdettu tolpan ja alapohjan väliltä, jolloin kosteus pääsee nousemaan tolppaa pitkin suoraan alapohjarakenteisiin. Tällaisessa korjausratkaisussa vaurioituu yleensä sekä puutolppa että alapohja. (Kosteuden siirtyminen 2011; Ympäristöopas 28 1997.)



Kuva 24. Painunutta lattiaa on pyritty korjaamaan tukemalla sitä puutolpalla

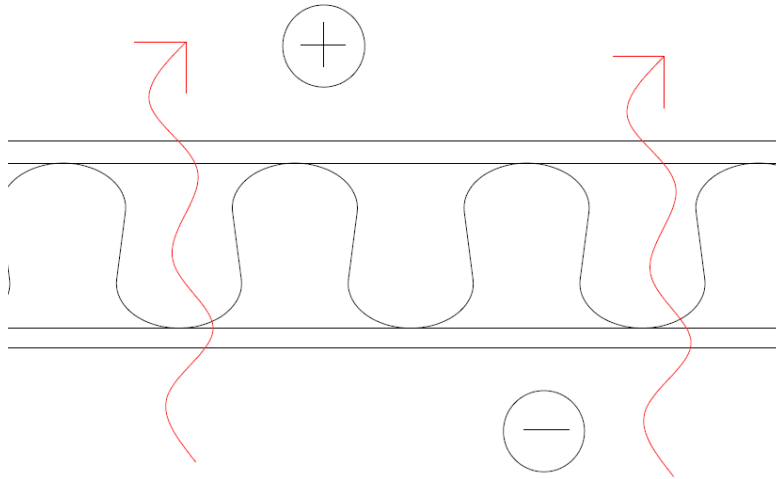


Kuva 25. Painunutta lattiaa on pyritty korjaamaan puutolpalla. Ryömintätalassa on myös sinne kuulumatonta rakennusjätettä. (Heli 2011)

### 6.10 Alapohjan tiiveys

Täysin mikrobittomaksi rakennusta on mahdoton saada. Mikrobit ovat osa luontoa, ja niitä esiintyy joka puolella. Rakenteiden tarkoituksena onkin pitää terveydelle haitalliset mikrobit poissa rakennuksista ja niiden määrät kurissa. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettut rakenteet 2011; Ympäristöopas 29. 1997.)

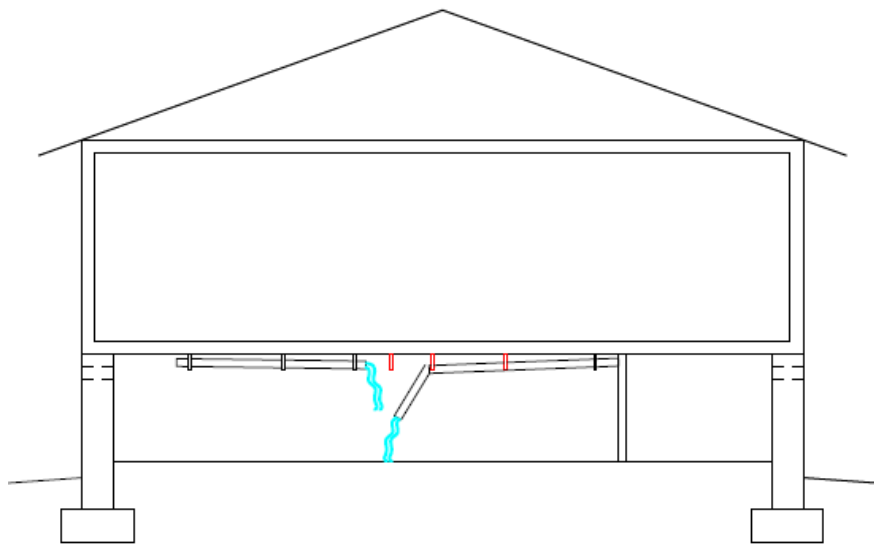
Usein ryömintätiloissakin esiintyy mikrobeja, jotka saattavat olla terveydelle haitallisia, mutta jos ne eivät pääse sisäilmaan niistä ei ole haittaa. Tällöin alapohjan tiiveys ja oikeanlainen ilmanvaihto nousevat tärkeiksi. Etenkin puisten alapohjien tiiveys on useasti huono, ja muutos ilmanvaihto-olosuhteissa saa korvausilman kulkemaan alapohjan kautta, mikä tuo haitallisia mikrobeja mukanaan. Vanhassa talossa ilmanvaihto-olosuhteisiin vaikuttavat esimerkiksi vanhojen ikkunoiden vaihto uusiin tai liesituulettimen asennus. Kun vanhojen harvojen ikkunoiden tilalle vaihdetaan uudet tiiviit ikkunat, ei korvausilmaa pääse kulkemaan ikkunan karmien raoista enää samalla tavalla kuin aikaisemmin, joten korvausilma alkaa kulkea taloon harvan alapohjan kautta. Samanlainen ilmiö tapahtuu liesituulettimen asennuksen myötä. Liesituulettimen työntää ilmaa ulos niin suurella nopeudella, että korvausilma tarvitsee uusia reittejä korvataksaan ulos työnnetyn ilman. (Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011; Perustus ja alapohja 2011; Pirinen 1999; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011; Tuulettut rakenteet 2011; Ympäristöopas 29 1997.)



Kuva 26. Alapohjan huono tiiveys

### 6.11 Putkien rikkoutuminen tuuletustilaan

Käyttövesi- ja viemäriputkistojen aiheuttamat vauriot ovat myös melko yleisiä. Putkistovuotoja syntyy esimerkiksi silloin, kun putkistojen kiinnitykset pettävät, putket hajoavat ja vesi pääsee valumaan ryömintätilaan. Vielä ikävämmäksi ongelman tekee, jos hajonnut putki kuuluu viemäriputkistoon. Toinen ongelmia aiheuttava tekijä on putkien jäätyminen talvisin. Ei pidä myöskään unohtaa ajan myötä tapahtuvaa putkien haurastumista ja korroosiota. Putkistojen ja niiden kannakkeiden kunto tulisikin muistaa tarkistaa usein, jotta tällaisilta ongelmilta vältyttäisiin. (Perustus ja alapohja 2011; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011.)



Putkien kiinnitykset ovat pettäneet ja sen seurauksena putket ovat menneet poikki ja vesi valuu ryömintätilaan.

Kuva 27. Esimerkki putkistojen aiheuttamasta ongelmasta

#### 6.12 Perinteisen rossipohjarakenteen muuttaminen

Usein myös rakennuksen peruskunnan parantamiseksi tehdyt toimenpiteet voivat aiheuttaa ongelmia. Alkujaan toimivat ja terveelliset rakenteet korjataan vaihtamalla rakenteessa olevia materiaaleja tai korjataan itse rakennetta. Näin muuttaa rakenteen fyysisiä ominaisuuksia, minkä jälkeen vaurioita alkaa muodostua. Perinteisen rossipohjan kosteustekniseen toimivuuteen vaikuttavia seikkoja ovat esimerkiksi alapohjan lisälämmöneristäminen tai perusmuurin saumojen tiivistäminen. Saumojen tiivistämisen vuoksi tuuletus vähenee ja kosteutta kerääntyy ryömintätilaan enemmän. (Rossipohja 2005; Puinen alapohja 2011; Ryömintätilojen korjaukset 2011.)

### 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA PARANNUSEHDOTUKSET

Tuulettuvien alapohjien yleisimmät ja isoimmat ongelmat liittyvät maasta nousevaan kosteuteen ja tuuletuksen riittämättömyyteen. Tuuletusaukkojen sijainnissa ja koossa on monesti puutteita, tai aukkoja ei ole. Aukkojen toimimattomuuden vuoksi kosteuspitoisuus ryömintätilassa pääsee nousemaan ja mikrobikasvun edellytykset täyttyvät. Mikrobien lisääntyessä rakenteet vaurioituvat ja sisäilman puhtaus vaarantuu.

Monet käytetyistä rakenteista keräävät vettä helposti joko tuuletustilaan, perusmuuriin tai ryömintätilan maapohjaan, mikä kasvattaa kosteusvaurioiden riskiä. Salaojituserosten ja kapillaarikatkojen puuttuminen johtaa veden kapillaariseen nousuun betonin kautta puurakenteisiin ja tätä kautta puuosien vaurioitumiseen.

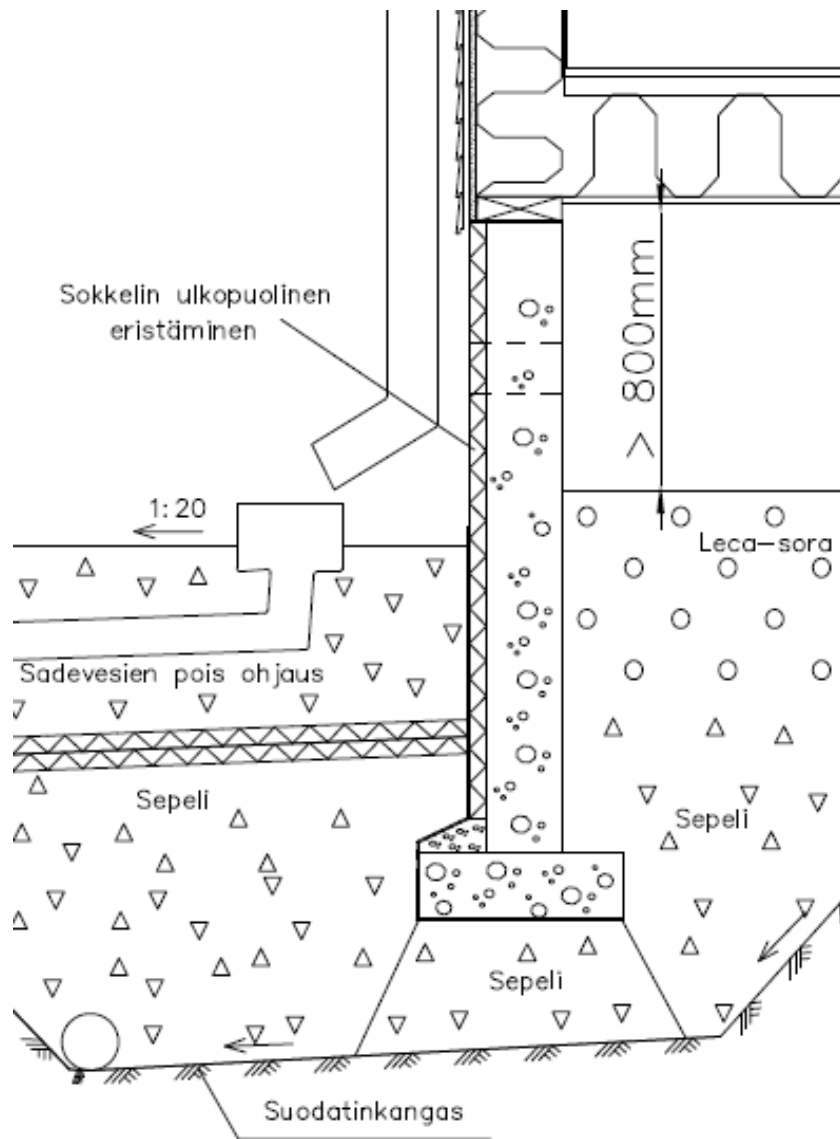
Orgaaniset aineet ryömintätilassa lisäävät mikrobien kasvuedellytyksiä ja helpottavat niiden leviämistä. Ryömintätilan käyttö varastona myös heikentää tuuletusta ja sitäkin kautta edistää mikrobivaurioiden syntyä.

Kosteusvauriot tuulettuvissa alapohjissa saataisiin paremmin hallintaan tuuletusta tehostamalla ja parantamalla veden pois ohjausta sekä kapillaarista nousua. Montturaakenteen käytöstä olisi luovuttava kokonaan, mahdollisesti jopa niin, että tuuletustilan maanpinnan olisi oltava aina ulkopuolista maanpintaa korkeammalla. Tämä saisi veden pyrkimään pois tuuletustilasta jo painovoimankin avulla

Tuuletusaukkojen sijaintiin ja kokoon tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota. Tuuletus voitaisiin varmistaa vielä katolle vietävien tuuletushormien avulla. Katvealueiden syntymistä tulisi välttää ja tutkia lisää nurkka-alueiden aukkojen oikeaa sijaintia.

Sokkelin lämmöneristyksen tulisi sijaita perusmuurin ulkopuolella eikä sen vedeneristystä saisi unohtaa. Tuuletustilan lämmön- ja kosteuden eristys tulisi toteuttaa leca-soralla tai muulla vastaavalla materiaalilla, joka toimisi lämmöneristeenä ja samalla kapillaarikatkona eikä missään tapauksessa pääsisi keräämään vettä tuuletustilaan. Muutenkin tulisi kiinnittää enemmän huomiota rakentamisessa käytettäviin maa-aineksiin. Reilut salaojituserrokset koko rakennuksen ja anturoiden alle pitäisivät rakennuksen paremmin kuivana. Maa-ainesten sekoittuminen olisi hyvä estää suodatin kankaalla ja muotoilla kaikki maakerrokset koko rakennuksen alla salaojaputkiin päin viettäviksi.





Kuva 28. Parannusehdotuksia

Salaojaputkia ei saisi asentaa liian lähelle anturaa, jotta maan kantokyky ei heikkene. Putket voisi myös sijoittaa suoraan suodatinkankaan päälle, jotta vesi pääsisi niiden kautta poistuman. Ohjeistusta kiinteistöjen ja kunnallisverkoston liittymisestä tulisi tarkentaa. Myös katolta tulevien vesien poisohjaamiseen tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota. Liian monessa rakennuksessa veden ohjaaminen loppuu heti rännien ulostulon jälkeen.

## LÄHTEET

Heli. Hengitysliiton kuvia kosteusvauriokohteista 2011.

Ilmavirtaukset rakennuksessa 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen\\_toiminta/ilmavirtaukset\\_rakennuksessa/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen_toiminta/ilmavirtaukset_rakennuksessa/) [viitattu 2.3.2011].

Katsaus mikrobeihin 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/mikrobit/katsaus\\_mikrobeihin/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/mikrobit/katsaus_mikrobeihin/) [viitattu 2.3.2011].

Kosteuden siirtyminen 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen\\_toiminta/kosteuden\\_siirtyminen/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen_toiminta/kosteuden_siirtyminen/) [viitattu 2.3.2011].

Kääriäinen, H., Rantamäki, J. & Tulla, K. 1998. Puurakennusten kosteustekninen toimivuus. Espoo. Valtion teknillinen tutkimuskeskus.

Leivo, V. 1998. Opas kosteusongelmiin. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999. Suomen laki. Saatavissa:

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search\[type\]=pika&search\[pika\]=rakennuslaki](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132?search[type]=pika&search[pika]=rakennuslaki) [viitattu 15.2.2011].

Maankäyttö- ja rakennusasetus 1999. Suomen laki. Saatavissa:

[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895?search\[type\]=pika&search\[pika\]=rakennusasetus](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990895?search[type]=pika&search[pika]=rakennusasetus) [viitattu 15.2.2011]

Mikrobikasvun edellytykset 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/mikrobit/mikrobikasvun\\_edellytykset/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/mikrobit/mikrobikasvun_edellytykset/) [viitattu 2.3.2011].

Perustus ja alapohja 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/perustus\\_ ja\\_ alapohja/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/perustus_ ja_ alapohja/) [viitattu 2. 3.2011].

Pirinen, J. 2011. Kuvia ongelmallisista kohteista.

Pirinen, J. 1999. Hyvän rakentamistavan mukainen pientalojen kosteuden hallinta eri vuosikymmeninä. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu.

Puinen alapohja 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kunnossapito\\_ ja\\_ korjaaminen/maanvastaiset\\_rakenteet/puinen\\_ alapohja/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ ja_ korjaaminen/maanvastaiset_rakenteet/puinen_ alapohja/) [viitattu 2.3.2011].

Randen, J. 2007. Rakennusfysiikka 1, luentomoniste. Kotka. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Randen, J. 2008. Rakennusfysiikka 2, luentomoniste. Kotka. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Rossipohja 2005. Oulu. Pohjois-Pohjanmaan korjausrakentamiskeskus. Saatavissa

<http://www.ouka.fi/pora/tietopankki/rossipohja.pdf> [viitattu 18.3.2011]

Ryömintätilojen korjaukset 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kunnossapito\\_ ja\\_ korjaaminen/maanvastaiset\\_rakenteet/ryomintatilojen\\_korjaukset/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ ja_ korjaaminen/maanvastaiset_rakenteet/ryomintatilojen_korjaukset/) [viitattu 2.3.2011].

Salmi, T. & Kemoff, T. 1996. Home- ja kosteusongelmat rakennuksessa. Helsinki. Suomenkiinteistöliitto.

Seuri, M. & Reiman, M. 1996. Rakennusten kosteusvauriot, home ja terveys. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Stabiliteetti 2011. Saatavissa [https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/rak-](https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/rak-50.2122/luennot/Rak-50_2122_luento5.pdf)

[50.2122/luennot/Rak-50\\_2122\\_luento5.pdf](https://noppa.tkk.fi/noppa/kurssi/rak-50.2122/luennot/Rak-50_2122_luento5.pdf) [viitattu 31.3.2011].

Suomen rakentamismääräyskokoelma, C2 Kosteus, määräykset ja ohjeet, 1998. Saatavissa <http://www.finlex.fi/data/normit/1918-c2.pdf> [viitattu 2.3.2011].

Suomen rakentamismääräyskokoelma, F1 Esteetön rakennus, määräykset ja ohjeet, 2005. Saatavissa <http://www.finlex.fi/data/normit/28203-F1su2005.pdf> [viitattu 25.2.2011].

Talkootiedot 2010.[PDF-tiedosto.] Saatavissa <http://www.hometalkoot.fi/talkootiedot.html> [viitattu 6.3.2011].

Tuuletetut rakenteet 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa [http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen\\_toiminta/tuuletetut\\_rakenteet/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteustekninen_toiminta/tuuletetut_rakenteet/) [viitattu 2.3.2011].

Vaurioitumisen yleisperiaate 2011. Sisäilmayhdistys. Saatavissa [http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/vaurioitumisen\\_yleisperiaate/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kosteusvauriot/kosteusvaurioituminen/vaurioitumisen_yleisperiaate/) [viitattu 2.3.2011].

Vinha, J. & Korpi, M. 2007. Rakennusfysiikka 2007. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto.

Ympäristöopas 29. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen korjaus. Helsinki. Rakennustieto Oy.

Ympäristöopas 28. 1997. Kosteus- ja homevaurioituneen rakennuksen kuntotutkimus. Helsinki. Rakennustieto Oy.