



Osaamista  
ja oivallusta  
tulevaisuuden  
tekemiseen

Henri Kuusimäki

# Korjausrakennuskohteen maanvastaisen alapohjan ongelmat ja niiden korjaustavat

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohto

Opinnäytetyö

19.4.2020

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Henri Kuusimäki Korjausrakennuskohteen maanvastaisen alapohjan ongelmat ja niiden korjaustavat 36 sivua + 2 liitettä 19.4.2020
Tutkinto	Rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	Talonrakennustekniikka
Ohjaajat	Työpäällikkö, Pekka Salonen Lehtori, Tapani Järvenpää
<p>Opinnäytetyön aiheena oli maanvastaisen alapohjan ongelmat ja niiden korjaustavat korjausrakennuskohteessa. Työ tehtiin NCC konsernin Korjaus ja elinkaari -yksikölle. Työn tavoitteena oli tehdä kattava kuvaus korjausrakennus kohteen maanvastaisen alapohjan ongelmista ja näiden ratkaisutavoista. Työ kohdistuu NCC:n Chydenian työmaan alapohjaan.</p> <p>Kirjallisuutta tutkimalla selvitettiin yleisempiä maanvastaisen alapohjan ongelmia. Alapohjan ongelmista toteutettiin tapaustutkimus NCC:n Chydenian työmaalla, jossa kartoitettiin työmaalla havaitut alapohjan ongelmat sekä käytetyt ratkaisut näihin ongelmiin. Työssä esitellään myös Chydenian työmaan maanvastaisen alapohjan korjaustöissä tehtyä laadunvarmistusta.</p> <p>Työssä koottiin kirjallisuuden avulla kahdeksan yleistä maanvastaisen alapohjan ongelmaa. Näistä kahdeksasta tunnistetusta ongelmasta seitsemän esiintyi Chydenian työmaan maanvastaisessa alapohjassa. Lisäksi työssä esitellään Chydenian työmaalla tehdyt korjaus ratkaisut esiintyneisiin maanvastaisiin alapohjan ongelmiin.</p>	
Avainsanat	maanvastainen alapohja

Author Title	Henri Kuusimäki Problems in the Ground Floor and Their Repair Solutions
Number of Pages Date	36 pages + 2 appendices 19.4.2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Building Site Management
Instructors	Pekka Salonen, Project Manager Tapani Järvenpää, Principal Lecturer
<p>The topic of this thesis is problems in the ground floor and their repair solutions. This thesis was made for Department of Lifecycle and Renovating Services of NCC construction Oy. The aim of this thesis was to make comprehensive description of the problems in the ground floor renovation in Chydenia's work site and of the methods employed to repair these problems. The scope of thesis is focus only Chydenia work site.</p> <p>By studying research literature the thesis identified general ground floor problems. The case study was conducted in Chydenia work site and repair solutions for the ways to repair the ground floor problems were identified when working as construction foreman trainee. Thesis also presents how quality was assured in ground floor renovation.</p> <p>As finding of the thesis eight general problems in ground floor were identified by studying research literature. Seven out of these eight identified problems were also found in Chydenia's ground floor. In addition, the thesis presents how these problems were repaired.</p>	
Keywords	gound floor

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Maanvastainen alapohja sekä perustukset	2
2.1	Maanrakennus ja salaojat	3
2.2	Radon	5
2.3	Lämmöneristys	6
2.3.1	EPS LATTIA -lämmöneriste	7
2.3.2	Routa	7
3	Maanvastaisen alapohjan kosteustekninen toiminta	9
3.1	Diffuusio	10
3.2	Veden kapillaarinen siirtyminen	11
3.2.1	Kapillaarikatko	11
3.2.2	Kalliosepeli 5/16	13
3.2.3	Xypex Concentrade	13
3.2.4	Keim iPor -kalsiumsilikaattilevy	14
3.3	Hygroσκοoppisuus	15
3.4	Pohjavesi	15
3.5	Konvektio	16
4	Tutkimuskohde	17
4.1	Pääurakoitsijan lähtötiedot	17
4.2	Maanvastaisen teräsbetonilaatan purkutyöt	18
4.3	Maanrakennustyöt	19
4.3.1	Louhinta	21
4.4	Maanvastaisen alapohjan tekniikka ja tiivistykset	22
4.4.1	Salaojat ja radon	22
4.4.2	Maanvastaisen alapohjan tiivistykset	24
4.5	Lämmöneristys ja teräsbetonilaatta	27
5	Tarkastukset ja laadunvalvonta	28
5.1	Mestanvastaanotto	28
5.2	Osakohteen tarkastus	29
5.3	Asbestikartoitus	30
5.4	Loadman -koe	30
5.5	Mallikatselmus	31

6 Tulokset	32
7 Johtopäätökset	34
Lähteet	35
Liitteet	
Liite 1. 5/16 kalliosepeli rakeisuuskäyrä	
Liite 2. Suoritustasoilmoitus suodatinkangas KL2	

## 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty NCC konsernin Korjaus ja elinkaari (KRE) -yksikölle. Tutkimuksessa keskitytään maanvastaisen alapohjan yleisiin ongelmiin sekä esitellään, miten näitä ongelmia tunnistettiin sekä ratkaistiin NCC:n Chydenian työmaan maanvastaisen alapohjan korjauskohteessa. Työn tavoitteena on tuoda ilmi ongelmakohtia kohteen alapohjassa ja löytää näihin ratkaisutapoja.

Työssä selvitettiin kirjallisuutta lukemalla yleisiä maanvastaisessa alapohjassa esiintyviä ongelmia. Lisäksi työssä tunnistettiin Chydenian työmaalla työnjohtoharjoittelijana toimineena maanvastaisen alapohjan korjauksen ongelmia ja näiden ratkaisuja. Työ on rajattu tarkastelemaan ainoastaan Chydenian työmaan alapohjan ongelmia sekä ongelmien ratkaisutapoja.

Chydenia-rakennus on alun perin valmistunut Töölön tyttölyseoksi vuonna 1923. Rakennus on myöhemmin toiminut kauppakorkeakoulun rahoituslaitoksena. Rakennus peruskorjataan sisäpuolelta lähes täysin, vesikatto korjataan mutta julkisivu säilyy ennallaan.

NCC konserni on yksi Pohjois-Euroopan johtavista rakentamisen, kiinteistökehityksen ja infrastruktuurin yrityksistä. Vuonna 2019 NCC:n liikevaihto oli noin 5,5 miljardia euroa sekä yrityksen henkilöstömäärä oli noin 15500 henkilöä. NCC:n kotimarkkina-alueena toimii pohjoismaat ja yrityksen toiminta ulottuu kiinteistöjen kehittämisestä, julkisiin rakennuksiin, maanrakennukseen, teihin, muuhun infrastruktuuriin sekä teollisuuslaitoksiin. (NCC 2019.)

## 2 Maanvastainen alapohja sekä perustukset

Yksi perinteisimmistä Suomessa käytetyistä alapohjatyypeistä on maanvastainen alapohja. 1950-luvulla Suomessa maanvaraisen laatan käyttö yleistyi kellarittomien rakennusten alapohjissa. Koska käyttö Suomessa yleistyi nopeasti, maanvaraisesta laatasta on tullut yleisin alapohjaratkaisu rakennuksiin, joissa alapohjan kantavuus on riittävä. Vanhoissa maanvastaisissa laatoissa on ollut paljon ongelmia virheellisen rakennustavan, pinnoitettujen tiiviiden materiaalien sekä kosteutta kestäättömien pinnoitteiden vuoksi. (Sisäilmayhdistys 2019.)

Myös rakennusten kosteusrasitetuimmat rakenneosat ovat lähes poikkeuksetta perustukset sekä alapohjarakenteet. Näitä rakenteita rasittaa jatkuvasti maaperänkosteus. Lähes jokaisen rakennuksen sisäpuolelta löytyy pohjaveden pinta, joka rasittaa alapohjan rakenteita. Pohjaveden ja rakennuksen välissä on yleensä aina erilaisia luonnontilaisia tai rakennettuja maakerroksia. Näiden tarkoituksena on estää veden kapillaarisen siirtymisen rakenteisiin. Luonnon aiheuttamia kosteudellisia rasituksia perustuksille ja alapohjille voivat olla pintavedet, vajovedet sekä sisäpuolelta tuleva ilmankosteus. Myös rakennuksen sisällä tapahtuva vesivahinko usein rasittaa alapohjarakenteita veden hakeutuessa alaspäin rakennuksen painesuhteiden takia. Alapohjarakenteiden kosteusvauriot tulevat usein helposti esiin korvausilman kulkiessa alapohjan kautta. Homeen hajua rakennukseen voi aiheuttaa jo pienikin vaurio alapohjassa. (Sisäilma yhdistys 2020.)

Sisäilmayhdistyksen (2020) mukaan perustusrakenteiden yleisimmät kosteus- ja homevaurioiden syyt maanvastaisissa lattioissa ovat:

1. Pintavesien valuminen rakennukseen ja sitä kautta alapohja rakenteisiin
2. Rakennuksen ulkopuolella puutteellinen sadevesijärjestelmä
3. Veden kapillaarinen nousu rakennuspohjasta rakenteisiin
4. Puutteellinen salaojitus
5. Kosteuden siirtyminen diffuusiolla
6. Kosteuden siirtyminen konvektiolla
7. Mahdolliset putkivuodot
8. Rakennusjätteet alapohjassa

Maanvastaisessa alapohjassa perustukset suojataan veden nousun katkaisevalla kapillaarikatkerroksella sekä perustusten viereen asennettavilla salaojilla. Jos alapohjasta menee läpi esimerkiksi kantavia seiniä, on myös nämä hyvä varustaa kapillaarikatkolla. Perusmaa muotoillaan salaojia päin kaatavaksi perusmaan kuivatuksen takaamiseksi. Jos perusmaa on savea tai silttiä, käytetään suodatin kangasta erottamaan maakerrokset toisistaan. Suodatinkankaan päälle täytyy asentaa kapillaarikatkerros, joka on yleensä sepeliä tai mursketta. (Sisäilmayhdistys 2020.)

Ympäristöministeriön rakennuksen kosteusteknistä toimivuutta koskevan asetuksen (2016, 4 §19.) mukaan kellarin lattiaa lukuun ottamatta on maanvastaisen alapohjan lattian yläpinnan oltava vähintään 0,3 metriä rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella. Mikäli lattian yläpinta on erityisestä syystä viereiseen maanpintaan verrattuna alempana kuin 0,3 metriä maanpinnan yläpuolella, on varmistuttava, ettei sade- ja sulamisvesiä tunkeudu ja siirry lattia- ja seinärakenteisiin. Rakennuksen pihalueisiin kohdistuvan korjaus- ja muutostyön yhteydessä maanpinnan taso on korjattava sellaiseksi, että maanvastaisen lattian yläpinta kellarin lattiaa lukuun ottamatta on vähintään 0,3 metriä rakennuksen ulkopuolella olevan maanpinnan yläpuolella. (Ympäristöministeriö 2016.)

## 2.1 Maanrakennus ja salaojat

Korjausrakennuskohteissa maanvastaisen alapohjan maanrakennustyöt koostuvat yleensä vanhan toimimattoman alapohjarakenteen sekä alapohjassa olevan tekniikan päivittämisestä nykyisten säädösten vaatimalle tasolle. Usein vanhassa maanvastaisessa alapohjassa ei ole asianmukaista kapillaarin katkaisevaa kerrosta, salaojat ovat usein puutteellisia sekä pohjamaan kuivatusta ei ole tehty oikein, jolloin voidaan puhua riskirakenteesta.

Salaojien tarkoitus on johtaa maassa joko rakennuksen ulko- tai sisäpuolelta vesi pois hallitusti siten, ettei haitallinen kosteus pääse kulkeutumaan rakenteisiin. Ensisijaisesti salaojat sijoitetaan rakennuksen ulkopuolelle, mutta joskus sisäpuolen korjauksen yhteydessä salaojat voidaan asentaa myös rakennuksen sisäpuolelle. Salaojat täytyy asentaa aina perusmuurin anturan alimman kohdan alapuolelle. Anturan alapuolelle tulee tehdä aina kapillaarisen nousun katkaiseva salaojituskerros, missä maassa liikkuva vesi voidaan johtaa kohti salaojia. Perusmaan pinnat täytyy kallistaa siten, että



alapohjassa olevat perusvedet kulkeutuvat painovoiman avulla kapillaarikatkerroksesta kohti salaojia.

Ympäristöministeriö (2016, 15§.) on tehnyt asetuksia rakennuksen kosteusteknistä toiminnasta liittyen rakennuspohjan salaojitukseen ja kapillaarivirtauksen vähentämiseen, jonka mukaan ”Ympäristöministeriön asetuksessa rakennuksen kosteusteknistä toimivuudesta sanotaan ”Rakennuspohja on salaojitettava veden kapillaarivirtauksen vähentämiseksi ja pohjavedenpinnan pitämiseksi riittävällä etäisyydellä maanvastaisen alapohjan lattiasta tai ryömintätilan maanpinnasta sekä maahan imeytyvien pintavesien johtamiseksi pois perustusten vierestä ja rakennuksen alta. Veden kapillaarivirtausta rakenteeseen tai rakenteessa estetään kapillaarikatkerroksella tai kosteuden- tai vedeneristyksellä.”

Lisäksi Ympäristöministeriön (2016, 3§15.) asetuksen mukaan ”Rakennuksen korjaus- ja muutostyön kohdistuessa rakennuksen perustuksiin, perusmuuriin tai alapohjaan, on salaojitusjärjestelmän toiminnasta varmistettava erikseen. Korjaus- ja muutostöiden yhteydessä ei saa muuttaa ympäröivän maaperän toimintaa. Korjaus- ja muutostöissä voidaan käyttää erityisratkaisuja, joiden toimivuus on erikseen osoitettava.”

Salaojituserosten ja -putkien osalta Ympäristöministeriön asetuksessa (2019, 3§16.) ohjeistetaan, että ”salaojituserokset salaojaputkineen sijoitetaan rakennuksen ympärille ja tarvittaessa myös alle. Salaojaputkien tulee viettää riittävästi kokooja- ja tarkastuskaivoon päin. Salaojaputkien korkeimman kohdan on oltava viereisen tai yläpuolisen maanvastaisen lattian alapinnan alapuolella. Salaojaputken on oltava viereiseen seinänturaan tai matalaan perustetun perusmuurin anturaan nähden joka kohdassa anturan alapintaa alempana. Alapohjan alla salaojaputken on oltava kapillaarisen nousun katkaisevan kerroksen alapuolella. Rakennuksen ulkopuolella on salaojaputkien oltava niin syvällä ja sillä tavoin eristettynä, etteivät ne jäädy. Käytettäessä syvälle meneviä pilari- tai perusmuuriperustuksia on rakennuksen ulkopuolisen salaojaputken oltava pilarien välisen sokkelipalkin alapuolella tai riittävän syvällä perusmuurin yläosan suojaamiseksi alempana olevalta kosteudelta.”

Jos salaojavedet ei pääse purkautumaan painovoiman avulla, täytyy rakentaa pumppaamo. Pumppaamo toimii samalla myös perusvesikaivona ja tällöin erillistä kaivoa ei enää tarvita. Kaivoissa käytetään yleensä automaattisesti toimivaa uppopumppua joka pumppaa vedet pois pumppaamosta. Pumppaamo täytyy varustaa ylärajahälyttimellä,

josta suoritetaan hälytys kiinteistön hälytyskeskukseen, jos vedenpinta pumppaamossa jostain syystä nousee liian korkealle. (Rakennustieto 2010.)

## 2.2 Radon

Radonkaasu syntyy, kun maa ja sen kallioperässä oleva uraani hajoaa radioaktiivisesti. Säteilyturvakeskuksen (2019.) mukaan radon on näkymätön ja hajuton radioaktiivinen kaasu, jota esiintyy sisäilmassa. Radonkaasun aistiminen ihmisen aisteilla on käytännössä mahdotonta, joten radonin mittaaminen on ainoa mahdollinen tapa saada rakennuksen radon pitoisuus selville. Radonkaasun torjunta on helpointa tehdä korjausrakennuskohteessa, kun alapohja remontoidaan kokonaan. Radon pitoisuutta voi madallata myös radon imurilla. Radon kaasun suurin lähde on alapohjan alla oleva maaperä. Radon voi kulkeutua asuntoon perustuksessa olevien rakojen kautta.

Maaperän huokosilmassa radonpitoisuus on suuri, useimmiten 30 000-100 000 Bq/m<sup>3</sup>. Maaperässä sijaitseva radium sekä uraani kasvattaa maaperässä olevan huokosilman radonpitoisuutta. Suomessa merkittävin sisäilman radonkaasun lähde on maaperästä nouseva huokosilma. Radon pääsee huoneilmaan myös erilaisista rakennusmateriaaleista, talousvedestä sekä rakennuksen alapuolisista maakerroksista. Radonin huomiointi rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa on hyvin perusteltua, koska radonin ohjeavot ylittyvät usein rakennuksissa. Maaperästä ilmavirtauksien mukana nousevat epäpuhtaudet voidaan estää myös radon turvallisilla ratkaisulla. (Rakennustieto, Radonin torjunta s.1.)

Maanvastaisen alapohjassa, missä maanvarainen laatta on kantavien väliseiniä jakava, pitäisi kiinnittää erityistä huomiota perusmuurin ja alapohjan tiivistykseen, perusmuurin ja alapohjan liitoskohtien tiivistykseen, läpivientien tiivistämiseen sekä lattia- ja laatan halkeamiin. Jos näitä liitoskohtia jätetään tiivistämättä, radonkaasu pääsee nousemaan huoneen sisäilmaan. (Rakennustieto, Radonin torjunta, s.3.)

Kun maanvaraisenlaatan paksuus on vähintään 80 mm ja se on valuvaiheessa tiivistetty huolellisesti, se estää jo itsessään hyvin radonin kulkeutumisen laatan läpi. Parhaimman lopputuloksen maanvastaisissa laatoissa saa mahdollisimman tiiviillä ja yhteisellä alapohja- sekä perustusrakenteella jossa on vain vähän tiivistettävää. (Rakennustieto, Radonin torjunta, s.3.)

Suomessa noin puolet ihmisten saamista säteilyannoksista on peräisin sisäilmassa olevasta radonista. Pitkäaikainen radonkaasulle altistuminen lisää merkittävästi riskiä sairastua keuhkosityöpään. Suomessa noin 300 ihmistä saa vuosittain keuhkosityövän radonin vuoksi. Radonin hajoamistuotteet ilmassa liikkuvat hengityksessä tarttuen keuhkojen sisäpintaan, missä nämä hajoamistuotteet lähettävät alfasäteilyä. Säteilyannos keuhkoissa lisää syöpäriskiä ja mitä kauemmin on altistuneena, sitä suurempi riski on sairastua keuhkosityöpään. (Säteilyturvakeskus 2020.)

Radonin ei pitäisi aiheuttaa muita terveyshaittoja keuhkosityövän lisäksi. Radon ei pysty vahingoittamia elintarvikkeita tai esineitä, vaikka tilassa olisi korkea radonpitoisuus. Kun esine siirretään radonpitoisesta tilasta, esineen pinnalle tulleet radonin hajoamistuotteet katoavat muutamassa tunnissa. (Säteilyturvakeskus 2020.)

Hengityслиiton (2020.) mukaan vanhoissa rakennuksissa radonia pystytään torjumaan tiivistämällä alapohjarakenteita kuten maanvastaisen lattioiden saumoja. Uusissa rakennuksissa radon ongelma voidaan ratkaista perustuksiin asennetulla radonputkistolla.

### 2.3 Lämmöneristys

Alunperin lämmöneristeen tehtävä on ollut pienentää rakennuksesta maapohjaan siirtyvää lämpöenergiaa, ja samalla lämmitysenergian kulutusta. Lämmöneristyksen kosteustekninen tehtävä taas on vesihöyryn diffuusiiovirran pienentäminen. Mitä suurempi alapohjarakenteen lämpötila on, sen suurempaa maapohjasta nouseva vesihöyryn osapaine, ja täten alapohjarakenteen potentiaaliero ja diffuusiovirta. (Leivo & Rantala 2002, s. 20-21.)

Suomen Rakentamismääräyskokoelman osassa C2 sanotaan, että lämmöneriste täytyy sijoittaa kokonaan tai pääosin pohjalaatan alle. Tällöin pohjalaatan olosuhteet ovat lämpimämmät ja kuivemmat kuin jos lämmöneriste olisi pohjalaatan yläpuolella.

Lämmöneristettä valitessa maanvastaisessa alapohjarakenteessa on parempi, jos valitulla eristeellä olisi hyvän lämmöneristävyuden lisäksi myös mahdollisimman iso vesihöyrynvastus. Tässä tapauksessa pohjalaatan kosteusolosuhteet ovat kuivemmat sekä lämpö lähempänä huonelämpötilaa. (Leivo & Ranta 2002, s. 20-21.)

Lämmöneristeitä on useita erilaisia jotka on tarkoitettu eri rakenne osien eristämiseen.

### 2.3.1 EPS LATTIA -lämmöneriste

EPS tarkoittaa paisutettua polystreenia, joka sisältää vain 2 % polystreenia ja loput eristeessä on ilmaa. EPS-eristeillä on todella hyvä lämmöneristys kyky, koska juurikin ilma rakenteen välissä eristää tehokkaasti lämpöä. EPS-eristeissä on suljettu solura rakenne, mikä tekee eristeistä tiiviitä, vettä hylkiviä ja puristuslujuudeltaan vahvoja. EPS-eristelevyt ovat normaaleissa luonnon- ja käyttö olosuhteissa myrkyttömiä, hajutomia, hajoamattomia eikä eriste sisällä homehtuvia ja hajoavia ainesosia. (Thermisol 2020.)

Eristyslevyjen asennus on lämpö ja kosteusteknisesti tärkeää, koska toisiaan vasten asennetut EPS-levyt estävät hyvin mahdollisen kapillaarisen veden nousun betonilaataan. (Thermisol 2020.)

Jos lämmöneristys on riittävä, saadaan rakennuksen energia häviöt minimiin ja täten asumisviihtyvyyttä parannettua lattian vetoisuuden poistuttua. (Thermisol 2020.)

### 2.3.2 Routa

Routaantuminen eli maan jäätyminen syntyy kun, maakerroksessa oleva vesi jäätyy ilman maakerroksen kasvamista. Routimisella tarkoitetaan vedellä täyttynyttä, heikosti vettä läpäisevää maakerrosta, joka kasvaa maan jäätyminen johdosta. Routimisen syy on maakerroksen huokoisissa oleva vesi, mikä ei veden jäätyessä pysty poistumaan maankerroksista. (Jääskeläinen 2009, s.86-89.)

Maapohjan routiessa maanvaraiset perustukset ja roudalle alttiit rakenteet pitää perustaa maapohjan routimattomaan kerrokseen. Routimaton perustussyvyys lämpimissä rakennuksissa määräytyy perustusten rakenteesta, maanvastaisten tilojen lämpötiloista, maanvastaisen laatan lämmöneristyksestä sekä pakkasmääristä. (Jääskeläinen 2009, s. 86-89.)

Jos maapohja routii, tulee maanvaraiset perustukset ja muut roudalle alttiit rakenteet perustaa routimattomaan syvyyteen. Lämpimissä rakennuksissa routimaton perustus-

syvyys määräytyy pakkasmääristä, maanvastaisten tilojen lämpötiloista, maanvastaisen laatan lämmöneristyksestä ja perustusten rakenteesta. (Jääskeläinen 2009, s. 86-89.)

Varmistaakseen routasuojauksen teknisen toiminnan, rakennuspohjan kuivatus on oltava toimiva. Perusmuuria kiertävän täytön täytyy yleensä olla 0,5 metrin etäisyydeltä rakenteen pinnasta routimatonta. Jos maakerrokset roudan tunkeutumissyvyyteen asti ovat routimattomia, katsotaan rakenteiden pohjat routimattomaksi. (Rakennustieto pohjarakenteiden suunnittelu, s. 676.)

### 3 Maanvastaisen alapohjan kosteustekninen toiminta

Kosteustekninen toiminta eroaa huomattavasti maanvastaisessa alapohjassa, kuin muissa rakennusvaipan osien toiminnassa. Perusmaa on itsessään hyvin raskas kosteuslähde rakenteille kosteusrasituksen ollessa kokoajan jatkuvaa. Näin ollen kosteuden vaikutus on otettava tarkasti huomioon rakennetta suunniteltaessa. Maanvastainen alapohja on kosketuksissa maan täyttökerrosten, pohjamaan sekä salaojakerrosten kanssa. (Leivo & Rantala 2002, s.5.)

Leivo ja Rantala (2002, s.5.) kertovat alapohjarakenteiden kosteusteknisessä mitoituksessa, että eri tutkimusten mukaan rakennuksissa havaituista kosteusvaurioista 30% on alapohjaan liittyviä vauriota. Samojen tutkimusten mukaan peräti 80% maanvastaisen alapohjan kosteusvaurioista johtuu useimmiten kosteusteknisestä suunnittelu virheestä.

Tutkimuksissa on käynyt ilmi, etteivät alapohja rakenteet toimineet kosteus sekä lämpötekniisesti suunnitellulla tavalla. Tutkituissa kohteissa ei alapohjan ympäristöolosuhteiden muutoksia oltu otettu huomioon lainkaan. Ympäristön aiheuttamia kosteusteknisiä ongelmia voi aiheuttaa betonilaatan rakennekosteuden hidas haihtuminen, lämmitetyn rakennuksen maapohjan lämpiäminen, sisäilmankosteus tai lämpö olosuhteiden muuttuminen. (Leivo & Rantala 2002, s.5.)

Rakennustiedon (Pohjarakenteiden suunnittelu, s. 463.) mukaan suurimmat kosteusongelmia maanvaraisissa lattioissa aiheuttaa kapillaarisen kosteuden katkaiseva kerros. Muita betonilaatan kastumisen syitä voi olla diffuusion avulla liikkuva kosteus, etenkin lämpöeristämättömän alapohjan alla olevan maatäytön lämpenemisen seurauksena on mahdollisesti suurta.

Leivon ja Rantalan (2012 s. 5.) mukaan alapohjan rakenteen toimimisen kannalta oleellisempaa on maapohjasta diffuusiolla ylöspäin nouseva vesihöyry kuin maapohjasta kapillaarisesti ylöspäin tuleva kosteus. Diffuusiota tapahtuu aina jonkin verran maanvastaisissa rakenteissa.

Ratkaisevana tekijänä on koko alapohjarakenteen toiminta olevassa lämpötilassa siihen osuvan kosteusrasituksen alaisena. Jos pohjamaan lämpötila ei ole liian korkea ja rakenteena alapohja onnistuu läpäisemään maasta nousevaa kosteutta ilman rakenteil-

le suuntautuvaa vahinkoa, ei kosteudesta tulevia ongelmia pitäisi syntyä. (Leivo & Rantala 2012, s. 5.)

Leivon & Rantalan (2012, s. 5.) mukaan kun suunnitellaan toimivia uusia alapohjanrakteita tai kosteusvaurioituneiden lattioiden korjaustoimenpiteitä, keskeisinä periaatteina suunnittelulle voidaan pitää:

- Maanvastaiseen rakenteeseen kosketuksissa olevan maa-aineksen huokosilman suhteellisen kosteuden oletetaan olevan RH 100%.
- Kosteusteknisessä suunnittelussa tulee ottaa huomioon maanvastaisen alapohjan alapuolella olevan maan lämpiäminen ja tästä sisätilaan nouseva diffuusiovirta. Myös rakenteen mahdollinen rakenteen suhteellisen kosteustason nousu ja tiivistymisriski on otettava huomioon.
- Maasta mahdollisesti kohoavan kosteuden pitää maanvastaisen rakenteen pysyvä haihduttamaan.

### 3.1 Diffuusio

Diffuusio on kosteuden liikkumista rakenteen läpi vesihöyrynä. Suurin osa rakennusmateriaaleista päästävät läpi vesihöyryä. Useimmiten diffuusio kulkee lämpimästä tilasta kylmää tilaa kohti. Diffuusion suuntaan vaikuttaa eniten eri tilojen välillä oleva ilman kosteusero, jolloin kosteus pyrkii diffuusioitumaan näiden välisen rakenteen läpi tilaan, jossa ilman vesihöyryn osapaine, usein myös absoluuttinen kosteus on pienempi. Tämän vuoksi diffuusio saattaa kulkea myös kylmästä lämpimään, varsinkin jos kosteuspitoisuus kylmemmässä tilassa on suurempi kuin lämpimässä tilassa. (Siikanen 2012, s. 84.)

Estääkseen liiallisen vesihöyryn siirtyminen rakenteisiin ja tämän mahdollisesti tuottamat kosteusvauriot, tulee rakenne suunnitella siten, että rakenteen vesihöyryvastus pienenee kylmempään tilaan mentäessä. (Siikanen 2012, s. 84.)

Sisäilmayhdistyksen (2019.) mukaan Maanvastaisessa lattiassa diffuusion riski syntyy kun maaperän lämpötila seuraa sisäilman lämpötilaa ja nousee korkeaksi. Tällöin Diffuusio maaperästä on oletettua suurempaa ja tapahtuu maasta sisätilaan päin. Maaperästä vesihöyrynä lattiaan kertyvä vesi johtuu tästä ilmiöstä.

### 3.2 Veden kapillaarinen siirtyminen

Kapillaarinen siirtyminen tarkoittaa veden imeytymistä kapillaarisesti enemmän huokoiseen materiaaliin, kun se on kosketuksissa vapaaseen veteen. Veden kapillaarisella nousukorkeudella tarkoitetaan tasapainotilaa, missä huokosalipaine on tasapainossa maan vetovoiman, nousukorkeutta vastaavan vesipatsaan aiheuttaman vastapaineen kanssa. (Pitkäranta 2016, s.111-112.)

Kapillaarista veden siirtymistä esiintyy aina rakenteissa, kun rakenne on vapaan veden, toisen kapillaarisella kosteusalueella olevan rakennusaineen tai maaperän kanssa kosketuksissa. Rakenteet toimivat sitä paremmin, mitä vähemmän niissä on veden kapillaarista siirtymistä. (Pitkäranta 2016, s.112.)

Kapillaarivirtauksella taas tarkoitetaan huokosalipaine-eron aiheuttamaa nestemäisen veden siirtymistä aineen huokosissa. Huokosalipaine määritetään ilmanpaineen ja aineen huokosiin sitoutuneen veden paineen väliseksi paine eroksi. (Infra 2011, s. 1.)

Maanvaraisen alapohjan täyttö- ja salaojituskerros on huokosverkostonsa kautta yhteydessä vapaan veden eli pohjaveden kanssa. Kapillaarinen kosteuden nousu rakenteissa on mahdollista, mikäli kapillaarista nousua ei estetä. Mikäli rakenteeseen ei suunnitella kapillaarisen nousun katkaisevaa kerrosta, rakenne on nykyisin voimassa olevien määräysten ja ohjeiden vastainen. (Leivo & Rantala 2002, s. 8.)

Rakennuksen maanvastaiseen alapohjaan kohdistuvan korjaus- ja muutostyön yhteydessä kosteuden siirtymisen katkaiseva kerros on asennettava milloin se on teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa. (Ympäristöministeriö 2016, s.15.)

Kapillaarisen kosteuden nousua betonirakenteissa voidaan estää kapillaarikatkolla. Kapillaarikatko on mahdollista tehdä seinään porattujen reikien kautta kapillaarin huokokset tiivistämällä injektioaineella tai seinään tehtyyn uraan asennettavalla massamaisella tai levymäisellä tiivistyksellä kosteuden nousua vastaan. (Infra 2011, s. 10.)

#### 3.2.1 Kapillaarikatko

Kapillaarista veden nousua pystytään estämään erilaisilla kapillaarikatko tuotteilla.



Maanvastaisenlaatan alle täytyy asentaa kapillaarikatkokerros. Kapillaarikatkokerros toimii maanvastaisessa alapohjassa kapillaarikatkona tarkoituksena estää pohjamaasta nousevan kosteuden siirtyminen maanvastaisen alapohjan pintarakenteisiin.

Materiaaleissa, jossa on karkea raekoko, kapillaarisuus riippuu sen materiaaliominaisuuksista. Tärkeitä materiaaliominaisuuksia ovat massan tiiviysaste, rakeiden muoto ja raekokojakauma. Käytännössä katsoen mitä enemmän ja mitä hienompia raepartikkeleita kapillaarikatkokerros sisältää, sitä enemmän sekä korkeammalle se voi kosteutta nostattaa. Kapillaaristen nousukorkeuden määrittämiskokeiden mukaan, alle 1 millimetrin kokoiset rakeet määrittävät kapillaarisen nousukorkeuden. Ohjeena hienoainekses- sa voidaankin käyttää, että alle 5% materiaalissa, voi olla 1 mm kokoisia rakeita. (Leivo & Rantala 2002, s.19-20.)

Jos materiaali on rakeinen, se on jossain määrin kapillaarinen. Maanvastaisessa alapohjassa lähes kaikki kapillaarikatkokerroksena käytettävät pesemättömät murskeet, luonnonsorat ja sepelit siirtävät vettä kapillaarisesti. Kapillaarisen nousukorkeuden määrittäminen ainoastaan rakeisuuskäyrän on haastavaa, vaikka olemassa on useita kaavoja asian arviointiin. Paras keino on tehdä yksinkertainen koe läpinäkyvässä putkessa, missä veden annetaan nousta kuivaan materiaalimassaan kapillaarisesti. Näin silmämääräisesti pystytään arvioimaan veden kapillaarinen nousukorkeus. Maanvastai- seen alapohjaan asennettava kapillaarikatkokerros on oltava paksumpi mitä testin sil- mämääräisesti todettu kapillaarinen nousukorkeus. (Leivo & Rantala 2002. s.19-20.)

Rakentamismääräyskokoelman (1998, C2) mukaan maanvastaisen alapohjan alle on asennettava kapillaarisen kosteuden nousun katkaiseva kerros. Tästä syystä alapohjan rakenne pitää kerrostaa. Näiden kerrosten täytyy olla paksumpia kuin rakenteessa esiintyvä kapillaarinen nousukorkeus. (Leivo & Rantala 2002, s.19-20.)

Alapohjarakenteisiin tapahtuva kapillaarinen nousun estäminen on välttämätöntä kos- teusteknisesti toimivan alapohjan suunnittelussa. Maanvastaisessa alapohjassa kulkee vettä kymmeniä kertoa isompi määrä mitä diffuusion avulla. (Leivo & Rantala 2002, s.19-20.)

Kapillaarista veden nousua pystytään estämään erilaisilla kapillaarikatko tuotteilla. Pe- rustusten kapillaarikatkoihin on myös olemassa erilaisia rakennusteknisiä tapoja, jota alapuolen kappaleessa esitellään.

### 3.2.2 Kalliosepeli 5/16

Kalliosepeli 5/16 murskataan kalliosta. Kalliosepelistä seulotaan pienempi kiviaines pois. Kalliosepeli sopii hyvin vettä läpäiseville rakennuspaikoille. (Rudus 2020.)

Sepeliä on mahdollista käyttää salaojiin, kapillaarikatkoihin ja ulko- tai sisätäyttöihin. Sepelin lävitse vesi kulkee paremmin kuin esimerkiksi soramurskeen, eikä se tiivisty. Tästä syystä kallio sepeli soveltuu kohteisiin, joissa veden täytyy mennä kerrosten läpi. Kapillaarikatko sepelin kerrospaksuus täytyy olla enemmän mitä tuotteen mitattu kapillaarinen nousukorkeus. (Destia 2020.) Työn liitteenä 1 on esitetty sepelin rakeisuuskäyrä.

### 3.2.3 Xypex Concentrade

Xypex Concentrade on sementtipohjainen rakenteissa käytettävä kapillaarikatko tuote. Tuotteella on kaksi eri käyttötarkoitusta. Joko tämä asennetaan porakatkona maanvaraiseen rakenteeseen tulevan lattiapinnan alapuolelle kuten betoniseen anturaan, jolloin se estää kapillaarista kosteutta nousemasta maanvaraista rakennetta pitkin sisäisesti sekä ulkoisesti. Vaihtoehtoisesti Xypex Concentradea voi käyttää laastimaisena rappauksena seinälle. Xypex Concentraten epäorgaaniset vaikuttaja-aineet hakeutuvat betoni rakenteeseen tehden rakenteesta vesitiiviin. Tuote myös silottaa hiushalkeamia ja samalla lisää rakenteen kemiallista kestoaa. Tuotetta sopii käytettäväksi hyvin maanvastaisin rakenteisiin sekä perustuksiin. (Insinööritoimisto Sulin Oy 2018.)

Xypex Concentrade -porakatko asennuksessa porataan maanvaraiseen rakenteeseen halkaisijaltaan 20-25 millimetrin reikiä noin 150mm välein. Reiät porataan viistosti noin 80 prosentin syvyyteen rakenteen paksuudesta. Poratut reiät täytyy puhdistaa irtoaineksestä sekä pölystä. Puhdistuksen jälkeen reiät kastellaan runsaalla vedellä, joka edes auttaa aineen kemiallista reaktiota. Kuitenkin Xypex Concentradea asennettaessa reiät pitää olla mattakosteita. Kuvassa 1 asennetut Xypex Concentrate kapillaarikatko porakatko asennuksena.



Kuva 1. Kapillaarisen veden nousun katkaiseva porakatkoasennus (Kuusimäki 2019.)

### 3.2.4 Keim iPor -kalsiumsilikaattilevy

Keim iPor on kalsiumsilikaattijärjestelmä, jota käytetään rakennusten sisätiloissa, joihin tarvitaan homehtumaton ja vesihöyryille avoin lämmöneristejärjestelmä. Tuote kykenee siirtämään kosteutta alustasta ja hallitusti siirtämään sitä sisäilmaan. Keim iPorin - rakenne on diffuusioavoin eikä tällöin muodosta estettä kosteuden kululle. Tuotetta käytetään tiili, betoni tai harkkorakenteissa mihin tarvitaan homehtumaton ja vesihöyryille avoin lämmöneriste. Tyypillisesti levyä asennetaan kosteusvaurioituneiden maanvastaisten seinien pinnalle. Tuote asennetaan huonetilaan. (Insinööritoimisto Sulin Oy 2018.)

Keim iPor -kalsiumsilikaattilevyn kiinnittämiseen käytettiin Keim Mycal-POR - mineraalista erikoislaastia. Tuotetta voidaan käyttää saneerauskohteissa jossa tavoite on saada kosteutta tasaava ja kondensoimaton pinnoite. Tuote on lisäksi myös kapil-

laarisesti aktiivinen ja huokoistettu diffuusioavoin laasti. (Insinööritoimisto Sulin Oy 2018.)

Keim iPor -levyjen asennus tapahtuu kostutettuun pintaan Keim Mycal POR -laastilla. Laastia levitetään ja avataan 20 mm kammalla sekä laastiin että levyyn. Levyjen asennus tapahtuu puolikkaalla tiililadonnalla. Levyn pinta oikaistaan uretaanihiertimellä ennen pintalaastin asennusta. Pintaan asennetaan lasikuituverkko johon tulee vielä vähintään pintalaasti 5 mm. Pinnalle on myös mahdollista asentaa vielä täysin diffuusioavoin maali halutessaan. (Insinööritoimisto Sulin Oy 2018.)

### 3.3 Hygroσκοoppisuus

Hygroσκοoppinen materiaali on aine, joka imee itseensä kosteutta. Hygroσκοoppinen kosteus on ilmasta sitoutunutta kosteutta rakennusmateriaaliin. Materiaalin oma kosteuspitoisuus sekä ympäristön ilman kosteuspitoisuus pyrkii tasapainoon. Hygroσκοoppiseksi tasapainoksi taas kutsutaan tilannetta jossa materiaali ei enää luovuta, eikä sido itseensä kosteutta ilmasta jolloin materiaali on saavuttanut tasapainonsa. Materiaali on hygroσκοoppisella alueella kun sen kosteus vastaa ympäröivän ilman suhteellista kosteutta 0-98%RH. (Sisäilmayhdistys 2019a.)

Jos käyttöolosuhteet ovat normaaleja, rakennusmateriaalit ovat hygroσκοoppisella alueella. Tällöin materiaalin kosteuspitoisuus riippuu lähes kokonaan ympäristön suhteellisesta kosteudesta. Jos materiaaliin jää rakennusaikaista kosteutta tai kosteusvauriokohtien mukana tulevaa kosteutta, on kosteutta huomattavasti hygroσκοoppista tasapaino kosteutta enemmän. (Leivo & Rantala 2002, sivu 8.)

### 3.4 Pohjavesi

Pohjavesi on maanpinnanalaista vettä. Vesi täyttää maa- ja kallioperän avoimet tilat maanpinnan alla. Pohjavettä esiintyy lähes kaikkialla Suomessa. Eniten pohjavettä esiintyy alueilla, missä maaperä on hyvin vettä johtavaa sora tai hiekkapohjaista maata. Pohjavesi saattaa kulkea 1-50 metrin etäisyydellä maan pinnasta, mutta on yleensä vain 2-5 metrin päässä maanpinnalta. Pohjavedenpinta on taso minkä alapuolella kaikki huokoinen tila maa tai kallioperässä on täysin vedellä täyttynyt. (Ympäristö.fi 2019.)

Pohjavesi syntyy, kun maakerrosten läpi imeytyvä sade tai pintavesi virtaa kallioperän rakoihin. Pohjavettä käytetään Suomessa runsaasti talousvetenä tai vesilaitosten raakaveden lähteenä. Suomen ympäristökeskuksen mukaan vesilaitosten jakamasta talousvedestä noin 65 prosenttia on pohjavettä. (Ympäristö.fi 2019.)

### 3.5 Konvektio

Vesihöyryn konvektio tarkoittaa kaasuseoksen esimerkiksi ilman sisältämän vesihöyryn siirtymistä kaasuseoksen mukana sen liikkuessa kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Rakennuksissa konvektio on huokoisten ja hyvin ilmaa läpäisevien aineiden sekä rakennusosissa olevien rakojen läpi tapahtuvaa ilman virtausta. Rakenteessa syntyy ilmavirtauksia eripuolilla ilman kokonaispaine-eron vaikutuksesta. Rakennuksen eri huoneissa, ilmanpainesuhteet vaihtelevat. (Unto Siikanen 2012 s. 84.)

Konvektiovirtaus esiintyy pääsääntöisesti seinänsisäisenä. Tämä johtuu ilman tiheyseroista. Seinänsisäistä konvektiota kutsutaan niin sanotuksi luonnolliseksi konvektioksi tai rakenteessa olevien reikien ilmanpaine-eron vaikutuksesta tapahtuvana pakotettuna konvektiona. (Unto Siikanen 2012 s. 84.)

Merkittäväntä rakenteiden toimivuuden takaamiseksi on varsinkin kylmänä vuodenaikana halkeamista ilmavirtauksilla jotka liikkuvat sisältä ulos. Ilmavirtaukset kylmänä vuoden aikana voivat kuljettaa mukanaan monenkertaisia kosteusmääriä diffuusion verrattuna. (Unto Siikanen 2012 s. 84.)

## 4 Tutkimuskohde

Tämä tapaustutkimus keskittyy NCC:n Chydenian korjausrakennuskohteeseen. Chydenia rakennuksessa on toiminut 1923 vuodesta tyttölyseo, jonka jälkeen se siirtyi kauppakorkeakoulun käyttöön vuonna 1960. Chydenia-rakennus sijaitsee Helsingin Töölössä osoitteessa Runeberginkatu 22-24.

Rakennuskohde saneerataan sisäpuolelta täysin. Rakennuksessa on kuusi kerrosta ja noin 8100 kerrosneliömetriä. Chydenia-rakennuksessa runkorakenteet sekä julkisivu säilyvät pääsääntöisesti ennallaan.

Saneerattuun Chydenia-rakennukseen tulee aikuiskoulutuskeskus. Koulun on määrä avata ovensa 2020 syksyllä.

### 4.1 Pääurakoitsijan lähtötiedot

Chydenian korjausrakennuskohteessa on maanvastainen alapohja. Chydenia-rakennus on rakennettu rinteeseen, jolloin maanvastainen huonetila on yhdeltä seinältä maan tasossa, mutta kahdelta seinältä maanpinnan alapuolella jolloin rakenne on herkempi kosteudelle. Maanvastaisen alapohjan läpi kulkee myös kantavia seiiniä. Vanhoja rakennepiirustuksia oli heikosti saatavilla purettavalta alueelta. Purkualueen laajuus oli noin 1000 m<sup>2</sup> ja purku tehtiin pääsääntöisesti Brok-piikkausrobotilla.

Purun edetessä saatiin parempi käsitys millainen rakenne alapohjassa oli. Alapohjan rakenne oli pääsääntöisesti vanhaa täyttömaata, vanhaa eristettä ja betonilaatta. Rakennuksen ulkoseiniltä löytyi lisäksi reikiä joiden tarkoitus oli tuoda pihalta tulevat vedet rakennuksen sisäpuolelle.

Purun laajuudeksi oltiin määritelty betonilaatan purku, mahdollisen eristeen poisto ja 350 mm perusmaata. Lisäksi koko talotekniikka vaihdetaan alapohjasta. Uusi rakenne käsittää ylhäältä alaspäin 100-80mm teräsbetonilaatan, 150 mm EPS LATTIA -eristeen, 5/16 sepelin sekä suodatinkankaan.

Rakennuksen uudet salaojat suunniteltiin siten, että ne kuivattavat mitoitusvaluman. Salaojan vedenjohtamiskykyyn vaikuttavat putkirakenne ja -rakenne, viettokaltevuus,

näiden huollettavuus sekä salaojakerroksen materiaali tai rakeisuus sekä mitat. Lisäksi salaojat suunniteltiin siten, että ympäröivän maan hienoaineksen sekoittuminen estetään salaojituserrokseen ja salaojiin. Kaivorakenne suunniteltiin siten, että se kestää rakenteista, maanpaineesta ja liikenteestä johtuvat muodonmuutokset sekä kuormitukset. Myös liitosten on kestävä painumaeroista sekä routanousuista johtuvia liikkeitä. (MaaRYL 2010 s. 29.)

#### 4.2 Maanvastaisen teräsbetonilaatan purkutyöt

Chydenian alapohjan purkutyöt olivat haastavat. Rakennuksen lattia oli eritasossa paikotellen ja alapohjan läpi nousi kantavia seiniä. Chydenian vanhassa rakennuksessa maanrakennuksen logistiikka oli hankalaa, koska talon sisällä oli kolme eri kulkuluiskaa sekä alimpaan kerrokseen ei ollut koneille kuin yksi kulkuaukko.

Purkua ennen purettava maanvastainen alapohja jaettiin 5 lohkoon, jotta purku ja maanrakennustyöt saatiin jaksotettua olemaan käynnissä saman aikaisesti. Purettava rakenne oli pintamateriaali, teräsbetonilaatta, mahdollinen eriste ja minimissään 30 cm perusmaata. Betonilaatan purku päätettiin suorittaa Brok-piikkausrobotilla, joka nopeutti purkua sekä oli logistisesti paras vaihtoehto ahtaisiin olosuhteisiin nähden.

Brok-piikkausrobotti irrotti ensimmäisenä lohkoa betonilaatat, jonka jälkeen nämä siirrettiin ulos talosta jätelavalle käyttäen koneellista pienkauhaajaa. Perusmaan purku suoritettiin pienkaivinkoneella.

Purun yhteydessä huomattiin, että kunnollista lämmöneristystä suurimmassa osassa vanhaa alapohjaa ei ollut. Alapohjan alta puuttui kapillaarikatkot, toimivat salaojat sekä radonputkistoa ei ollut ollenkaan. Purun aikana selvisi myös, että rakennuksen ulkoseinissä olevassa sokkelissa noin 15x15 tasaisella jaolla olevia reikiä, jotka tuovat pihan sadevedet sekä salaojavedet rakennuksen sisälle. Vanhan laatan tiivistys oli ollut puutteellinen ja näin ollen maan radonkaasut pääsivät sisätilaan. Lisäksi osa rakennuksen kantavista sisä- sekä ulkoseinistä oli kallioperustuksen päällä. Teräsbetonilaatan alta löytyi vielä vanhoja perustuksia, joita pitkin kosteus voisi mahdollisesti nousta lattiapintaan.

Asbestikartoitus tehtiin Chydeniassa myös alapohjaan, joka osoitti haitta-aine jäämiä pienessä osassa vanhaa pintamateriaalia. Asbestia sisältänyt liima poistettiin materiaalista ja materiaalit hävitettiin vaarallisen jätteen asemalle. Kuvassa 2 Brok-piikkausrobotti purkamassa alapohjan teräsbetoni-laattaa.



Kuva 2. Teräsbetoni-laatan purkutöissä käytettiin Brok-piikkausrobottia. (Kuusimäki 2019.)

#### 4.3 Maanrakennustyöt

Maanrakennustyöt aloitettiin samaan aikaan eri lohkoista purkutöiden kanssa. Vanhassa rakenteessa oli ongelmana kapillaarikerroksen puuttuminen, jolloin perusmaan kosteus pääsee nousemaan teräsbetoni-laattaan. Koska kapillaarin katkaisevaa kerrosta ei ollut ollenkaan, myöskään pohjamaan kallistuksia salaojaan ei vanhassa pohjamaan rakenteessa ollut. Alapohjasta löytyneet vanhat tiiliputkisalaojat olivat suurimmaksi osaksi rikkoontuneita tai tukossa perusmaasta. Teräsbetoni-laatan alla oleva lämmöneristys ei ollut nykyajan säädösten mukainen.



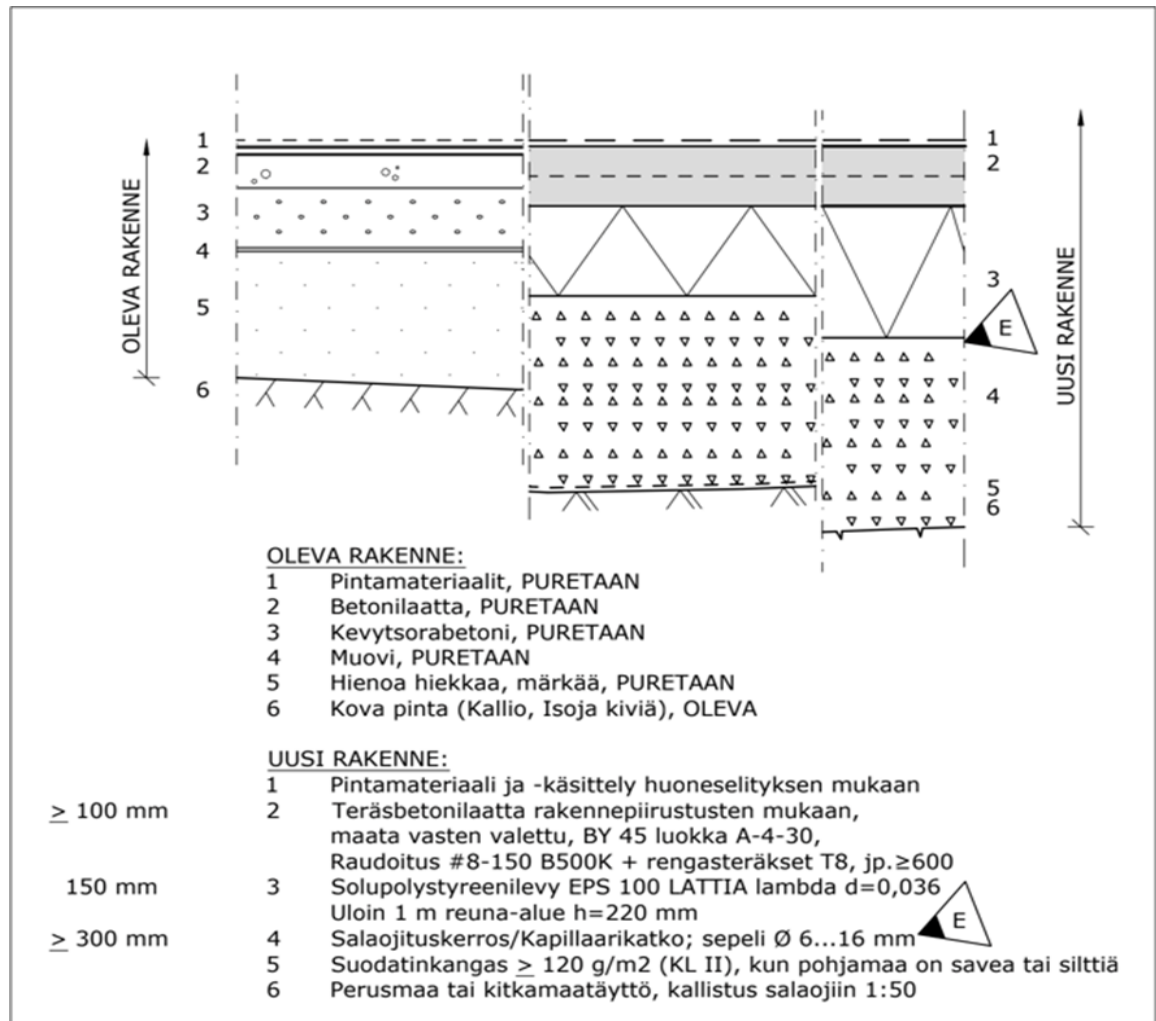
Korjaustyöt aloitettiin poistamalla kaikki orgaaninen aines, roskat alapohjasta sekä vanha tekniikka kuten viemäri putket ja tiilisalaojaputket. Osa perusmaasta oli kosteaa, joka kuivatettiin. Tarvittaessa pilaantunut perusmaa vaihdettiin uuteen. Perusmaa tiivistettiin kauttaaltaan käyttäen tärylevyä ja samalla tarkastettiin perusmaan kaadot tuleviin salaojalinjoihin.

Lisäksi tuli varmistua perusmaan kuivatuksesta. Perusmaan kallistukset tehtiin suhteessa 1:50 salaojalinjoihin, jotta mahdollinen vesi perusmaan päältä lähtisi kulkemaan kohti salaojaputkea painovoimalla. Lisälämmöneristeen vuoksi talon reunustalta perusmaa korko asetettiin metrin matkalta 7 cm alemmas kuin muun talon perusmaa.

Perusmaasta otettiin kantavuuskoe kevyellä painonpudotuslaitteella jokaisesta lohkoista erikseen. Lohkosta saadut kantavuuskoe tulokset lähetettiin rakennesuunnittelijalle hyväksyttäväksi, jotta varmistuisimme perusmaan olevan tarpeeksi kantavaa maanvastaisen laatan alle. Perusmaan päälle asennettiin suodatinkangas, joka oli luokkaa KL2. KL2 tarkoittaa suodatinkankaan käyttöluokkaa joka täyttää VTT-Geo KL2 käyttöluokan vaatimukset. Liitteessä 2 on esitetty KL2 luokan suodatinkankaan suoritustasoilmoitus. Suodatinkankaan tarkoituksena on erottaa maakerrokset toisistaan, jotta nämä eivät sekoittuisi keskenään ja vaarantaisi kapillaarikatko maakerroksen toimintaa.

Chydenian maanvastaisen alapohjan täyttö tehtiin kalliosepeli 5/16. Kalliosepeliä laitettiin maanvastaiseen alapohjaan kauttaaltaan vähintään 30 cm paksuudelta. Kalliosepeli 5/16 toimii kapillaarisen veden katkaisevana kerroksena alapohjassa. Sepelin asennus suoritettiin puhallusautolla työmaan ahtaista tiloista johtuen. Tilojen ahtauden vuoksi sepelin puhaltamalla asentaminen nopeutti työtä paljon. Puhalluksen jälkeen sepelin pinta muotoiltiin vielä oikeaan korkoasemaan siten että lämmöneristyksen asennuksen sepelin päälle pystyi aloittamaan. Metrin matkalta talon reunalta sepeli muotoiltiin 7 cm alemmas lisäeristeen vuoksi.

Kalliosepelistä jokaisesta lohkoista tehtiin osakohteen tarkastus maanrakennus työvaiheen jälkeen. Perusmaan pinnoista sekä sepelin pinnoista otettiin tarkekorot, jotka dokumentoitiin. Lisäksi ennen putkiston peittämistä otettiin tarkekorot sekä salaojista että viemäreistä. Peittämisen jälkeen kuvattiin vielä viemärikameralla pohjaviemärit mahdollisten vaurioiden vuoksi. Kuvassa 3 esitetään Chydenian vanhan sekä uuden alapohjan leikkauskuva.



Kuva 3. Chydenian vanha ja uusi maanvastaisen alapohjan rakenne (Ramboll.)

#### 4.3.1 Louhinta

Chydenian maanvastaisen alapohjan purun yhteydessä löytyi kalliota lähes teräsbetonilaatan alapinnan tasolta. Kallio täytyi poistaa alapohjan kosteusteknisen toiminnan sekä lämmöneristämisen toimivuuden takaamiseksi. Kalliota pitkin kosteus voisi mahdollisesti nousta ylös uuteen teräsbetoni laataan ja aiheuttaa tämän kostumisen. Lisäksi kapillaarikatko sepeliä täytyi olla minimissään 30 cm perusmaan yläpuolella, jotta kosteus ei nouse betonilaataan. Mahdollisten kylmäsiltojen takia kallio ei saa myöskään olla kiinni teräsbetonilaatassa.

Kallion poistamiseen valikoitui hydraulikiilain. Hydraulikiilain on hyvä ahtaisiin tiloihin, missä ei voi räjäyttää rakenteiden mahdollisen vaurioitumisen vuoksi. Chydeniassa kantavia seiniä sijaitti kallioperustusten päällä. Hydraulikiilaimella porataan poistetta-

vaksi haluttuun kallion osaan reikiä, jonka jälkeen ne kiilataan irti pääkalliosta. Kallio ei ikinä kiilaannu tasaisesti pois, jolloin kallioon jää niin sanottuja kalliokuoppia. Kalliokuopat ovat paikkoja jäädä vedelle seisomaan, joka ei ole alapohjan kosteusteknisessä mielessä toivottavaa. Nämä vesipesät voidaan joko täyttää betonilla ja luiskata veden menemään salaojan suuntaan pohjamaan kallistusten mukana tai tehdä vedelle poistumisura jolloin vesi pääsee liikkumaan takaisin kapillaarikatkoepeliin.

#### 4.4 Maanvastaisen alapohjan tekniikka ja tiivistykset

Chydenian maanvastaiseen alapohjaan uusittiin radonputkisto ja salaojat kokonaan. Maanvastainen alapohja tiivistettiin betonilaattojen reunoilta, koska alapohjassa olevaa radonkaasua sekä muita mahdollisia epäpuhtauksia ei saa päästää huoneilmaan.

Ympäristöministeriö on asettanut rakennuksen kosteustekniselle toiminnalle vaatimuksia. Rakennuksen vaipan ja sisärakenteiden on oltava ilmanpitävyydeltään sellaisia, että kosteutta tai rakenteissa olevia epäpuhtauksia tai radonia tai muita maaperässä olevia epäpuhtauksia ei siirry haitallisessa määrin sisäilmaan eikä rakenteisiin aiheudu kosteusvaurioita. Lisäksi sisäilman vesihöyryn haitallisen konvektion estämiseksi on rakennuksen vaipan ja sen yksityiskohtien oltava riittävän tiiviitä läpi kulkevien ilma-voitojen suhteen, että syntyy edellytykset pitää rakennus pääsääntöisesti painesuhteiltaan tasapainossa. (Ympäristöministeriö 2016.) Chydenian korjausrakennuskohteessa noudatettiin Ympäristöministeriön asettamia vaatimuksia.

##### 4.4.1 Salaojat ja radon

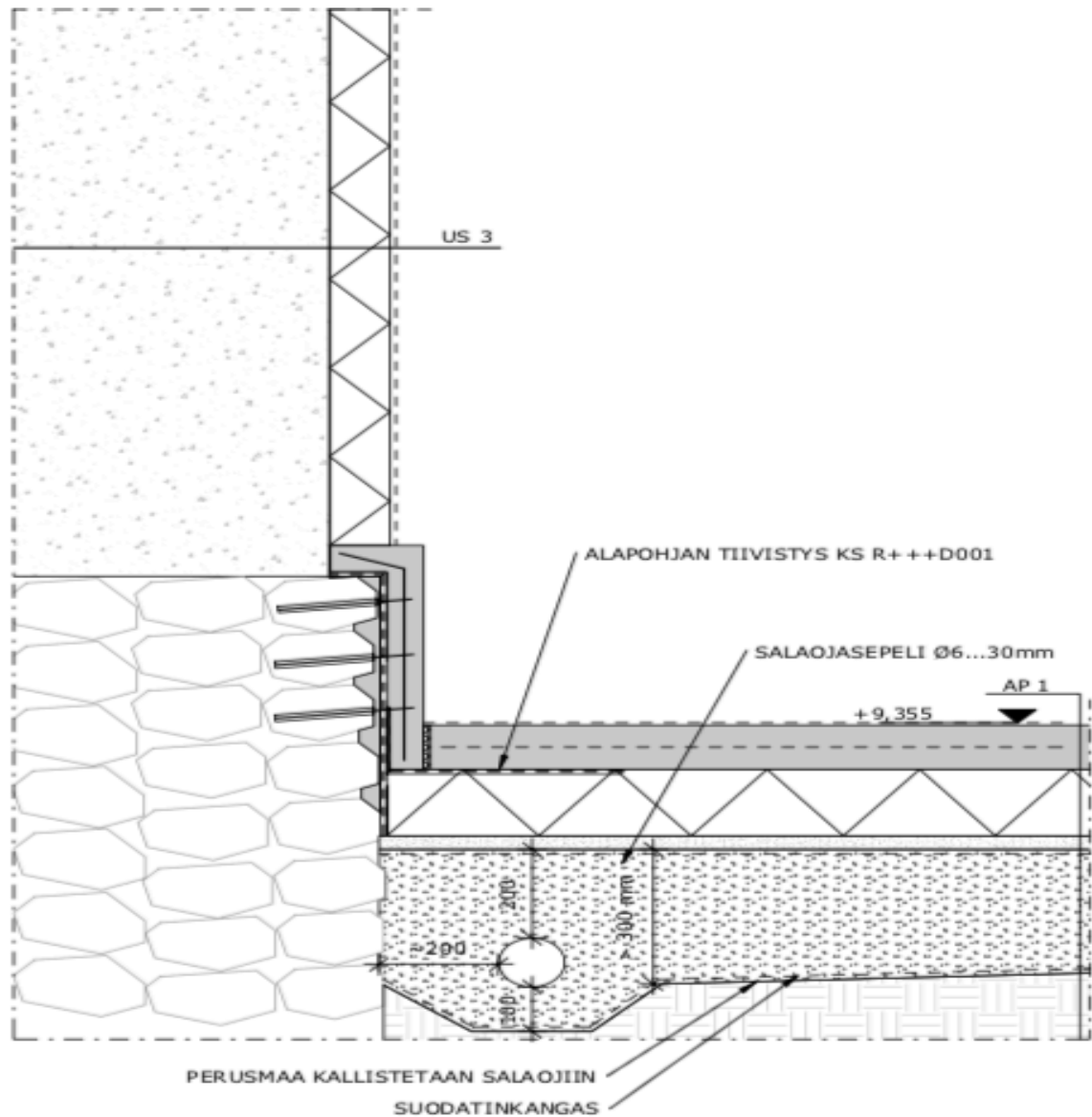
Salaoja-asennus alkoi linjojen merkkäamisellä sekä mahdollisen kallion pois louhimisella salaojalinjojen tieltä. Käytettävät uudet salaojaputket olivat 110 mm tuplamuovi-putkia. Salaojalinjat piti kaivaa vähintään 100 mm alemmas kuin perusmaan pinta, joka kaataa salaojien suuntaa perusmaan kuivatuksen vuoksi. Salaojaputken ympärille tehtiin arina pesdystä kapillaarikatkoepelistä raekooltaan 5/16, jota asennettiin putken alle minimissään 100 mm, kun taas putken ympärille vähintään 200 mm puolelleen. Salaojaputken ympärille muodostui kapillaarikatkoepeli arina jossa putkessa kulkematon vesi kulkee kohti kaivoa. Salaoja arinan alle sekä päälle laitettiin suodatinkangas, jotta erilaiset maa-ainekset eivät päässeet sekoittumaan keskenään.

Rakennuksen sisäpuolelle asennetut salaojaputkien kaadot täytyi olla minimissään 1:200. Salaojalinjat oli oltava minimissään 100 mm päässä rakenteista ja Chydeniassa salaojat asennettiin noin 500 mm päähän ulkoseinien rakenteista.

Rakennuksen vanhat betoniset salaojan tarkastuskaivot vaihdettiin muovisiin. Kaivojen pisin välimatka oli korkeintaan 20 metriä. Tarkastuskaivoja on hyvä olla vähintään 20 metrin välein, jotta salaoja linjojen tarkastus ja puhdistus onnistuu. Kaivojen kannet olivat kaasu- ja vesitiiviitä, jotta alapohjasta nouseva radon sekä kosteus ei pääse tarkastuskaivon kautta sisä-ilmaan tai betonilaattaan. Salaojien vesi päätyi kokoojaputken kautta talokaivopumppaamoon, josta se pumpataan sekavesikaivoon pois talosta.

Rakennuksen uudet salaojat suunniteltiin siten, että ne kuivattavat mitoitusvaluman. Salaojan vedenjohtamiskykyyn vaikuttavat putkirakenne, viettokaltevuus, näiden huollettavuus sekä salaojakerroksen materiaali tai rakeisuus sekä mitat. Lisäksi salaojat suunniteltiin siten, että ympäröivän maan hienoaineksen sekoittuminen estetään salaojituskerrokseen ja salaojiin. Kaivorakenne suunniteltiin siten että se kestää rakenteista, maanpaineesta ja liikenteestä johtuvat muodonmuutokset sekä kuormitukset. Myös liitosten on kestettävä painumaeroista sekä routanousuista johtuvia liikkeitä. (MaaRYL 2010, s. 29.) Salaojien vesijuoksun tasolta otettiin korko tarkkeet jotka dokumentoitiin. Lisäksi salaojalinjat kuvattiin kokonaisuudessaan.

Radonasennuksen tehtiin ennen sepelin puhallusta. Radonputken on tärkeää olla korkeammalla kuin salaojalinjat, jottei vesi, jonka kuuluisi mennä salaojaputkeen, mene radon putkistoon. Radon putkisto Chydenian työmaalla oli 160 mm reikäistä muoviputkea. Reikien avulla putkistoon pääsee radonkaasu sisään. Radonkaasu imetään putkistosta pois radonimurilla. Radonimuriin kaasu menee radonkaasu kokoojakanavan kautta. Kokoojakanava on 160 mm umpiputkea, joihin tehtiin 3 metrin välein pohjaan reikä. Radonimureita Chydeniassa oli kolme kappaletta eri puolella taloa, jolloin imurien teho riittää alapohjan radonkaasun poistamiseen. Radonkaasu imetään imurilla putkistosta kokoojakanavaan josta se lähtee katolle poistokanavan kautta kohti huippumuria. Kuvasta 4 näkyy salaojaputken ympärille laitettu salaojasepelin määrät sekä radonkatkon sijoitus.

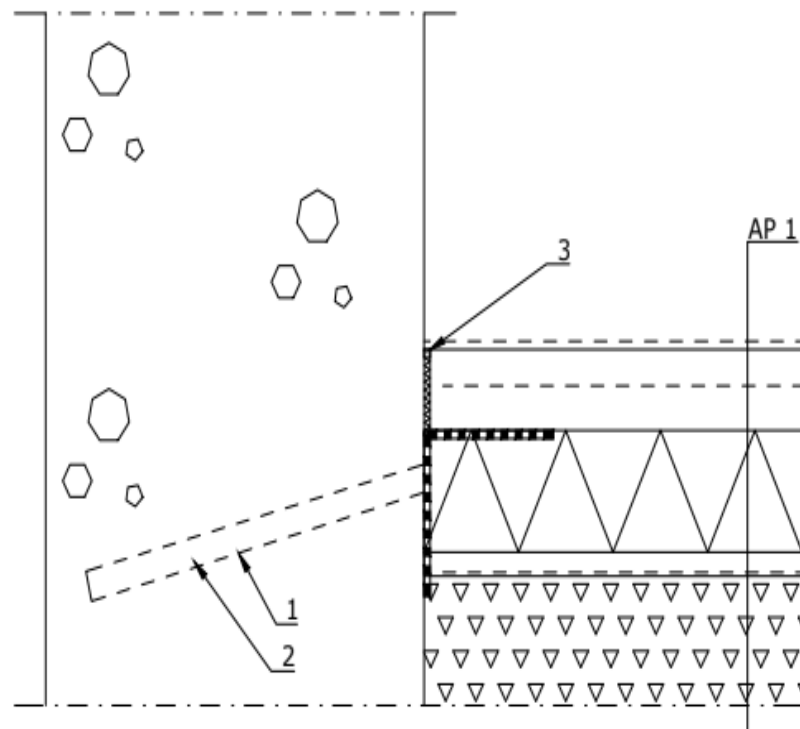


Kuva 4. Rakennekuva mistä käy ilmi salaojaputkien ympärystäytöt sekä alapohjan tiivistyksen ja perusmaan kaltevuus. (Ramboll.)

#### 4.4.2 Maanvastaisen alapohjan tiivistykset

Alapohjasta löytyneet vanhat perustukset tiivistettiin TL2 luokan kumibitumikermillä. TL2 kumibitumikermillä saadaan rakenteesta ilmatiivis sekä kosteus turvallinen. Vanhan perustuksen päälle siveltiin bitumiliuosta tartunnaksi, jonka päälle asennettiin kumibitumikermin tarkoitus on estää radonkaasun sekä muiden alapohjassa olevien epäpuhtauksien kulkeutuminen alapohjasta sisäilmaan. Lisäksi mahdollinen kosteuden nousu alapohjasta katkeaa kumibitumikermiin.

Samalla kumibitumikermillä tiivistettiin myös teräsbetonilaatan saumat. Asennus alkoi lattiaeristeen yläpinnan koron merkkäamisella seinämiin. Merkin yläpinnasta alaspäin levitettiin bitumiliuosta 150 mm matkalta merkistä alaspäin. Tämän jälkeen asennettiin lämpö juottamalla 300 mm kumibitumikermi kylmäbitumin kohdalle niin, että 150 mm juotettiin seinään kiinni ja toinen 150 mm asennettiin lämpöeristeen päälle. Lopuksi kermin saumakohdat liimattiin toisiinsa kiinni vielä lämpöeristeen päällä, jotta kermistä tulisi ilmapitävä. Tämä tiivistys ratkaisu tehtiin epäpuhtauksien ja hajun pitämiseksi alapohjassa. Näitä epäpuhtauksia ovat esimerkiksi radonkaasu sekä mikrobit. Kuvassa 5 on esitetty betonilaatan reunoille tehty radonkatko.



1. PORAUS Ø25mm k150 ALAPOHJAN ALLE. PORAUS ULOTETAAN 80% SYVYYDELLE SEINÄN PAKSUUDESTA
2. SEINÄN INJEKTOINTI KAPILLAARIKATKOINEELLA (ESIM. INS. TSTO SULIN OY, XYPEX CONCENTRATE)
3. ALAPOHJAN TIIVISTYS DETALJIN 1 MUKAAN

Kuva 5. Alapohjan radontiivistys lämmöneristeen päälle ja betoni rakenteisiin porakatkoina tehdyt kapillaarikatkot. (Ramboll.)

Alapohjasta tulevat läpiviennit tiivistettiin 8+9 käsittelyllä, johon kuuluu myös Ardex SK 12 vahvistusnauha. Ardex 8+9 on kaksikomponenttinen kaasutiivis vedeneristysmassa, jota voidaan käyttää ilmavuotojen tiivistykseen. Ensin alusta puhdistetaan, jonka jälkeen vahvistusnauhan alueelle putken ympärille asennetaan Ardex 8+9 vedeneristysmassaa. Vahvistusnauha painetaan vedeneristeeseen tiukasti samalla lastalla painaen

siten, että vedeneriste massan ja vahvistusnauhan väliin ei jää ilmataskuja. Kun nauha on kuivunut halutulle paikalle levitetään vielä kerros vahvikenauhan päälle sekä noin 10 mm nauhan ulkopuolelle. Tämä ratkaisu katkaisee alapohjasta tulevien epäpuhtauksien nousemisen huoneilmaan. (Ardex 2020.)

#### 4.5 Lämmöneristys ja teräsbetoni-laatta

Sepelin päälle asennettiin lämmöneristys. Chydeniassa lämmöneristeenä käytettiin EPS 100 LATTIA -lämmöneristettä, jotka on tarkoitettu maanvastaistenlattioiden eristeeksi sen hyvän lämmöneristyskyvyn vuoksi. Lämmöneristyslevyt asennettiin tiivisti vierekkäin ja mahdolliset saumat täytettiin uretaanivaahdolla. Rakennuksen reunoille asennettiin lisäeristettä 70 mm, jotta maan kautta rakennuksen ulkopuolelta tuleva rousta ei pääse lattian rakenteisiin saakka.

Eristyslevyjen asennus on lämpö ja kosteusteknisesti tärkeää, koska toisiaan vasten asennetut EPS-levyt estävät hyvin mahdollisen kapillaarisen veden nousun betonilaattaan.

Teräsbetoni-laatan raudoitustyöt tehtiin myös lohko kerrallaan. Valualueen kentän koko vaihteli 150 m<sup>2</sup> ja 250 m<sup>2</sup> välillä. Raudoitus suoritettiin pääasiassa käyttämällä 8 mm raudoitusverkkoa. Kantavien seinien sekä pilarien noustessa maanvastaisesta alapohjasta käytettiin lisäraudoitusta halkeamien minimoimiseksi. Raudoitusverkot limitettiin kahden silmävälin verran eli 200 mm toistensa päälle raudoituksen yhtenäistämiseksi. Lisäraudoitukset asennettiin myös jokaisen viemärin kohdalle. Koko talon reunat kierrettiin kolmella raudalla lävitse kulmista lähtevien halkeamien minimoimiseksi.

Jälkitöinä betoni-laatta suojattiin rakennusmuovilla ja aloitettiin kastelu. Jälkityöt aloitettiin heti, kun betoni kesti kävelemisen. Jotta halkeilun riskejä saatiin minimoitua, asennettiin liikuntasaumaraudat kolmeen kohtaan. Lisäksi sahattuja saumoja tehtiin kaksi kappaletta, jotka jäivät oviaukkojen alle.

Ennen valua asennettiin raudoitukseen kosteusmittaus laitteisto, jolla saatiin reaaliaikaista tietoa laatan kosteuden kehityksestä. Lisäksi laatan kosteus pitoisuudet mitattiin jokaisesta lohkoista erikseen porareikä mittauksella.



## 5 Tarkastukset ja laadunvalvonta

Tässä luvussa käydään läpi erilaisia tarkastuksia sekä laadunvalvonnallisia toimenpiteitä, joita tehtiin Chydenian koulurakennuksen maanvastaisen alapohjan uusimisessa.

Erilaiset tarkastukset ja laadunvalvonta ovat nykyään vähintäänkin yhtä tärkeässä osassa kuin itse työnsuorittaminen. Erilaisten työvaiheiden dokumentointi varsinkin piiloon jäävien rakenteiden osalta on hyvin tärkeää mahdollisten korjausten ja laadunvalvonnan kannalta. Vaatimuksen erilaisille tarkastuksille ovat tiukentuneet ja muuttuneet paljon yksityiskohtaisempaan suuntaan. NCC:llä on käytössä laadunvarmistusmatriisi, jonka avulla luodaan eri työvaiheista erilaisia tarkastuksia ennen ja jälkeen työvaiheen. NCC:n Chydenian alapohjasta rakenteista tehtiin seuraavissa luvuissa 5.1-5.5 kuvatut tarkastukset sekä laadunvarmistukset.

NCC:llä on käytössä Congrid -järjestelmä, joka on pilvipalveluohjelmisto, jossa pystyy räätälöimään yritykselle ohjelmiston laadun ja turvallisuuden hallintaan. Congrid -järjestelmän käyttö aloitetaan luomalla ohjelmassa työmaalle oma projekti. Projektin luomisen jälkeen voidaan laatia haluttua sisältöä työmaalle sopivaksi. Työmaan projektille voidaan ladata halutut laatuvaatimukset sekä suunnitelmat. Congrid -järjestelmässä pystytään tekemään aluejako esimerkiksi kerroksittain. Pohjakuvat auttavat paikantamaan ongelman työmaalla.

### 5.1 Mestänvastaanotto

Ennen seuraavan työvaiheen aloittamista pääurakoitsijan työjohto käy aliurakoitsijan työjohdon sekä työntekijöiden kanssa tekemässä mestänvastaanoton. Mestänvastaanoton tarkoituksena on katsoa, että tulevatyökohde on valmiina työn aloittamista varten. Mestänvastaanotto tehdään yleensä muutamaa päivää ennen varsinaisen työn aloitusta, jolloin edelliselle urakoitsialle jää aikaa korjata työkohde kuntoon. Tarkastusta varten luodaan oma yksityiskohtainen tarkastuspohjansa. Chydenian työmaalla mestänvastaanotto tehtiin esimerkiksi, kun purkaja oli saanut oman lohkonsa purettua, jolloin käytiin tarkastamassa maanrakentajan kanssa, että mesta on työ kuntoinen seuraavaa työvaihetta varten. Tämä työkalu nopeuttaa työmaalla tehtäviä tarkastuksia sekä helpottaa laadunvarmistus työtä.

## 5.2 Osakohteen tarkastus

Osakohteen tarkastus on aliurakoitsijan sekä pääurakoitsijan yhdessä tai pelkästään pääurakoitsijan työnjohdon suorittama tarkastus, tietyllä alueella valmistuneelle työvaiheelle. Tarkastuksella varmistetaan, että työ on tehty suunnitelmien sekä laatuvaatimusten mukaisesti.

NCC:llä on käytössä Gongrid -järjestelmä jolla osakohteen tarkastukset suoritetaan. Ennen tarkastuksen aloitusta, muokataan laadunvarmistus matriisiin osakohteeseen sopivat tarkastus kohdat joita käydään työmaalla tarkastamassa. Kuvassa 6 on esitetty osakohteen tarkastuspohja Chydenian työmaalla. Kuvassa 6 esitellään Chydenian työmaalla käytössä ollut maanvastaisen alapohjan osakohteen tarkastus.

- 1 Käytettävät työkoneet ja menetelmät ovat suunnitelmien mukaisia ja sopivat kohteeseen

Järjestysnumero: 1, ID: 2365907

**Kuvausesimerkit:** +

- 3 Pohjamaa viettää salaojia kohti ja sen päälle on asennettu suodatinkangas

Järjestysnumero: 2, ID: 2365908

**Kuvausesimerkit:** +

- 4 Täyttöjen materiaali on suunnitelmien mukaista ja niistä on sopimuksien mukaiset rakeisuuskäyrät

Järjestysnumero: 3, ID: 2365909

**Kuvausesimerkit:** +

- 5 Tiivistäminen on tehty suunnitelmien mukaan ja siitä on tehty tarvittaessa kantavuuskoe

Järjestysnumero: 4, ID: 2365910

**Kuvausesimerkit:** +

- 6 Peitettävistä putkista on otettu valokuvat sekä niiden kaadot ja sijainnit on tarkastettu sekä dokumentoitu

Järjestysnumero: 5, ID: 2365911

**Kuvausesimerkit:** +

- 7 Täytön pinnan korkeus, muoto ja kaltevuus ovat suunnitelmien mukaisia

Järjestysnumero: 6, ID: 2365912

**Kuvausesimerkit:** +

- 8 Työkohde on siivottu kaikista työstä aiheutuneista jätteistä

Järjestysnumero: 7, ID: 2365913

**Kuvausesimerkit:** +

Kuva 6. Osakohteen tarkastuspohja maanrakennuksesta (Kuusimäki 2020.)

### 5.3 Asbestikartoitus

Asbestikartoitus on ammattilaisen tekemä toimenpide, missä selvitetään kiinteistön altistumista asbestille. Asbestikartoituksen voi tehdä vain siihen luvan saanut ammattilainen asbestin vaarallisuuden vuoksi. Kiinteistön omistajan on aina selvitettävä ennen mahdollista purkutyön aloitusta onko kiinteistössä asbestia. 1.1.2016 astui voimaan uusi asbestityöhön liittyvä laki (684/2015), jolla parannettiin turvamääräyksiä entiseen lakiversioon verrattuna. Samalla myös valtioneuvosta asetti uuden asetuksen (798/2015) asbestityöhön, mihin asbestikartoitus myös kuuluu, liittyen edelleen turvallisuuden kehittämiseen. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että kaikkiin ennen 1994 vuotta valmistuneisiin taloihin täytyy tehdä asbestikartoitus ennen työn aloitusta. (Asbestikartoitus 2019.)

Asbestikartoituksessa tulee käydä ilmi asbestinsijainti kohteessa, mitä asbestia se on ja kuinka paljon sitä on, sekä selvitettävä sen oikeanlainen purkutapa, ettei asbestipöly pääse leviämään. (Asbestikartoitus 2019.)

Asbestikartoitus tehtiin myös Chydenian koko rakennukseen ennen varsinaisen urakan alkamista. Kartoituksessa löytyneet haitta-aineet raportoitiin ja niiden poistamiseksi laadittiin asbestipurku vaatimusten mukainen työsuunnitelma.

### 5.4 Loadman -koe

Loadman -koe tehdään kevyellä painon pudotus laitteella. Loadman -kokeella mitataan perusmaasta kantavuuskoe. Loadman -laite mittaa laitteen sisällä olevaa painon pudotamisen aiheuttavaa painumaa. Pudotuspainon kuormitus mitataan kiihtyvyyssanturilla. (AL-Engineering Oy 2015.)

Itse mittaaminen laitteella tapahtuu helposti. Laite viritetään ennen mittausta kallistamalla laitetta siten, että pudotuspaino tarttuu laitteen yläpäässä olevaan magneettiin kiinni. Kun magneetti on asettunut paikalleen, laitetaan pohjalevy perusmaahan ja käännetään laite pystysuoraan pohjalevyn päälle. Tämän jälkeen aloitetaan mittaus. Mittauksia suoritetaan yleensä noin neljästä kuuteen, jolloin pudotuspainon tulos vakioiduu. (AL-Engineering Oy 2015.)

Laitetta käytetään yleensä rakennustyömailla tiivistysten tarkkailuun ja kantavuusmittauksiin. Chydeniassa alapohjan perusmaasta otettiin viisi eri Loadman -koetta, yksi jokaiselta lohkolta.

## 5.5 Mallikatselmus

Mallikatselmus tehdään ennen varsinaisten töiden aloitusta tietylle työvaiheelle tai työkokonaisuudelle valmiista työkokonaisuudesta ja se hyväksytetään kolmannella taholla esimerkiksi rakennesuunnitella tai rakennustöiden valvojalla. Työkohteen alapohjasta tehtiin koko toteutuksesta noin 10 m<sup>2</sup> malli jossa näkyi alapohjan maakerrokset suodatinkankaineen. Malli käytiin tarkastamassa yhdessä Chydenian työmaan rakennesuunnittelijan kanssa. Mallikatselmuksessa mukana oli kymmenen tarkastetun kohdan lista joka tarkastettiin. Mallikatselmus voidaan pitää myös pelkästään työtä suorittavan työntekijän kanssa, jolloin tarkastetaan, että työ lähtee etenemään suunnitelmien mukaisesti.

## 6 Tulokset

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena tunnistettiin maanvastaisen alapohjan yleisimpiä ongelmia. Lisäksi on esitetty Chydenian korjausrakennuskohteessa ilmenneet ongelmat sekä se, miten ongelmat Chydenian työmaalla ratkaistiin. Ongelmat ovat myös monissa muissakin maanvastaisissa alapohjista toistuvia ja johtuvat 1900-luvun alkupuolen rakennustavasta.

Työssä koottiin kahdeksan yleistä maanvastaisiin alapohjiin liittyvää haastetta ja esitettiin, miten ne Chydenian työmaalla on ratkaistu. Yhteen kirjallisuuskatsauksessa esiintyneeseen ongelmaan eli putkivuotoihin ei Chydenian työmaan alapohja remontissa saatu vastausta, koska putkivuotoja alapohjan purun yhteydessä ei voitu todeta. Lisäksi ulkopuolen sadevesijärjestelmän korjaus ei ollut vielä valmistunut tämän opinnäytetyön valmistuessa. Tuloksista selviää, että kirjallisuuskatsauksessakin tunnistetut yleiset maanvastaisen alapohjan ongelmat esiintyivät myös Chydenian työmaan korjauksessa. Työn tulokset on koottu taulukkoon 1.

Taulukko 1. Työn tulokset.

<b>Haasteet</b>	<b>Chydenian työmaan ratkaisut</b>
1. <b>Pintavesien valuminen rakennukseen ja sitä kautta alapohja rakenteisiin</b>	Pintavesi on päässyt rakennuksen ulkoseiniin ja sitä kautta perustuksiin asti. Ongelma korjattiin huonetilan seinään asennetulla kalsiumsilikaatti levyllä, perustuksiin sekä alapohjaan asennetulla kapillaarikatkoilla ja rakennuksen sisäpuolelle uusiutuilla salaojitus järjestelmällä.
2. <b>Rakennuksen ulkopuolella puutteellinen sadevesijärjestelmä</b>	Suunnitelmien mukaan rakennuksen ulkopuolen vierustat laitetaan kaatamaan kohti sadevesikaivoja talosta pois päin, lisäksi sadevesikaivoja lisätään ja salaojitusta ulkopuolella parannetaan. Tämän opinnäytetyön valmistuessa näitä töitä ei oltu vielä suoritettu.
3. <b>Veden kapillaarinen nousu rakennuspohjasta rakenteisiin</b>	Rakennukseen asennettiin kapillaarikatkokerroksen maanvastaisen laatan alle. Lisäksi alapohjasta betonirakenteisiin, kuten kantaviin seiniin, nouseva kosteus katkaistiin kapillaari porakatkomenetelmällä. Vanhoja laatan alle jääviä perustuksia suojattiin

	kumibitumikermillä.
4. <b>Puutteellinen salaojitus</b>	Rakennuksen sisään asennettiin uusi salaojitusjärjestelmä siltä osin, mikä ulkopuolen osalta oli lähtötilanteessa puutteellinen.
5. <b>Kosteuden diffuusiolla</b> <b>siirtyminen</b>	Ulkoseiniin, joiden toinen puoli oli maata vasten, verhoiltiin kalsiumsilikaatti levyillä, jotka ovat diffuusioavoimia. Alapohjaan asennettiin lämmöneriste levyt jotka torjuvat alapohjasta mahdollisesti diffusion avulla nousevaa kosteutta.
6. <b>Kosteuden konvektiolla</b> <b>siirtyminen</b>	Maanvastaisen laatan reiät, halkeamat sekä läpiviennit tukittiin, ettei virtausta alapohjasta sisäilmaan pääse syntymään.
7. <b>Mahdolliset putkivuodot</b>	Mahdollisia vesiputki vuotoja ei Chydenian työmaan alapohjassa havaittu.
8. <b>Rakennusjätteet ryömintä tilassa</b>	Orgaaniset aineet sekä vanhat rakennusjätteet poistettiin ennen varsinaisen maanrakennustyön aloitusta.

## 7 Johtopäätökset

Chydenian työmaan alapohjassa oli samoja ongelmia, mitä useissa muissakin maanvastaisissa alapohjissa on kirjallisuuskatsauksen perusteella havaittu. Aihetta käsittelevää kirjallisuutta ja tutkimuksia läpikäymällä oli selvää, että vastaavia ongelmia on ollut usealla muullakin työmaalla eikä Chydenian työmaa ollut poikkeus. Varsinkin kosteusongelmat ovat olleet korjausrakennuskohteiden keskeisenä puheenaiheina jo pitkään. Kosteusongelmiin on keksitty uusia ratkaisuja paljon, hyvänä esimerkkinä Insinööritoimisto Sulinin kapillaarikatkotuotteet sekä maanvastaisten seinien kosteutta läpipäästävät lämmön eristeet.

Kirjallisuuskatsauksen perusteella tunnistetuista kahdeksasta yleisestä maanvastaisen alapohjan ongelmasta Chydenian työmaalla esiintyi seitsemän. Ainoastaan putkivuotoja ei Chydenian työmaalla esiintynyt vaikka kirjallisuudessa nämä nähtiin usein toistuvina ongelmina. Lisäksi tämän opinnäytetyön valmistuessa ulkopuolen sadevesi järjestelmää ei oltu vielä korjattu, mutta ongelma esiintyi myös Chydenian kohteessa.

Alapohjan veden kapillaarinen nousu saatiin katkaistua oikealla maa-aineksella laatan alla, sekä vanhat perustukset suojattiin kumibitumikermillä. Lisäksi kumibitumikermillä saatiin tukittua haitallisen radonkaasun nouseminen huoneilmaan. Putkiläpiviennit taas tukittiin Ardex 8+9 järjestelmällä. Pohjamaan kuivatus saatiin kuntoon perusmaan kaatoja parantamalla sekä asentamalla uusi salaojitus järjestelmä.

Maanvastaisen alapohjan korjaushankkeen työnjohtamisessa vaikeinta oli töiden yhteen sovittaminen ja tilan puute. Kantavia seiniä sijaitsi paljon jolloin maanrakennustyö hankaloitui. Lisäksi purkajien ja maanrakentajien yhteen sovitus talossa, jossa oli vain yksi ulospääsy, oli hankalaa. Hydraulikiilalouhinta oli pölyävää työtä, joten tähän tarvitsi vielä tehdä oma pölysuojauksensa alipaineistajineen, jolloin tila pieneni entisestään. Lisäksi jokainen työ tuli eri aliurakoitsijoilta, joten töiden yhteen sovittaminen oli haasteellista.

## Lähteet

AL-Engineering Oy, Kannettava painonpudotuslaite, 2015, verkkosivu: <https://www.al-engineering.fi/downloads/loadman-kayttoohje.pdf>, luettu 19.12.2019

Asbestikartoitus.info mikä on asbestikartoitus ja miksi se pitää tehdä, 2019, verkkosivu: <https://asbestikartoitus.info/mika-on-asbestikartoitus-ja-miksi-se-pitaa-tehda/>, luettu 10.12.2019

Ardex, Ardex 8+9 vedeneriste 2020, verkkosivu: <https://ardex.fi/product/ardex-89/>, luettu 14.3.2020

Destia Kiviainekset 2020, verkkosivu: <https://www.destia.fi/palvelut/kiviaines/kiviainekset.html>, luettu 3.3.2020

Hengitysliitto, Radon säteily 2020, verkkosivu: <https://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/sisailma-asiat-sisailmaongelmat/kaasumaiset-epapuhautaudet/radon-sateily>, luettu 4.3.2020

Insinööritomisto Sulin Oy, Keim Ipor & Xypex Concentrate 2018, verkkosivu: <https://www.sulinoy.fi/fi>, luettu 2.4.2020

Jääskeläinen 2009 Geotekniikan perusteet. 2. Painos. Tampere: Tammertekniikka / Amk-kustannus Oy, Luettu 18.2.2020

NCC Suomi Oy, Tietoa NCC:stä 2019, verkkosivu: <https://www.ncc.fi/tietoa-nccsta/ncc-konserni/>, luettu 5.4.2020

Pitkäranta, 2016, Rakennuksen kosteus ja sisäilma tutkimus, verkkosivu: [http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO\\_2016\\_Kuntotutkimu\\_sopas.pdf](http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/75517/YO_2016_Kuntotutkimu_sopas.pdf), luettu 1.4.2020

Rakennustieto, infra perusmuurin veden ja kosteuden eristys 2011, verkkosivu: <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/resource/juha/content/20108#page=1>, Luettu. 16.2.2020

Rakennustieto Eero Slunga Pohjarakenteiden suunnittelu 2020, sivu 676, verkkosivu: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK00s669.pdf>, luettu 14.3.2020

Rakennustieto Rakennuspohjan ja tonttialueen kuivatus 2010 <https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/resource/juha/content/6748#page=1>:Luettu 6.4.2020

Rakennustieto, RT-kortti 81-10791 Radonin torjunta Rakennustieto 103123, verkkosivu <https://kortistot.rakennustieto.fi/kortit/RT%20103123>, luettu 1.3.2020



Rudus, 2020 Kapillaarikatko sepeli, verkkosivu:  
<https://www.rudus.fi/tuotteet/kiviainekset/sepelit/3191/516-kalliosepeli>, luettu 17.3.2020

Sisäilmayhdistys, maanvastainen betonilaatta 2019, verkkosivu:  
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kunnossapito-ja-korjaaminen/Maanvastaiset-rakenteet/Maanvastainen-betonilaatta>, luettu 20.10.2019

Sisäilmayhdistys, perustukset ja alapohja 2020, verkkosivu:  
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteusvaurioituminen/Perustus-ja-alapohja>, luettu 2.2.2020

Sisäilmayhdistys, Materiaalien ominaisuudet, 2020a, verkkosivu:  
<https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Materiaalien-ominaisuudet>, luettu 2.2.2020

Styroplast Oy, Lattiaeristeet 2020, verkkosivu: <https://www.styroplast.fi/lattiaeristeet>, luettu 3.3.2020

Säteilyturvakeskus, Radon 2020, verkkosivu: <https://www.stuk.fi/aiheet/radon>, luettu 1.3.2020

Säteilyturvakeskus, radon aiheuttaa keuhkosyöpää 2020, verkkosivu:  
<https://www.stuk.fi/aiheet/radon/radon-aiheuttaa-keuhkosyopaa>, luettu 1.3.2020

Thermisol 2020, EPS Lattia eristeet  
[https://www.talotarvike.com/kauppa/open\\_attachment.php?attachment=1085](https://www.talotarvike.com/kauppa/open_attachment.php?attachment=1085): Luettu 8.4.2020

Unto Siikanen Rakennusten lämpö ja kosteusfysikaalisia näkökohtia, julkaistu 2012  
,<https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK120401.pdf>, sivu 84, Luettu 11.11.2019

Virpi Leivo ja Jukka Rantala Maanvastaiset alapohjarakenteet-kosteustekninen mitoittaminen ja korjaaminen. Julkaisu 121, Tampere 2002

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen kosteusteknisestä toiminnasta, luonnos 21.12.2016, verkkosivu: <https://www.ym.fi/download/noname/%7B85007C2F-5466-4133-AB94-3F451E473F05%7D/123797>, luettu 17.2.2020

Ympäristö.fi, Pohjaveden esiintyminen ja muodostuminen, julkaistu 12.6.2019,  
[https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien\\_tila/Pohjaveden\\_esiintyminen](https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Vesi/Pohjavesien_tila/Pohjaveden_esiintyminen), luettu 18.11.2020

Liite 1: Kalliosepin 5/16 rakeisuuskäyrä. (Rudus Oy)

<b>Rudus</b>		LAATUSELOSTE - Yhteenveto							
Toimipiste:	LÄNSISALMI	Myyntikäyttötarkoitus:		Salaoja					
Tuotantopaikka:	KULLOO	Näytetyyppi:		1/1	TUOTANTO		Pvm: 03.04.2019 - 27.05.2019		
Tekninen nimi:	KaM 5/16 KULLOO (5/16 KALLIOSEPELI BET)								
Hienoainespitoisuus	K.arvo	K.hajonta	Min.	Max.	Raemuoto	K.arvo	K.hajonta	Min.	Max.
Rakeisuus	0.7	0.2	0.4	1.0	H-luku	8	2	5	10
	Hyv. 11/11								
Seula [mm]	Läpäisy [%]								
	K.arvo	K.hajonta	Min.	Max.	Lukumäärä: 11				
0,063	0,5	0,1	0,3	0,8					
0,125	1	0	0	1					
0,25	1	0	0	2					
0,5	1	0	0	2					
1	1	0	0	2					
2	1	1	1	2					
4	1	1	1	3					
5,6	3	1	1	4					
8	15	6	7	27					
11,2	47	6	39	60					
16	94	1	93	96					
22,4	100	0	100	100					
31,5	100	0	100	100					
45	100	0	100	100					
56	100	0	100	100					
63	100	0	100	100					
90	100	0	100	100					
125	100	0	100	100					

Laborantti: kts. näyteenottoraportti	Näytteenottaja: kts. testausraportti
RUDUS OY	
Allekirjoitus:	Aika ja paikka:

[Yhteenvedon näytteiden tiedot...](#)

Liite2: Suodatinkankaan KL2 suoritustasoilmoitus(Meltex Oy)



SUORITUSTASOILMOITUS











0799 - CPD - 15  
110105CER01-01022011  
Yksilöllinen tuotetunniste

2.

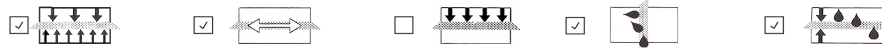
GEO PP TC105 Suodatinkangas KL2

3.

Käyttötarkoitukset:

<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13249:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset teiden ja muiden liikennöityjen alueiden rakentamisessa	<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13250:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset rautateiden rakentamisessa
<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13251:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset maanrakennustöissä sekä perustusten ja tukirakenteiden tekemisessä	<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13252:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset kuivatusjärjestelmien rakentamisessa
<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13253:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset eroosiosuojauksen tekemisessä (rantojen suojarakenteet, luiskien suojaverhoukset)	<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13254:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset altaiden ja patojen rakentamisessa
<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13255:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset kanavien rakentamisessa	<input type="checkbox"/>		EN 13256:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset tunnelien ja maanalaisten tilojen rakentamisessa
<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13257:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset kaatopaikkojen rakentamisessa	<input checked="" type="checkbox"/>		EN 13265:2000+A1:2005 : Toiminnalliset vaatimukset jätealtaiden rakentamisessa

Toiminnallisuudet:



4.

Geo&tex 2000 S.p.A., Via XXV Aprile 3, I-36020 SAN NAZARIO (VI), Italy

Puh : +39 0424 98330 Fax : +39 0424 98593 @ : INFO@GEOTEX2000.COM

Tehtästunniste 16166 - A, 16166 - B, 16166 - C

6.

Järjestelmä 2+

7.

Ilmoitettu tuotannon laadunvalvonnan sertifiointilaitos, nro 0799 Kiwa MPA Bautest GmbH, Niederlassung TBU Greven, suoritti tuotannon ja tehtaan sisäisen laadunvalvonnan alkutarkastuksen sekä suorittaa tehtaan sisäisen laadunvalvonnan jatkuvaa valvontaa ja antoi tehtaan laadunvalvonnan vaatimustenmukaisuustodistuksen 0799-CPD-15

8.

Ilmoitetut suoritustasot

Ominaisuudet	Menetelmä	Yksikkö	Arvo	Toleranssi	
Vetolujuus	EN ISO 10319	kN/m	Konesuunta	8,00	-0,95
			Poikkisuunta	8,00	-0,95
			Diagonaali	Ei vaadita	Ei vaadita
Murtovenymä	EN ISO 10319	%	Konesuunta	56,00	-30 / +30
			Poikkisuunta	56,00	-30 / +30
			Diagonaali	Ei vaadita	Ei vaadita
Staattinen puhkaisulujuus	EN ISO 12236	N	1100	-105	
Dynaaminen tunkeutumisvastus	EN ISO 13433	mm	33	+ 7	
Dynaaminen puhkaisulujuus	NF G 38019	kN	Ei vaadita	Ei vaadita	
Merkitsevä aukkokoko	EN ISO 12956	µm	90	-30 / +30	
Veden läpäisevyys kohtisuorassa tasoa vastaan	EN ISO 11058	m/s	0,076	-0,023	
Veden virtauskapasiteetti kohtisuorassa tasoa vastaan	EN ISO 12958	m <sup>2</sup> /s	20 kPa - i=1	4,50E-07	-1,40E-07
			100 kPa - i=1	1,50E-07	-4,60E-08
			200 kPa - i=1	1,00E-07	-3,00E-08
Pitkäaikaiskestävyys	Tulee peittää 1 kuukauden kuluessa asennuksesta. Ennustettu käyttöikä yli 25 vuotta luonnonmaa-aineksissa, joiden 4<ph<9 ja lämpötila < 25 °C				
Hapetuksen kestävyys	EN ISO 13438	Jäännöskestävyys	Konesuunta	>90%	
			Poikkisuunta	>90%	
Kemiallinen kestävyys	EN 14030	Jäännöskestävyys	Konesuunta	>90%	
			Poikkisuunta	>90%	
Mikrobiologinen kestävyys	EN 12225	Jäännöskestävyys	Konesuunta	100%	
			Poikkisuunta	100%	

10.

Edellä 1 ja 2 kohdassa yksilöidyn tuotteen suoritustasot ovat kohdassa 8 ilmoitettujen suoritustasojen mukaiset. Tämä suoritustasoilmoitus on annettu 4 kohdassa ilmoitetun valmistajan yksinomaisella vastuulla.

Paikka ja aika

4/7/2013, San Nazario, Italy

Maahantuojaa ei vastaa käännöksen oikeellisuudesta. Epäselvissä tilanteissa pätee valmistajan antama alkuperäinen versio.