

Tapio Kallioniemi

Betonisen uima-allasrakenteen halkeilun syyt ja niiden korjaaminen

Opinnäytetyö

Syksy 2011

Tekniikan yksikkö

Rakennustekniikan koulutusohjelma



OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ

Koulutusyksikkö: Tekniikka

Koulutusohjelma: Rakennustekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Tapio Kallioniemi

Työn nimi: Betonisen uima-allasrakenteen halkeilun syyt ja niiden korjaaminen
Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2011 Sivumäärä: 40 Liitteiden lukumäärä: 0

Tiivistelmä

Tämän insinööriyön aiheena oli betonisten uima-allasrakenteiden halkeiluun johtavat syyt ja halkeamien korjaaminen. Ensin tavoitteena oli selvittää millaisia halkeamia betoniseen altaaseen voi syntyä ja selvittää miten ne voidaan estää ja korjata. Idea insinööriyöhön tuli kesätöissäni saamasta kokemuksesta uima-altaiden halkeamien korjaamisessa. Minulla oli myös loistava mahdollisuus saada työtä varten kohdeallas Härmän kuntokeskuksen laajennukseen rakennettavasta uudesta 25 m*4 m kokoisesta uima-altaasta. Kohteen urakoitsijana toimi Skanska Talonrakennus Oy. Opinnäytetyössä kartoitetaan altaaseen tulleet halkeamat, selvitetään mistä halkeamat johtuvat ja käydään läpi kohdealtaan korjaaminen. Suoritin altaan injektioinnit itse.

Avainsanat: betonirakenteet, halkeilu, injektointi

THESIS ABSTRACT

Faculty: School of Technology

Degree programme: Construction Engineering

Specialisation: Building Construction

Author: Tapio Kallioniemi

Title of thesis: What causes concrete swimming pool structures to crack and how these cracks can be repaired

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year: 2011

Number of pages: 40

Number of appendices: 0

The subject of the thesis was to find out what causes concrete pool structures to crack and how these cracks can be repaired. The aim was first to find out what kinds of cracks may arise in a concrete pool structure, and second how they can be prevented, and third how they are repaired. The idea for the thesis came from my summer job experiences in fixing cracks in swimming pools. I also had a great chance to get an experiment pool for my thesis from the construction site of Härmän Kuntokeskus, where Skanska Talonrakennus Ltd was building a swimming pool of the size of 4 m x 25 m. In the thesis, I will survey the cracks in the pool, find out the reasons for cracking and go through the repairing process. I conducted the repairing process personally.

Keywords: concrete structures, cracking, injections

SISÄLTÖ

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ.....	2
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET	8
1 JOHDANTO	9
2 BETONI ALLASRAKENTEIDEN MATERIAALINA	10
3 HALKEAMISMUODOT	14
3.1 Taivutushalkeamat	14
3.2 Plastinen kutistuminen	14
3.3 Pitkäaikainen kuivumiskutistuminen	16
3.4 Pakkovoimien aiheuttama halkeama.....	16
3.5 Kohdealtaan halkeamien syyt	16
3.5.1 Miten halkeamien synty olisi voitu estää	16
4 LAATAN JA SEINÄN SAUMAN TIIVISTYS	18
4.1.1 Bentoniittinauha.....	19
4.1.2 Injektointiletku.....	19
4.1.3 Kohdeallas.....	20
5 ALTAAN KORJAAMINEN INJEKTOIMALLA	22
5.1 Injektointi sementtipohjaisilla aineilla.....	22
5.2 Injektointi muoveilla	23
6 HALKEAMIEN ITSETIIVISTYMINEN.....	25
7 KOHDEALTAAN KORJAAMINEN	27
7.1 Valmistelu.....	27
7.2 Ympäristön suojaaminen	28
7.3 Välineet	28
7.4 Seinien injektointi	30
7.5 Allasikkunat ja läpiviennit.....	35
7.6 Laattojen injektointi.....	37
7.7 Injektointilaitteen puhdistus.....	39
8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET.....	40
9 LÄHTEET.....	40

Kuvio- ja taulukkoluetelo

Kuvio 1. Valmis allashuone.....	9
Kuvio 2. Altaan pohjakuva.	11
Kuvio 3. Altaan leikkauskuva.	11
Kuvio 4. Detalji.....	12
Kuvio 5. Altaan seinän rauditus.....	12
Kuvio 6. Altaan seinän muotitus.....	13
Kuvio 7. Altaan seinän valmis muotti.	13
Kuvio 8. Saumakuva.	18
Kuvio 9. Sauman pesu.....	18
Kuvio 10. Koeturvotettu bentoniittinauha.	19
Kuvio 11. Turvonnut bentoniittinauha.....	19
Kuvio 12. Injektointiletku.	20
Kuvio 13. Koekäytetty injektointiletku.....	20
Kuvio 14. Itsestään tiivistynyt halkeama.	26
Kuvio 15. Vuotava halkeama.	28
Kuvio 16. Mansetti.	29

Kuvio 17. Holkki.	29
Kuvio 18. Paineilmaprässi.....	29
Kuvio 19. Käytetty ja jumittunut paineilmaprässi.....	29
Kuvio 20. Injektointiaine.	30
Kuvio 22. Mansetin asennus ohje.	31
Kuvio 23. Reikien poraus.	32
Kuvio 24. Mansetit ja holkit asennettuna.....	32
Kuvio 25. Injektointiaine valuu halkeamasta.	32
Kuvio 26. Injektoitu halkeama.	33
Kuvio 27. Holkkia on kiristetty liikaa ja mansetti on murtunut.....	33
Kuvio 28 a. Altaaseen muodostuvia injektointiainelauttoja.....	34
Kuvio 29 Vuotava allasikkuna	36
Kuvio 30. Injektoitu allasikkuna.	36
Kuvio 31. Loiskekourun läpivienti.....	37
Kuvio 32. Lattian reikien poraaminen.....	38
Kuvio 33 Halkeaman ympärille tehty "pato"	38
Kuvio 34 Hiottu pinta.....	39

KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

Hydrataatio Veden ja sementin sisältämien mineraalien välinen reaktio, jonka vaikutuksesta veden ja sementin muodostama sementtiliima kovettuu kuivuessaan.

Prässi Prässi on laite, jolla voidaan paineen avulla puristaa erilaisia nesteitä ja rasvoja haluttuun kohteeseen. Paine luodaan joko koneellisesti tai käsin pumppaamalla.

Matalaviskositeettinen Aine, jonka pintajännitys on erittäin pieni.

Karbonatisoituminen Kemiallinen reaktio, jossa ilman hiilidioksidit ja hapen liuos reagoi sementtipastan kanssa ja neutralisoi emäksisen betonikappaleen.

Kloridikorroosio Ympäristöstä betonirakenteen sisälle päässeet kloridi-ionit rapauttavat raudoituksen.

Bentoniitti Luonnon savimineraali, joka hydratoituessaan paisuu ja muuttuu paineen alla käytännössä nestettä läpäisemättömäksi.

Kapillaari-ilmiö Kapillaari-ilmiö on ilmiö, jossa neste etenee pinnan vettymisilmiön seurauksena kapeassa rakenteessa tai putkessa. Neste voi kulkea painovoiman vastaisesti ylöspäin.

1 JOHDANTO

Betonisten allasrakenteiden rakentaminen on nykyään hyvin yleistä. Betoni soveltuu erinomaisesti allasrakentamiseen, koska se on arkkitehtonisesti monipuolinen materiaali ja siitä on helppo tehdä vedenpitävä. Suurin ongelma betonirakenteissa on halkeilu, jonka takia rakenne voi menettää vedenpitävyytensä. Tässä opinnäytetyössä pyritään selvittämään, miten betoniset allasrakenteet halkeilevat, miten halkeilut voidaan estää ja miten halkeamia voidaan korjata injektoimalla. Esimerkkikohteena on Kylpylähotelli Härmän Kuntokeskukseen rakennettu uusi 25 m * 4 m kokoinen uima-allas.

Kohteen allas on uusi, ja sen seinämissä on todettu useampia halkeamia. Pyritään selvittämään, mikä aiheutti halkeamat kyseisessä kohteessa, miten halkeamat olisi voitu välttää ja lopuksi suoritan itse altaan korjauksen injektoimalla sen.

Betonin injektoinnissa on tarkoituksena saada rakenteesta tiivis. Tämä saavutetaan poraamalla viistosti reikiä kohti halkeamaa ja pumppaamalla niiden kautta paineilmalla matalaviskositeettista injektointiainetta halkeamaan. Aine tunkeutuu pienimpäänkin halkeamaan ja alkaa kovettua välittömästi.



Kuvio 1. Valmis allashuone.

2 BETONI ALLASRAKENTEIDEN MATERIAALINA

Betonin tärkeimmät ainesosat ovat sideaine (sementti), runkoaine (kivi) ja vesi. Sideaine yhdessä veden kanssa muodostaa massan, joka kiinnittää runkoaineen yhdeksi puristusta kestäväksi materiaaliksi. Vesisementtisuhdetta säätämällä voidaan muuttaa betonin lujuutta, ja runkoaineen kokoa ja lisäaineita muuttamalla voidaan vaikuttaa betonin muihin ominaisuuksiin, joilla saavutetaan työn asettamat vaatimukset. (RIL 235-2009)

Allasbetonin tulee olla vedenpitävää. Kokeellisesti betonin vesitiiviys määritetään betonitehtaalla tai ulkopuolisissa betonilaboratorioissa. Vesitiiviyyden (veden tunkeutumissyvyyden testaus) testaus suoritetaan standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti. (RIL 235-2009)

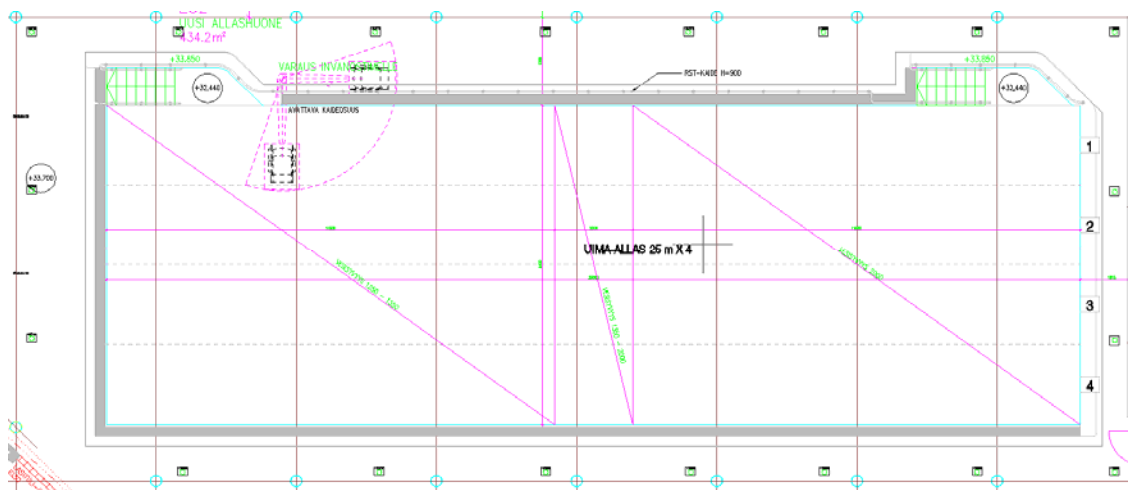
Lämpimissä olosuhteissa olevien uima-allasrakenteiden sideainelaatu tulisi valita mahdollisimman kestäväksi lämpimissä olosuhteissa tapahtuvaa kloridirasitusta vastaan. Betoninormin /1/ mukaan uima-allasrakenteiden kloridirasitusluokka on XD2 ja karbonatisoitumisluokka XC2. Jälkimmäinen on käyttöiän kannalta määräävin rasitusluokka. (RIL 235-2009)

Ulkona olevien uima-allasrakenteiden sideainelaatu tulisi valita suolapakkasrasituksen mukaan. Suolapakkasrasitus XF4 on ulkona olevissa uima-allasrakenteissa yleensä käyttöiän kannalta määräävin rasitusluokka. Karbonatisoitumisrasituksella XC2 ei käyttöiän kannalta ole olennaista merkitystä, ellei betonin karbonisoituminen ulotu teräksiin asti, jolloin karbonisoituminen alentaa kloridikorroosion käynnistymiskynnyksen arvoa. (RIL 235-2009)

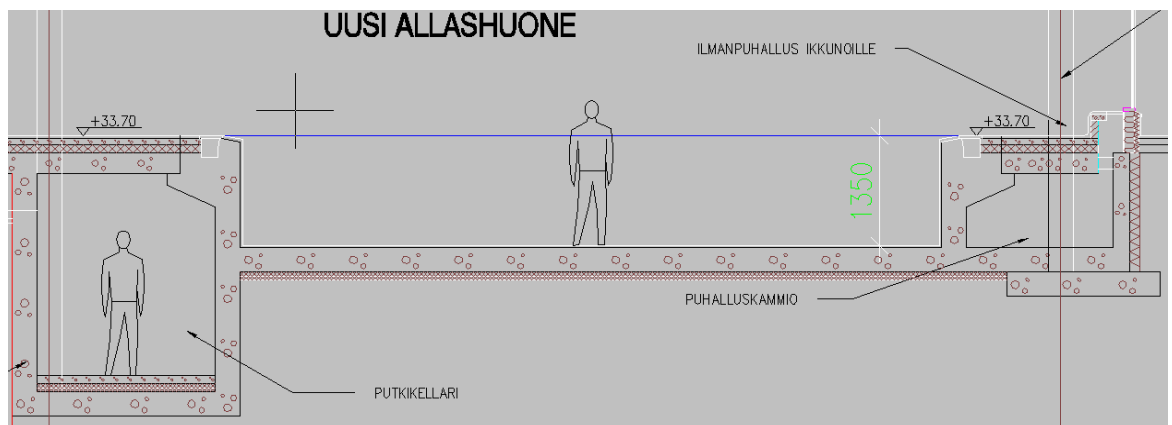
Uima-altaiden vedenpitävät seinät ja pohjalaatta tehdään vähintään 300 mm:n paksuisina. Olemassa oleville altaille tehtyjen tutkimusten perusteella 300 mm:n paksuus varmistaa riittävän vedenpitävyyden ja käyttöiän. Vedenpitävästä betonista valettua allasta ei yleensä tarvitse vedeneristää, koska rakenne saadaan riittävän tiiviiksi betonin ja toimivien rakenneratkaisujen avulla. Betonirakenteiset altaat saattavat vuotaa kutistuman aiheuttamien halkeamien kohdalla.

Kohteen allas on valettu lujuusluokan K40 vedenpitävällä betonilla, merkintä uusilla eurokoodeilla on C32/40. Betonin puristuslujuus on siis 150 mm kuutiolla mitattuna 40 MN/m².

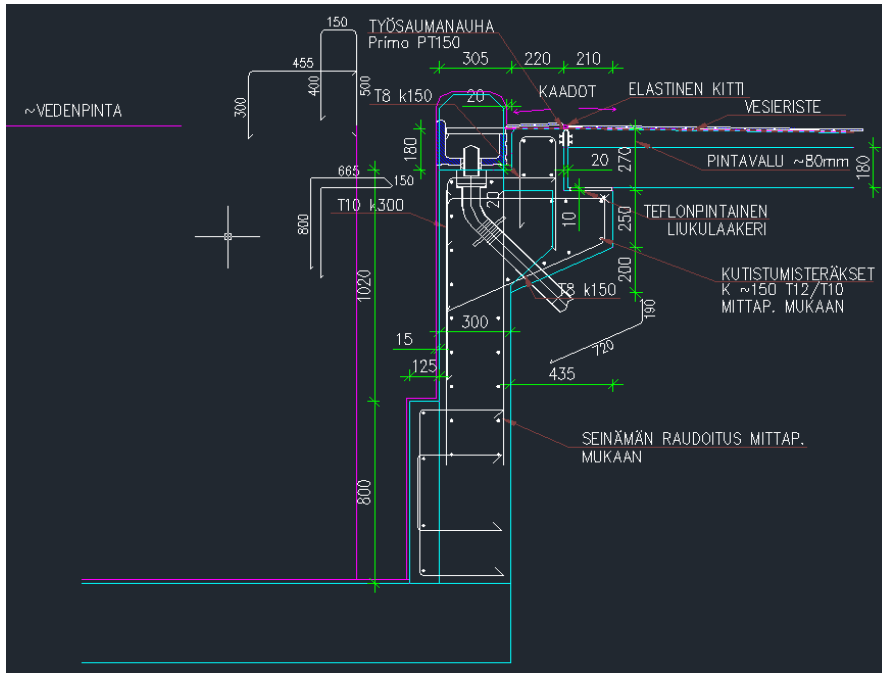
Pohjalaatta valettiin ensin ja sen annettiin kovettua ja saavuttaa tarvittava nimellislujuus ennen seinien valua. Pohjalaatan ja seinien väliin asennettiin bentoniittinauha estämään mahdollista vuotoa rakenteiden saumoista.



Kuvio 2. Altaan pohjakuva.



Kuvio 3. Altaan leikkauskuva.



Kuvio 4. Detalji.

Kuvista 4, 5 ja 6 voidaan nähdä uima-altaan vaatimat massiiviset raudoitukset ja valua varten tehty jyrkevä muotitus.



Kuvio 5. Altaan seinän raudoitus.



Kuvio 6. Altaan seinän muotitus.



Kuvio 7. Altaan seinän valmis muotti.

3 HALKEAMISMUODOT

Betonin halkeilun aiheuttavat yksi tai useampi voima ja niiden aiheuttama jännitystila. Yleisimpiä syitä halkeiluun ovat betonin kuivumiskutistuma, lämpöliikkeet sekä muut betoniin kohdistuvat ulkoiset ja sisäiset rasitukset.

3.1 Taivutushalkeamat

Betonirakenteen taivutuksessa syntyvä taivutushalkeama loppuu aina puristuspuolen alkaessa eikä mene rakenteen läpi. Näin ollen taivutushalkeamilla ei ole merkitystä vedenpitävyyden suhteen. Halkeaman sallittu leveys määräytyy rakenteen ympäristöluokan mukaisesti ja se on rajoitettava varsinkin ulkona, mutta myös sisällä olevissa altaissa ympäristöluokan mukaisesti. Taivutushalkeama syntyy yleensä silloin, kun rakenne pääsee liikkumaan ja liikkeen aiheuttama voima halkeaa rakenteen. Jos rakenteessa ilmenee taivutushalkeama se saattaa olla seuraus viereisten rakenteiden liikkeestä. (Söderlund, K 2004.)

Kohdealtaassa olevien halkeamien ei todettu aiheutuneen taivutuksesta.

3.2 Plastinen kutistuminen

Plastinen kutistuminen on yleisempää laatoissa, kun niiden pinta kuivuu liian nopeasti. Tämä aiheutuu esimerkiksi tuulisesta säästä tai auringonpaisteesta, jos betonia ei suojata asianmukaisesti. Plastiset halkeamat ovat yleensä verkkomaisia tai yksittäisiä halkeamia. Yksittäinen halkeama voi olla 1...2 mm leveä ja ulottua rakenteen läpi. Tällöin rakenne menettää vedenpitävyytensä ja raudoitukset altistuvat korroosiolle. Nämä halkeamat syntyvät aikavälillä 0,5...6 tuntia betonoinnista. (Söderlund, K 2004.)

Betonimassan tilavuus pienenee, kun vesi erottuu siitä ja nousee kohti pintaa. Massa painuu tällöin vastaavasti alaspäin. Tämä painuma tapahtuu noin kolmen tunnin sisällä betonoinnin jälkeen. Plastisen painuman aiheuttamia halkeamia syntyy, jos painuminen ei voi tapahtua kaikkialla vapaasti. Eniten näitä halkeamia syntyy pohjalaatan yläpinnan raudoituksen kohdalle. Plastisten kutistumishalkeamien syntymistä voidaan pienentää käyttämällä heti valun jälkeen betonin pinnalle levitettävää jälkihoitoainetta. (RIL 235-2009)

Seinärakenteissa esiintyy plastisia halkeamia, kun betoni kuivuu liian nopeasti ja laatasta tulevat kiinnitysraudat eivät salli sen vapaata kutistumista. Näin rautojen väliin voi tulla rakenteen läpi meneviä halkeamia. (Söderlund, K 2004.)

Plastinen kutistuminen johtuu useimmiten liian nopeasta kuivumisesta. Liian nopea kuivuminen voi johtua monesta eri tekijästä tai niiden yhdistelmästä. Tuuli ja aurinko aiheuttavat helposti liian nopeaa kuivumista. Nopea kuivuminen voidaan onneksi estää monella eri tavalla. Laattavalujen päälle voidaan levittää esimerkiksi kevytpeitteet estämään suoraa auringon valoa ja samalla se hidastaa kosteuden haihtumista ilmaan. Lisäksi levitetyn pressun alle voidaan päästää vettä viilentämään valua. Jos valu on suojaisalla paikalla, voidaan valua vain kastella päivän mittaan ilman valun peittämistä. Suositeltavaa on myös käyttää valun päälle sumutettavaa jälkihoitoainetta, joka muodostaa vahamaisen kalvon valun päälle. Kalvo hidastaa veden haihtumista rakenteesta. Seinärakenteissa jälkihoitoaine sumutetaan valun jälkeen näkyville betonipinnoille. Muottien purun jälkeen paljastuville pinnoille sumutetaan jälkihoitoaine. (Söderlund, K 2004.)

3.3 Pitkäaikainen kuivumiskutistuminen

Pitkäaikainen kuivumiskutistuminen syntyy, kun se osa vettä, jota ei tarvita betonin hydrataatioon, haihtuu. Kuivumiskutistuminen tapahtuu, päinvastoin kuin plastisten tilan halkeamien tapauksessa, läpi rakenteen. Tässä mielessä ne ovat vedenpitävyyden ja rakenteen käyttöiän suhteen haitallisia. Kuivumiskutistumisen aiheuttamat halkeamat liittyvät yleensä kutistumaerojen aiheuttamiin rakenteen sisäisiin pakkovoimiin.

3.4 Pakkovoimien aiheuttama halkeama

Pakkovoimien aiheuttamia halkeamia ilmenee isoissa rakenteissa, kun suuren massan omaava rakenne kovettuessaan kutistuu ja vahvat raudoitukset estävät normaalin kutistumisen.

3.5 Kohdealtaan halkeamien syyt

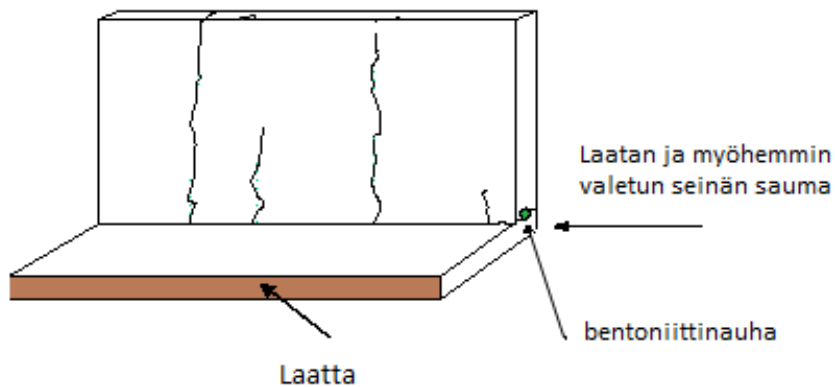
Kohdealtaassa ilmeni yhteensä yhdeksäntoista halkeamaa. Halkeamia tuli molemmille pitkille sivuille tasaisesti muutaman metrin välein. Halkeamat havaittiin rakenteen molemmilta puolilta, joten ne eivät johtuneet taivutuksesta. Altaan suuri massa ja halkeamien tasainen välimatka viittasi sisäisiin pakkovoimiin. Silmämääräisesti pystyttiin havaitsemaan, että halkeamien leveys kasvoi muottien purun ja nimellislujuuden saavuttamisen aikana. Tästä voitiin todeta, että pitkäaikainen kuivumiskutistuminen voimisti sisäisten pakkovoimien aiheuttamia halkeamia.

3.5.1 Miten halkeamien synty olisi voitu estää

Altaan halkeilleet pitkät seinät ovat massaltaan hyvin kookkaita, joten halkeamia osattiin odottaa jo etukäteen. Pitkien seinien pituus on 25 m ja paksuus 300 mm ja rakenteessa on vahva raudoitus, joten täysin halkeilematonta siitä olisi ollut mel-

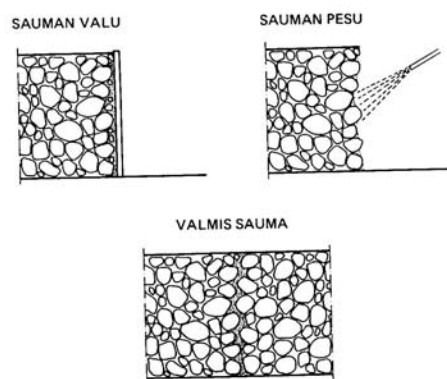
kein mahdotonta saada. Kaikki työvaiheet suoritettiin oikeaoppisesti ja laatuun panostaen. Altaan seinien muoteista tehtiin hyvin tukevat. Allas valettiin huhtikuun lopussa. Sää oli aurinkoinen, mutta viileä ja tuulinen. Allas valettiin ennen kattoelementtien asennusta, joten suojaavia elementtejä oli vähän. Valun jälkeen seinien avoimeen yläpäähän ruiskutettiin jälkihoitoaine ja ne peiteltiin kevytpeitteillä. Muottien purun jälkeen seiniä kasteltiin ja levitettiin jälkihoitoaine. Jälkikäteen voidaan todeta, että kaikesta huolimatta seinät kuivuivat liian nopeasti. Seinien yläpää oli pitänyt peittää heti valun jälkeen ja niitä olisi pitänyt kastella heti muotin purun yhteydessä paljon laajemmin mitä toteutettu määrä oli. Näillä toimilla olisi voitu hillitä halkeamia ja mahdollisesti niiden määrää.

4 LAATAN JA SEINÄN SAUMAN TIIVISTYS



Kuvio 8. Saumakuva.

Uima-altaiden seinien ja pohjalaatan välisen sauman tiivistämiseen käytetään yleisesti joko bentoniittinauhaa tai injektointilettoa. Saumoja voidaan tiivistää myös pestyllä työsaumalla, jossa sementtILAastikerros poistetaan valua seuraavana päivänä painepesurilla.



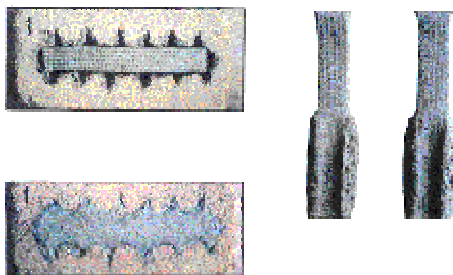
Kuvio 9. Sauman pesu.

4.1.1 Bentoniittinauha

Bentoniittinauha on vulkaanisesta savesta valmistettua tiivistenauhaa, joka turpoaa joutuessaan kosketukseen veden kanssa. Nauha voi turvotessaan kaksinkertaistaa kokonsa. Pohjalaattaa valettaessa valuun tehdään ura tulevan seinän kohdalle. Uraan laitetaan nauvoja pystyyn teräpuoli ylöspäin. Nauha painellaan uran pohjalle ja se kiinnittyy naulojen avulla tukevasti paikoilleen eikä pääse valun aikana liikkumaan. Jos sauma jostain kohtaa vuotaa, vuotava vesi turvottaa bentoniittinauhan ja nauha tiivistää halkeaman.



Kuvio 10. Koeturvotettu bentoniittinauha.



Kuvio 11. Turvonnut bentoniittinauha.

4.1.2 Injektointiletku

Sauman tiivistäminen voidaan suorittaa myös injektointiletkulla. Letku asennetaan valetun laatan päälle kiertämään tulevan seinän keskilinjaa. Kun seinä on valettu laatan päälle ja se on saavuttanut tarvittavan nimellislujouden, suoritetaan injek-

tointi. Letkuun pumpataan injektointimassa, joka tunkeutuu letkussa olevista pienistä rei'istä mahdollisiin saumassa oleviin tyhjätiloihin.



Kuvio 12. Injektointiletku.

Kuvio 13. Koekäytetty injektointiletku.

4.1.3 Kohdeallas

Työmaan vastaavalle työnjohtajalle olivat kaikki edellä mainitut sauman tiivistystavat tuttuja jo entuudestaan hänen edellisiltä työmailtaan. Harkinnassa olivat bentoniittinauha ja injektointiletku. Vastaavan työnjohtajan hyvien kokemusten ja taloudellisten seikkojen takia päädyttiin käyttämään bentoniittinauhaa. Nauha on helppo ja nopea asentaa ja sen turpoamiskyky takaa sauman tiiviiden. Bentonittinauha on myös kokonaiskustannuksiltaan halvempi vaihtoehto kuin injektointilet-

ku. Nauha on toimintavarma eikä niin herkkä työvirheille kuin muut vaihtoehdot. Valinta oli aivan oikea, nauhan asennus oli nopeaa ja saumasta tuli tiivis. Vähäistä vuotoa ilmeni vain yhdestä kohtaa saumaa ja senkin korjaamiseen tarvittiin vain yksi injektointireikä. (Mattila, P 2010.)

5 ALTAAN KORJAAMINEN INJEKTOIMALLA

Uima-altaiden vuotavat halkeamat voidaan tiivistää injektoimalla tai laastipaikkauksella. Epoksin laadun tulee soveltua kosteille pinnoille. Injektointi on yleisin uima-altaiden korjausmenetelmä. Injektoinnilla tarkoitetaan rakenteessa olevien halkeamien, huokoisten kohtien ja tyhjätilojen täyttämistä sementti- tai muovipohjaisilla aineilla paineen avulla. Pienten, korroosiosta vapaiden, noin, 0,2...1 mm leveiden halkeamien injektointiin käytetään muoveja. Muoveilla voidaan injektoida pienimmillään jopa 0,05 mm:n levyiset halkeamat. Kloridirasituksessa ei tulisi sallia 0,15 mm suurempia halkeamia. Muovipohjaisilla aineilla injektoitu kohta muodostaa esteen kosteuden kululle rakenteessa. Kun halkeaman leveys on 1 mm, voidaan injektointinissa käyttää sementtiliimaa ja yli 10 mm:n halkeamissa sementt-laastia. Käytettävään injektointimenetelmään ja aineeseen vaikuttavat myös tekniset ja taloudelliset seikat. (RIL 149-1995)

5.1 Injektointi sementtipohjaisilla aineilla

Halkeilleiden rakenteiden korjaaminen aloitetaan pintapaikkauksella. Pienet ja kuivat halkeamat kitataan pinnalta umpeen lastalla. Kittauksessa käytetään valumattomia paikkausmassoja tai epoksiliimaa. Paikkauksen jälkeen porataan injektointireiät injektointitulppia tai -putkia varten. Reiät porataan noin 15 cm etäisyydeltä halkeamasta vinosti kohti rakenteen sisällä menevää halkeamaa. Paksuissa rakenteissa 250...300 mm syvyyteen. Reikiä porataan yleisesti pystysuunnassa 300...600 mm välein. Reikien syvyyteen ja määrään vaikuttavat mm. halkeaman koko, rakennevahvuus ja vaurioiden laajuus. Reikiä pitää kuitenkin olla vähintään kaksi kappaletta, jolloin ne porataan halkeaman päihin. Valmiin injektointiaineen lämpötila ei saa yleisesti olla yli +25 °C ja injektoitavan rakenteen lämpötilan tulee olla vähintään +5 °C. (RIL 149-1995)

Injektoitavan kohteen ollessa rakenteen sisällä, tulee tyhjän tilan pintabetoni ensin piikata pois vähintään 20 mm:n syvyydeltä. Piikattu pinta puhdistetaan ja betonoi-

daan uudelleen ruiskuttamalla. Pinnan korjauksen jälkeen porataan vähintään kaksi reikää tyhjätilaan ja suoritetaan injektointi. (RIL 149-1995)

Ennen tulppien tai putkien asennusta porattuihin porareikiin reiät tulee puhdistaa betonin muruista ja pölystä. Puhdistus voidaan suorittaa joko huuhtelemalla reiät vesipaineella tai imuroimalla pillin avulla. Sementillä injektoitaessa massan aloitussuhde on yleisesti 1:5...1:4 (sementti:vesi) ja sitä vahvennetaan tarpeen mukaan. Ylimääräisen veden on päästävä poistumaan halkeamasta, sillä vain osa vedestä sitoutuu sementtiin. Seinärakenteita injektoitaessa injektointi aloitetaan alimmasta reiästä ja kun seuraavasta reiästä pursuaa ulos täysivahvuista massaa siirrytään injektoimaan tätä reikää ja suljetaan alempi injektointireikä. Kun viimeinen reikä on injektoitu, pumpataan pieni ylipaine ja suljetaan reikä. Sopiva ylipaine on noin 0,05 MPa. Injektointiaineen kovettuttua poistetaan tulpat tai katkaistaan putket. (RIL 149-1995)

Tiehallinto on julkaissut betonirakenteiden korjausaineista SILKO-ohjeet koskien betoneita, paikkausaineita, injektointimuoveja sekä erilaisia puhdistus-, tiivistys- ja pinnoitusaineita. (RIL 235-2009.) (Viskari 1991, 25.)

5.2 Injektointi muoveilla

Muoveilla injektoidaan erityisesti hyvin kapeita noin 0,2...1 mm halkeamia. Muovi-pohjainen injektointiaine voi tunkeutua jopa 0,05 mm levyisiin halkeamiin.

Muoveilla injektoitaessa käytetään pienen tai keskisuuren viskositeetin omaavia muoveja. Näitä muoveja ovat esimerkiksi epoksi, polyuretaani, akryyli ja polyesteri. Yleisin käytetty aine on kaksikomponenttinen epoksimuovi. Polyestereita ei tule käyttää kosteissa tiloissa. Injektoitavan rakenteen lämpötilan tulee olla aineen kovettumisen ajan suurempi kuin +12 °C, ellei valmistajan ohjeissa toisin määrätä. Kaksikomponenttisten aineiden sekoitussuhde tulee tarkastaa valmistajan antamista ohjeista. Injektointiaineiden työstettävyyssika on yleisesti alle puoli tuntia, joten aineet kannattaa sekoittaa pienissä erissä työn edetessä. (RIL 149-1995)

Injektointilaitteena voidaan käyttää käsikäyttöistä joko paineilmalla tai sähköllä toimivaa rasvapuristinta. Muoveilla injektoitaessa käytetään samaa periaatetta kuin sementteillä injektoitaessa. Injektointireiät porataan noin 200...500 mm välillä samalla vinoporausmenetelmällä kuin sementteillä injektoitaessa. Porattuihin reikiin asennetaan joko injektointisuuttimet, -nipat, -holkki tai -tulpat, joiden kautta injektointimassa pumpataan halkeamaan. Halkeama tulee kitata umpeen rakenteen molemmilta puolilta. Reiät porataan joko viistosti kohti halkeamaa niin että halkeama saavutetaan, tai suoraan kohti halkeamaa. Kohtisuoraan porattaessa riittää syvyydeksi 30...50 mm. Injektointi voidaan suorittaa myös ilman reikien porausta. Tällöin käytetään erityistä suutinta jolla injektointi tehdään suoraan halkeaman pinnasta. Injektointiaine tunkeutuu halkeamaan paineen ja kapillaari-ilmiön avulla. Kapillaari-ilmiö auttaa massan tunkeutumista vertikaalisesti syvemmälle halkeamaan. (RIL 149-1995)

6 HALKEAMIEN ITSETIIVISTYMINEN

Halkeamien itsetiivistymisellä tarkoitetaan ilmiötä, jossa halkeamaan kulkeutuu aineita, jotka tiivistävät sen. Itsetiivistymistä tapahtuu, jos seuraavat ehdot ovat voimassa:

1. Betonissa on hydratoitumatonta portlandsementtiä (ja kalkkia) ja vettä
2. Halkeaman leveys ei vaihtele ajan kuluessa
3. Läpivirtaava vesi ei ole kemiallisesti syövyttävää (hapanta)
4. Läpivirtaus ei ole niin voimakasta että tiivistymistuotteet huuhtoutuvat pois
5. Vesi voi haihtua betonin pinnalta.

Uima-allasrakenteissa nämä ehdot usein täyttyvät. Halkeamien tiivistymistä tapahtuu, kun sementtipastan kalsiumhydroksidi karbonatisoituu ja syntyvät kalsiumkarbonaatti- ja kalsiumhydroksidikiteet suotautuvat halkeamaan, johon ne tiivistyvät, kun vesi haihtuu pois. (Söderlund, K. 2004)

Itsetiivistymisen varaan ei kuitenkaan ole syytä jättää halkeamien rajoittamista, paitsi silloin kun rakenneosaa on taivutettu siten, että käyttötilassa rakenteen puristuspuolella on (käyttötilassa) 50 millia puristettua betonia. Silloin halkeamien itsetiivistyminen voi tiivistää vetopuolella olevia halkeamia, rakenneosan vedenpitävyys voidaan katsoa turvatuksi ja sallittu halkeamanleveys määräytyy ympäristövaatimusten mukaisesti. Poikkileikkauksen ollessa kokonaan vedetty, tulee halkeamaleveys (laskennallisesti) rajoittaa arvoon 0,1 mm. Jos vedenpaine on suuri tulee käyttää vielä pienempää arvoa esim. jännittämällä rakenne. Usein varoitetaan käyttämästä pystysuoria tartunnattomia jänteitä kuumissa säiliöissä. Silloin pelätään suojarasvan valumista alas jänteiden yläpäässä. (Söderlund, K. 2004)

Itsetiivistyminen tuo myös kalkkihärmettä betonipintaan ja härme voi monessa tapauksessa olla esteettinen ongelma.



Kuvio 14. Itsestään tiivistynyt halkeama.

7 KOHDEALTAAN KORJAAMINEN

7.1 Valmistelu

Kaikki halkeamat eivät mene rakenteen läpi, mutta voivat silti aiheuttaa vuotoa, ja jotkut halkeamat ovat vain muutaman senttimetrin syvyisiä eivätkä aiheuta vuotoa. Tästä syystä altaissa tulisi suorittaa koepaineistus ennen injektointien aloittamista. Näin saadaan selville, mistä kohdista rakenne vuotaa. Jos tätä ei ole mahdollista tehdä, niin kannattaa injektoida vähintään kaikki halkeamat, jotka ovat näkyvillä rakenteen molemmilla puolella.

Jos injektointiaine ei pääse tunkeutumaan mihinkään ja sitä silti pumpataan porattuun reikään kovalla paineella, voi tuloksena olla vain muutaman senttimetrin syvyinen pintahalkeama.

Korjausmateriaalin tulee olla viskositeetiltaan halkeaman leveyteen sopiva ja sen tulee kovettua kovaksi ja tarttua tiiviisti halkeaman seinämiin.

Kohdealtaaseen ilmestyi kuivumisen aikana useita erittäin kapeita halkeamia joista useimmat saattoi havaita rakenteen molemmilta puolilta. Pohjalaatassa ei huomattu ainuttakaan halkeamaa. Altaan kuivuttua yli kaksi kuukautta suoritettiin altaan täyttö. Allas täytettiin nostamalla veden pintaa 30 cm kerralla, kaksi kertaa päivässä. Tällä pyrittiin estämään halkeamia, joita saattaa syntyä kun lämmintä betoniallasrakennetta aletaan täyttää kylmällä vedellä. 30 cm:n pinnannostolla annetaan betonin lämpötilan tasaantua hitaasti.

Altaassa oli yhteensä yhdeksäntoista vuotavaa halkeamaa. Kaikki halkeamat olivat pystysuoria ja pituudeltaan rakenteen mittaisia. Pohjalaatan ja seinien välinen sauma vuoti kahdesta kohtaa, mutta vain vähäisesti.



Kuvio 15. Vuotava halkeama.

7.2 Ympäristön suojaaminen

Injektointiainetta voi olla vaikea puhdistaa, jos sitä pääsee roiskumaan ympäröiville pinnoille. Näin voi tapahtua tiloissa, joissa on hyvin kosteaa ja aine pääsee reagoimaan veden kanssa. Se saattaa jumittaa liikkuvia osia tai värjätä maalattuja pintoja, joten jos lähettyvillä on elektronisia laitteita tai valmiita pintoja, kannattaa ne ehdottomasti suojata. Helpoin tapa suorittaa tämä on käyttää suojamuovia ja maalarinteippiä. Injektointiaine ei reagoidessaan sulata muovia. Jos injektointiainetta pääsee iholle, se on huuhdeltava välittömästi suurella määrällä haaleaa vettä.

7.3 Välineet

Halkeamat olivat hyvin ohuita 0,1 mm – 0,5 mm, joten injektointiin valittiin muovipohjainen kaksikomponenttinen injektointiaine Taccs 020 Nfi ja kovetteeksi Taccs c 852 i. Halkeamien paljoudesta johtuen päätettiin käyttää paineilmaprässä työn nopeuttamiseksi.

Työkalut:

Porakone, 13mm kiviterä, imuri, kitti, paineilmapuhdistusaine, nipat, varret, injektointiaine ja kovete (sekoitussuhde 1:10) ja kompressori.

Suojavälineet:

Pleksipäähine, pitkävartiset kumihanskat, suojaessu ja ympäristön suojaamiseen tarvittavat välineet kohteen mukaan.



Kuvio 16. Mansetti.

Kuvio 17. Holkki.



Kuvio 18. Paineilmaprässi.



Kuvio 19. Käytetty ja jumittunut paineilmaprässi.



Kuvio 20. Injektointiaine.

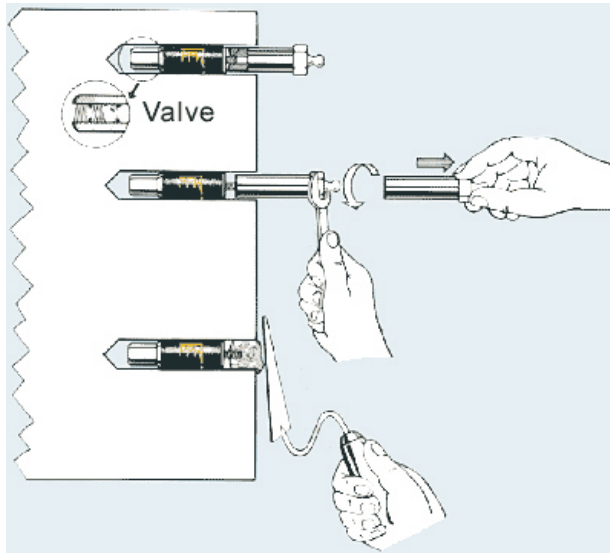


Kuvio 21. Kovete.

7.4 Seinien injektointi

Yleisesti altaiden injektoinnissa on käytössä 13 mm tulppa. Porataan siis 13 mm terällä noin 15 cm päästä halkeamaa viistosti kohti halkeamaa. Tarkoituksena on porata mahdollisimman keskelle halkeaman keskikohtaa, eli porauksen kulma riippuu rakenteen paksuudesta. Mitä lähempää poraaminen aloitetaan halkeamasta, sitä helpommin se voi haljeta paineessa. Reikiä porataan noin 20 cm välein pystysuunnassa. Halkeama imuroidaan puhtaaksi alueelta jonka halkaisija on noin 10 cm. Reiät imuroidaan huolellisesti pilliä käyttäen. Pilli on helppo valmistaa esimerkiksi kupariputkesta. Leveät halkeamat kannattaa kitata niin, että reikien keskikohtiin jätetään tyhjä aukko. Näin pystytään hallitsemaan, mistä kohdista injektointiaine pursuaa ulos ja nähdään, että se menee koko halkeaman leveydeltä. Seuraavaksi porattuun reikään painetaan mansetti ja kiristetään holkin avulla tiiviisti reikää vasten. Työn loputtua holkki poistetaan, mansetti jätetään reikään ja päälle laitetaan paikkausaine. Kiristämisessä tulee olla hyvin tarkka. Jos kiristää liian vähän, voi nippa lentää paineen takia reijästä ulos, ja jos nippaa kiristää liikaa se voi

helposti katketa. Parin injektoinnin jälkeen kuitenkin tulee jo mututuntuma, kuinka paljon tulee kiristää. Jos nippa katkeaa ja kuminen osuus jää betoniin, sen saa porattua metalliterällä pois. Jos näin joudutaan toimimaan, pitää muistaa imuroida reikä uudestaan.



Kuvio 21. Mansetin asennus ohje.

Kun suojaruusteet on puettu ja mahdolliset suojaukset tehty, Injektointiaine ja kovete sekoitetaan keskenään (suhde purkin kyljestä, yleisesti 1:10). Seos kaadetaan prässin säiliöön ja laite yhdistetään seinissä oleviin nippoihin. Injektointiaineen pumppaus tulee suorittaa rauhallisesti, jotta aine saa rauhassa tunkeutua halkeamaan ja siitä ulos. Liian voimakas pumppaus voi johtaa halkeamiseen injektointireiän ympärillä. Kun aine alkaa valua halkeamasta ulos, voidaan siirtyä seuraavaan nippaan ja edetä näin ylös asti. Kun aine on saanut kuivua noin neljä tuntia, tulee halkeaman pinta puhdistaa. (RIL 235-2009; BASF, [viitattu 4.9.2011].)



Kuvio 22. Reikien poraus.



Kuvio 23. Mansetit ja holkit asennettuna.



Kuvio 24. Injektointiaine valuu halkeamasta.



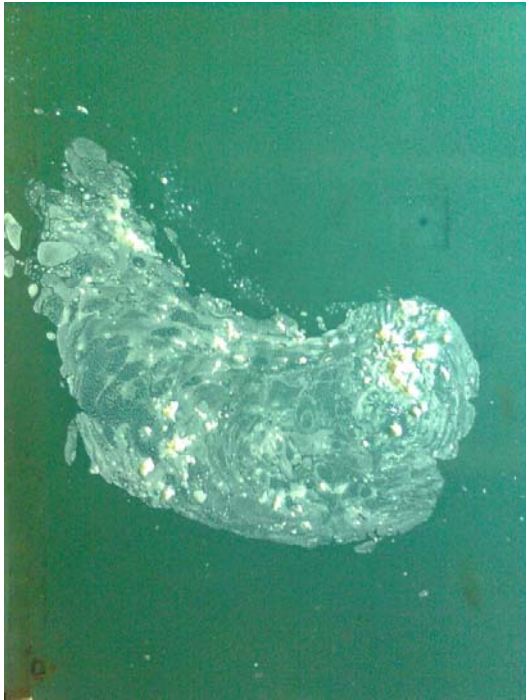
Kuvio 25. Injektoitu halkeama.



Kuvio 26. Holkkia on kiristetty liikaa ja mansetti on murtunut.

Injektointiaineen purkautuessa halkeaman läpi rakenteen toiselle puolelle, se muodostaa kalvomaisia lauttoja veden pinnalle ja pursuamia halkeaman kohtaan. Tämän takia injektoinnit kannattaa suorittaa ennen laattojen asennusta, jotta välty-

tään laattojen puhdistukselta. Injektointiaineen paine voi myös irrottaa laatan seinästä.



Kuvio 27 a. Altaaseen muodostuvia injektointiainelauttoja.



Kuvio 27 b. Altaaseen muodostuvia injektointiainelauttoja.

7.5 Allasikkunat ja läpiviennit

Kohdealtaassa vuotoja oli myös useiden allasikkunoiden kohdissa. Parhaimmaksi tavaksi koin porata noin 15 cm etäisyydellä allasikkunan reunasta viistosti kohti allasikkunan metallikehystä. Lopetin poraamisen heti kun terä osui metalliin. Injektoitaessa aine levisi ympäri metallireunusta ja pursusi ulos pitkin betonin ja metallikehyksen saumaa. Tapa oli todella tehokas ja poisti vuodot täysin. Sama idea toimi myös loiskekourujen putkien injektoinnissa.



Kuvio 28 Vuotava allasikkuna



Kuvio 29. Injektoitu allasikkuna.



Kuvio 30. Loiskekourun läpivienti.

7.6 Laattojen injektointi

Lattian injektointi on hieman nopeampaa ja yksinkertaisempaa kuin seinien injektointi. Halkeamaan porataan reikä rakenteen paksuudesta riippuen, mutta yleisesti puoleen väliin noin 14-16 mm reikiä. Halkeama ja reiät imuroidaan huolellisesti. Reikiä porataan noin 10-15 cm välein (Kuva 32). Reikien tarkoituksena on helpottaa injektointiaineen levittymistä halkeamaan ja luoda painetta. Halkeaman suuntaisesti noin 1,5 cm päähän halkeamasta tehdään pato, esimerkiksi kitistä tai silikonista (Kuva 33). Myöskään lattiainjektointiaine ei kuumene tai sulata muovia. Injektointiaineella täytetään reiät halkeaman padon reunoja myöten. Injektointiainetta lisätään noin 5 minuutin välein, niin kauan kuin sen pinta laskee alle padon reunan. Injektointiaine on kovettunut vuorokauden kuluttua yhtä kovaksi kuin betoni ja rakenne saavuttaa vesitiiviyyden. Kovettumisen jälkeen pinta voidaan hioa tasaiseksi (Kuva 34).

Jotta rakenne myös jatkossa pysyy vesitiiviinä ja halkeilemattomana, on tarkistettava, että kaikki liikuntasaumat ovat kunnossa ja mahdollisesti lisätä niitä. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi leikkaamalla sopivaan kohtaan niin syvä ura, että ylempi raudoitusverkko katkeaa.

Lattioiden injektoinnissa käytetään myös erittäin matalaviskositeettistä kaksikomponenttista injektointiainetta, mutta hitaammin kovettuvaa. Näin aine voi painovoiman ja kapillaari-ilmiön avulla tunkeutua syvälle halkeamaan.



Kuvio 31. Lattian reikien poraaminen.



Kuva 32 Halkeaman ympärille tehty "pato"



Kuvio 33 Hiottu pinta.

7.7 Injektointilaitteen puhdistus

injektointilaitteen puhdistus tulee suorittaa mahdollisimman nopeasti injektoinnin jälkeen, jotta aine ei pääse kovettumaan ja jumittamaan laitteita. Puhdistuksessa on hyvä käyttää apuna esimerkiksi uretaanipistoolin puhdistukseen tarkoitettua paineilmapuhdistusainetta. Kun prässä on puhdistettu, otetaan nippojen varret irti seinästä ja puhdistetaan nekin uutta käyttöä varten. Helpoiten puhdistus onnistuu puhaltamalla samalla paineilmapuhdistusainetta varren läpi.

8 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyön aihe oli itselleni hyvin mielenkiintoinen. Betoni on materiaalina kun-
nioitusta herättävää ja omaa suuret mahdollisuudet tehdä monimutkaisiakin raken-
teita. Betoni on kuitenkin hyvin anteeksiantamaton materiaali. Jos työvaiheita ei
suoriteta oikeaoppisesti saattaa se aiheuttaa paljon kallista lisätystä. Opinnäytetyö
kiteytyi altaan korjaamiseen ja siitä opittujen asioiden dokumentointiin. Altaan in-
jektioinnit onnistuivat hyvin ja injektioinnilla saavutettiin altaan vedenpitävyys.

9 LÄHTEET

BASF. 2007. The Chemical Company, Injektointilaitteistot ja mansetit
tiivistys- ja korjausrakennuskohteisiin. [www-dokumentti]. [viitattu
4.9.2011]. Saatavana: [www.basf-
cc.fi/fi/tuotteet/injektointikalustot/polyplan/Documents/PPW%20200
6.pdf](http://www.basf-cc.fi/fi/tuotteet/injektointikalustot/polyplan/Documents/PPW%202006.pdf)

Mattila, P, 2010. Työmaan vastaava työnjohtaja, Skanska Talonra-
kenus oy. Suullinen haastattelu, 20.7.2010.

RIL 235-2009. 2009. Uimahallin rakenteiden suunnittelu ja kunnonhal-
linta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry.

RIL 149-1995. 1995. Uimahallin rakenteiden suunnittelu ja kunnonhal-
linta. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto ry.

Söderlund, K. 2004. Betonin säiliörakenteiden halkeilu on hallittavissa.
[www-dokumentti]. [viitattu 1.9.2011] Saatavana:
[www.betoniyhdistys.fi/default/?
_EVIWYSIWYG_FILE=355...file](http://www.betoniyhdistys.fi/default/?_EVIWYSIWYG_FILE=355...file)

Uusitalo, J., Ihamäki, J. Rajamäki, R & Vallin, O. 2005. Betonityöt. Jy-
väskylä: Gummerrus Kirjapaino Oy.

