

Joni Ulvila

# **Betonirakenteisen vesivaraajan rakennustyön haasteet**

Opinnäytetyö

Kevät 2010

Tekniikan yksikkö, Seinäjoki

Rakennustekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö  
Koulutusohjelma: Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Suuntautumisvaihtoehto: Talonrakennustekniikka

Tekijä: Joni Ulvila

Työn nimi: Betonirakenteisen vesivaraajan rakennustyön haasteet

Ohjaaja: Jorma Tuomisto

Vuosi: 2010

Sivumäärä: 27

Liitteiden lukumäärä: 0

---

Vuonna 2009 Lappavesi Oy päätti toteuttaa vesivaraajan suurimmalle kuluttajalleen Atria Oyj:lle. Rakennusajaksi arvioitiin noin 6 kuukautta. Varaajan tarkoituksena on mahdollistaa veden saanti putkirikkojen sekä korjausten aikana. Atrian vedentarve on noin 6000 - 7000 kuutiota vuorokaudessa ja varaajan tilavuudeksi tuli 6000 kuutiota. Näin säiliö pystyy ylläpitämään Atrian tuotantoa noin vuorokauden ajan.

Säiliö rakennettiin betonista ja massiivisten rakenteiden vaativuuden takia oli syytä lähteä tutkimaan tarkemmin rakenteiden toteuttamista, kestävyyttä sekä rakenteeseen kohdistuvia voimia. Vesitiiveyden vuoksi betonissa ei sallittu kuivumishalkeamia, joten kaikki pienet hiushalkeamat tuli injektoida.

Asiasanat:Betoni

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology  
Degree programme: Construction Engineering  
Specialisation: Building Construction

Author: Joni Ulvila

Title of thesis: Implementing a waterproof concrete water reservoir

Supervisor: Jorma Tuomisto

Year: 2010

Number of pages: 27

Number of appendices: 0

---

In 2009 Lappavesi Ltd decided to build a water reservoir to their biggest consumer Atria Ltd. The construction period was 6 months. The purpose of the reservoir was to enable water supply during tube repairs. The water consumption of Atria Corporation is 6000-7000 cubic meters daily, and the capacity of the reservoir was 6000 cubic meters. The reservoir could maintain the factory's production for one day.

The water tank was made of concrete. Due to the massive structure of the reservoir, there was a need to examine the feasibility and- endurance of the structures and the structural forces. Because of the requirements of waterproofness, no cracks were allowed in concrete. Small appearing cracks had to be grouted with cement.

Keywords: Waterproof concrete, water reservoir

## SISÄLTÖ

OPINNÄYTETYÖN TIIVISTELMÄ.....	1
THESIS ABSTRACT .....	2
SISÄLTÖ.....	3
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET .....	4
1 JOHDANTO .....	5
1.1 Työn tausta .....	6
1.2 Työn tavoite .....	7
1.3 Työn rakenne.....	8
2 BETONIRAKENTEESTA .....	9
2.1 Säiliön rakenteet .....	10
2.2 Betonin laatuvaatimukset .....	11
2.3 Tuoreen betonin turvallinen käsittely.....	12
2.4 Kosteuden hallinta ja rakenteiden suojaus.....	13
3 TYÖSUORITUKSET .....	14
3.1 Betonityöt .....	15
3.2 Betonipinnan oikaisu ja hierto .....	16
3.3 Jälkihoito .....	17
4 VESITIIVIS BETONI .....	18
5 TULOKSET .....	19
6 YHTEENVETO .....	20
LÄHTEET.....	21

## Käytetyt termit ja lyhenteet

<b>Injektointi</b>	Betonin pinta-halkeamien korjausmuoto. Halkeaman yläpään porataan reikä, josta juotetaan löysää betonimassaa, joka valuessaan täyttää halkeaman.
<b>Kasettimuotti</b>	Kahdesta lankusta ja vanerista koottu betonimuotti.
<b>Hydrataatio</b>	Veden ja sementin sisältämien mineraalien välinen reaktio, jonka vaikutuksesta sementin ja veden muodostama pasta kovettuu kuivuessaan.

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Työn tausta

Atrian tehtaalla Nurmassa rakennettiin vesivaraajasäiliö betonista. Koska rakennusmateriaalina käytettiin betonia, jonka tarkoituksena on kestää veden kohdistama suuri paine, tuli tarpeelliseksi tutkia tarkemmin betonin vesitiiviyttä ja kestävyyttä. Säiliö rakennettiin maan päälle. Näin kaikki mahdolliset vuodot havaitaan tulevaisuudessa, joten pienetkin halkeamat korjataan. Hankkeen pää/rakennesuunnittelijana toimi Airix Ympäristö Oy. Betonin jännitystyöstä ja suunnittelusta vastasi Tensicon Oy. Kohteen pääurakoitsijana toimi Rakennus-Kovera Oy, joka toteutti hankkeen maanrakennustöistä viimeiseen pintamateriaaliin asti. Rakennus-Kovera on vuonna 1984 perustettu teollisuusrakentamiseen suuntautunut rakennusliike, joka kattaa laajan osa-alueen erilaisista maatalous- sekä vesirakennetöistä. Tämän opinnäytetyön tekijä toimi vastaavana työnjohtajana vastaten hankinnoista, ja työmaan toimivuudesta. Säiliöön kaivettiin Lappavesi Oy:n vesijohdot valtatie reunasta ja säiliöltä ne johdettiin edelleen Atrialle.

## 1.2 Työn tavoite

Tämän työn tarkoituksena on tutkia eri olosuhteissa tapahtuvaa vesitiivistä betonirakentamista. Tavoitteena on selvittää lämpötilojen ja vedenpaineen vaikutusta betoniin. Massiiviset raudoitukset sekä jännitysvaijereiden laatu sekä asennustarkkuus ovat tärkeä osa-alue rakenteen kestävyudessa. Betonin laatuvaatimukset tulevat esille juomakelpoisen veden säilöntätilassa, koska veteen ei saa liueta minkäänlaisia lisä-aineita. Tavoitteena on myös tutkia betonivalun

työsuorituksia, koska lämpötilat sekä ilmassa että betonissa vaikuttavat merkittävästi lopputulokseen.

### **1.3 Työn rakenne**

Työn toisessa luvussa keskitytään betonirakenteiden teoriaan. Työn kolmannessa luvussa tarkastellaan työsuoritusten vaativuuksia ja perehdytään betonin käyttäytymiseen eri olosuhteiden vallitessa. Neljäs luku sisältää aineistoa vesitiiviistä betonista.

## **2 BETONIRAKENTEESTA**

### **2.1 Säiliön rakenteet**

Massiivinen säiliö koostui kahdeksankulmaisesta 30 cm vahvasta pohjalaatasta, jonka halkaisija oli noin 34 metriä, sekä sen päälle valetusta säiliön pyöreästä seinästä. Laattaan asennettiin tartunnat seinille 10 cm välein 12 mm raudasta. Seinät valettiin kahdessa erässä kasettimuoteilla. Seinien vahvuus on 30 cm ja korkeus 6,5 metriä. Säiliön halkaisija on 32 metriä. Seinien, sekä laatan raudoitus koostui 12 mm harjateräksestä, jotka asennettiin 150 mm jaolla ristiin, sekä ylä- ja alapintaan. Raudoitukseen asennettiin myös jännitysvaijerien putket, mahdollistamaan rakenteen jännitys valun jälkeen. 2,8 mm vahva jännitysvaijeri syötettiin 100 mm putkeen, jonka tarkoitus on jännittämisen jälkeen ehkäistä betonin halkeaminen. Vaijereita laitettiin kolme jokaiseen putkeen. Valun jälkeen todettiin halkeamia useammassa paikassa, joten kaikki halkeamat injektoitiin.

Koska säiliössä pysyy vesi ympäri vuoden, täytyi säiliön pinta eristää. Betonipintaan asennettiin pystykoolaus, jonka väliin asennettiin eriste. Tämän jälkeen seiniin asennettiin pelti lopulliseksi verhoiluksi. Säiliön kattoon asennettiin ontelolaattoja, joiden päälle tehtiin pintavalu harjamaisen muodon saavuttamiseksi. Valun päälle asennettiin huopa tiivistämään katon kosteudelta.

### **2.2 Betonin laatuvaatimukset**

Saavuttaakseen tarvittavan lujuuden betonilla täytyy olla mahdollisuus kuivua riittävä aika, jotta mahdollinen koekäyttö voidaan toteuttaa. Tehtäessä betonirakenteita, joihin kohdistuu suuria jännityksiä on tärkeää huomioida raudoituksen ja jännitysvaijerien suuri merkitys rakenteen kestävydessä.



Rakenteen jännittämisellä tuotetaan betoniin puristustila, joka ehkäisee halkeamien syntymistä.

Perustusrakenteissa käytettävän betonin laatu tulee valita siten, että rakenteelle varmistetaan riittävä pysyvyys niissä olosuhteissa, joihin se alueella joutuu. Betonisessa pohjalaatassa on pyrittävä saavuttamaan mahdollisimman vesitiivis rakenne. Laatan vesitiiviyteen vaikuttavat pohjalaatassa käytettävän betonin vedenpitävyys, pohjalaatan halkeamat, saumat ja mahdollisten läpivientien tiiviys. Pohjalaatan vesitiiviyden kannalta halkeamat ja saumat ovat suurempi ongelma kuin betonin vedenpitävyys.

Betonin vedenpitävyydestä ei aiheudu ongelmaa, koska vedenpitävä betoni edellyttää riittävää lujuutta ja riittävästi hienoainesta sisältävää koostumusta sekä betonin hyvää tiivistämistä valmistuksen yhteydessä. Kuivumisesta aiheutuvan kutistuman minimoimiseksi betonin koostumukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Kun betonin lujuus kasvaa, siinä syntyy riski halkeamiin, jotka aiheutuvat betonin kuivuessa syntyvästä kutistumisesta. Pienin kutistuma saavutetaan, kun pidetään vesi/sementti-suhde mahdollisimman alhaisena ja näin säästytään paljon työtä vaativalta injektoinnilta. Siinä halkeaman ylös porataan reikä ja reiästä juotetaan notkeaa sementtilaastia pitkin halkeamaa, mikä tekee halkeamasta tiiviin.

Aikaisemmillä työmailla on huomattu, että halkeilun suurin tekijä on jo rakenteen valmistusvaiheessa tiivistettävä betoni. Betonia tulee siis jo valettaessa vibrata kunnolla, mikä tiivistää betonin tarvittavaan olomuotoon. Betonista saadaan kestäväntä, kun siinä on mahdollisimman vähän saumoja. Tällä työmaalla oli kuitenkin pakollista edetä kahdella valulla, koska urakoitsijalta löytyi tarvittavat kasettimuotit itseltä. Monissa yrityksissä tehdään suuret rakenteet liukuvalulla, jossa muottia nostamalla tietyllä nopeudella saadaan saumaton valu. Näin betoni ehtii kovettua sen verran, että se pysyy kasassa, jolloin uutta muottipintaa syntyy lisää. Säiliöön tarvittiin useita läpivientejä, koska putket piti saada johdettua laitehuoneesta säiliöön. Näissä käytettiin siihen tarkoitettuja valukauluksia, jossa

on laippaliitos valmiina. Näin saavutettiin tiivis läpivienti ilman hiushalkeamia. Jotta betoni olisi vesitiivistä, siltä vaaditaan vähintään lujuutta K30, alhaista vesi/sementti-suhdetta, ( $\leq 0,6$ ) runkoaineen sopivaa rakeisuutta (riittävästi hienoainesta) ja oikeaa jälkihoitoa.

### **2.3 Tuoreen betonin turvallinen käsittely**

On tärkeää välttää tuoreen betonin joutumista iholle ja erityisesti silmiin. Käyttämällä suojavaatetusta ja suojaimia ehkäistään vakavimmat tapaturmat. Tuore betoni on ihoa ärsyttävä materiaali korkean emäksisyytensä vuoksi ja väärin käytettynä se saattaa aiheuttaa vakavan silmävaurion ja jopa kolmannen asteen palovamman. Betonimassasta läpi kastunut vaatetus tulee ehdottomasti vaihtaa kuivaan ja kastunut iho tulee pestä huolella puhtaalla vedellä. Jos tuore betoni aiheuttaa ihoärsytystä, mikä ilmenee esim. ihon kirvelynä tai punoituksena, on hakeuduttava välittömästi lääkärin hoitoon. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Betoniroiskeet silmistä on huuhdeltava välittömästi pois runsaalla vedellä noin 15 minuutin ajan, ja silmät on syytä mennä tarkastuttamaan lääkärillä. Kovettunut betoni on vaaratonta eikä siitä haihdu mitään yhdisteitä. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

### **2.4 Betonirakenteiden kosteuden hallinta**

Rakennuttajat ja valvojat vaativat yhä useammin rakentajaa laatimaan työmaalle kosteudenhallintasuunnitelman. Betonirakenteessa vaaditaan riittävästi aikaa, jotta tarpeellinen kuivuminen saavutetaan. Rakenteiden kuivumisajan vaikutukset tavoiteltuihin arvoihin tulee ottaa huomioon työmaan aikataulutuksessa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Tällöin voidaan valita oikeat toteutusvaihtoehdot, joiden avulla työmaan rakenteiden kuivuminen hallitaan halutussa aikataulussa.

Rakenteet tulee suojata sateelta mahdollisuuksien mukaan, sillä kastuminen lisää merkittävästi kuivatustarvetta. Kosteana päällystetyn betonin käyttö voi myös myöhemmin aiheuttaa terveyshaittaa rakennuksen käyttäjälle.

## **3 TYÖSUORITUKSET**

### **3.1 Betonityöt**

Tässä osassa käydään läpi betonirakentamisen eri työvaiheita rakennustyömaalla. Tätä ennen vaiheet tulee suunnitella, jotta työ sujuisi esteettä, se saataisiin tehtyä ilman lisäkustannuksia ja mikä tärkeitä, saavutettaisiin laadullisesti toivottu lopputulos. Muottityö on nykyään toteutettavissa monella eri tavalla. Tässä kohteessa muottityö tehtiin kasettimuoteilla.

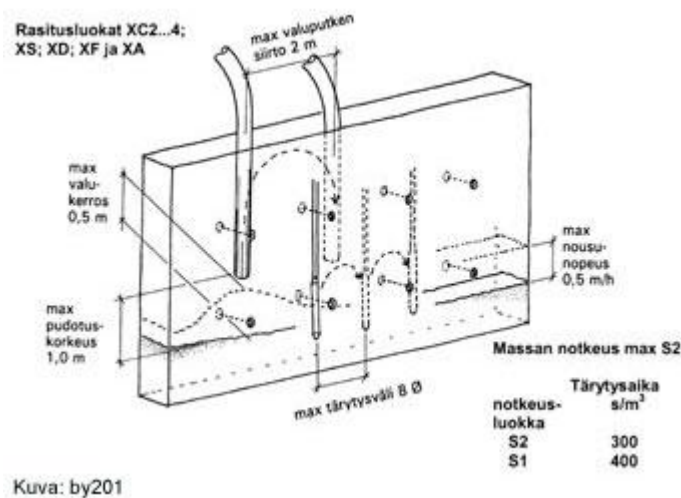
Kun isoihin kohteisiin suunnitellaan valua, on tärkeää miettiä valuun tarvittavaa kalustoa. Jos etäisyydet sallivat, on mahdollista toteuttaa valu pelkästään rännillä eli siirtokuljettimella, joka on jokaisessa betonin kuljetusautossa. Kuitenkin nykyaikana useimmat valut toteutetaan pumppaamalla betonia pitkälle ulottuvan pumppuauton kautta. Betoniasemien hintakyselyssä selvisi, että kuutiota kohden betonin pumppaus verrattuna ränniautoon on vain noin 10 euroa. Ero on hyvin pieni, kun mietitään työn määrää ja kuinka paljon pumppaus nopeuttaa valua, tai jos valettava kohde on paikassa, jonne on hankala pääsy. Pumppuautojen ulottuvuudet vaihtelevat pumpputyypin mukaan pystysuunnassa 20 metristä 42 metriin ja vaakasuunnassa 17 metristä 38 metriin. Siirtokuljetin eli ränniauto sopii valuihin, joissa auto pääsee noin 10 metrin päähän valukohteesta. (Betoniteollisuus ry. 2007.)



KUVIO 1. Säiliön laattavalu pumppuautolla.

Kun ryhdytään betonityöhön, on muottipintojen oltava kosteita, jotta kuiva muottipinta ei imisi kosteutta betonin pinnasta ja ettei pinta-halkeamia syntyisi. Pyrittäessä mahdollisimman hyvään lopputulokseen betonivalun toteutus on tärkeää, joten seinärakenteessa betoni tulisi valaa muottiin mahdollisimman läheltä valettavaa pintaa. Betoni tulisi pudottaa muottiin suoraan eikä valuttamalla muottia pitkin ettei kiviainesrakeet ja vesi erottuisi massasta. Massan voi pudottaa muottiin korkeintaan 1,5 metristä. Valettaessa korkeita seiniä valukorkeus saa olla enintään 40 cm, että saadaan betoni tiivistettyä paremmin. Tässä kohteessa oli pyöreä säiliörakenne, joten paine kohdistuu paremmin muottiin, kun valukorkeus on samalla tasolla. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Kun valetaan suuria kokonaisuuksia, on otettava huomioon betonimassan kuivuminen eri sääolosuhteissa. Betoni täytyy levittämisen jälkeen saada kuumalla ja tuulisella ilmalla oikeaan muotoonsa, koska työstettävyys katoaa nopeasti. Tässä kohteessa oli laattavalu aurinkoisella ja kuumalla ilmalla, joten työtä tarvittiin kaksinkertainen määrä, jotta laatta saataisiin tasaiseksi. Levittämisen jälkeen aikaa ei ollut kuin tunti ennen betonin sitoutumista, joten virheisiin ei ollut varaa. Normaalilla säällä valettaessa betonimassa menettää valettavuutensa noin 2 - 3 tunnissa. Betoniasemilta saa tarvittaessa ajastettua valua, jos valutyö tehdään hitaammin, ettei valmiin betonin tarvitse seisoa säiliössä työmaalla.



KUVIO 2. Betonin käyttäytyminen eri valukorkeuksissa. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Tässä kohteessa seinävalu tiivistettiin sauvatäryttimellä ja laattavalu tiivistettiin tärypalkilla. Sauvan annettiin painua omalla painollaan pystysuorassa koko valukerroksen läpi 10 - 15 cm:n syvyydelle edelliseen valukerrokseen asti. Sauva nostettiin ylös, jotta sen jättämä kolo ehtii umpeutua. Tärytysaika voidaan määritellä sen mukaan, että betonin pinta on tasoittunut sauvan ympärillä eikä betonin pintaan enää nouse ilmakuplia (tärytysaika 10 - 30 s) (Betoniteollisuus ry.

2007).

Tärytys tehdään yli koko betonoidun alueen noin 0,5 metrin pistovälein. Raudoituksen täryttämistä on vältettävä. Koska raudoituksen aseman pitää rakenteen toimivuuden kannalta säilyä suunnitelmien mukaisena, myös kävelyä raudoituksen päällä on vältettävä. Betonin valua ja tiivistymistä voidaan helpottaa ja nopeuttaa käyttämällä nesteytettyä betonia, joka on huomattavasti normaalibetonia notkeampaa. Tärytystiheyttä voidaan tällöin vähentää puoleen. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Betonin tiivistämisen tarkoituksena on täyttää muotti kokonaisuudessaan, ympäröidä teräkset, saada runkoainerakeet hakeutumaan lähemmäksi toisiaan sekä poistaa massasta ylimääräinen ilma.

Säiliön betonilaatuun vaadittiin vedenkestävyyttä, joten siihen täytyi lisätä erilaisia lisä-aineita. Betonityönjohtajan haastattelussa selvisi, että betoniin vaadittiin tehonotkistinta sekä nesteytintä, joka vähentää veden määrää betonissa. Näin saadaan alennettua vesisementtisuhdetta, mikä parantaa betonin rasitusluokkaa. (Ylikojola.5.5.2010.)

### **3.2 Betonipinnan oikaisu ja hierto**

Tasomaisten rakenteiden betonipinta oikaistaan oikolaudalla eli linjaarilla asetettujen korkojen mukaan. Oikeaan korkoon pääsemiseksi tehdään korkomerkkien kohdalle betonimassasta niin sanottuja kakkuja, joiden yläpinta tasataan lopullisen pinnan tasalle. Kakkujen väliin levitettävän betonin pinta

oikaistaan sitten laudalla. Kaatojen eli kallistusten kohdat oikaistaan siten, että oikolaudan toinen pää on lattiakaivon päällä ja toinen kakun päällä. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Kun betonimassasta on tärytyksen ja oikaisun jälkeen ensin noussut pintaan vettä ja sen jälkeen pinta on alkanut himmetä (betoni alkaa "kuivua"), pinta hierretään joko käsin tai koneellisesti. Hierrolla tasataan ja tiivistetään betonipintaa, jolloin myös sen lujuus ja kestävyys kasvavat. Jos pinnalla on vettä, hierontaa ei saa aloittaa. Hierto aloitetaan eniten kuivuneista kohdista, joita ovat yleensä seinän vierustat ja putkiläpivientien ympäristöt. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

### **3.3 Jälkihoito**

Valettu betoni on jälkihoidettava eli pidettävä kosteana ja suojattuna, koska betonin kovettuminen vaatii kosteutta ja liian nopea kuivuminen kasvattaa halkeiluriskiä. Jälkihoitotoimenpiteet riippuvat valetusta betonirakenteesta, sen koosta ja muodosta, käytetystä betonilaadusta sekä ympäröivistä olosuhteista (lämpötila, ilman vaihtuvuus yms.).

Kun jälkihoito lopetetaan, betoni kutistuu veden haihtumisen seurauksena (kuivumiskutistuminen). Kuitenkin mitä pitempään esimerkiksi laattarakennetta jälkihoidetaan, sitä paremmat edellytykset sillä on kestää kutistuman aiheuttamat jännitykset. Kohteessa laatan jälkihoito aloitettiin kastelemalla betonipintaa, minkä jälkeen se suojattiin peitteellä, ettei betonista haihtuisi auringosta johtuen niin paljon kosteutta. Seinissä jälkihoito tehtiin kastelemalla betonipintaa seinän päältä.

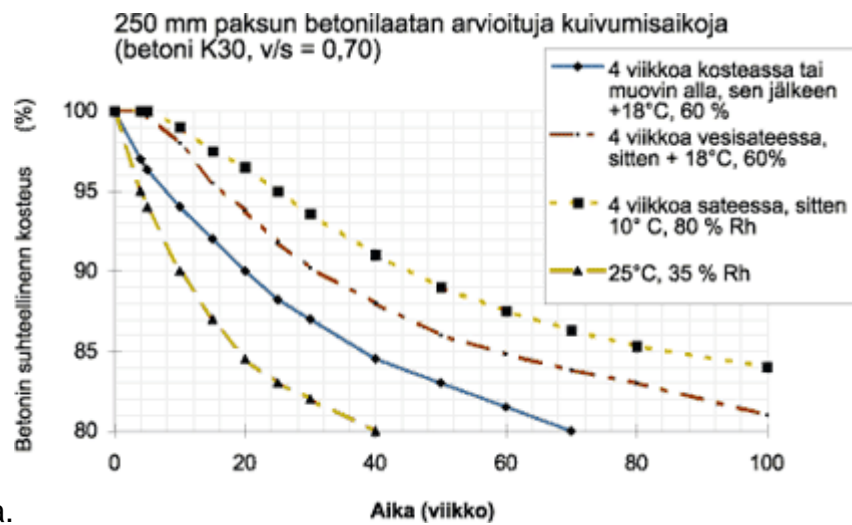
Jälkihoito aloitettiin välittömästi betonoinnin jälkeen, jotta halkeilu saataisiin minimoitua. Laattaa jälkihoidettiin noin viikon, eli sitä pidettiin kosteana työpäivän aikana. Seinärakenteissa jälkihoito saatiin käyntiin heti kun kasettimuotit purettiin.

Myös seiniä kasteltiin noin viikon verran. Lyhin jälkihoitoaika on ohjeellisesti noin kolme vuorokautta, mutta pakkas-, kulutus- tai kemiallisen rasituksen alaiseksi joutuvilla rakenteilla sen tulee olla vähintään seitsemän vuorokautta. Muottia vasten olevissa pinnoissa kosteus säilyy itsestään, mutta avoimet yläpinnat on kasteltava valua seuraavina päivinä. (Betoniteollisuus ry. 2007.) Betonipinnan jatkuva kastelu takaa varmimmin betonin kovettumisen vaatiman kosteuden. Kastelua ei voida käyttää talviolosuhteissa, sillä viileä vesi jäädyttää betonipintaa ja voi näin synnyttää halkeilua aiheuttavia lämpötilaeroja. Jos laatan betonoinnissa on käytetty normaalibetonia nopeammin kuivuvaa betonia ja tavoitteena on valmis lattiapinta, jälkihoitona ei tällöin kannata käyttää vesihoitoa.

Betonipinnan peittäminen on huolellisesti tehtynä hyvä jälkihoitomenetelmä. Pintaa ei tarvitse lisäkastella betonista haihtuvan kosteuden tiivistyessä muovin ja pinnan väliin, kunhan peittäminen on vain tehty mahdollisimman nopeasti valun jälkeen, eli heti kun betoni kestää kävelemisen. Lisäksi olisi suositeltavaa teipata muovin saumakohdat, että suojasta saadaan tiiviimpi ja ehkäistään tuulen pääsy muovin alle. Jos peittäminen tehdään heti valun jälkeen, tai jo sen aikana, se estää myös plastisten kutistumishalkeamien syntymisen. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

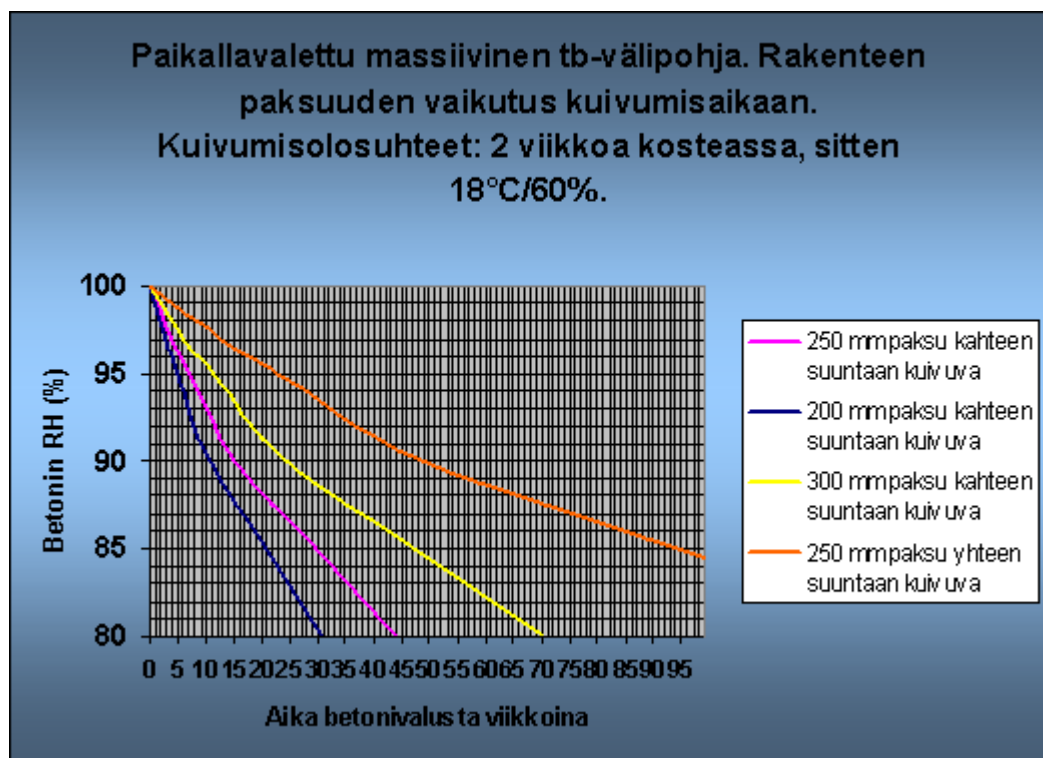
Pintaa kastelemalla plastisia kutistumishalkeamia, jotka syntyvät heti valun jälkeen, ei voida ehkäistä, sillä kastelu tai sumuttaminen voidaan aloittaa vasta, kun vesi ei enää huuhto sementtiä ja hienoaainesta pinnasta. Muovikalvolla peittämisen etuna on mahdollisuus suojata tuore pinta sateelta. Kun betonipinnalle ei lisäksi kerry vesikerrosta, kuivuminen pinnoituskosteuteen tapahtuu nopeammin. Alla olevissa kuvioissa näytetään betonin kuivumisaikoja.





ja.

KUVIO 3. 250 mm paksun betonilaatan kuivumisaikoja. (Betoniteollisuus ry. 2007.)



KUVIO 4. Paikallavaletun tb-välipohjan kuivumisaikoja. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Rakenteen suunnittelija ilmoittaa rakenteeseen käytettävän betonin lujuusluokan sekä rakenteen rakenneluokan, esim. K30-2. Merkinnän lukuarvo 30 tarkoittaa

mitoituslujuudeltaan vähintään 30 megapascalin ( $\text{MPa} = \text{N/mm}^2$ ) puristusta kestävää betonia. Säiliön rakenteisiin käytettiin lujuusluokan **K45** betonia ja rakenne kuului luokkaan 1. Tämän takia valutöissä piti olla erillinen työnjohto, jolta vaadittiin luokan 1 betonityönjohdon koulutusta. Korkeamman lujuusluokan betonilla on nopeampi lujuudenkehitys ja muotit voidaan purkaa nopeammin. Betonin lujuusluokat on porrastettu 5 ja 10 megapascalin välein. Käytössä olevat lujuusluokat ovat **K20, K25, K30, K35, K40, K45, K50, K55, K60, K70, K80, K90** ja **K100**. Valmisbetoneja toimitetaan yleisimmin lujuusluokissa K20 ... K55. Erikoistilauksesta on saatavissa korkealujuusbetoneja aina lujuusluokkaan K100 asti. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

#### **4 VESITIIVIS BETONI**

Vesitiiviin betonin valmistamisessa on tärkeää huomioida sekä käytettävä betonilaatu että valutekniikka. Vesitiiviin betonin huokosrakenteen on oltava epäyhtenäinen, eli huokokset eivät saa muodostaa yhtenäistä verkostoa, jota pitkin vesi voi kulkea. Lisäksi betonirakenteen on oltava halkeilematon.

Valettaessa vedenpitäviä rakenteita massa on tiivistettävä huolellisesti. Vesitiiviin seinärakenteen valun nousunopeus saa olla korkeintaan 250 mm/h. Liian suurella nousunopeudella ja liian paksuina valukerroksina valettuun pystyrakenteeseen jää runsaasti tiiviyttä heikentäviä huokosia, koska ylimääräinen ilma ei ehdi poistua betonimassasta tiivistystärytyksen aikana. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Valettaessa pilareita ja seiniä korkealta putoava betonimassa iskeytyy helposti muotin seinämiin ja raudoitteisiin, jolloin runkoaineen suurimmat rakeet saattavat erottua massasta muodostaen muotin pohjalle onkaloita, joissa ei ole juuri lainkaan runkoainetta sitovaa sementtipastaa. Erottunut betonimassa ja tyhjät onkalot heikentävät betonirakenteen laatua ja lujuutta. Runkoaineen erottumisen välttämiseksi betonimassan pudotuskorkeus saa olla korkeintaan 1 metri.

Betonoinnin alussa pumppausletku on vietävä muotin pohjalle asti. (Betoniteollisuus ry. 2007.)

Rakentamismääräyskokoelman osa A2 luokittaa vedenpaineen kuormittamat rakenteet korkeimpaan AA-vaativuusluokkaan. Vedenpitävien rakenteiden tekeminen on siis erityisen vaativaa sekä suunnittelun että rakentamisen suhteen. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2005.)

Kun säiliö perustetaan suoraan kallion varaan, rakenteet on mitoitettava täysin kiinnitettyinä ja syntyvät pakkovoimat tulee ottaa huomioon halkeamaleveyksiä laskettaessa. Tämä säiliö laakeroitiin irti kalliosta tekemällä sen alle vähintään 0,5 metriä paksu tiivistetty sorapatja. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2005.)

Vedenpitävien rakenteiden mitoituksessa käyttötila on tärkeä. Tästä syystä mitoitus kannattaa tehdä kimmoteoriaan perustuvilla menetelmillä ilman momentinsiirtoja. Altaan tai säiliön kuormituksen muodostavat pysyvien kuormien lisäksi vedenpaine ja perustuksien kautta rakenteille tulevat tukireaktiot. Maan sisässä oleva tyhjä säiliö mitoitetaan maanpaineelle, mutta sitä ei tule ottaa huomioon vedellä täytetyn säiliön kuormituksia laskettaessa. Vedenpaineen osavarmuuskertoimena voidaan käyttää arvoa 1,0 ja olettaa säiliö ääriään myöten täyttyneeksi. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2005.)

Betonin vedenpitävyys ja rakenteen vedenpitävyys ovat kaksi eri asiaa, jotka kuitenkin usein sekoitetaan keskenään. Vedenpitävä betoni ei päästä vettä lävitseen, mutta rakenteen vedenpitävyys voidaan menettää rakenteen halkeillessa. Näin käy etenkin, jos halkeamat menevät rakenteen läpi. Betonirakenteesta saadaan vedenpitävä rajoittamalla rakenteen halkeilua ja halkeaman leveyttä riittävällä raudoituksella. Säiliö on tässä mielessä herkkä rakenne, koska sen seinät ovat vedetyt ja niihin syntyy melko helposti läpimeneviä halkeamia. Näin ollen säiliörakenne täytyy jännittää siihen tarkoitetuilla jännitysvaijereilla, jotka sijoitetaan raudoituksen yhteydessä valuun.



KUVIO 5. Raudoitukseen kiinnitettävät jännitysvaijerien putket.

Vaijereita ei tietenkään pystytä jännittämään ennen kuin betoni on kuiva, joten ne täytyy asentaa valuun vasta jälkikäteen. Tähän tarkoitukseen laitetaan valuun jännitysvaijerien putket, jotka mitoitetaan tarkasti ja kiinnitetään raudoitukseen niin seinävalussa kuin laattavalussa. Koska kyseessä oli luokan 1 betonirakenne, raudoitukset ja jännitykset pitää olla tarkoin suunniteltu sekä mitoitettu. Betonin ollessa kuiva, rakenteiden jännitykseen erikoistunut yritys tuli vetämään vaijerit oikeaan jännitykseen. Rakenne jännitettiin 200 000 Newtoniin hydraulisesti toimivilla jännittimillä. Näin säiliön seinät saatiin kestämään lämpötilaeroja sekä veden kohdistamaa painetta paremmin.



KUVIO 6. Säiliön laatan rauditus- ja vaijeriputket.

Plastinen kuivumishalkeama tarkoittaa halkeamaa, joka on syntynyt heti betonivalun jälkeen, kun betoni on tiivistynyt oikeaan muotoon. Näin ollen esimerkiksi laattarakenteissa plastisia kuivumishalkeamia syntyy helpoimmin, kun niiden pinta kuivuu liian nopeasti. Halkeamat syntyvät aikavälillä 0,5...6 tuntia betonoinnista. Erityisesti ilman korkea lämpötila ja tuuli lisäävät halkeilua, jos betonia ei suojata veden haihtumiselta. Halkeamat ovat yleensä yksittäisiä tai verkkomaisia, ja ne voivat myös ulottua rakenteen läpi. Pintahalkeamat ovat helposti korjattavissa, mutta läpi rakenteen menevät halkeamat vaativat erityistä ammattitaitoa korjauksessa. Halkeamat alentavat koko rakenteen tiiviyyttä sekä

haittaavat raudoitusta korroosion kannalta. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2005.)

Kun vesi erottuu betonimassasta, se nousee kohti pintaa. Tällöin massa painuu vastaavasti alaspäin. Tämä 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. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2005.)

Halkeilua voidaan vähentää esimerkiksi käyttämällä alhaislämpösementtiä, lämmittämällä sekä kostuttamalla muottipintoja, että saadaan mahdollisimman sama betonin kosteus ja lämpö, pienentämällä muodonmuutosten syntymistä (esim. laakeroimalla kalliolla seisova pohjalaatta sorakerroksella) tai esijännittämällä säiliörakenne. (Suomen Betoniyhdistys ry. 2005.)



KUVIO 7. Kirjoittaja tarkastamassa siipimuurin raudoitusta.

Muottisiteinä käytettiin ruostumattomasta teräksestä valmistettuja puikkoja, jotka jäivät seinärakenteen sisälle. Muottien poiston jälkeen puikot olivat noin 3 cm seinärakenteen sisällä muoviholkin ansiosta. Näin ollen puikot saatiin katkaistua syvemmältä ja jälkivalu piilotti katkaistut puikot seinän sisälle.

Koska kohde valettiin kahdessa erässä, kahteen saumaan piti laittaa vesitiiviiseen rakenteeseen tarkoitettu saumanauha. Ensimmäinen sauma sijaitsi seinärakenteen ja laatan risteyksessä ja toinen nauha sijaitsi puolella välissä seinää. Näin saatiin suurin riskikohta vesitiiviiksi.





KUVIO 8. Muottien purku sekä jälkihoito.

## 5 TULOKSET

Työn tuloksena voidaan todeta betonin vesitiiveyden olevan haasteellista toteuttaa työmaaolosuhteissa oikeilla materiaaleilla. Työvaiheet ovat tärkeitä suuria valuja tehtäessä ja mahdolliset virheet on minimoitava.

Kirjallisuusselvityksessä ja työmaaolosuhteissa selvisi sääolosuhteiden merkitys valutyön aikana. Pienetkin lämpötilan muutokset vaikuttivat lopputulokseen suuresti. Säähän ei ihminen pysty vaikuttamaan, mutta valupäivän valinnalla on merkitystä. Kun toteutetaan näin suuria valuja, on ennakoitava olosuhteita, ja ehkä pienellä riskilläkin valittava oikea valupäivä, joka sopii parhaiten betonin kuivumiseen ja työstämiseen.

Jälkityön merkitys korostuu vaativissa betonilaaduissa, mikä havaitaan valun jälkeisten päivien kuivumishalkeamina. Pyrittäessä vesitiiviiseen säiliöön on täysin halkeilemattoman säiliön toteuttaminen lähes mahdotonta, koska betonin käyttäytymistä ei voi täysin ennustaa. Kuitenkin oikeilla työmenetelmillä halkeamien minimointi mahdollistetaan, ja näin ollen päästään mahdollisimman pienellä työmäärällä haluttuun lopputulokseen eli vesitiiviiseen betoniin.

## 6 YHTEENVETO

Työn yhteenvetona voidaan todeta betonin vesitiiveyden olevan mahdollista jopa suurissakin paineissa. Ratkaisevaksi tekijäksi todettiin työsuoritukset sekä lämpötilat. Rakennuspaikan merkitys korostui painavassa säiliössä, joka kuitenkin tässä kohteessa oli turvallisesti kallion päällä.

Tämän tutkimuksen yksi tarkoitus on selventää sekä auttaa vaativien betonikohteiden toteuttajia. Mahdolliset tapaturmat pystytään välttämään, jos noudatetaan edellä olevia ohjeita ja säännöksiä.

## LÄHTEET

Betonityömaaohje. Ei päiväystä. [Word-tiedosto]. Helsinki: Rakennustuoteteollisuus RTT Ry. [Viitattu 16.3.2010]. Saatavana: <http://www.rudus.fi/download.aspx?intFileID=468&intLinkedFromObjectID=9441>

Uusitalo, J., Ihanamäki, J., Rajala, R. & Vallin, O. 2000. Betonityöt. Rakennustieto Oy

Suomen Betoniyhdistys ry. 2005. Betonitekniiikan oppikirja 2004 By 201. Helsinki: Suomen Betonitieto Oy.

Betoniteollisuus Ry. 2007. [Word-tiedosto]. Helsinki: Rakennustuoteteollisuus RTT Ry. [Viitattu 6.4.2010]. Saatavana: <http://www.rudus.fi/download.aspx?intFileID=468&intLinkedFromObjectID=9441>

Ylikojola. 2010. Betonityönjohtaja. Haastattelu Rakennus-Kovera Oy 5.5.2010.