

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus, insinööri (AMK)

2019

Sanna Kallio

TALONRAKENNUSKOHTEIDEN
POHJARAKENTEIDEN
KUIVANAPITO
GEOSUUNNITTELUN
NÄKÖKULMASTA

OPINNÄYTETYÖ (AMK) | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan koulutus, insinööri (AMK)

2019 | 46 sivua, 15 liitesivua

Sanna Kallio

TALONRAKENNUSKOHTEIDEN POHJARAKENTEIDEN KUIVANAPITO GEOSUUNNITTELUN NÄKÖKULMASTA

Opinnäytetyön tavoite oli kerätä tiivis tietopaketti pohjarakenteiden kuivanapidosta erilaisissa pohjaolosuhteissa geosuunnittelun näkökulmasta. Työssä tarkasteltiin Kuivaketju10-toimintamallin sisältöä pohjarakenteiden kuivanapidon kannalta. Järjestelmää pitäisi tarkentaa geosuunnittelun osalta.

Työssä perehdyttiin pohjarakenteiden kuivanapidon teoriapuoleen lain, asetusten ja hyvän rakentamistavan mukaisten ohjeistusten kautta. Rakennusalan ammattilaisten haastattelun avulla kartoitettiin Kuivaketju10-toimintamallin käyttökokemuksia, geosuunnittelun tärkeyttä kuivanapidossa sekä erilaisia kuivanapito-ongelmia.

Laskelmien avulla havainnollistettiin mahdollisia kuivanapito-ongelmia. Savimailla maan hidas painuminen voi johtaa kallistusten ”katoamiseen” ja vesien lätköitymiseen. Vääränlaisen materiaalin käyttö maanvaraisen laatan alla kapillaarikatkokerroksessa voi aiheuttaa kosteusvaurion. Rakennusta kohti valuvan veden määrä vaihtelee maanpinnan tyyppin mukaan. Savimaalle rakennettaessa tulee huomioida maan hidas painuminen. Hiekka- ja soramaille suositellaan salaojituksen tekemistä, vaikka vedenläpäisevyys olisikin hyvä. Kalliolle rakennettaessa voi myös syntyä kosteusongelmia. Louhinnoissa tulee huomioida pinnan kallistukset ja riittävä tila myös salaojille.

Kuivaketju10-toimintamallin sähköiseen järjestelmään tulisi lisätä geosuunnittelija pohjatutkimuksen, pintavaaituksen ja pintavesisuunnitelman suunnittelijaksi. Geosuunnittelijan tulisi myös ottaa kantaa salaoja- ja kapillaarikatkokosepelin laatuun, rakennuksen korkeusasemaan, louhintasuunnitelmiin, sadevesiin sekä lumien läjityspaikkaan. Jatkokehitysideana tulisi kartoittaa, mitä materiaaleja työmailla oikeasti käytetään kapillaarikatkokerroksessa ja salaojissa. Onko ohjeistuksissa määritelty 300 mm:n paksuinen kapillaarikatkokerrokseen riittävä katkaisemaan veden kapillaarinen nousu tällä hetkellä käytettävien materiaalien kanssa?

ASIASANAT:

painuma, pohjarakenteet, kosteus, kuivanapito

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Degree Programme in Construction and Municipal Engineering, BEng

2019 | 46 pages, 15 appendices

Sanna Kallio

DRAINAGE STRUCTURES OF FOUNDATION ENGINEERING

-- The viewpoint of geotechnical design

The aim of this thesis was to collect a compact information package about drainage structures of foundation engineering in different soils from the geotechnical designer's point of view. Also, the Kuivaketju10-operating model content was studied as it relates to drainage structures. Should the operating model be updated or specified in terms of geotechnical design?

A literature review was conducted about the drainage structures of foundations. The legislation, decrees and guidelines for good construction practices were used as a source. Professionals of the construction field were interviewed. Their perspectives of the Kuivaketju10-operating model were explored as to user experiences, the importance of geotechnical designing in drainage structures and different drainage problems.

Calculations were used to illustrate possible drainage issues. In clay soils slow subsidence of the land can lead to the disappearance of surface tilts and waterlogging. The use of wrong materials under the slab-on-grade can cause moisture issues. The water amount flowing towards the building varies according to the type of the surface. The slow subsidence of the ground must be considered when building on clay soils. Building drainage on sand and gravel soils is recommended even though the water permeability is good. Moisture problems can arise when building on bedrock. Space for the drainage and surface tilts must be considered when conducting the blasting work.

Geotechnical designer should be added as a designer to the Kuivaketju10-operating model in the ground survey, surface levelling and surface water plan. The geotechnical designer should also take a stand on the quality of the drainage and capillary materials, elevation of the building, blasting planning, rainwater and snow dumping site.

The idea for further development is to determine what materials are actually used on construction sites for drainage and capillary structures. Is the 300 mm thick capillary break layer specified in the guidelines sufficient to break the capillary rise of water with the materials currently in use?

KEYWORDS:

drainage, foundation structures, soil moisture, subsidence

SISÄLTÖ

SANASTO	7
1 POHJARAKENTEIDEN KOSTEUSONGELMAT	9
2 NYKYOHJEISTUKSET TALONRAKENNUSKOHTEIDEN POHJARAKENTEIDEN KOSTEUDENHALLINTAAN	12
2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä asetukset	12
2.2 Hyvän rakentamistavan mukaiset ohjeistukset	15
2.3 Kosteudenhallintaselvitys ja -suunnitelma	16
2.4 Kuivaketju10, rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli	17
3 RAKENNUSALAN AMMATTILAISTEN NÄKÖKULMIA POHJARAKENTEIDEN KUIVANAPITOON JA KUIVAKETJU10-TOIMINTAMALLIIN	20
3.1 Haastattelumenetelmät	20
3.2 Yhteenveto haastatteluista	20
4 MAAPERÄN VAIKUTUKSET POHJARAKENTEIDEN KUIVANAPITOON	25
4.1 Kuivatuksen erityispiirteet savisilla ja silttisillä mailla	26
4.2 Kuivatus hiekka- ja sora-alueilla	30
4.3 Kuivatus moreenialueilla	31
4.4 Kuivatus kalliolle rakennettaessa	31
5 ESIMERKKILASKELMAT	35
5.1 Painumat savipohjalla	35
5.2 Kapillaarikatkosepelin nousukorkeus	37
5.3 Mitoitusvirtaamien eroja eri pinnoilla	39
6 SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT	41
6.1 Suunnittelussa huomioitavat asiat eri maapohjilla	41
6.2 Kuivaketju10-toimintamallin parannusehdotukset	42
7 JOHTOPÄÄTÖKSET	44
LÄHTEET	46

LIITTEET

- Liite 1. Esimerkkipohja kosteudenhallintaselvityksestä.
- Liite 2. Kuivaketju10, riski1.
- Liite 3. Haastattelupohja.
- Liite 4. Painumat savikolla, Geocalc-laskelma.
- Liite 5. Veden imukorkeus (Hkap), Ø 8–16.
- Liite 6. Veden imukorkeus (Hkap), Ø 8–16 pesty.
- Liite 7. Pohjarakenteiden kuivanapito, ”tietopaketti”.
- Liite 8. Kehitysehdotelma: Kuivaketju10, riski 1.

KUVAT

Kuva 1. Kosteusvauroiden syyt (Nippala & Vainio 2016, 7).	10
Kuva 2. Rakennuksen kosteuslähteet (RIL 126-2009, 12; RIL 250-2011, 54).	15
Kuva 3. Kuivaketju10:n riskilista (Riskilista 2018).	17
Kuva 4. Kommentin lisääminen järjestelmään (Kuivaketju10, sähköinen järjestelmä).	18
Kuva 5. Avokallio viettää taloa kohti.	22
Kuva 6. Rakennuspohjalle soveltumaton salaojaputki sekä salaojitusmateriaali.	24
Kuva 7. Suomen maapeitteen jakautuminen (Taipale & Saarnisto 1991).	25
Kuva 8. Savista maata työmaalla.	27
Kuva 9. Piha-alueiden laatuluokitus ja suositellut rakennevaatimukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma B3 2004, 22).	29
Kuva 10. Hiekkaharju Paimiossa.	30
Kuva 11. Vesi valuu kallion halkeamista.	32
Kuva 12. Avokallioalue.	33
Kuva 13. Salaojien louhinta, korjattu (RT 83-10955, 11).	34
Kuva 14. Painumat savikolla, esimerkkikohde (Geocalc).	35
Kuva 15. Painumien suuruus suhteessa aikaan (Geocalc).	36
Kuva 16. Salaojasepeli Ø 8–16 mm.	37
Kuva 17. Salaojissa ja kapillaarikatkerroksissa käytettävien kiviainesten rakeisuusvaatimusten raja-arvot (MaaRYL 2010, 78).	38

KUVIOT

Kuvio 1. Haastattelujen perusteella havaittuja ongelmakohtia pohjarakenteiden kuivanapidossa.	23
---	----

TAULUKOT

Taulukko 1. Veden kapillaarinen nousukorkeus.	38
---	----

SANASTO

d ₅₀ -menetelmä	menetelmä, jolla nimetään maalajeja; jos 50 % näytteestä osuu rakeisuuskäyrällä esimerkiksi sora-alueelle, nimetään maalaji soraksi (Jääskeläinen 2009a)
diffuusio (vesihöyry)	vesihöyry liikkuu suuremmasta vesihöyryn osapaineesta pienempään (Sisäilmayhdistys ry 2008)
hulevedet	sade- ja sulamisvedet, jotka virtaavat maan pinnalla (HSY 2019)
huokosvedenpaine	vesipaine, joka vallitsee maaperän rakeiden välissä olevissa huokostiloissa (Jääskeläinen 2009a, 80)
kapillaarikatkosepeli	materiaali kuuluu rakeisuudeltaan luokkaan 1a sekä täyttää standardien SFS-EN 1097-10 (kapillaarinen vedennousukorkeus) ja SFS-EN 933-1 (hienoainespitoisuus) mukaiset vaatimukset (MaaRYL 2010, 78)
kapillaarinen siirtyminen	veden pintajännitysvoimat aiheuttavat huokosalipaineen, jonka voimasta vesi alkaa siirtymään; kapillaarisesti vesi voi siirtyä mihin suuntaan tahansa; kun huokosalipaine ja maanvetovoima ovat yhtä suuret, vesi ei enää nouse kapillaarisesti ylemmäs (Sisäilmayhdistys ry 2008a)
konsolidaatio	maaperä lujittuu ja tiivistyy kuorman vaikutuksesta; huokostila pienenee (Jääskeläinen 2009a, 118-119)
konvektio (vesi)	ilmavirtauksien mukana siirtyvä vesi/vesihöyry (Sisäilmayhdistys ry 2008a)
maanvarainen	kuorma jaetaan maanvaraisen laatan kautta maapohjalle (Talonrakentajan käsikirja 8, 63; RIL 132-2000)
maanvastainen	rakennusosa, joka on maata vasten; käsite ei erittele sitä, että siirtyvätkö kuormat suoraan maapohjalle vai onko rakenne kantava (RIL 132-2000)

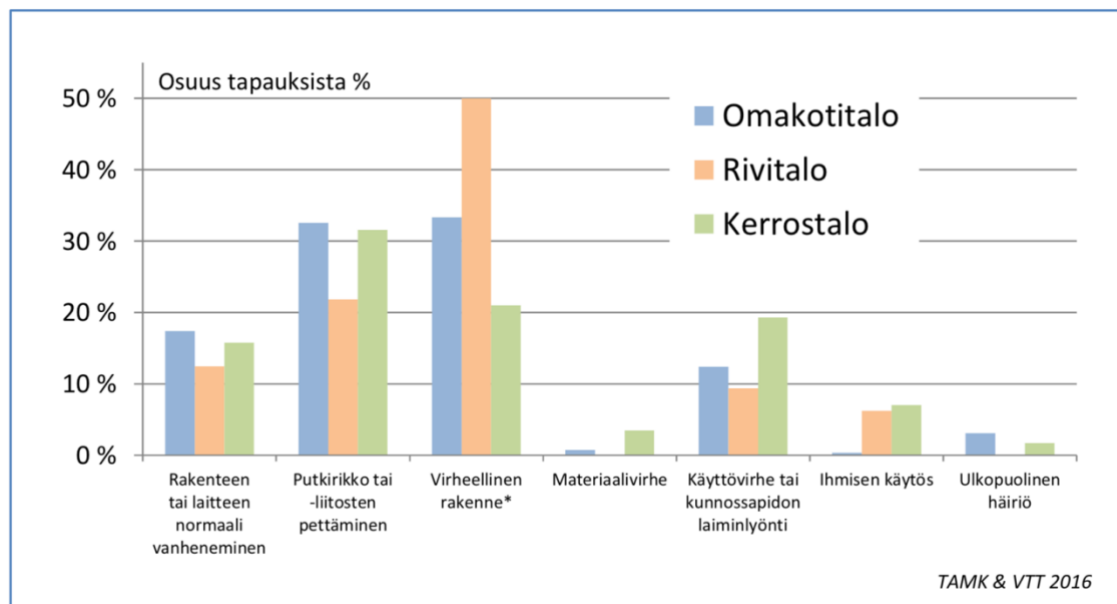
orsivesi	jos vettä kertyy "altaaksi" vettä läpäisemättömän maakerroksen yläpuolelle, kutsutaan sitä orsivedeksi (Rantamäki ym. 2009, 51)
painovoimainen siirtyminen	vesi liikkuu painovoiman vaikutuksesta alaspäin (Sisäilmäyhdistys ry 2008a)
pohjavesi	vesi, joka varastoituu maanperän huokosiin ja kalliorakoihin (Geologian tutkimuskeskus 2019)
salaojasepeli	materiaali kuuluu rakeisuudeltaan luokkaan 1 (MaaRYL 2010, 78)
tekninen käyttöikä	aika, jolloin laite, rakennusosa, rakenne yms. täyttää sille asetetut toimivuusvaatimukset (KH 90-00403 2008, 2)
vajovesi	maaperässä olevaa alaspäin liikkuvaa vapaata vettä (Rantamäki ym. 2009, 51)
vedeneristys	kerros, joka estää painovoimaisen tai kapillaarisen veden haitallista tunkeutumista rakenteisiin (RIL 126-2009)
vedenläpäisevyys	maassa virtaavan veden nopeus hydraulisen putouksen ollessa yksi, kun maalaji on hiekkaa tai hienorakeisempaa; ns. Darcyn laki (Rantamäki ym. 2009, 100)
vedenpaine-eristys	kerros, joka kestää jatkuvaa vedenpainetta (RIL 126-2009)

1 POHJARAKENTEIDEN KOSTEUSONGELMAT

Opinnäytetyön tavoite on kerätä tiivis tietopaketti pohjarakenteiden kuivanapidosta erilaisissa pohjaolosuhteissa geosuunnittelun näkökulmasta. Tietopaketin on tarkoitus helpottaa erilaisten talonrakennuskohteiden geosuunnittelua kuivanapidon kannalta. Työssä perehdytään maankäyttö- ja rakennuslakiin, Suomen ympäristöministeriön asetuksiin ja ohjeisiin sekä hyvän rakentamistavan mukaisiin ohjeistuksiin pohjarakenteiden kuivanapidon näkökulmasta. Esimerkkikohteiden ja laskelmien avulla esitellään, miten erilaiset maaperäolosuhteet vaikuttavat kuivanapitorakenteisiin. Työssä myös haastatellaan noin kymmentä rakennusalan ammattilaista liittyen pohjarakenteiden kuivanapitoon, Kuivaketju10-toimintamalliin ja geosuunnitteluun.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on SM Maanpää Oy. Yrityksen toiveesta lähdettiin selvittämään, onko Turussa vaadittavassa Kuivaketju10-toimintamallissa huomioitu riittävän laajasti maanpinnalla sekä maan sisällä olevien vesien aiheuttamat kosteusrasitukset rakennuksiin. Tulisiko järjestelmää jotenkin päivittää/tarkentaa geosuunnittelun osalta?

Jotta rakennuksen pysyisivät turvallisina ja terveellisinä koko niiden käyttöiän ajan, tulee ne rakentaa kosteusteknisesti oikein. Teknologian tutkimuskeskuksen VVT Oy:n selvitykseen ”Asuinrakennusten korjaustarve 2006–2035” kerättiin tietoja 431 kosteusvaurioituneesta asuinrakennuksesta ympäri Suomea. Selvityksessä tuli esiin, että yleisimmin kosteusvaurioitunut rakennusosa oli alapohja ja/tai välipohja. Kosteusvaurioita aiheuttavat suunnittelu- ja rakentamisvirheet, vaurioherkät rakenteet, kireät aikataulut sekä puutteellinen kunnossapito ja huolto. Vuonna 2016 tehdyssä selvityksessä mukana olleissa kohteissa toiseksi eniten vaurioita olivat aiheuttaneet virheelliset rakenteet, esimerkiksi salaojitus, puuttuva vedeneristys tai kapillaarikatkona toimiva maa-aines. (Nippala & Vainio 2016, 6–7.) Puolet kosteusvaurioista olivat sellaisia, että vaurion olisi voinut estää tai vahinkoja vähentää säännöllisellä huollolla. Puolet vaurioista johtuivat rakenne- ja materiaalivaurioista, joita ei olisi pystynyt huollolla estämään. (Nippala & Vainio 2016, 8.)



* Nykytietämyksen mukaan virheellinen rakenne

Kuva 1. Kosteusvaurioiden syyt (Nippala & Vainio 2016, 7).

Tässä selvityksessä todettiin, että erilaisten kosteusvaurioiden korjaamiseen käytetään noin 400 miljoonaa euroa vuosittain (Nippala & Vainio 2016, 13). Yksittäisten kohteiden korjauskustannukset olivat keskimäärin 10 000 – 13 000 euroa. Erityisesti pientaloissa maasta nousseen kosteuden aiheuttamat alapohjien kosteusvauriot olivat kalleimpia korjata. (Nippala & Vainio 2016, 8.) Nippala ja Vainio havaitsivat tutkimuksessaan myös, että kosteusvaurioita esiintyi kaikenikäisissä rakennuksissa, ei vain käyttöään loppupäässä olevissa rakennuksissa.

Pohjarakenteiden kuivanapidolla on siis suuri taloudellinen ja terveydellinen merkitys. Paremmalla suunnittelulla ja huolellisella toteuttamisella rakennetaan pitkäikäisempiä ja terveempiä rakennuksia, kuten maankäyttö- ja rakennuslakikin edellyttää.

Rakennuksia rasittaa eniten ja pitkäkestoisimmin maaperästä tuleva kosteus. Pohjaveden pinnankorkeus vaikuttaa myös rakennuksen kuivanapitotapoihin. Rakennuksen ja kostean maan (pohjavedenpinnan) väliin tulee rakentaa maakerros, joka estää rakenteiden vaurioitumisen. (Sisäilmäyhdistys ry. 2008b.) Suomessa lisähaasteita kuivanapitoon aiheuttavat runsaasti painuvat ja pehmeät savimaat, joiden vedenläpäisevyys on lähes 0. Savea on Suomen maaperässä noin 50 miljardia kuutiometriä ja 95 % tuosta määrästä sijaitsee etelä- ja lounaisrannikolla. (Rantamäki yms. 2009, 48.) Saven erityispiirteet tulee huomioida etenkin SM Maanpää Oy:n toimialueella.

Lisäksi suunnittelutehtävien työnjako ei ole selkeä pohjarakenteiden kuivanapidon kannalta. Suunnittelijoiden vastuualueet vaihtelevat projekteittain. Esimerkiksi salaojat suunnittelee usein rakennesuunnittelija, vaikka geosuunnittelijan olisi hyvä vähintäänkin ottaa kantaa salaojasuunnitelmiin. Kohteessa voi olla jotain erityistä kuivatuksen kannalta, mitä rakennesuunnittelija ei välttämättä osaa ottaa huomioon. Lattiatason valintaan vaikuttavat monet asiat, kuten alapohjarakenne, maanpintojen muodot ja korkeudet, esteettömyys, ympäröivien rakennusten lattiakorot yms. Lattiataso, joka olisi ihanteellisin kuivanapidon kannalta, ei välttämättä muiden syiden takia tule valituksi. Miten pidetään huoli siitä, ettei rakennukseen synny kosteusvauriota, vaikka lattiataso ei olisikaan kuivatuksen kannalta ihanteellisin?

Opinnäytetyön lähteinä on käytetty luotettavaksi määriteltäviä tahoja, kuten Suomen lakia, Ympäristöministeriön asetuksia ja Suomen Rakennusinsinöörien Liittoa sekä muita hyvin tunnettuja liittoja ja yhdistyksiä.

2 NYKYOHJEISTUKSET TALONRAKENNUSKOHTEIDEN POHJARAKENTEIDEN KOSTEUDENHALLINTAAN

Mitä laki, asetukset, ohjeet ja normit sanovat uudiskohteiden pohjarakenteiden kosteudenhallinnasta? Entä uudehko Kuivaketju10-toimintamalli? Alle on pyritty keräämään kaikki olennaiset määräykset ja ohjeet, jotka koskettavat pohjarakenteiden kuivanapitoa.

2.1 Maankäyttö- ja rakennuslaki sekä asetukset

Maankäyttö- ja rakennuslaissa määrätään, että rakennuksen tulee olla terveellinen ja turvallinen. Rakennushankkeeseen ryhtyvän on huolehdittava siitä, että rakennuksesta tulee turvallinen sekä terveellinen. Rakennuksen osien tai rakenteiden kosteus ei saa aiheuttaa terveyden vaarantumista. Ympäristöministeriö saa asetuksella tarkentaa rakennuksen terveellisyyteen liittyviä säännöksiä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999, 117 c §.) Laissa määrätään myös, että rakennusvalvontaviranomainen edellyttää, että rakennuslupahakemukseen liitetään selvitys rakennuspaikan korkeussuhteista, perustamisolosuhteista, pohjaolosuhteista sekä perustamistavasta. Ympäristöministeriö voi tarkentaa säännöksillä selvitysten sisältöä. (Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999, 131 §.)

Ympäristöministeriön asetuksen mukaan suunnittelijoiden tulee huolehtia, että rakennus on suunniteltu kosteusteknisesti toimivaksi (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 3 §). Rakennuksen tulee kestää ulkoiset kosteusrasitukset koko teknisen käyttöiän ajan. Jos kosteutta kuitenkin pääsee kertymään rakennuksen osiin, se ei saa aiheuttaa terveyshaittaa eikä vaurioittaa rakennusta. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 3 §.)

Rakenteisiin ei saa kulkeutua haittaa aiheuttavaa kosteutta sisäisistä eikä ulkoisista kosteuslähteistä. Kosteuden tulee päästä poistumaan vapaasti. Veden kulkeutuminen rakennuksen vaippaa pitkin tulee estää. Pinnat, jotka kastuvat, on suunniteltava ja rakennettava veden rasituksen kestäviksi. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 5 §.) Jos rakennukseen suunnitellaan

tuulettuva tila, tuulettumattomia alueita ei saa jäädä (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 7 §).

Suunnittelijan tulee huomioida rakennuspaikan tulvariski sekä pohjavedenpinnan taso valitessaan rakennuksen korkeusasemaa. Kuivanapidon on toimittava koko teknisen käyttöiän ajan. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 8 §.) Rakennuksen alle tai ympärille ei saa jättää orgaanisia aineita, humusmaata eikä rakennusjätettä (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 9 §).

Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta määrää, että rakennushankkeelle on laadittava kosteudenhallintaselvitys ja -suunnitelma. Asetuksessa kerrotaan myös mitä näiden tulee sisältää. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 12–13 §.)

Ympäristöministeriön asetuksessa vastuu rakennuspohjan kuivatuksesta osoitetaan rakennussuunnittelijalle ja erityissuunnittelijalle. Heidän tulee suunnitella kohde niin, että hulevedet johdetaan hulevesijärjestelmään. Maanpinnan kuivatus tulee suunnitella niin, että vedet johdetaan pois rakennuksen vierestä. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 16 §.) Suunnittelussa otetaan huomioon myös veden kapillaarisen virtauksen katkaiseminen salaojituskerroksen avulla. Vedet tulee johtaa pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 17 §.)

Alapohjan ja maanvastaisten seinärakenteiden osalta suunnittelijoiden tulee huomioida, ettei kosteus saa haitallisesti siirtyä maaperästä rakenteisiin (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 22 §). Ryömintätilaiseen alapohjaan ei saa kertyä vettä ja sen on oltava kaikilta osilta tuulettuva. Tilaan tulee olla pääsy sekä sen on oltava korkeudeltaan keskimäärin vähintään 0,8 metriä. Jos rakennukseen rakennetaan maanvastaisen alapohja, tulee maanpinnan olla vähintään 0,3 metriä lattian yläpintaa alempana. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 18–20 §.) Tapauskohtaisesti maanvastaiset seinärakenteet tulee vedeneristää tai vedenpaineeneristää tai vedenpoistosta tulee huolehtia rakenteellisesti. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 21 §.)

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista velvoittaa rakennushankkeeseen ryhtyvän huolehtimaan pohjarakenteiden toimivasta suunnittelusta ja toteutuksesta sekä siitä, ettei ympäristölle aiheudu haittaa rakentamisen aikana. Suunnittelu tulee toteuttaa niin, ettei rakenteille eikä lähiympäristölle aiheudu haittaa. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014, 2 §.) Suunnittelussa noudatetaan eurokoodeja sekä kansallisia liitteitä (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014, 3 §). Samalla tulee huomioida lähiympäristö, rakennuspaikan olosuhteet, lähellä olevien rakenteiden perustukset sekä rakentamisen vaikutukset. Haitallisen kosteuden siirtyminen pohja- ja maarakenteisiin sekä routiminen tulee ehkäistä. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014, 4 §.) Suunnittelija myös määrittää pohjarakenteiden suunnitellun käyttöiän ja rakenteiden tulee kestää käyttökunnossa koko suunniteltu aika (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014, 10 §).

Pohjaolosuhteet on selvitettävä pohjatutkimusten avulla. Jos ympäristölle voi aiheutua haitallisia muutoksia, tulee niiden vaikutukset selvittää sekä ehkäistä. (Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014, 6 §.) Ennen kuin pohjarakenteita voidaan toteuttaa, tulee pohjarakennesuunnittelijan laatia tarvittavat toteutusasiakirjat. Toteutusasiakirjoihin lukeutuvat:

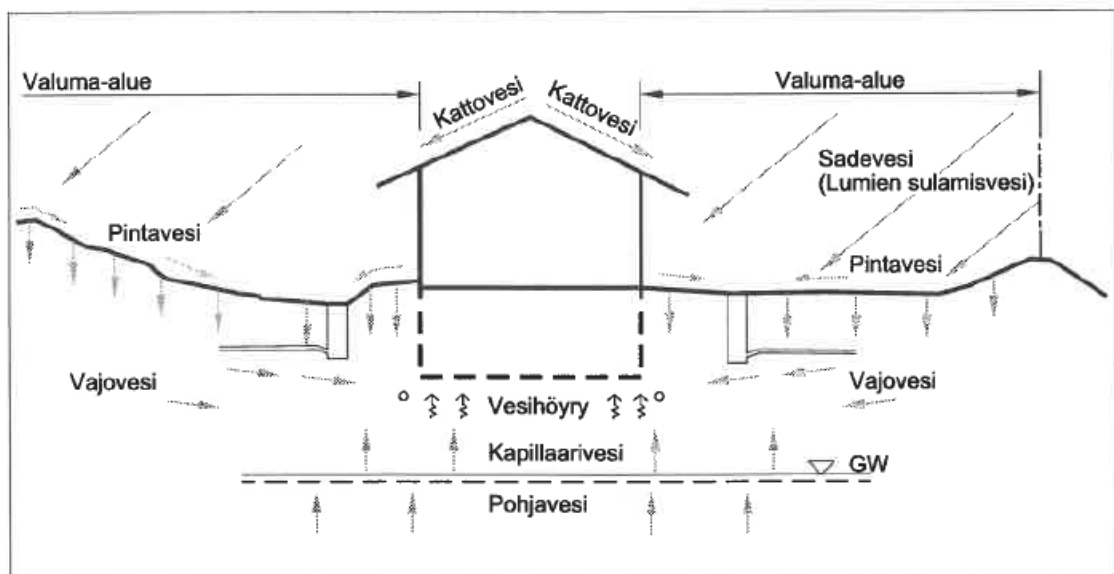
- geotekninen suunnitteluraportti
 - suunnittelun lähtöoletukset
 - lähtötiedot
 - laskentamenetelmät
 - varmuuden ja todentamisen tulokset
 - pohjatutkimusraportti
 - valvonta- ja seurantasuunnitelma
 - yksilöitynä tarkistamista vaativat pohjarakenteet
- maa- ja pohjarakenteiden suunnitelmapiiirustukset
- geotekniset ja rakenteelliset mitoituslaskemat
- työselostus.

(Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014, 10 §.)

2.2 Hyvän rakentamistavan mukaiset ohjeistukset

Hyviä rakentamistapoja antavia ohjeistuksia löytyy muun muassa Rakennusinsinööriliiton julkaisuista (RIL), RT-kortistosta, Ratu-kortistosta sekä rakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista (RYL).

Kosteuslähteitä on useita, kuten sulamisvesi, vajovesi, pohjavesi, kapillaarivesi, sadevesi, vesihöyry ja pintavesi (RIL 126-2009, 12; RIL 250-2011, 63). RIL:in ohjeen mukaan rakennuspohjan kuivatusta suunniteltaessa tulee huomioida kapillaarisen veden nousun katkaiseminen sekä pohja- ja vajovesien johtaminen pois rakennusalueelta. Näiden toteuttamiseen käytetään salaojituskerroksia sekä sadevesiviemäriverkostoa. Kosteusvaurioita torjumiseen voidaan vaikuttaa myös, kun suunnittelussa otetaan huomioon rakennuksen korkeusasema sekä pihan kuivatuksen riittävä toiminta. Myöskään vesipitoinen maa ei saa päästä jäätymään perustusten ulkopintaan kiinni. (RIL 126-2009, 11.)



Kuva 2. Rakennuksen kosteuslähteet (RIL 126-2009, 12; RIL 250-2011, 54).

MaaRYL 2010 ohjeistaa kuivanapitoon liittyen esimerkiksi salaojien toimintaperiaatteissa, kuten salaojien kaltevuudessa, materiaalissa ja tarkastuskaivoissa. MaaRYL:stä löytyy myös laatuvaatimukset rakennuskaivannon tekemiseen sekä kaivannon tasaukseen betonoimalla tai kiviaineksen avulla. Tasauksella pyritään siihen, ettei kaivannon pohjalle jää vettä kerääviä painanteita. (MaaRYL 2010.)

2.3 Kosteudenhallintaselvitys ja -suunnitelma

Kosteusvaurioriskejä pyritään pienentämään kosteudenhallintaselvityksen ja -suunnitelman avulla (Merikallio 2002, 547). Ympäristöministeriö vaatiikin asetuksessaan, että rakennushankkeelle on laadittava kosteudenhallintaselvitys (Liite 1.) sekä kosteudenhallintasuunnitelma. Kosteudenhallintaselvitys sisältää:

- yleistiedot hankkeesta
- hankkeen eri vaiheiden vaatimukset kosteudenhallinnalle
- toimenpiteet ja menettelyt kosteudenhallinnan vaatimusten varmentamiseen
- henkilöresurssit kosteudenhallinnalle
- kosteudenhallinnan valvonnan vastaava henkilö.

(Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 12 §.)

Kosteudenhallintasuunnitelman tekeminen on vastaavan työnjohtajan vastuulla. Suunnitelman tulee pohjautua kosteudenhallintaselvitykseen. (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 13 §.) Suunnitelman tulee sisältää:

- kaikkien rakennusosien suojausperiaatteet säältä (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015, 15 §)
- rakenteiden kuivumisen varmistus (Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015, 15 §)
- kosteudenhallinnasta vastaava vastuuhenkilö (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 13 §).

Diplomi-insinööri Tarja Merikallio ohjeistaa kosteudenhallintasuunnitelman sisältöä Rakentajain kalenteriin kirjoittamassaan artikkelissa. Suunnitelman tulee olla yksilöllinen. Suunnitelmassa kartoitetaan mahdolliset kosteusriskit, esitetään kuivumisaika-arviot sekä suojaus- ja kuivaustoimenpiteet, laaditaan kosteusmittaussuunnitelma ja tarkennetaan kaiken tämän organisointia seuranta ja valvontaa. Kosteusteknisiä ongelmia on ollut esimerkiksi salaojituksissa, perustusrakenteissa, alapohjarakenteissa, pintavesien ohjaamisessa ja kuivatusjärjestelmissä. (Merikallio 2002, 547–548.)

2.4 Kuivaketju10, rakennusprosessin kosteudenhallinnan toimintamalli

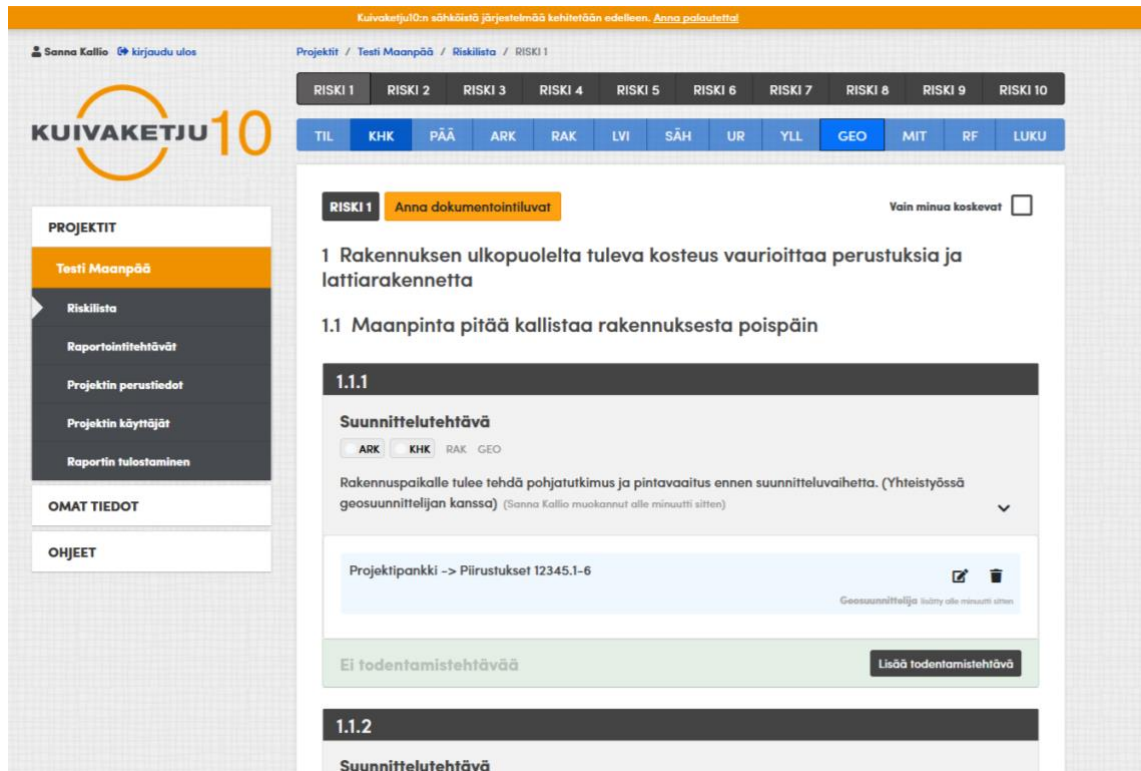
Kuivaketju10 on uusi toimintamalli, jolla pyritään ehkäisemään kosteusvaurioiden syntyä. Toimintamalli perustuu kymmenen kohdan riskilistaan (kuva 3.). Järjestelmä on kehitetty Oulussa. Toimintamallin kotisivuilla sanotaan, että suuri määrä kosteusvaurioita pystytään välttämään, kun kiinnitetään erityistä huomiota riskilistaan sisältyviin kohtiin. (Kuivaketju10 2019, etusivu.)

- | | | | |
|-----------|---|------------|--|
| 1. | Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakenteita. | 6. | Vesiputkien rikkoutumiset aiheuttavat kiinteistöön laajoja vesivahinkoja. |
| 2. | Sadevesi pääsee tunkeutumaan ulkoseinärakenteen sisälle. | 7. | Huonosti toteutetussa märkätilassa kosteus vaurioittaa ympäröivät rakenteet. |
| 3. | Vesikatteen läpäisevä vesi tunkeutuu aluskatteen vuotokohdista yläpohjaan. | 8. | Kosteiden betonirakenteiden päällystäminen aiheuttaa päällystemateriaalin turmeltumisen. |
| 4. | Kosteutta siirtyy ilmansulkerakkeiden vuotokohdista ulkoseinä- ja yläpohjarakenteisiin, jonne sitä tiivistyy vedeksi. | 9. | Materiaalien ja rakenteiden kastuminen vaurioittaa rakennuksen. |
| 5. | Väärin mitoitettu ja säädetty ilmanvaihto ei poista ylimääräistä kosteutta vaan pakottaa sen siirtymään rakenteisiin. | 10. | Huonolla ylläpidolla rakennus rapistuu hitaasti mutta varmasti. |

Kuva 3. Kuivaketju10:n riskilista (Riskilista 2018).

Toimintamallin käytön laajuudesta tai vaikutuksista ei ole pidetty tilastoja. Toimintamallia käytetään ainakin Oulussa ja Turussa. Turun rakennusvalvonta on edellyttänyt 1.10.2017 alkaen, että paritaloa suuremmissa kohteissa käytetään Kuivaketju10 -toimintamallia tai vastaavaa. Kun käytetään Kuivaketju10 -toimintamallia, kosteudenhallintaselvitykseksi riittää maininta kyseisen toimintamallin käytöstä. Vuodesta 2018 myös pienemmissä kohteissa on tullut pakolliseksi kosteudenhallintasuunnitelman tekeminen. (Turku 2019.) Perinteinen kosteudenhallintasuunnitelma tulee tehdä, vaikka selvityksen voikin kuitata mainitsemalla, että käytössä on Kuivaketju10-toimintamalli.

Kuivaketju10:n sähköisessä järjestelmässä on siis 10 kohdan riskilista, joka tulee päivittää aina kohdekohtaisesti. Sähköisen järjestelmän käyttö perustuu siihen, että projektin käyttäjät käyvät kuitaamassa itseään koskevat osa-alueet, kun ne on toteutettu tai otettu huomioon. Lisäksi kommenttikenttään suunnittelijat lisäävät mistä kyseiset suunnitelmat löytyvät, esimerkiksi piirustuksen numeron. Projektin käyttäjiä ovat muun muassa tilaaja, kosteudenhallintakoordinaattori, suunnittelijat, pääurakoitsija sekä ylläpidon edustaja.



Kuva 4. Kommentin lisääminen järjestelmään (Kuivaketju10, sähköinen järjestelmä).

Toimintamallissa geosuunnittelijan vastuulle ei ole automaattisesti määritetty yhtäkään suunnittelukohtaa. Riski 1 “Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakennetta” on toimintamalliin kuuluvista riskeistä ainut, jossa on geosuunnittelijaa koskevia suunnittelutehtäviä. Riski 1:n koko sisältö löytyy liitteestä 2. Pääpiirteissään riskin suunnittelutehtäviin kuuluvat:

- pohjatutkimus ja pintavaaitus
- pintavesisuunnitelma
- leikkauskuvat
- rakennuksen alimman kerroksen lattiapinnan korkeus

- maanpinnan kaltevuus talosta pois päin 1:20 kolmen metrin matkalta
- toimiva salaojajärjestelmä
- kattovesien poisjohtaminen
- sadevesijärjestelmä
- lumien läjitys.

(Kuivaketju10, sähköinen järjestelmä 30.9.2019.)

Jokaisessa hankkeessa tulee olla kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö (Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017, 12 §). Kuivaketju10-toimintamallia käytettäessä, hankkeelle tulee nimetä kosteudenhallintakoordinaattori, joka vastaa kohteen kosteudenhallinnan valvonnasta. Koordinaattori on mukana hankkeessa tilausvaiheesta käyttöönottoon. (Kortti kosteudenhallintakoordinaattori 2017.)

Myös FISE on aloittanut kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyyksien myöntämisen 20.11.2019 alkaen. Koordinaattoreille ei ole eri pätevyysluokkia. Koulutusvaatimukset kosteudenhallintakoordinaattorille ovat AMK-tasoinen korkeakoulututkinto, vähintään 3op rakennusfysiikan opintoja, 5op kosteudenhallintakoordinaattorin täydennyskoulutusta sekä FISEn järjestämän kosteudenhallintakoordinaattorin pätevyystentin läpäisy. Aiheeseen liittyvää työkokemusta tulee olla vähintään kaksi vuotta. (FISE Oy 2019.)

3 RAKENNUSALAN AMMATTILAISTEN NÄKÖKULMIA POHJARAKENTEIDEN KUIVANAPITOON JA KUIVAKETJU10-TOIMINTAMALLIIN

Haastattelujen avulla pyrittiin selvittämään laajemmin rakennusalan ammattilaisten näkemyksiä liittyen Kuivaketju10-toimintamalliin sekä geosuunnittelun merkitykseen rakennusten kuivanapidossa. Haastattelujen tuloksista uskottiin nousevan esille ammattilaisten kokemuksiin perustuvia näkemyksiä, joihin tulisi kiinnittää huomioita tulevaisuudessa.

3.1 Haastattelumenetelmät

Haastattelut suoritettiin teemahaastatteluina. Teemahaastattelun pohjana toiminut kysymyslomake löytyy liitteestä 3. Haastatteluun pyydettiin osallistumaan kymmenen rakennusalan ammattilaista, joilla oli jonkin verran kokemusta Kuivaketju10-toimintamallista sekä rakennuspohjan kuivanapidosta. Vastauksia saatiin seitsemältä ammattilaiselta. Haastattelut suoritettiin 2019 syksyllä.

Haastatteluista neljä suoritettiin kasvotusten ja kolme sähköpostitse. Sähköpostitse suoritettujen haastatteluiden vastaukset olivat suppeampia, kuin kasvotusten tehtyjen haastatteluiden.

3.2 Yhteenveto haastatteluista

Taustoiltaan vastaajat olivat rakennusalan eri alueilta. Työkokemuksen määrä vaihteli yli 40 vuodesta muutamaa vuosiin. Kokemusta oli vaihtelevasti työmailta, opetustyöstä, suunnittelusta ja rakennuttamisesta. Kaikki olivat työskennelleet pääosin Etelä-Suomessa ja/tai Lounais-Suomessa.

Kaikki vastaajat kokivat, että geosuunnittelijan merkitys pohjarakenteiden kuivanapidossa on tärkeä. Useampi vastaaja koki, että geosuunnittelijalla on yleensä paras kokemus ja näkemys rakennuksen ulkopuolisista kosteusuhista. Yksi vastaajista nosti esiin sen, että nykyään käytettäviä hulevesien imeytys- ja viivytyksenttiä eivät

välttämättä muut suunnittelijat osaa suunnitella. Toinen vastaaja totesi, että jokainen hanke on erilainen ja suunnittelusopimuksista riippuen eri kuivanapitosuunnitelmat kuuluvat eri suunnittelijoille. Esimerkiksi salaojat suunnittelee usein rakennesuunnittelija.

Kuivaketju10-toimintamalli ja sähköinen järjestelmä olivat tuttuja kuudelle seitsemästä vastaajasta. Ne, joille järjestelmä oli tuttu, kokivat, että se on ihan toimiva tällä hetkellä. Osa vastaajista nosti esille sen, että sähköisen järjestelmän käyttöön pitäisi kouluttaa. Ongelmaksi koettiin se, että kenen vastuulla kouluttaminen on. Yksi vastaajan mielestä motivaatio järjestelmän käyttöön laskee, jos sen käyttäminen koetaan liian hankalaksi.

Kaksi vastaajaa seitsemästä ei ollut ollut tekemisissä perinteisen kosteudenhallintaselvityksen ja -suunnitelman kanssa. Kun käytetään kuivaketju10-toimintamallia, kosteudenhallintaselvitystä ei tarvitse tehdä. Vastaavan työnjohtajan tulee kuitenkin aina tehdä kosteudenhallintasuunnitelma. Jos kosteudenhallintaselvitystä tai Kuivaketju10-toimintamallia ei tarkenneta kohdekohtaisesti, vastaajat kokivat, ettei kummastakaan ole käytännön hyötyä. Neljän vastaajan mielestä Kuivaketju10-toimintamalli oli parempi kuin kosteudenhallintaselvitys, jos kohdekohtainen tarkennus tehtiin hyvin. Yhden vastaajan mielestä Kuivaketju10-toimintamalli sopii suuriin uudiskohteisiin ja kokonaisvaltaisiin peruseräparannuksiin. Hänen mielestään, jos kohteena on halli, linjasaneeraus yms. pieni kohde, niin toimintamalli on liian raskas käytettäväksi.

Kuivaketju10- sähköisessä järjestelmässä ei ole määritetty yhtään vastuualuetta geosuunnittelijalle. Niitä pystyy lisäämään, kun riskit käydään täydentämässä kohteeseen sopiviksi. Vastaajat olivat sitä mieltä, että riski 1 kuuluu automaattisesti kokonaan tai osittain geosuunnittelijan vastuualueeseen. Yhden vastaajan mielestä myös riski 2 ”Sadevesi pääsee tunkeutumaan seinärakenteen sisälle” kuuluu geosuunnittelijalle. Yksi vastaajista koki, ettei geosuunnittelulle ole paljoa tarvetta, kun rakennetaan kalliolle. Kuvassa 5 on esimerkki kohteesta, jossa ei ole huomioitu kallion aiheuttamia kosteusrasituksia rakennukselle.



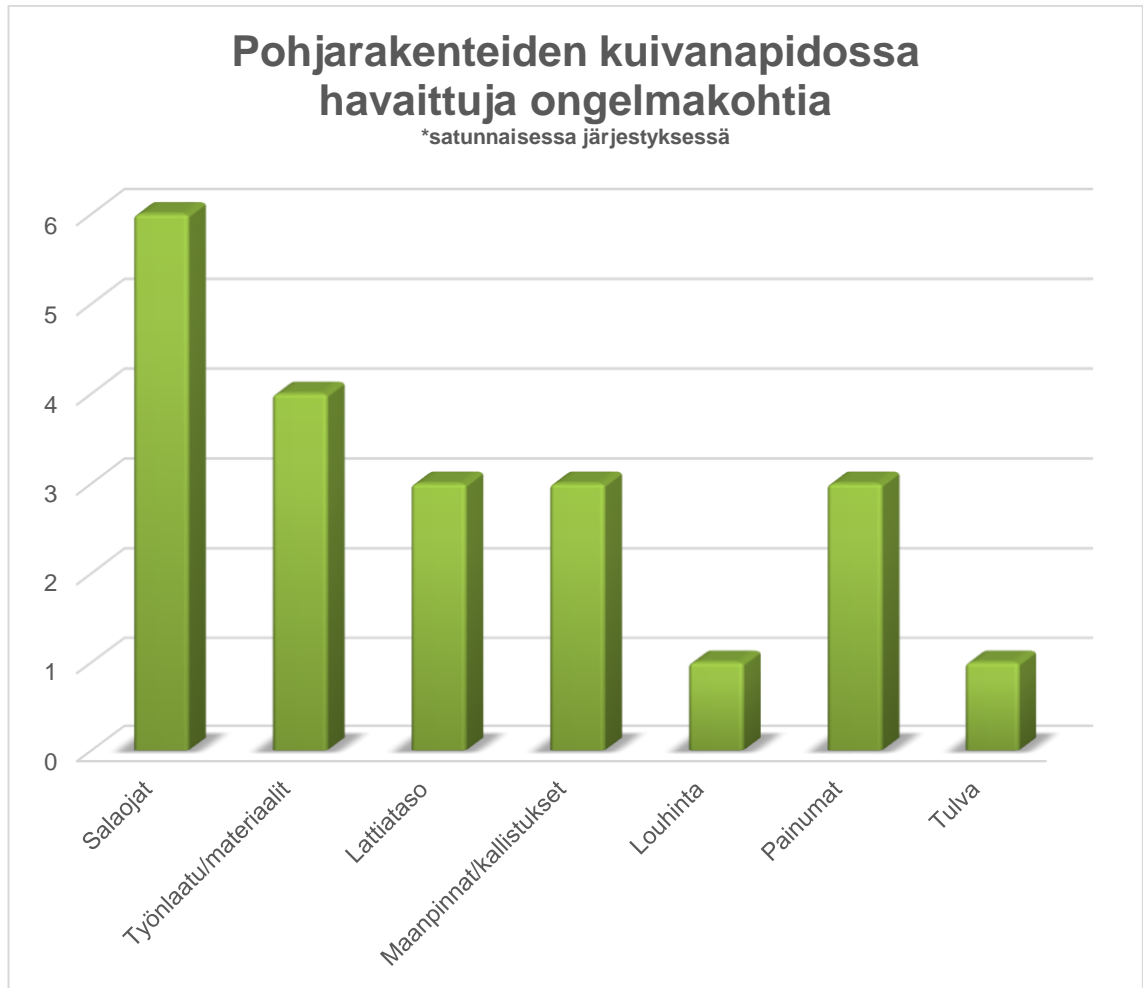
Kuva 5. Avokallio viettää taloa kohti.

Vastaajat nostivat esiin seuraavia asioita, joihin geosuunnittelijan tulisi ottaa kantaa tai suunnitella:

- alapohja- ja perustuskorot
- hulevesien imeytys- ja viivytykentät
- kiviainesten laatu
- pihakorot ja kuivatus
- salaojat
- työnaikainen kuivatus
- valuma-alueen määrittäminen.

Yksi vastaaja totesi, että muiden suunnittelijoiden kanssa yhdessä kuitattavia suunnittelutehtäviä tulisi olla enemmän, koska suunnittelutyö edellyttää yhteistyötä.

Vastaajat saivat vapaasti luetella minkälaisia pohjarakenteiden kosteudenhallintaan liittyviä ongelmia he ovat uransa aikana kohdanneet. Ongelmakohtia pyydettiin tarkastelemaan geosuunnittelun näkökulmasta. Kohteiden tuli olla talonrakennuskohteita, mutta kohteen rakennusajankohdalla ei ollut väliä.



Kuvio 1. Haastattelujen perusteella havaittuja ongelmakohtia pohjarakenteiden kuivanapidossa.

Kaikki seitsemän vastaajaa nimesivät ongelmakohtia. Kohteissa oli ollut ongelmia salaojissa, työnlaadussa, oikeanlaisten materiaalien käytössä, maanpintojen kallistuksissa, louhintatasoissa, yllättävissä tulvissa ja lattiatason valinnassa. Lisäksi kaikissa kohteissa ei ollut huomioitu painumia.



Kuva 6. Rakennuspohjalle soveltumaton salaojaputki sekä salaojitusmateriaali.

Eniten haastatteluissa mainittiin ongelmia salaojissa sekä työnlaadussa/materiaaleissa, erityisesti oikean materiaalin käyttö salaojissa sekä kapillaarikatkerroksessa oli puutteellista, myös uudemmissa kohteissa. Salaojamateriaalin tulee täyttää tietyt rakeisuusvaatimukset (ks. kuva. 17) sekä rakennuspohjan salaojaputkien asennusluokan tulee olla SN 8 ja putken koon vähintään DN100 (RIL 126-2009, 70).

4 MAAPERÄN VAIKUTUKSET POHJARAKENTEIDEN KUIVANAPITOON

Suomen maapeitteestä lähes puolet on pohjamoreenia. Avokallioalueita tai alueita, joissa on vain ohut maapeite, on yli 10 %. Alueet, joissa turpeen paksuus on yli metrin, lasketaan suoalueiksi. Suoalueita on Suomessa yli 15 %. Savisia maapeitteitä Suomessa on noin 8 %. (Jääskeläinen 2009a, 330.) Tuosta määrästä 95 % sijaitsee etelä- ja lounaisrannikolla (Rantamäki yms. 2009, 48). Suomen maaperässä on myös louhikkoa, harjuja, reunamuodostumia (Salpauselät) sekä ranta- ja jokikerrostumia (Jääskeläinen 2009a, 330).

Muodostuma- tai kerrostuma	Selitys	Ala %
Kalliomaa	Avokallio tai ohut maapeite	13,4
Louhikko	Pääasiassa Lapin rakkoja	0,5
Pohjamoreeni	Mannerjäätikön kerrostama maalaji, yleistä myös savien ja turpeiden alla	48,2
Kumpumoreeni	Pinta- ja pohjamoreenista muodostuneita kumpareita	5,2
Harjut ja Salpausselät	Soraa ja hiekkaa sisältäviä mannerjäätikön sulamisvaiheen muodostumia	5,0
Laaksontäytteet	— » —	
Savet	Syvän veden kerrostumia	8,3
Rantakerrostumat	Matalan veden kerrostumia	1,2
Jokikerrostumat	Virtaavan veden kerrostumia	0,9
Turve	Eloperäisiä yli metrin kerrostumia	15,5

Kuva 7. Suomen maapeitteen jakautuminen (Taipale & Saarnisto 1991).

Maaperä käyttäytyy eri tavalla riippuen maalajista ja sen ominaisuuksista. Maaperän ominaisuuksin vaikuttavat muun muassa tiheys, raekoko sekä aineskoostumus. (Rantamäki ym. 2009, 34.) Ominaisuuksista riippuen pohjarakenteiden kuivanapito tulee hoitaa hieman toisistaan eroavilla ratkaisuilla. Pohjarakenteiden kuivanapidon kannalta erityisen tärkeitä tietoja ovat maan vedenläpäisevyys sekä kapillaarisuus (Rantamäki ym. 2009, 100). Kuivanapitoon vaikuttaa myös pohjaveden pinnan korkeus perustuksiin nähden sekä veden kyllästämissä hienorakeisissa maakerroksissa konsolidaatio-

kokoonpuristumisen määrä (Rantamäki ym. 2009, 157). Routaa ja routasuojasta ei käsitellä tässä opinnäytetyössä.

Maaperästä riippumatta jokaisessa kohteessa tulee huomioida pääpiirteissään seuraavat asiat, jotta pohjarakenteiden kuivanapito toimii:

- Rakennuksen korkeusasema valitaan siten, että lattia on riittävällä etäisyydellä pohjavedenpinnasta ja mahdollisista tulvista (Ympäristöministeriö 2018, 31).
- Pinnantasaus toteutetaan rakennuksesta poispäin, mahdollisuuksien mukaan 1:20 kaltevuudella kolmen metrin matkalta (RIL 126-2009, 51).
- Rakennuksen ympärille rakennetaan tiivis pinta, joka vähentää pintavesien imeytymistä sokkelitäyttöihin (Jääskeläinen 2009b, 130).
- Routivien maalajien routanousujen vaikutus huomioidaan pinnantasauksessa (RIL 126-2009, 52).
- Katolta tulevat vedet johdetaan hallitusti sadevesiviemäriin (Jääskeläinen 2009b, 130).
- Oikeaoppinen salaojitus toteutetaan (Jääskeläinen 2009b, 131).
- Kapillaarikatkoepelillä katkaistaan veden kapillaarinen nousu rakenteisiin (Ympäristöministeriö 2018, 31).
- Pohjaveden pinnan alapuolelle rakennettaessa tehdään vedenpaine-eristys ja/tai pumppaus (RIL 126-2009, 41).

4.1 Kuivatuksen erityispiirteet savisilla ja silttisillä mailla

Maalaji määritellään saveksi, jos rakeisuuskäyrästä katsottuna 30 % tai enemmän maa-aineesta on savea. Pienetkin savipitoisuudet vaikuttavat suuresti maalajin ominaisuuksiin. (Jääskeläinen 2009a, 23.) Kapillaariseen nousukorkeuteen vaikuttaa raekoko sekä tiiviyys. Savien keskimääräinen raekoko on 0,002 mm ja kapillaarinen nousukorkeus on suurin piirtein 8–10 metriä. (Jääskeläinen 2009a, 38–39.) Savet kuuluvat käytännössä vettä läpäisemättömiin maalajeihin suuren hienoainesmäärän takia. Niiden vedenläpäisevyysarvo on 10^{-8} ... 10^{-10} m/s. (Rantamäki ym. 2009, 101.) Veden läpäisemättömyys johtuu käytännössä siitä, että savessa huokosten koko on hyvin pieni (Jääskeläinen 2009a, 69).



Kuva 8. Savista maata työmaalla.

Siltin raekoko on 0,002–0,06 mm välillä ja sen vedenläpäisevyys on huono, vaikkakin savea parempi. Siltti on välimuotomaa karkearakeisten maiden ja saven välillä. (Jääskeläinen 2009a, 22.) Siltin kapillaarinen nousukorkeus vaihtelee karkeuden mukaan noin 1,5:n ja 12 m:n välillä (Jääskeläinen 2009a, 39). Etenkin savisten silttien ominaisuudet ovat samankaltaiset saven kanssa.

Savi- ja silttialueilla vajovedet eivät imeydy maahan huonon vedenläpäisevyyden takia. Jos vesille ei ole rakennettu poistumisreittiä, ne kertyvät rakennuspohjaan. Savi on lähes aina täysin vedellä kyllästynyttä korkeasta kapillaarisesta noususta johtuen. Savi- ja silttialueelle rakennettaessa tulee aina järjestää tehokas pohjarakenteiden kuivatus. Suunnittelussa huomioitavia asioita on esitetty alla. Suurin osa alla esitetyistä asioista pätee myös siltille rakennettaessa.

Savelle ominaista on kuormituksen lisäyksestä aiheutuvat hitaasti tapahtuvat suuret painumat. Painumia syntyy, kun maaperään kohdistetaan uusia kuormia ja huokostilavuus pienenee. Vesi ei pääse liikkumaan savessa nopeasti, joten painumatkin tapahtuvat hitaasti. (Jääskeläinen 2009a, 118–119.) Painumat kasvavat entisestään, jos

pohjaveden pinta pääsee alenemaan. Tästä syystä savimailla ei kannata alentaa pohjaveden pintaa kuivatustoimenpiteillä. (RIL 126-2009, 44.) Painumien huomioiminen kuivatuksen suunnittelussa on tärkeää, koska ne vaikuttavat pintojen kaltevuuksiin. Kaltevuuksien tulisi säilyä toimivina painumisen jälkeenkin (RIL 126-2009, 51).

Pohjaveden pintaa voivat alentaa myös suuret ja paljon vettä imevät puut. Puiden ja pensaiden juuret voivat myös vahingoittaa salaojia ja perustuksia. Tällaisten puiden sekä pensaiden sijoittelua rakennuksen lähelle tulee välttää. (RT83-10955 2009, 2.) Painumien hallitsemiseksi, tulisi tontin ja lähiympäristön kosteustasapaino säilyttää suhteellisen samana, kuin ennen rakentamista. Tähän voidaan vaikuttaa muun muassa valitsemalla hyvin vettäläpäiseviä materiaaleja piharakenteisiin, jotta mahdollisimman suuri määrä hulevesistä imeytyy takaisin maahan. Hulevesien imeyttäminen ei kuitenkaan saa aiheuttaa rakennukselle kosteusvauriovaaraa (Helsingin kaupunki 2017, 1) eikä niitä saa johtaa salaojaverkostoon (RT81-11000 2010, 3).

Savimailla rakennuksen korkeusasema tulee valita sopivaksi siten, että pinnat saa kallistettua pois päin rakennusta. Toisaalta liian korkealle valittu lattiataso voi johtaa hyvin suuriin täyttömääriin, jolloin täyttöjen aiheuttama kuormitus kasvaa ja painumatkin kasvavat. Nyt jo kumotun ohjeen mukaan useimpien rakennuskohteiden piha-alueiden laatuluokka on 2. Laatuluokassa 2 pitkäaikaiset painumat saavat olla lähes 300 mm (kuva 9). (Suomen rakentamismääräyskokoelma B3 2004, 22.) Vaikka alle 300 mm pitkäaikaiset painumat sallitaankin, niiden vaikutukset pohjarakenteiden kuivanapitoon voivat olla haitallisia. Voimassa olevassa ohjeessa ei ole enää tiettyjä painumamääriä, jotka sallitaan. Uuden ohjeen mukaan rakenteille ei saa aiheutua kohtuutonta haittaa mahdollisista muodonmuutoksista huolimatta. Piha saa siis painua, mutta rakenteiden täytyy pysyä toimintakuntoisina. (Ympäristöministeriö 2018, 31.)

Laatu- luokka	Kulutus- kerros	Vaatimukset Ulkonäkö	Sallitut pit- käaikaiset (yli 30 vuo- den aikana) painumat	Routa- liikkeet (F₁₀)
Luokka 1 Piha ja alueet, joille asete- taan erityisen suuret toimin- nalliset tai ulkonäölliset vaatimukset	sidottu	Päällyste säi- lyy halkeile- mattomana	alle 100 mm	enintään 50 mm
	sitomaton	-----	alle 100 mm	enintään 50 mm
Luokka 2 Muut asunto-, ja toimisto- ja liikerakennus- ten pihat	sidottu	Päällysteessä vähäisiä kun- nossapidolla hoidettavia halkeamia	alle 300 mm	enintään 100 mm
	sitomaton	-----	alle 300 mm	enintään 100 mm

Kuva 9. Piha-alueiden laatuluokitus ja suositellut rakennevaatimukset (Suomen rakentamismääräyskokoelma B3 2004, 22).

Savipohjalle rakennettaessa tulee erityisesti huomioida painumattomien ja painuvien rakenteiden liitokset. Liitosten tulee olla juostavia. (Ympäristöministeriö 2018, 8.) Esimerkiksi salaojien sijoittelussa ja kaltevuuksissa tulee huomioida maan painuminen, jotta salaojat pysyisivät käyttökunnossa niiden suunnitellun käyttöajan ajan.

Saven kapillaarinen nousukorkeus on hyvin suuri, joten lattian alle tulevan kapillaarikatkokerroksen paksuuteen ja kerroksen materiaalin kapillaariseen nousukorkeuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kapillaarikatkokosepelin vedennousukorkeus tulee määrittää standardin SFS-EN 1097-10 mukaan. Kapillaarikatkokerroksen paksuus tulee tuon standardin mukaan olla aina vähintään 20 % suurempi kuin käytetyn kapillaarikatkokosepelin vedennousukorkeus. MaaRYL:in mukaan tuuletetuissa alapohjissa riittää 100–200 mm paksuinen kerros salaoja- tai kapillaarikatkokosepeliä, kun taas maanvastaisissa kerroksen paksuus tulee olla vähintään 300 mm. (MaaRYL 2010, 79–80.)

4.2 Kuivatus hiekka- ja sora-alueilla

Sora ja hiekka ovat maalajeina hyvin vettä läpäiseviä. Soran vedenläpäisevyys on 10^{-2} ... 10^{-4} m/s ja hiekan 10^{-4} ... 10^{-6} m/s. (Rantamäki ym. 1993, 101.) Hiekkarakeiden läpimitta on $> 0,006$ – $2,0$ mm ja sorarakeiden $> 0,2$ – $60,0$ mm (Jääskeläinen 2009a, 20). Kapillaarinen nousukorkeus karkeassa hiekassa on noin 3–15 cm. Nousukorkeus on reilusti vähemmän kuin savessa, koska raekoko ja huokosten koko on huomattavasti suurempi. (Jääskeläinen 2009a, 39.) Hyvin vettä läpäisevissä maissa vesi pääsee siis virtaamaan rakennuksen alla ja sivuilla (Helenelund 1974, 13–14).

Kuivatustapaan vaikuttaa pohjavedenpinnan taso (RIL 166 1986, 359). Kun rakennuksen korkeusasema valitaan pohjavedenpinnan yläpuolelle ja selvitetään, että pohjamaan vedenläpäisevyys on riittävä, voidaan salaojitus jättää tekemättä. Tällaisia alueita voivat olla sora- ja karkeat hiekka-alueet. (RIL 126-2009, 28; RIL 250-2011, 56.) Lisäksi rakennuksessa ei saa olla maanalaisia tiloja. Suomessa tällaiset tilanteet ovat harvinaisia. Salaojajärjestelmän kustannukset ovat vähäiset, joten ne tehdään yleensä aina. (Jääskeläinen 2009b, 131.)



Kuva 10. Hiekkaharju Paimiossa.

Lattian alle tulee asentaa vähintään 300 mm paksu kapillaarikatkokerros, vaikka salaojitus katsottaisiin tarpeettomaksi. RT-kortin ”Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus” mukaan lähtökohtana kuitenkin pidetään sitä, että kaikki rakennuspohjat salaojitetaan. (RT 81-11000, 4.)

Suomessa pohjavedenpinta on useimmiten 0,5–2 metrin syvyydessä. Harjumuodostumissa, jotka ovat siis hyvin vettä läpäiseviä, pohjavedenpinta voi olla jopa 10–30 metrin syvyydellä. (RIL 126-2009, 19.) Jos rakennuksen korkeusasema valitaan niin, että kosteudelle herkät rakenteet jäävät pohjaveden pinnan alapuolelle, tulee ne vedenpaine-eristää (RT 81-11000, 5).

4.3 Kuivatus moreenialueilla

Suomen yleisin maalaji on moreeni. Moreeni voi olla nimeltään soramoreenia, hiekkamoreenia tai siltimoreenia, riippuen siitä mitä maalajitetta on eniten. Moreenit ovat siis sekoituksia eri maalajitteista. Moreenit ovat suhteellisen heikosti vettä läpäiseviä ja kivisiä. (Helenelund 1974, 12.) D₅₀-menetelmän mukaan moreenissa tulee olla vähintään 5 % silttiä ja vähintään 5 % soraa (Jääskeläinen 2009a, 24).

Huonon vedenläpäisevyyden takia moreenipohjalle rakennettaessa katkaistaan vedenkapillaarinen nousu kapillaarikatkokerroksella ja huolehditaan ohjeiden mukaisen salaojituksen järjestämisestä. (RT 81-11000, 4.)

4.4 Kuivatus kalliolle rakennettaessa

Vesi liikkuu kallion pinnassa ja halkeamissa, erityisesti vaakaraoissa. Vettä liikkuu raoissa runsaasti noin 60 metrin syvyyteen asti. Ehjissä kallioissa vesi on usein paineellinen ja kulkee vain avoraoissa. Myös kalliossa pohjavedenpinta vaihtelee. Koska vesi pääsee liikkumaan kalliossa vain rakoja ja pintaa pitkin, pidetään sitä huonosti vettä läpäisevänä. (Kauranne ym. 1976, 82.) Vesi siis lätköityy ehjän kalliopinnan epätasaisuuksiin. Kallion huono vedenläpäisevyys edellyttää aina salaojituksen rakentamista (RIL 166 1986, 359).



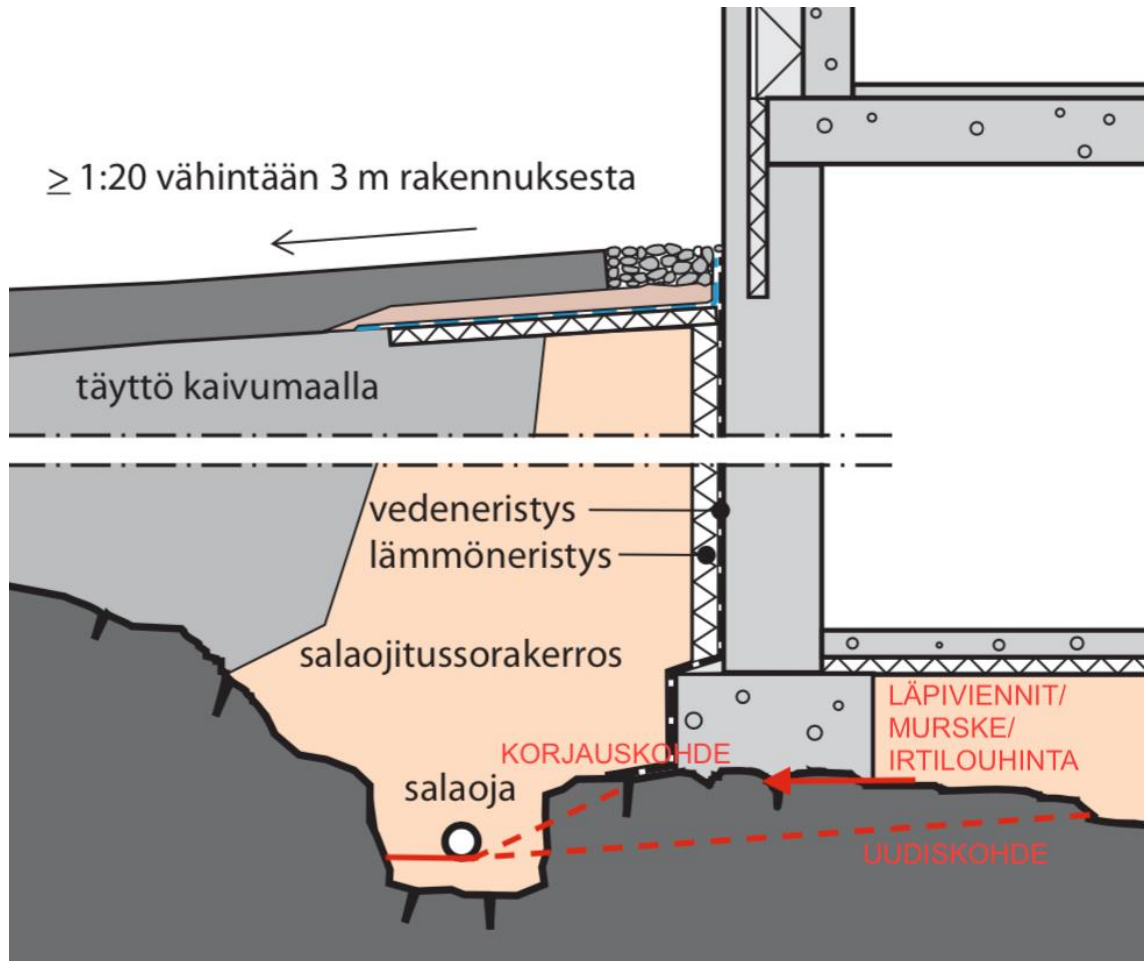
Kuva 11. Vesi valuu kallion halkeamista.

Kohteesta riippuen voidaan rakentaa luonnontilaiselle, louhitulle tai rikkonaiselle/rapautuneelle kalliolle. Myös paikalleen räjäytetyn kalliokerroksen tai louhospenkereen varaan voidaan rakentaa. Jos rakennetaan luonnontilaisen ja puhdistetun kallion varaan, kuopat täytetään ja kallion alimmista kohdista järjestetään vedelle poistumisreitti. Perustusten ulkopuolelle tehdään salaojituskerrokset ja salaojat. Maanpinta muotoillaan rakennuksesta pois päin viettäväksi. Maanvaraislattioiden alle tulee rakentaa kapillaarikatkerros. (RT 81-11000, 4.)



Kuva 12. Avokallioalue.

Irtilouhitun kallion varaan rakentaminen parantaa pohjan kuivatusta. Irtilouhittu pinta tiivistetään louheella tai murskeella. Tällöinkään rakennuspohjalle ei saa jäädä vettä kerääviä kuoppia. (Jääskeläinen 2009b, 25.) Jos rakennetaan kellaritila louhittuihin tiloihin, tulee ne salaojittaa ohjeiden mukaan. Louhittuun tilaan rakennetun kellarin seiniä rasittaa vesi, joka tulee päällyskerrosten läpi, kallion pintaa pitkin sekä kallion raoista. (Jääskeläinen 2009b, 32.) Myös lattian alle on laitettava kapillaarikatkokerros. (RT 81-11000, 4.)



Kuva 13. Salaojien louhinta, korjattu (RT 83-10955, 11).

Louhintapinnat tulee pääosin pyrkiä louhimaan salaojiin päin kalteviksi (RIL 126-2009, 82). RT-kortin ”Perustusten ja perusmuurien veden- ja kosteudeneristys” mukaan vain poikkeuksellisissa tilanteissa louhitaan salaojille ja salaojakerroksille riittävän syvä tila (RT 83-10955, 11). Nämä ohjeet ovat ristiriidassa toisiinsa nähden. Rakennuspohjan kuivatuksen kannalta on tärkeää, että myös salaojien vaatima tila otetaan louhintatöissä huomioon.

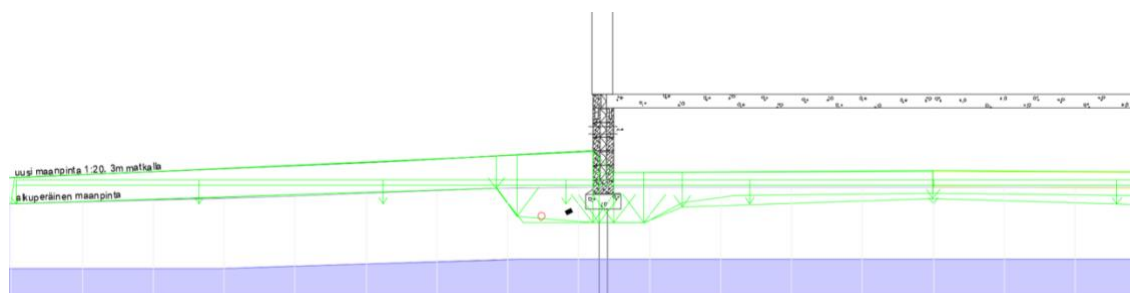
5 ESIMERKKILASKELMAT

Esimerkkilaskelmien avulla havainnollistetaan, miten erilaiset ratkaisut vaikuttavat pohjarakenteiden kuivanapitoon. Millaisia vaikutuksia liian suurilla painumilla on pohjarakenteiden kuivanapitoon? Entä mitä tapahtuu, jos valitaan väärää materiaalia kapillaarikatkerrokseen maanvaraisen lattian alle?

5.1 Painumat savipohjalla

Kuvitteellinen rakennuskohde sijaitsee tasamaalla, savipohjalla. Kohteen maaperä koostuu ohuesta kuivakuorikerroksesta, jonka alla on noin 15 metriä savea. Pohjalla on kivistä moreenia. Rakennus perustetaan paalujen varaan. Lasketaan painumien määrää pihalla sekä alapohjan tuulettuvassa tilassa. (Liite 4).

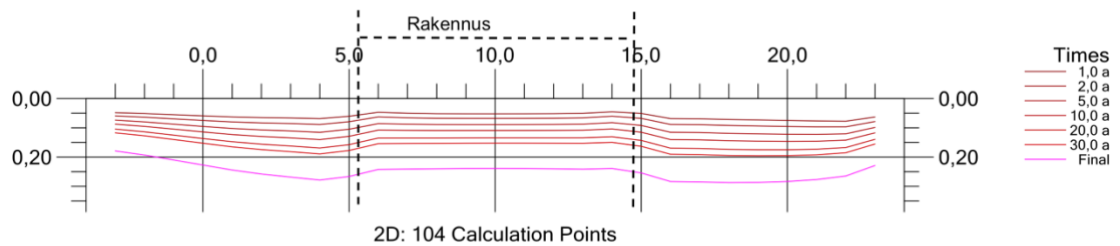
Laskelmat tehtiin Geocalc-ohjelmalla. Ohjelmaan syötettiin ensin Autocadilla tehty dwg-piirustus esimerkkikohteesta. Tämän jälkeen lisättiin maakerrosrajat ja maakerrosten ominaisuudet sekä pohjavedenpinnan korkeus. Pohjavedenpinta oletettiin kuivakuorikerroksen alarajaan. Maalajien ominaisuudet arvioitiin Ronkaisen julkaisun Suomen maalajien ominaisuuksia mukaan. Savikerrosten painumat laskettiin vesipitoisuuksien mukaan käyttäen ”w Janbu”-material modelia, eli Janbun vesipitoisuusmenetelmää. Oletettiin, että maaperä on normaalikonsolidoitunutta. Konsolidaatiokertoimet (c_v) savikerroksille on laskettu E. Kankareen nomogrammista ”Konsolidaatiokertoimen arvon määrittäminen koheesiomaille eri vesipitoisuuksien arvoilla”.



Kuva 14. Painumat savikolla, esimerkkikohde (Geocalc).

Laskelmaan lisättiin kuormitukset. Pihamaalle lisättiin puolen metrin täyttökuormitus kallistuksineen (1:20, kolmen metrin matkalta) ja tarpeellinen määrä salaojasepeliä salaojan ympärille. Tuulettuvaan tilaan lisättiin murskepeti sekä kapillaarikatkerros

kallistuksineen (1:100, salaojiin päin). Täyttömaan ja sepeleiden tilavuuspainoina käytettiin 20 kN/m³. Lisäksi oletettiin, että pohjaveden pinta laskee puoli metriä rakentamisesta johtuen. Tämä kuormitus lisättiin 5 kN/m³ suuruisena viivakuormana.



Kuva 15. Painumien suuruus suhteessa aikaan (Geocalc).

Kuva 15 ilmaisee painumien suuruudet suhteessa aikaan. Ensimmäisen vuoden jälkeen painumat ovat suurimmillaan 8 cm, viiden vuoden päästä 12 cm, kymmenen vuoden päästä 15 cm ja 30 vuoden päästä 20 cm. Suurimmillaan painumat ovat lopullisesti 29 cm. Kumotun ohjeen mukaan sallitut suurimmat pitkäaikaiset painumat pihaluokassa 2 ovat 300 mm (kuva 9). Esimerkkikohde on pientalo, joten se kuuluisi luokkaan 2. Painumat ovat siis kumotun ohjeen mukaan sallituissa ylärajoissa, mutta kuivatuksen kannalta ne voivat aiheuttaa ongelmia. Uuden ohjeen mukaan asiaa täytyy tarkastella siltä kannalta, että rakenne pysyy toimintakuntoisena painumista huolimatta.

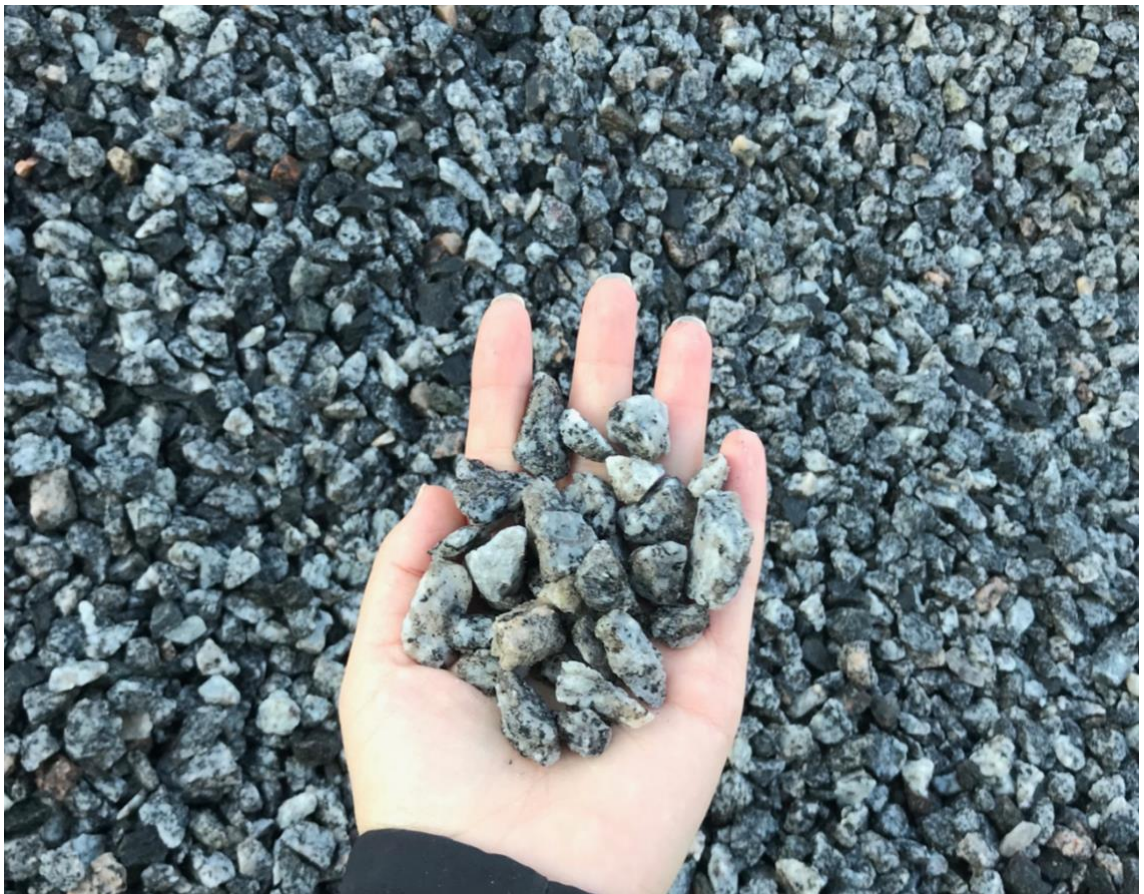
Laskelmien mukaan tuulettuvassa tilassa olleet kallistukset tasoittuvat jo vuoden kuluttua rakentamisesta. Vaarana on, että vesi alkaa lätäköitymään rakennuksen alle. Ongelman voisi poistaa kevennystäytöillä (esim. kevytsora tai vaahtolasimurske) tai asentamalla myös talon keskilinjaan salaojaputken, joka kerää keskelle kertyvän veden talon alta pois.

Pihamaalla on mahdollista, että vesi alkaa kertymään rakennuksen viereen tai lähistolle. Pihan pintamateriaalista riippuen, vesi lätäköityy pihalle tai imeytyy salaojituskerrokseen, mikä rasittaa salaojia. Esimerkiksi kiilamaisilla kevennystäytöillä voidaan vähentää painumia rakennuksen ympärillä.

5.2 Kapillaarikatkosepelin nousukorkeus

Tarkastellaan moreenille rakennettavan rakennuksen maanvaraisen lattian alle tulevan kapillaarikatkoeroksen toimivuutta. Kapillaarikatkosepelin raekooksi on valittu \varnothing 8–16 mm.

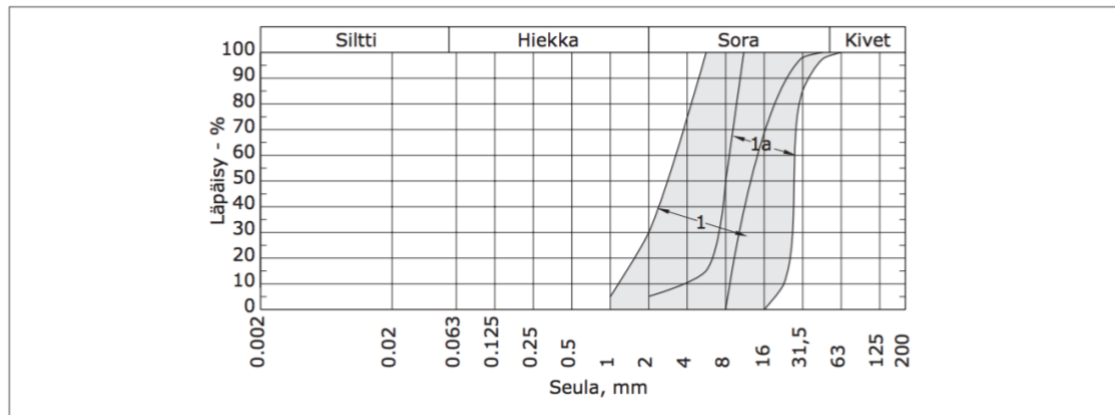
Materiaalintoimittajat eivät tarkista kiviaineksen käyttökohdetta. Työmaalla voidaan olettaa, että tilaamalla sepeliä \varnothing 8–16 mm saadaan kapillaarikatkoerokseen sopivaa kiviainesta. Tästä saattaa seurata, että maanvaraisen lattian alle asennetaan sepeliä, jonka veden kapillaarinen nousukorkeus on liian suuri.



Kuva 16. Salaojasepeli \varnothing 8–16 mm.

Esimerkiksi MaaRYL:issä ohjeistetaan, että kapillaarikatkoeroksen minimipaksuus on 300 mm. Standardin SFS-EN 1097-10 mukaan kerroksen paksuus tulee kuitenkin olla vähintään 20 % paksumpi kuin käytetyn materiaalin kapillaarinen vedennousukorkeus.

Kapillaarikatkosepelin tulee täyttää myös standardin SFS-EN 993-1 mukaiset raja-arvot hienoainespitoisuudelle. (MaaRYL 2010, 79.)



Kuva 17. Salaojissa ja kapillaarikatkokerroksissa käytettävien kiviainesten rakeisuusvaatimusten raja-arvot (MaaRYL 2010, 78).

MaaRYL:ssä on taulukko, joka määrittää salaojissa sekä kapillaarikatkokerroksissa käytettävien kiviainesten rakeisuusvaatimukset. Salaojasepelin tulee täyttää alueen 1 vaatimukset ja kapillaarikatkosepelin 1a vaatimukset. Salaojamateriaalin raekoko tulee olla 1–31,5 mm ja kapillaarikatkosepelissä ei saa olla alle 2 mm kokoisia rakeita, eikä yli 45 mm rakeita.

Laboratoriossa tehdyn vedenimeytymiskorkeus-testin tulokset (Liitteet 5 ja 6) osoittavat, miten pestyn sepelin kapillaarinen nousukorkeus eroaa pesemättömästä. Mitä enemmän sepelissä on hienoainesta, sitä korkeammalle vesi pääsee kapillaarisesti nousemaan. Esimerkiksi testattaessa kahta \varnothing 8–16 mm sepelimursketta, joista toinen on vesipestyä, saatiin seuraavat tulokset (yksittäinen koe):

Taulukko 1. Veden kapillaarinen nousukorkeus.

Kiviaines	Veden imukorkeus (H _{kap}) [mm]
KaM \varnothing 8–16 mm, vesipesty	175
KaM \varnothing 8–16 mm	458

Jos työmaalle päätyy näistä sepeleistä korkeamman imukorkeuden omaavaa kiviainesta, 300 mm paksuinen kapillaarikatkokerros ei toimi maanvaraisen lattian alla.

5.3 Mitoitusvirtaamien eroja eri pinnoilla

Mitoitusvirtaaman laskemista varten ensin määritetään valuma-alueen koko. Kun valuma-alue on alle 10 ha mitoitusvirtaama lasketaan rankkasateen mukaan. Alle 1 ha valuma-alueiden määrittäminen voidaan tehdä suunnitelmakartan avulla tai silmämääräisesti maastossa. (Liikenneviraston ohjeita 2013, 26–27.) Esimerkkilaskelmaa varten määritetään valuma-alueen pinta-ala $F = 5\,000\text{ m}^2$.

Mitoitusvirtaama lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$Q = \Psi \times F \times i$$

Q = virtaama (l/s)

Ψ = valumakerroin (-)

F = valuma-alueen pinta-ala (ha)

i = mitoitusasteen rankkuus (l/sxha)

(Liikenneviraston ohjeita 2013, 28.)

Valumakerroimen Ψ vaihtelualue on 0...1. Täysin vettä läpäisemättömälle pinnalle $\Psi=1,0$. Kerroin pienenee sitä mukaa mitä paremmin pinta imee vettä, esimerkiksi tasaisella sorakentällä $\Psi=0,00...0,05$. Lasketaan avoimen kaltevan kalliomaaston sekä tasaisen metsämaaston mitoitusvirtaamat. (Liikenneviraston ohjeita 2013, 29.)

$\Psi_{\text{kallio}} = 0,8$ (RIL 166 1986, 370)

$\Psi_{\text{metsä}} = 0,1$ (Liikenneviraston ohjeita 2013, 29)

Valumakerroimien arvot hieman vaihtelevat lähteistä riippuen. Esimerkiksi Liikenneviraston ohjeessa kallion valumakerroin on 0,3–0,5, kun taas RIL 166 mukaan 0,8. Käytetään suurempaa kerrointa.

Mitoitusasteen rankkuus i määritetään nomogrammin ”Mitoitusasteen rankkuus Suomessa” mukaan. Jotta saadaan määritettyä mitoitusasteen rankkuus, valitaan taulukosta B1 sateen kestoaja ja taulukosta C1 mitoitusvirtaamaan toistuvuus. Mitoitusasteen kestoajaksi saadaan 5 minuuttia. Mitoitusvirtaaman toistuvuuden tavoitearvoksi valitaan 1/10 kun mitoitetaan sadevesiviemäriä. Tavoitearvo 1/10 tarkoittaa, että virtaama esiintyy kymmenen vuoden välein. (Liikenneviraston ohjeita 2013, 30-31.)

Nomogrammista saadaan sateen rankkuudeksi 275 l/s×ha.

Lasketaan alueiden mitoitusvirtaamat:

$$Q_{kallio} = \Psi_{kallio} \times F \times i = 0,8 \times 0,5ha \times \frac{275l}{s} \times ha = 110l/s$$

$$Q_{metsä} = \Psi_{metsä} \times F \times i = 0,1 \times 0,5ha \times \frac{275l}{s} \times ha = 13,75l/s$$

Lasketaan alueiden virtaamamäärät viiden minuutin rankkasateella:

$$kallio: \frac{110l}{s} \times 60s \times 5min = 33m^3/5min$$

$$metsä: \frac{13,75l}{s} \times 60s \times 5min = 4,1m^3/5min$$

Jos pientalon vieressä on tasainen luonnontilainen metsä, niin kerran kymmenessä vuodessa viiden minuutin rankkasateen aikana metsästä valuu 13,75 l/s vettä, eli 4,1 m³ / 5 min. Jos vieressä onkin ehjä avokalliorinne, valuu samassa tilanteessa pientaloa kohti 110 l/s vettä, eli 33 m³ / 5 min. Kallioalueelta tulee kahdeksan kertainen määrä vettä verrattuna metsämaastoon. Jotta rakennuksen pohjarakenteet pysyvät kuivina, tulee huomioida myös ympäröivästä maastosta valuvat pintavedet erityisesti kallioalueella.

6 SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVAT ASIAT

Mitä asioita suunnittelijan tulee huomioida, kun rakennetaan erilaisille maapohjille? Miten rakennuspohja saadaan pidettyä kuivana koko sen suunnitellun käyttöajan? Lisäksi esitellään parannusehdotukset Kuivaketju10-toimintamallin riski 1:seen geosuunnittelijan näkökulmasta.

6.1 Suunnittelussa huomioitavat asiat eri maapohjilla

Taulukkomuotoon kerätty tietopaketti löytyy liitteestä 7. Maaperästä riippumatta jokaisessa kohteessa tulee huomioida pääpiirteissään seuraavat asiat, jotta pohjarakenteiden kuivanapito toimii:

- Rakennuksen korkeusasema valitaan siten, että lattia on riittäväällä etäisyydellä pohjavedenpinnasta ja mahdollisista tulvista (Ympäristöministeriö 2018, 31).
- Pinnantasaus toteutetaan rakennuksesta poispäin, mahdollisuuksien mukaan 1:20 kaltevuudella kolmen metrin matkalta (RIL 126-2009, 51).
- Rakennuksen ympärille rakennetaan tiivis pinta, joka vähentää pintavesien imeytymistä sokkelitäyttöihin (Jääskeläinen 2009b, 130).
- Routivien maalajien routanousujen vaikutus huomioidaan pinnantasauksessa (RIL 126-2009, 52).
- Katolta tulevat vedet johdetaan hallitusti sadevesiviemäriin (Jääskeläinen 2009b, 130).
- Oikeaoppinen salaojitus toteutetaan (Jääskeläinen 2009b, 131).
- Kapillaarikatkosepelillä katkaistaan veden kapillaarinen nousu rakenteisiin (Ympäristöministeriö 2018, 31).
- Pohjaveden pinnan alapuolelle rakennettaessa tehdään vedenpaine-eristys ja/tai pumppaus (RIL 126-2009, 41).
- Pohjaveden pinnan aleneminen kasvattaa painumia.

Savi- ja silttimaille rakennettaessa on huomioitava:

- maanpinta painuu hitaasti
- täyttöjen määrä vaikuttaa painumien määrään
- painumat vaikuttavat liitoksiin, salaojiin yms.

Hiekka- ja soramaille rakennettaessa:

- suositellaan salaojitusta
- huomioidaan vedenpaine-eristys tai pumppaus, jos rakennetaan pohjavedenpinnan alapuolelle.

Moreenille rakennettaessa:

- huolehditaan oikeanlaisista pinnan kallistuksista
- tehdään määräysten mukaiset kapillaarikatkerrokset sekä salaojitukset.

Kalliolle rakennettaessa:

- pinnat kallistetaan rakennuksesta pois päin
- louhinnassa otetaan huomioon myös salaojien vaatima tilantarve
- louhintapinnat pyritään kallistamaan salaojiin päin
- vettä kerääviä kuoppia ei saa jäädä rakennuspohjalle
- vesien tulee päästä valumaan esteettä pois rakennuksen alta sekä ympäriltä
- sadevesien poistumisreitti varmistetaan tulvatilanteessa.

Maaperästä riippumatta rakennuksen kuivatuksen tulisi toimia koko sen käyttöajan ajan. Silloin on tärkeää, että kuivanapitorakenteita ylläpidetään oikealla tavalla. Ylläpitoon kuuluu sekä lähiympäristö että rakenneosat. Maanpinnan kaltevuuden muutoksia on tarkkailtava sekä kourut ja putkitukset on pidettävä toimintakuntoisina. Sadevesiputkien sekä salaojien toimivuutta tulee tarkkailla ja puhdistaa säännöllisesti. Lisäksi pintakerroksen muuttaminen esimerkiksi sorapihasta asfaltiksi tulee huomioida. (RIL 250-2011, 116–117.)

6.2 Kuivaketju10-toimintamallin parannusehdotukset

Geosuunnittelija merkitystä tulisi korostaa riskin 1 ”Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakennetta” kohdalla. Kehitysehdotelma löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 8.

Geosuunnittelijalle ei ole automaattisesti laitettu yhtään riskikohtaa suunnitteluvastuulle. Kehitysehdotelmassa geosuunnittelija on lisätty päävastuulliseksi suunnittelijaksi viiteen kohtaan (kohdat: 1.1.1, 1.1.2, 1.2.6, 1.2.7 ja 1.2.8) ja muuksi suunnittelijaksi yhdeksään kohtaan (kohdat: 1.1.4, 1.2.2, 1.2.3, 1.2.5, 1.2.9, 1.2.10, 1.3.2, 1.3.3 ja 1.3.4).

Päävastuuta geosuunnittelijan tulisi ottaa pohjatutkimuksen ja pintavaaituksen osalta, pintavesisuunnitelman osalta sekä salaojien ja kapillaarikatkokerroksen osalta. Geosuunnittelijan olisi ”muuna suunnittelijana” suunnitelmissaan hyvä ottaa kantaa myös rakennuksen korkeusasemaan, salaojaputkiston sijaintiin, mahdolliseen ylimääräiseen salaojaputkistoon, louhintasuunnitelmiin, sadevesien poisjohtamiseen, vaihtoehdoisen sadevesijärjestelmän tarpeellisuuteen poikkeustilanteissa sekä lumien läjityspaikkaan.

Kehitysehdotelmassa muokattiin seuraavien kohtien sisältöä (muutos alleviivattuna):

- 1.1.2 Laaditaan tontille pintavesisuunnitelma ja otetaan huomioon kohteen maaperän erityispiirteet.
- 1.2.2 Merkitään korkeustasot salaojaputkiston nurkkapisteissä. Putkiston tulee viettää vähintään 1:200 ja suosituksena 1:100 kallistuksella kohti kokoajakaivoa, myös mahdollisten painumien jälkeen.
- 1.2.8 Esitetään sallittu kapillaarinen veden nousukorkeus kapillaarikatkokerroksessa. Kapillaarikatkokerroksen paksuuden tulee olla vähintään 20 % suurempi kuin käytettävän kiviainesmateriaalin kapillaarinen vedennousukorkeus (kuitenkin vähintään 300 mm).
 - **Todentamistehtävä:** Selvitetään kapillaarikatkokerroksen kapillaarinen veden nousukorkeus, rakeisuuskäyrä sekä hienoainepitoisuus.
- 1.2.10 Esitetään kalliopohjan muotoilu louhintasuunnitelmassa ja kaivukuvassa. Kalliopohjassa ei saa olla syvänteitä, joista vesi pääsee nousemaan kapillaarisesti rakenteisiin.
 - **Todentamistehtävä:** Tarkistetaan, että pohjalle ei jää vettä kerääviä kuoppia.
 - **Todentamisdokumentti:** Tarkemmittaus
- 1.3.2. Määritetään sadevesien poisjohtamisen periaatteet. Vedet pitää johtaa hallitusti pois kaikilta vettä läpäisemättömiltä pihan pinnoilta. (Pintavesisuunnitelma) Maaperän erityispiirteet on otettava huomioon, esim. saven painuminen.

Kehitysehdotelmalla halutaan korostaa geosuunnittelijan merkitystä kuivanapidossa. Muutoksilla riskikohtiin pyritään siihen, että maaperän laatuun sekä oikeiden materiaalien käyttöön (salaojasepeli, kapillaarikatkokosepeli) kiinnitettäisiin enemmän huomiota.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin maaliskuussa 2019 ja työ valmistui joulukuussa 2019. Yhdeksän kuukauden aikana työ eteni projektisuunnitelmassa tehdyn aikataulun mukaan. Keväällä ja kesällä 2019 perehdyttiin teoriapuoleen, kuten lakiin ja asetuksiin. Loppukesästä ja syksyllä tehtiin haastattelut ja niiden analysointi. Loka-marraskuussa suoritettiin laskelmat sekä opinnäytetyön lopputulokset. Kun noudatti järjestelmällisesti laadittua aikataulua, opinnäytetyö valmistui ajallaan. Työ eteni loogisesti ja samalla oma osaaminen aiheesta kasvoi.

Opinnäytetyön tavoitteena oli kerätä tiivis tietopaketti pohjarakenteiden kuivanapidosta erilaisissa maaperissä geosuunnittelun näkökulmasta. Hyvin yksinkertaistettu muistilista kerättiin lukuun 6 Suunnittelussa huomioitavat asiat. Tarkoitus on, että kuka tahansa suunnittelija, joka joutuu näitä asioita työssään suunnittelemaan, muistaisi ottaa listan avulla asiat huomioon.

Kuivaketju10-toimintamalli kuuluu aina päivittää kohdekohtaiseksi. Riskin 1 sisältö on sellaisenaan määräyksien mukainen ja suhteellisen kattava. Silti olisi tarpeellista muokata riskiä 1, jotta esimerkiksi maaperän ominaisuudet muistetaan ottaa huomioon suunnittelutyössä. Muokkauksien avulla pyrittiin myös siihen, että jatkossa kiinnitettäisiin erityistä huomiota salaojasepelin sekä kapillaarikatkosepelin laatuihin.

Työn aihepiiri pysyi mielenkiintoisena koko työskentelyn ajan. Lakitekstien ja asetusten ymmärtäminen vaati keskittymistä. Teoriaan perehtyminen antoi hyvän käsityksen siitä, mitä pohjarakenteiden kuivanapidolta vaaditaan ja mitä asioita tulee ottaa huomioon. Osa käytetyistä lähteistä oli vanhoja.

Haastattelun avulla selvitettiin kauemmin alalla olleiden näkemyksiä pohjarakenteiden kuivanapidosta ja ongelmakohdista. Lisäksi saatiin selvitettyä pienen otannan näkemyksiä Kuivaketju10-toimintamalliin. Haastatteluun olisi ollut hyvä saada myös kunnossapitupuolen näkemyksiä.

Painumalaskelma on kuvitteellisesta tilanteesta. Saman tyyppisiä kohteita on kuitenkin Turun alueella useita. Maaparametrit arvioitiin luotettavan lähteen avulla, mutta laboratoriokokeilla saataisiin tarkempia tuloksia. Laskelmien tulokset ovat todennäköisesti suuruusluokaltaan oikeita, vaikka käytössä olikin vain arvioituja arvoja.

Jatkokehitysideana tarkentaisin SM Maanpää Oy:n kuivanapito-ohjeita korostamalla salaojasepelin ja kapillaarikatkosepelin eroja. Lisäisin myös kuivatukseen liittyviä huomioita, jos kohteen maaperä tai ympäristö sitä vaatii, esimerkiksi savialueilla painumien vaikutukset kuivanapitoon.

Opinnäytetyön loppuvaiheessa heräsi paljon kysymyksiä, etenkin liittyen oikeiden materiaalien käyttöön. Olisi mielenkiintoista tutkia, mitä kiviainesta työmailla oikeasti käytetään kapillaarikatkoeroksissa ja salaojissa. Jatkotyöskentelyssä toisena tarkastelun kohteena voisi olla kysymys, miten selvää suunnittelijoille sekä työmaan henkilöstölle on se, että salaojasepeli ja kapillaarikatkosepeli ovat ominaisuuksiltaan erilaisia.

LÄHTEET

- FISE Oy. 2019. Kosteudenhallintakoordinaattori. Viitattu 29.5.2019 <https://fise.fi/patevyysspalvelu/hae-patevyytta/valvojat/kosteudenhallintakoordinaattori/>.
- Geologian tutkimuskeskus 2019. Pohjavesi. Viitattu 22.11.2019 <http://www.gtk.fi/geologia/luonnonvarat/pohjavesi/>.
- Helenelund, K. V. 1974. Maarakennusmekaniikka 137. 4. painos. Otaniemi: Otapaino.
- Helsingin rakennusvalvonnan ohje 2017. Hulevesien hallinta tontilla. Helsingin kaupunki: Rakennusvalvonta.
- HSY 2019. Hulevesi. Viitattu 3.10.2019 <https://www.hsy.fi/fi/asukkaalle/kodinvesiasiat/hulevesi/Sivut/default.aspx>.
- Jääskeläinen, R. 2009a. Geotekniikan perusteet. 2. painos. Jyväskylä: Tammertekniikka.
- Jääskeläinen, R. 2009b. Pohjarakenteiden perusteet. 1. painos. Jyväskylä: Tammertekniikka.
- KH 90-00403. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Rakennustietosäätiö RTS ja LVI-keskusliitto.
- Kortti kosteudenhallintakoordinaattori. 2017. Saatavissa: https://kk10.rala.fi/images/Kuivaketju10-Kosteudenhallintakoordinaattori_20171222.pdf.
- Kuivaketju10 2019. Etusivu. Viitattu 29.5.2019 <http://kuivaketju10.fi/>.
- Kuivaketju10-Riskilista 2018. Riittämätön kokonaisaikataulu vaikeuttaa merkittävästi Kuivaketju10:n onnistumista. Kuivaketju10, 13.3.2018. Saatavissa http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf.
- Liikenneviraston ohjeita 5/2013. Teiden ja ratojen kuivatuksen suunnittelu. Helsinki: Liikennevirasto. Saatavissa https://julkaisut.vayla.fi/pdf3/lo_2013-05_teiden_ja_ratojen_web.pdf.
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>.
- MaaRYL 2010. Talonrakennuksen maatyöt. Rakennustietosäätiö RTS.
- Merikallio, T. 2002. Rakennustyömaan kosteudenhallinta ja sen suunnittelu. Rakentajain kalenteri, s. 547-553. Saatavissa <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK020504.pdf>.
- Nippala, E & Vainio, T. 2016. Asuinrakennusten korjaustarve 2006–2035. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. Espoo. Saatavissa <https://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T274.pdf>.
- Rantamäki, M & Tammirinne, M. 1993. Pohjarakennus. 8., muuttumaton painos. Hämeenlinna: Karisto Oy.
- Rantamäki, M.; Jääskeläinen, R. & Tammirinne, M. 2009. Geotekniikka. 22., muuttumaton painos. Helsinki: Hakapaino Oy.
- RIL 126-2009. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- RIL 132-2000. Talonrakennuksen maarakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

- RIL 166. 1986. Pohjarakenteet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry.
- RIL 250-2011. Kosteudenhallinta ja homevaurioiden estäminen. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.
- Riskilista 2018. Kuivaketju10. Viitattu 1.10.2019: http://kuivaketju10.fi/wp/wp-content/uploads/2018/03/Kuivaketju10-Riskilista_150313.pdf.
- Ronkainen, N. 2012. Suomen maalajien ominaisuuksia. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Saatavissa https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/38773/SY2_2012_Suomen_maalajien_ominaisuuksia.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- RT81-11000. 2010. Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus. Rakennustieto Oy, Rakennussäätiö RTS.
- RT83-10955. 2009. Perustusten ja perusmuurien veden ja kosteudeneristys. Rakennustieto Oy, Rakennustietosäätiö RTS.
- Sisäilmayhdistys ry. 2008a. Kosteuden siirtyminen. Viitattu 2.10.2019 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuden-siirtyminen>.
- Sisäilmayhdistys ry. 2008b. Kosteuslähteet. Viitattu 21.10.2019 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Kosteuslahteet>.
- Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2004. B3 Pohjarakenteet. Ympäristöministeriö.
- Taipale, K. & Saarnisto, M. 1991. Tulivuorista jääkausiin. Helsinki: WSOY.
- Talon rakentajan käsikirja 8 2010. Pientalon perustustyöt. 6. uudistettu painos. Rakentajan Tietokustannus Oy / Rakentajan Tietokirjat.
- TOPTEN – rakennusvalvonnat. 2018. Kosteudenhallintaselvitys, ohje. Saatavissa <http://www.pksrava.fi/doc/tulkintakortit/MRL-117c01A.pdf>.
- Turku 2019. Ohjeet. Ohjeita ja tarkennuksia, hankesuunnittelu. Ohje kosteudenhallintaan rakennuslupaprosessissa. Saatavissa https://www.turku.fi/sites/default/files/atoms/files/ohje_kosteudenhallintaan_rakennuslupaprosessissa.pdf.
- Ympäristöministeriö 2018. Rakenteiden lujuus ja vakaus. Pohjarakenteiden suunnittelu. Suomen rakentamismääräyskokoelma.
- Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 465/2014. Annettu Helsingissä 17.6.2014. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2014/20140465>.
- Ympäristöministeriön asetus rakennusten kosteusteknisestä toimivuudesta 782/2017. Annettu Helsingissä 24.11.2017. Saatavissa <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170782>.
- Ympäristöministeriön asetus rakentamista koskevista suunnitelmista ja selvityksistä 216/2015. Annettu Helsingissä 12.3.2015. Saatavissa <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2015/20150216>.

Liite 1. Esimerkkipohja kosteudenhallintaselvityksestä.

Kosteudenhallintaselvitys
<p>Hankkeen yleistiedot:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hanke: uudisrakennus- / korjaus- / muutostyöhanke, tyyppi, laajuustietoja (mm. kerrosluku), sijainti (esim. ranta-alue, tulvariski-alue), olennaisia erityispiirteitä, kosteusriskiluokka • hankkeeseen ryhtyvä taho – kuka edustaa ryhtyvää • hankkeen suunnittelu-, toteutus- ja käyttöönottoaikataulu o hankkeen toteutusmuoto
<p>Kosteudenhallinnan henkilöresurssit sekä heidän tehtävät ja vastuut:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hankkeeseen ryhtyvän henkilöresurssit <ul style="list-style-type: none"> ○ kosteudenhallintakoordinaattori (omasta organisaatiosta / ulkopuolinen), kelpoisuus tehtävään (ryhtyvä itse arvioi, mutta selvityksessä on syytä näkyä henkilön koulutustausta ja ennen kaikkea kokemus kosteudenhallintaan liittyvistä tehtävistä) <ul style="list-style-type: none"> ▪ kosteudenhallintakoordinaattori on asetuksen mukainen ”kosteudenhallinnan valvonnasta vastaava henkilö” ja myös tarkastusasiakirjamenettelyssä ”Kosteudenhallinta” -rakennusvaiheen vastuuhenkilö ▪ tehtävät, velvollisuudet ja valtuudet hankkeen eri vaiheissa ▪ jos hankkeen keston aikana koordinaattori vaihtuu, miten hänen tehtävien ”kapulan” vaihto tapahtuu, miten tiedon siirto varmistetaan ○ suunnittelijat: tehtävät ja vastuut hankkeen kosteudenhallintaan liittyen ○ valvoja(t): tehtävät ja vastuut toteutuksen kosteudenhallinnan valvontaan ○ mahdollisesti ryhtyvän omaehtoisesti asettaman kosteudenhallinnan ulkopuolisen tarkastuksen suorittava(t) henkilö(t) / taho • ryhtyvän edellyttämä(t), päätoteuttajan asettama(t) kosteudenhallinnasta vastaava(t) henkilö(t), kosteusmittauksista vastaava(t) henkilö(t), työvaihetarkastuksia suorittavat henkilöt (kaikkia nimiä ei tässä vaiheessa edes tiedetäkään, mutta ne tulee kirjata siinä muodossa, mitä ryhtyvä edellyttää – nimet täydentyvät myöhemmissä vaiheissa)
<p>Konkreettiset vaatimukset hankkeen kosteudenhallintaan</p> <ul style="list-style-type: none"> • yleisesti hankkeeseen ryhtyvän tavoite, tahtotila ko. hankkeen kosteudenhallintaan • ryhtyvän vaatimukset suunnitteluvaiheeseen, esim. seuraaviin seikkoihin: <ul style="list-style-type: none"> ○ hankekohtaisten kosteusriskien tarkastelu (riskiarvio, riskianalyysi) ○ rakennusfysikaaliset suunnitteluratkaisut (luotettavat, testatut, kosteusturvallisiksi muutoin aiemmin todetut, jne.) ○ mahdolliset rakennuksen käytönaikaista kosteusteknistä toimivuutta edistävät ja sen seuranta mahdollistavat suunnitteluratkaisut

- suunnitteluryhmän suunnittelijakelpoisuudet ja yhteistyö asetettuun tavoitteeseen
- ryhtyvän vaatimukset rakentamisvaiheeseen, esim. seuraaviin seikkoihin:
 - toteutusvaiheen kosteusriskitarkastelu (riskianalyysi)
 - työmaan kosteudenhallintasuunnitelmassa huomioitavat vaatimukset (sää- ja olosuhdesuojauksen toteutustapa ja taso, kuivana pito, kuivatus, mittaukset jne.)
 - päätoteuttajan henkilöresurssointi kosteudenhallintaan
 - kosteudenhallinnan jalkautus työmaan työntekijöille
 - raportointi, hyväksyttämismenettelyt
 - dokumentointi
- ryhtyvän vaatimukset rakennuksen valmistumis- / käyttöönottovaiheeseen, esim. seuraaviin seikkoihin:
 - aikataulu ja esitystapa kosteudenhallinnan kokonaisuuden varmentamisen dokumentaatioille
 - aikataulu ja menettelyt rakennuksen suunnitellun kosteusteknisen toimivuuden varmentamiselle
 - rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeen kosteustekniset osiot
- (ryhtyvän vaatimukset rakennuksen käyttöön / ylläpitoon)
 - huoltohenkilöstön käytön opastus
 - käytön aikainen dokumentointi kunnossapitoa varten

Toimenpiteet ja menettelyt asetettujen kosteudenhallintavaatimusten varmentamiseen

- toimenpiteistä ja menettelyistä tulee esittää vähintäänkin:
 - miten hankkeen kosteusriskit kartoitetaan ja miten toimitaan niiden välttämiseksi hankkeen eri vaiheissa (riskiarvio, riskianalyysit, laadunvarmistukset, kosteudenhallinnan workshopit jne.)
 - suunnittelun ohjausmenettely kosteusriskittömiin, ristiriidattomiin ratkaisuihin (toimintatavan kuvaus)
 - suunnitelma-asiakirjoihin vietävät toteutuksen kosteudenhallinnassa huomioitavat ja vaadittavat seikat (miten varmistetaan - toimintatapa)
 - mitä toimenpiteitä päätoteuttajan (pääurakoitsijan) on tehtävä ja hyväksyttävä ryhtyvällä / ryhtyvän asettamalla kosteudenhallintakoordinaattorilla ennen rakennustyön aloittamista, mitä rakennustyön aikana ja rakennuksen valmistuessa (toimintatavan yksiselitteinen kuvaus)
 - onnistuvan kosteudenhallinnan menettelytavat rakennustyömaalla asetetut vaatimukset huomioiden (jalkautus ruohonjuuritasolle, vaatimusten

<p>varmentamismenettelyt ja tiedon välitys / raportointi, yhteistoiminta, dokumentointi – kuvaus näistä)</p> <ul style="list-style-type: none">o rakennuksen valmistuessa toimenpiteet sen osoittamiseksi, että rakennus on terveellinen ja että se toimii rakennusfysikaalisesti suunnittelulla tavalla (toimintatavan kuvaus)o terveellisyyteen liittyvien käytönaikaisten seuranta-/huoltotoimenpiteiden kuvaus käyttö- ja huolto-ohjeeseen, sekä niiden toteuttaminen (jos vaatimuksia on asetettu, kuvaus toimintatavasta)
Huomioitavaa
Liitteet

(TOPTEN - rakennusvalvonnat, 2018)

Liite 2. Kuivaketju10, riski 1.

1 Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakennetta

N:o	Suunnittelutehtävä	Todentaminen	Vastuulliset
1.1	Maanpinta pitää kallistaa rakennuksesta pois päin		
1.1.1	Rakennuspaikalle tulee tehdä pohjatutkimus ja pintavaaitus ennen suunnitteluvaihetta. (Yhteistyössä geosuunnittelijan kanssa)		ARK, KHK, RAK
1.1.2	Laaditaan tontille pintavesisuunnitelma.		ARK, KHK, RAK
1.1.3	Tehdään pintavesisuunnitelman pohjalta maanpinnan leikkauskuvat vähintään kahteen suuntaan. Kuvissa tulee esittää maanpinnan korkeustasot, tontilla olevien eri rakennusten liittyminen toisiinsa sekä tontin liittyminen ympäröiviin tontteihin.		ARK, KHK,
1.1.4	Määritetään kaikkien rakennusten ensimmäisen kerroksen korkeustasot. Ensimmäisen kerroksen lattiapinnan tulee olla 30 cm valmiin maanpinnan yläpuolelle.	Mitataan rakennuksen ensimmäisen kerroksen kaikkien lattiapintojen korkeustasot. Todentamisdokumentti: Tarkepiirustus	ARK, KHK UR, KHK
1.1.5	Merkitään maanpinnan korkeustasot rakennusten nurkkapisteissä ja kolmen metrin etäisyydellä nurkista. Maanpinnan tulee viettää 1:20 kallistuksella rakennuksesta pois päin vähintään 3 m:n matkan.	Mitataan korkeustasot rakennuksen nurkkapisteissä ja 3 m:n etäisyydellä nurkista. Todentamisdokumentti: Tarkepiirustus	ARK, KHK UR, KHK
1.2	Rakennuksessa tulee olla toimiva salaojitusjärjestelmä		
1.2.1	Merkitään suunnitelmaan perusmaan korkeustasot rakennuksen keskelle ja laiduille. Perusmaan tulee viettää rakennuksen keskeltä kohti salaojia vähintään 1:100 kallistuksella. (Tehdään kaivukuva.)		RAK, KHK
1.2.2	Merkitään korkeustasot salaojaputkiston nurkkapisteissä. Putkiston tulee viettää vähintään 1:200 ja suosituksena 1:100 kallistuksella kohti kokoojakaivoa.	Mitataan korkeustasot salaojaputkiston nurkkapisteissä Todentamisdokumentti: Tarkepiirustus	RAK, KHK UR, KHK
1.2.3	Suunnitellaan salaojaputkiston sijainti. Salaojaputkiston tulee lähtökohtaisesti olla anturan alapuolella. Jos osa perustuksista on kuitenkin salaojatason alapuolella, tulee perustuksissa olla kapillaarikatko salaojatason yläpuolella esimerkiksi anturan ja sokkelin välissä.		RAK, KHK
1.2.4	Määritetään suunnitelmiin tarkastuskaivojen sijainti. Tarkastuskaivoja tulee olla vähintään joka toisessa salaojaputkiston nurkkapisteessä. Kahden		RAK, KHK

	tarkastuskaivon etäisyys toisistaan on kuitenkin korkeintaan 20 m.		
--	--	--	--

(jatkuu)

N:o	Suunnittelutehtävä	Todentaminen	Vastuulliset
1.2.5	Arvioidaan tarve varsinaisen järjestelmän rinnalle asennettavasta ylimääräisestä salaojaputkituksesta. Ylimääräinen putkitus voidaan tarvita, jos putkien uusinta myöhemmin olisi poikkeuksellisen haastavaa.		RAK, KHK
1.2.6	Määritetään suunnitelmiin salaojituserroksessa käytettävän kiviaineksen vaatimukset.		RAK, KHK
1.2.7	Merkitään suunnitelmaan salaojituserroksen paksuudet. Salaojaputkea ympäröivän kerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä 0,2 m paksu. Salaojaputken alle ei tarvitse laittaa salaojasoraa, jos putkisto erotetaan suodatinkankaalla alemmasta maakerroksesta.		RAK, KHK
1.2.8	Esitetään sallittu kapillaarinen veden nousukorkeus kapillaarikatkerroksessa. Sallitun nousukorkeuden määrittämisessä tulee huomioida saatavilla oleva kiviainesmateriaali.	Todentamistehtävä: Selvitetään kapillaarikatkerroksen kapillaarinen veden nousukorkeus. Todentamisdokumentti: Laboratoriokokeen tulokset. (urakoitsijan tai materiaalitoimittajan hakema)	RAK, KHK UR, KHK
1.2.9	Määritetään kapillaarikatkerroksen sijainti. Kerroksen tulee olla yhtenäinen ja riittävän paksu lattialaatan, pohjalaatan ja anturoiden alla. Kapillaarikatkerrosta ei tarvita anturan alle, jos antura putkitetaan ja asennetaan kapillaarikatko anturan ja sokkelin väliin.	Todentamistehtävä: Tarkistetaan, että kapillaarikatkerroksen sijainti ja kerrospaksuudet ovat suunnitelmien mukaisia. Todentamisdokumentti: Valokuva(t)	RAK, KHK UR, KHK
1.2.10	Esitetään kalliopohjan muotoilu louhintasuunnitelmassa ja kaivukuvassa. Kalliopohjassa ei saa olla syvänteitä, joista vesi pääsee nousemaan kapillaarisesti rakenteisiin.		RAK, KHK
1.2.11	Määritetään anturoiden ja perusmuurin vedeneristys maaperän kosteusrasituksen ja eristeen asennussyvyyden perusteella. (Asennussyvyys maanpinnasta.)		RAK, KHK
1.3	Pinta- ja sadevedet pitää ohjata pois rakennuksen viereltä myös poikkeustilanteissa		
1.3.1	Määritetään kattovesien poisjohtamisen periaatteet. Sadevedet pitää johtaa hallitusti kaikilta kattopinnoilta sadevesijärjestelmään.		ARK, KHK, RAK
1.3.2	Määritetään sadevesien poisjohtamisen periaatteet. Vedet pitää johtaa hallitusti pois kaikilta läpäisemättömiltä pihan pinnoilta. (Pintavesisuunnitelma)		ARK, KHK, RAK

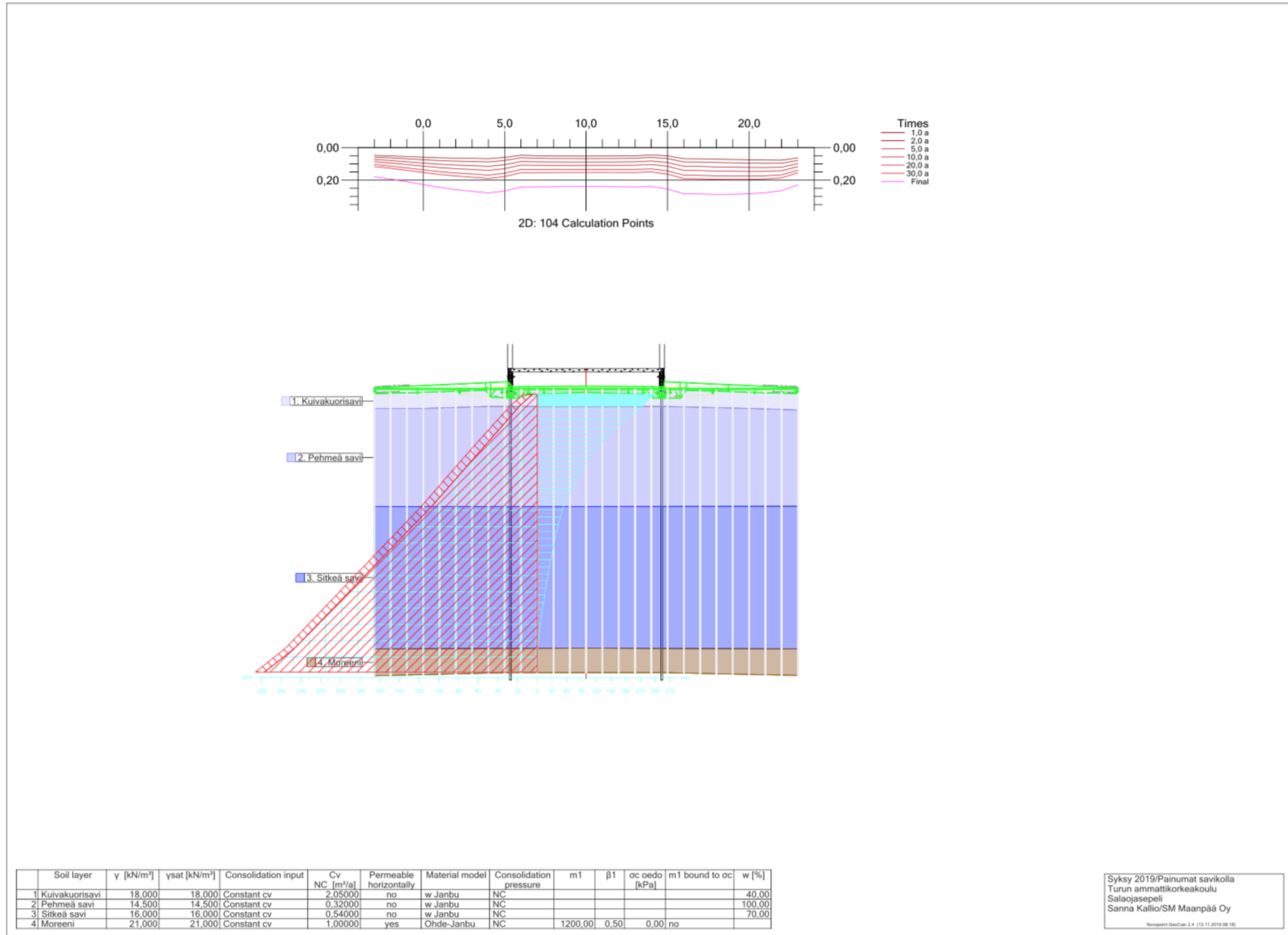
N:o	Suunnittelutehtävä	Todentaminen	Vastuulliset
1.3.3	Suunnitellaan vaihtoehtoinen sadevesijärjestelmä poikkeustilanteita varten. Varsinaisen järjestelmän tukkeutuessa pitää vedet johtaa esimerkiksi pintoja pitkin pois päin rakennuksesta.	Todentaminen: Varmistetaan, että toteutus vastaa suunnitelmia (suunnittelija täydentää osion). Todentamisdokumentti: Valokuva(t)/tarkepiirustus	ARK, KHK, UR, KHK
1.3.4	Määritetään lumien läjityspaikka. Paikan tulee sijaita yli 3 m:n etäisyydellä rakennuksesta, ja sulamisvesien tulee valua pois päin rakennuksesta.		ARK, KHK, RAK

(lähde: Kuivaketju10-toimintamalli)

Liite 3. Haastattelupohja.

1. Minkälainen tausta sinulla on? Kuinka monessa Kuivaketju10-hankkeessa olet ollut mukana?
2. Mitä mieltä olet Kuivaketju10:n sähköisestä järjestelmästä?
3. Vertaa Kuivaketju10 järjestelmää ja perinteistä kosteudenhallintaselvitystä sekä –suunnitelmaa keskenään:
4. Mitä mieltä olet geosuunnittelijan merkityksestä pohjarakenteiden kuivanapidossa?
5. Kuivaketju10 riskilistaan ei ole määritetty yhtään suunnittelutehtävää automaattisesti geosuunnittelijalle. Tulisiko niitä olla? Mitkä kohdat?
6. Minkälaisia pohjarakenteiden kuivanapitoon liittyviä ongelmia kohteissa on tullut esiin, kun geosuunnittelu on puuttunut kokonaan tai ollut puutteellista?

Liite 4. Painumat savikolla, Geocalc-laskelma.



Liite 5. Veden imukorkeus (Hkap), Ø 8–16.



Laboratoriopalvelut

PANK-hyväksytty testausorganisaatio

Laboratoriopalveluita vuodesta 1951

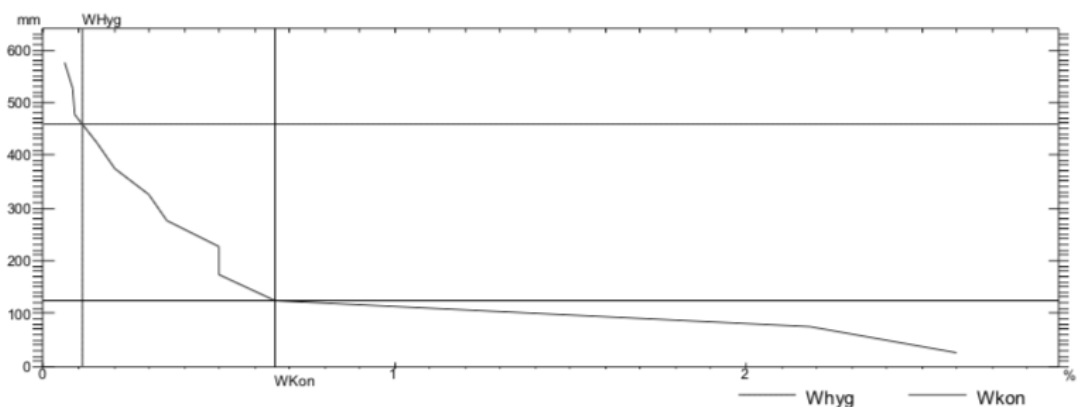
TUTKIMUSSELOSTUS, Vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10

Asiakas	Rudus Oy	Kunta	
Projekti	Piikkiö	Materiaali	8-16
Urakoitsija		Lajite	KaM
Paikka	Piikkiö	Diaarinro	17-976
Yhteyshenkilö	Stina Blomqvist-Nuutinen	Kasa	

Näytetunnus	1
Näytteenottopvm	07.06.2017
Näytteenottotapa	Asiakkaan ottama

Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	22.0
Tiivistetty kuivairtoiheys [Mg/m³]	1.56
Hygroσκοoppinen veden absorptiokyky (W _{hyg}) [%]	0.11
Vakiotason kosteuspitoisuus (W _{kon}) [%]	0.66
Veden imukorkeus (H _{kap}) [mm]	458

korkeus, hi [mm]	kosteus, W _{hi} [%]
25	2.60
75	2.18
125	0.66
175	0.50
225	0.50
275	0.35
325	0.30
375	0.20
425	0.15
475	0.09
525	0.08
575	0.06



Jakelu	S.Blomqvist-Nuutinen, P.Niskanen,
--------	-----------------------------------

Päiväys 05.07.2017

Allekirjoitus

Päivi Naisniemi

Päivi Naisniemi

Oulun laboratorio
 Typpitie 1,
 90620 Oulu
 etunimi.sukunimi@mitta.fi
 +358407510501

Kivitesti-161205-002-3.4.0.265 (C) Mitta Oy

Liite 6. Veden imukorkeus (Hkap), Ø 8–16 pesty.



Laboratoriopalvelut

PANK-hyväksytty testausorganisaatio

Laboratoriopalveluita vuodesta 1951

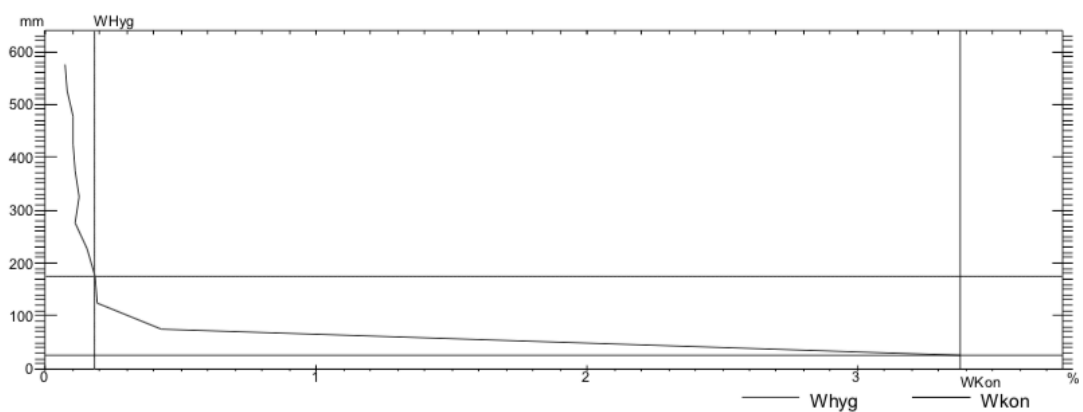
TUTKIMUSSELOSTUS, Vedenimeytymiskorkeus SFS-EN 1097-10

Asiakas	Rudus Oy	Kunta	
Projekti	Piikkiö	Materiaali	8-16
Urakoitsija		Lajite	KaM
Paikka	Piikkiö (HKAP) Pesty	Diaarinro	17-976
Yhteyshenkilö	Stina Blomqvist-Nuutinen	Kasa	

Näytetunnus	Pesty
Näytteenottopvm	07.06.2017
Näytteenottotapa	Asiakkaan ottama

Kokeen kesto (d) [vrk]	21
Testilämpötila [°C]	22.0
Tiivistetty kuivairtitiheys [Mg/m³]	1.57
Hygroσκοoppinen veden absorptiokyky (W _{hyg}) [%]	0.18
Vakiotason kosteuspitoisuus (W _{kon}) [%]	3.38
Veden imukorkeus (H _{kap}) [mm]	175

korkeus, hi [mm]	kosteus, W _{hi} [%]
25	3.38
75	0.43
125	0.19
175	0.18
225	0.15
275	0.11
325	0.12
375	0.11
425	0.10
475	0.10
525	0.08
575	0.07



Jakelu	S. Blomqvist-Nuutinen, P. Niskanen,
--------	-------------------------------------

Päiväys 05.07.2017

Allekirjoitus

Päivi Naisniemi

Päivi Naisniemi

Oulun laboratorio
Typpitie 1,
90620 Oulu
etunimi.sukunimi@mitta.fi
+358407510501

Liite 7. Pohjarakenteiden kuivanapito, ”tietopaketti”.

Kaikki kohteet	Huomioitava:
<i>Korkeusasema</i>	Lattia on riittävällä etäisyydellä pohjavedenpinnasta ja mahdollisista tulvista.
<i>Pinnantasaus</i>	Pinnat toteutetaan rakennuksesta pois päin, mahdollisuuksien mukaan 1:20 kaltevuudella kolmen metrin matkalta. Rakennuksen ympärille rakennetaan tiivis pinta, joka vähentää pintavesien imeytymistä sokkelitäyttöihin. Pohjavedenpinnan aleneminen kasvattaa painumia
<i>Routa</i>	Routanousujen vaikutus huomioidaan pinnantasauksessa.
<i>Kattovedet</i>	Katolta tulevat vedet johdetaan hallitusti sadevesiviemäriin.
<i>Salaojitus</i>	Salaojitus toteutetaan oikeaoppisesti (salaojitusta suositellaan joka kohteeseen)
<i>Kapillaarinousun katkaiseminen</i>	Kapillaarikatkosepelillä katkaistaan veden kapillaarinen nousu rakenteisiin. Kapillaarikatkokerroksen paksuus on vähintään 20% suurempi kuin käytetyn materiaalin kapillaarinen vedennousukorkeus.
<i>Pohjaveden pinnan alapuolella</i>	Pohjaveden pinnan alapuolelle rakennettaessa tehdään vedenpaineeristys ja/tai pumppaus.

(jatkuu)

Savi/siltti**Huomioitava:**

Maanpinta painuu hitaasti.

Täyttöjen määrän kasvaessa painumatkin kasvavat.

Painumat vaikuttavat liitoksien, salaojien yms. toimintaan.

Hiekka/sora**Huomioitava:**

Suosittelaa salaojitusjärjestelmää, vaikka vedenläpäisevyys olisikin hyvä.

Kallio**Huomioitava:**

Pinnat kallistetaan rakennuksesta poispäin.

Louhitaan myös salaojille riittävät tilat.

Louhintapinnat pyritään kallistamaan salaojiin päin.

Rakennuspohjalle ei saa jäädä vettä kerääviä kuoppia.

Vesien tulee päästä valumaan esteettä pois rakennuksen alta sekä ympäriltä.

Sadevesien poistumisreitti tulvatilanteessa

Liite 8. Kehitysehdotelma: Kuivaketju10, riski 1.

1 Rakennuksen ulkopuolelta tuleva kosteus vaurioittaa perustuksia ja lattiarakennetta

N:o	Suunnittelutehtävä	Todentaminen	Vastuulliset
1.1	Maanpinta pitää kallistaa rakennuksesta pois päin		
1.1.1	Rakennuspaikalle tulee tehdä pohjatutkimus ja pintavaaitus ennen suunnitteluvaihetta. (Yhteistyössä geosuunnittelijan kanssa)		ARK, KHK, <u>GEO</u> , RAK
1.1.2	Laaditaan tontille pintavesisuunnitelma <u>ja otetaan huomioon kohteen maaperän erityispiirteet.</u>		ARK, KHK, <u>GEO</u> , RAK
1.1.3	Tehdään pintavesisuunnitelman pohjalta maanpinnan leikkauskuvat vähintään kahteen suuntaan. Kuvissa tulee esittää maanpinnan korkeustasot, tontilla olevien eri rakennusten liittyminen toisiinsa sekä tontin liittyminen ympäröiviin tontteihin.		ARK, KHK,
1.1.4	Määritetään kaikkien rakennusten ensimmäisen kerroksen korkeustasot. Ensimmäisen kerroksen lattiapinnan tulee olla 30 cm valmiin maanpinnan yläpuolelle.	Mitataan rakennuksen ensimmäisen kerroksen kaikkien lattiapintojen korkeustasot. Todentamisdokumentti: Tarkepiirustus	ARK, KHK, <u>GEO</u> UR, KHK
1.1.5	Merkitään maanpinnan korkeustasot rakennusten nurkkapisteissä ja kolmen metrin etäisyydellä nurkista. Maanpinnan tulee viettää 1:20 kallistuksella rakennuksesta pois päin vähintään 3 m:n matkan.	Mitataan korkeustasot rakennuksen nurkkapisteissä ja 3 m:n etäisyydellä nurkista. Todentamisdokumentti: Tarkepiirustus	ARK, KHK UR, KHK
1.2	Rakennuksessa tulee olla toimiva salaojitusjärjestelmä		
1.2.1	Merkitään suunnitelmaan perusmaan korkeustasot rakennuksen keskelle ja laidoille. Perusmaan tulee viettää rakennuksen keskeltä kohti salaojia vähintään 1:100 kallistuksella. (Tehdään kaivukuva.)		RAK, KHK
1.2.2	Merkitään korkeustasot salaojaputkiston nurkkapisteissä. Putkiston tulee viettää vähintään 1:200 ja suosituksena 1:100 kallistuksella kohti kokoojakaivoa, <u>myös mahdollisten painumien jälkeen.</u>	Mitataan korkeustasot salaojaputkiston nurkkapisteissä Todentamisdokumentti: Tarkepiirustus	RAK, KHK, <u>GEO</u> UR, KHK
1.2.3	Suunnitellaan salaojaputkiston sijainti. Salaojaputkiston tulee lähtökohtaisesti olla anturan alapuolella. Jos osa perustuksista on kuitenkin salaojatason alapuolella, tulee perustuksissa olla kapillaarikatko salaojatason yläpuolella esimerkiksi anturan ja sokkelin välissä.		RAK, KHK, <u>GEO</u>

(jatkuu)

N:o	Suunnittelutehtävä	Todentaminen	Vastuulliset
1.2.4	Määritetään suunnitelmiin tarkastuskaivojen sijainti. Tarkastuskaivoja tulee olla vähintään joka toisessa salaojaputkiston nurkkapisteessä. Kahden tarkastuskaivon etäisyys toisistaan on kuitenkin korkeintaan 20 m.		RAK, KHK
1.2.5	Arvioidaan tarve varsinaisen järjestelmän rinnalle asennettavasta ylimääräisestä salaojaputkituksesta. Ylimääräinen putkitus voidaan tarvita, jos putkien uusinta myöhemmin olisi poikkeuksellisen haastavaa.		RAK, KHK, GEO
1.2.6	Määritetään suunnitelmiin salaojituskerroksessa käytettävän kiviaineksen vaatimukset.		RAK, KHK, GEO
1.2.7	Merkitään suunnitelmaan salaojituskerroksen paksuudet. Salaojaputkea ympäröivän kerroksen tulee olla putken alla ja sivuilla vähintään 0,1 m ja päällä 0,2 m paksu. Salaojaputken alle ei tarvitse laittaa salaojasoraa, jos putkisto erotetaan suodatinkankaalla alemmasta maakerroksesta.		RAK, KHK, GEO
1.2.8	Esitetään sallittu kapillaarinen veden nousukorkeus kapillaarikatkerroksessa. <u>Kapillaarikatkerroksen paksuuden tulee olla vähintään 20 % suurempi kuin käytettävän kiviainesmateriaalin kapillaarinen vedenousukorkeus (kuitenkin vähintään 300 mm).</u>	Todentamistehtävä: <u>Selvitetään kapillaarikatkerroksen kapillaarinen veden nousukorkeus, rakeisuuskäyrä sekä hienoainepitoisuus.</u> Todentamisdokumentti: Laboratoriokokeiden tulokset. (urakoitsijan tai materiaalitoimittajan hakema)	RAK, KHK, GEO UR, KHK
1.2.9	Määritetään kapillaarikatkerroksen sijainti. Kerroksen tulee olla yhtenäinen ja riittävän paksu lattialaatan, pohjalaatan ja anturoiden alla. Kapillaarikatkerrosta ei tarvita anturan alle, jos antura putkitetaan ja asennetaan kapillaarikatko anturan ja sokkelin väliin.	Tarkistetaan, että kapillaarikatkerroksen sijainti ja kerrospaksuudet ovat suunnitelmien mukaisia. Todentamisdokumentti: Valokuva(t)	RAK, KHK, GEO UR, KHK
1.2.10	Esitetään kalliopohjan muotoilu louhintasuunnitelmassa ja kaivukuvassa. Kalliopohjassa ei saa olla syvänteitä, joista vesi pääsee nousemaan kapillaarisesti rakenteisiin.	Tarkistetaan, että pohjalle ei jää vettä <u>kerääviä kuoppia.</u> Todentamisdokumentti: Tarkemittaus	RAK, KHK, GEO UR, KHK
1.2.11	Määritetään anturoiden ja perusmuurin vedeneristys maaperän kosteusrasituksen ja eristeen asennussyvyyden perusteella. (Asennussyvyys maanpinnasta.)		RAK, KHK
1.3	Pinta- ja sadevedet pitää ohjata pois rakennuksen viereltä myös poikkeustilanteissa		
1.3.1	Määritetään kattovesien poisjohtamisen periaatteet. Sadevedet pitää johtaa hallitusti kaikilta kattopinnoilta sadevesijärjestelmään.		ARK, KHK, RAK

Liite 8 (4)

(jatkuu)

N:o	Suunnittelutehtävä	Todentaminen	Vastuulliset
1.3.2	Määritetään sadevesien poisjohtamisen periaatteet. Vedet pitää johtaa hallitusti pois kaikilta vettä läpäisemättömiltä pihan pinnoilta. (Pintavesisuunnitelma) <u>Maaperän erityispiirteet on otettava huomioon, esim. saven painuminen.</u>		ARK, KHK, RAK, GEO
1.3.3	Suunnitellaan vaihtoehtoinen sadevesijärjestelmä poikkeustilanteita varten. Varsinaisen järjestelmän tukkeutuessa pitää vedet johtaa esimerkiksi pintoja pitkin pois päin rakennuksesta.	Todentaminen: Varmistetaan, että toteutus vastaa suunnitelmia (suunnittelija täydentää osion). Todentamisdokumentti: Valokuva(t)/tarkepiirustus	ARK, KHK, GEO UR, KHK
1.3.4	Määritetään lumien läjityspaikka. Paikan tulee sijaita yli 3 m:n etäisyydellä rakennuksesta, ja sulamisvesien tulee valua pois päin rakennuksesta.		ARK, KHK, RAK, GEO