VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mikko Yliselä

VESITIIVIIN BETONIRAKENTEEN TOTEUTUS

Case: Jouppilanvuoren alavesisäiliö

Tekniikka

2016

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennustekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Mikko Yliselä
Opinnäytetyön nimi	Vesitiiviin betonirakenteen toteutus,
Case	Jouppilanvuoren alavesisäiliö
Vuosi	2016
Kieli	Suomi
Sivumäärä	52+1 liite
Ohjaaja	Martti Laaja

Opinnäytetyön tarkoituksena on tutustua vesitiiviiden teräsbetonirakenteiden toteutukseen esimerkkityömaalla. Oikeat paikallavalutekniikat ovat tärkeitä, jotta betonirakenne säilyttäisi vesitiiveytensä koko sen elinkaaren ajan.

Kaikki vesitiiviit paikalla valetut betonirakenteet ovat yksilöllisiä, joten yleistä ohjetta laadukkaan rakenteen toteuttamiseksi ei voi antaa, mutta tässä opinnäytetyössä esitellään taustalla vaikuttavat ilmiöt jotka vaikuttavat koko rakenteen vesitiiveyteen.

Lähtötiedot vesitiiviille rakenteille antaa rakennesuunnittelija. Tehtäessä vesitiiviitä betonivaluja, on ensiarvoisen tärkeää, että betonityönjohtaja tuntee kohteen erityispiirteet ja informoi niistä rakennesuunnittelijaa hyvissä ajoin ennen valutöiden aloittamista. Betonityönjohtajan tulee tuntea ilmiöt betonimassan käyttäytymisen taustalla. Betonityönjohtajan on tärkeää tuntea myös muotti- ja raudoitustöiden erityispiirteet vesitiiviissä valutyössä, sillä virheet muotti- ja raudoitustöissä voivat aiheuttaa myöhemmin ongelmia rakenteen toiminnan kannalta. Koko betonointikunnan olisi myös hyvä tietää perusteet vesitiiviin rakenteen toteuttamiselle. Vesitiiviin betonirakenteen tekeminen alkaa huolellisesta suunnittelusta ja ennakkovalmisteluista ja jatkuu betonoinnin valvonnan ja etenkin jälkihoidon ajan. Tärkeää on määrittää oikeanlainen resepti betonille. Se suunnitellaan yhteistyössä betonityönjohtajan, suunnittelijan ja valmisbetonitoimittajan kanssa.

Esimerkki kohde Jouppilanvuoren alavesisäiliö on tilavuudeltaan 5000m^3 ja se toteutettiin paikallavalettuna teräsbetonirakenteena. Kohde on talousvesisäiliö, josta johdetaan vettä sekä seinäjokelaisille kuluttajille, että elintarviketeollisuudelle. Tämä seikka lisäsi kohteen vaativuutta huomattavasti.

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Rakennustekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Mikko Yliselä
Topic	The Implementation of a Waterproof Concrete Structure, Case Jouppilanvuori Water Tank.
Year	2016
Language	Finnish
Bages	52+1 appendix
Name of Supervisor	Martti Laaja

The purpose of this thesis was to explore the implementation of a waterproof reinforced concrete structure on the construction site. The correct in-situ casting techniques are important in order to maintain the water tightness of the concrete structure throughout its life cycle.

All waterproof in-situ concrete structures are unique, so the general guidelines for implementing a high-quality structure cannot be given, but this thesis presents the underlying phenomena that affect the water tightness of the whole structure.

The initial data for waterproof structures is provided by structural engineers. Whenever doing waterproof concrete castings, it is of paramount importance that the concrete foreman knows the specific characteristics of the object and informs the structural designer in good time before the start of the casting work. The supervisor of the concrete works must be familiar with the phenomena underlying the behavior of concrete mass. It is important that the foreman is familiar with specific features of the formwork and reinforcement specific in waterproof casting work because errors in formwork and reinforcement can cause problems later with the functioning of the structure.

It would be good for all concrete workers to know the criteria for the implementation of a waterproof structure. Building a waterproof concrete structure begins with careful planning and advance preparations and continues throughout the supervision of the concreting and in particular during the curing. It is important to set the right kind of recipe for concrete. It will be designed in co-operation with the concrete foreman, designer and supplier of the ready-mixed concrete.

The Jouppilanvuori water tank, which was the example target, has a capacity of 5000m3 and it was implemented as an in-situ reinforced concrete structure. It is a drinking water reservoir from which water is supplied to the consumers in Seinäjoki and the food industry. This fact greatly increased the demands of the object.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1 JOHDANTO ... 6

1.1 Tausta ... 6

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus ... 7

2 BETONISTEN SÄILIÖRAKENTEIDEN SUUNNITTELUVAATIMUKSET ... 8

2.1 Vesitiivis betoni ... 8

2.1.1 Säiliörakenteiden vesitiiveysvaatimukset ... 10

2.1.2 Rasitusluokat ... 11

2.1.3 Tiiveysluokat ... 12

2.2 Muut laatuvaatimukset ... 14

2.2.1 Pinnat ... 14

2.2.3 Raudoitus ... 18

2.2.4 Betoni ... 19

2.2.5 Saumat ja läpiviennit ... 19

3 TYÖMAATEKNIIKKA ... 21

3.1 Betonityönjohtajan rooli ... 21

3.2 Vesitiiviin betonoinnin esivalmistelut ... 22

3.3 Muotit ja niiden tukirakenteet ... 22

3.4 Betonin pumppaaminen ... 22

3.5 Betonointi ... 23

3.6 Betonin tiivistäminen ja valunopeus ... 25

3.7 Työsaumat ja läpiviennit ... 27

3.8 Jälkihoito ... 33

4. VIITEKOHTEEN TOTEUTUS ... 34

4.1 Säiliön rakenteet ... 34

4.2 Muottityöt ... 35

4.3 Raudoitustyöt ... 38

4.3.1 Pohjalaatan raudoitustyöt ... 39

4.3.2 Seinien raudoitustyöt ... 41

4.4 Betonointi 42
4.4.1 Pohjalaatan betonointi 42
4.4.2 Seinien betonointi 44
5 JOHTOPÄÄTÖKSET 45
6 TULOKSET 47
LÄHTEET 50

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö käsittelee paikallavalettavan puhdasvesisäiliön työteknistä toteutusta, sekä kustannusten seurantaa esimerkki kohteessa.

Esimerkkikohteena on Seinäjoen Vesi Oy:lle toteutettu kohde, joka on suurimpia vesirakennuksen parissa toteutettuja kohteita Rakennus-Yliselä Oy:ssä. Kohteen työmaamestarina toimii Opinnäytetyön tekijä. Työmaamestari vastaa kohteen muotti-, raudoitus- ja betonointitöistä yhdessä vastaavan mestarin ja kokeneen betonityönjohtajan kanssa.

1.1 Tausta

Rakennus-Yliselä Oy sai urakkalaskennan kautta toteutettavakseen Jouppilanvuoren alavesisäiliön rakentamisen ja saneerauksen keväällä 2014. Tilaajana kohteessa oli Seinäjoen Vesi Oy.

Kohde oli erityisen vaativa ja ajatuksena oli, että kohteen vesitiiviit betonirakenteet pystyttäisiin toteuttamaan ensiluokkaisesti ja kustannustehokkaasti. Tämän oppinäytetyön tekijä osallistui projektiin sen kustannuslakennasta alkaen ja oli mukana työmaamestarina koko projektin ajan. Opinnäytetyön tekeminen auttoi syventämään kohteen erityispiirteitä ja vesitiiviin teräsbetonirakenteen vaativuutta talousvesisäiliöissä.
Opinnäytetyön tilaajana toimii Rakennus-Yliselä Oy. Esimerkkikohteena opinnäytetyössä on Jouppilanvuoren alavesisäiliön laajennus- ja saneerausurakka, joka toteutettiin vuosina 2014–2015.
Pääurakoitsijana kohteessa on Rakennus-Yliselä Oy, joka on vuonna 1990 perustettu rakentamisen moniosaaja. Yritys työllistää keskimäärin 20 työntekijää ja liikevaihto on noin 3-5 miljoonaa euroa.
Rakennus-Yliselä Oy on perinteinen rakennusliike, joka toteuttaa vuosittain hyvin monenlaisia kohteita, huoneisto remonteista aina vaativiin betoniteknisiin kohteisiin, kuten tämän työn esimerkkikohde.

Rakennus-Yliselä Oy:n strategia on tehdä infrarakentamisesta toinen tukijalka ailahteleville rakennusmarkkinoille.
Koko henkilöstöllä on Valviran myöntämät vesityökortit sekä laitos-, että vesilinjasaneerauksiin. Vesityökortit vaaditaan niin puhdasvesi-, kuin jätevesikohteissakin. Rakennus-Yliselän vahvuuksina voidaan pitää kokenutta ja ammattitaitoista henkilökuntaa vaativissakin betonirakentamisen kohteissa.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tutustua ja tutkia vesitiiviin betonirakenteen erityispiirteisiin pääasiassa toteutuksesta vastaavan tahon näkökulmasta. Työssä käsitellään muottityön, raudoituksen ja betonoinnin erityispiirteitä tehtäessä vesitiiviitä teräsbetonirakenteita. Tässä opinnäytetyössä käsitellä tärkeimmät suunnittelussa määriteltävät rakenteiden ominaisuudet, mutta pääpaino on rakentamisen työmaatekniikassa. Opinnäytetyössä tutkitaan, mikä onnistui esimerkkikohteessa ja missä olisi kehitettävää tämän tutkimustyön pohjalta.

2 BETONISTEN SÄILIÖRAKENTEIDEN SUUNNITTELU-VAATIMUKSET

2.1 Vesitiivis betoni

Betonin vesitiiveydellä ja veden pitävyydellä tarkoitetaan betonin kykyä vastustaa veden kulkua rakenteen läpi toispuoleisen vedenpaineen vaikuttaessa. Betoni katsotaan vedenpitäväksi, jos standardin SFS-EN 12390-8 mukaisesti testattu paineellisen veden syvyys on enintään 100 mm. Betonin tiiveyteen vaikuttavat mm. massan suhteutus ja sementtikiven tiiviys. Tämä sementtikiven tiiviys on sitä parempi, mitä alhaisempi betonimassan vesi-sementtisuhde on. Korkea vesisementtisuhde jättää sementtiin ylimääräistä vettä, joka ei sitoudu hydrataatioreaktiossa. Sitoutumaton ylimääräinen vesi muodostaa betoniin niin sanottuja kapillaarihuokosia. [2; 9; 14.] Betonissa olevat kapillaarihuokoset ovat vesitiiveyden kannalta haitallisia, sillä vesi imeytyy niihin tehokkaasti kapillaarivoimien vaikutuksesta. Kapillaarihuokoset siis lisäävät betonin läpäisevyyttä. Kun vesi-sementtisuhde on pienempi kuin 0,4 ja hydrataatioaste lähenee 100 prosenttia, betoniin muodostuneet kapillaarihuokoset häviävät lähes kokonaan. Vesisementtisuhteen pieneneminen arvosta 0,6 arvoon 0,4 puolittaa kapillaarihuokosten tilavuusosuuden. Teoreettisesti tarkastellen betonissa oleva kapillaariverkosto sulkeutuu vesitiiviiksi esimerkiksi betonilla, jonka vesi-sementtisuhde on 0,5 noin kuukauden iässä. Käytännössä näin ei kuitenkaan tapahdu, vaan kapillaarihuokosia on aina jonkin verran betonissa verkostoituneina. /4/

Veden kapillaarista kulkeutumista ehjän kovettuneen betonin kapillaariverkostossa voidaan arvioida kaavalla:

$t = mz^2$, (4.1)

jossa t = aika [s],

m = vastusluku [s/m^2] ja

z = veden kulkema matka [m].

Vastuslukujen vaihteluvälit ovat suuret. Halkeilemattomalle 0,50 vesi-sementtisuhteen betonille vastuslukuna voidaan käyttää arvoa 50 x 106 s/m2. Esimerkkinä betonin paksuuden arvoilla esim. z1=50 mm ja z2=100 mm veden läpimenoajat ovat t1=1,5 ja 6 t2=6 vuorokautta. Vesivuoto voidaan havaita esimerkiksi kellarin seinässä tummentumana sisäpuolelta, ellei kosteus ole ehtinyt haihtua betonin pinnalta. /4/

Vedenpaineen alaisen rakenteen tehtävänä on estää paineellisen veden tunkeutuminen tiloihin tai rakennusosiin. Lisäksi sen tulee kestää vedenpaineen aiheuttamat rasitukset suunnitellun käyttöiän ajan. Vedenpaineen alaista rakennetta kuormittavat myös muut rasitukset, kuten hyötykuormat, maanpaine, lämpö- ja muodonmuutosrasitukset Betonin kutistuma, sekä muiden rakenteiden aiheuttamien ja työnaikaisten rasitusten vaikutukset täytyy huomioida.

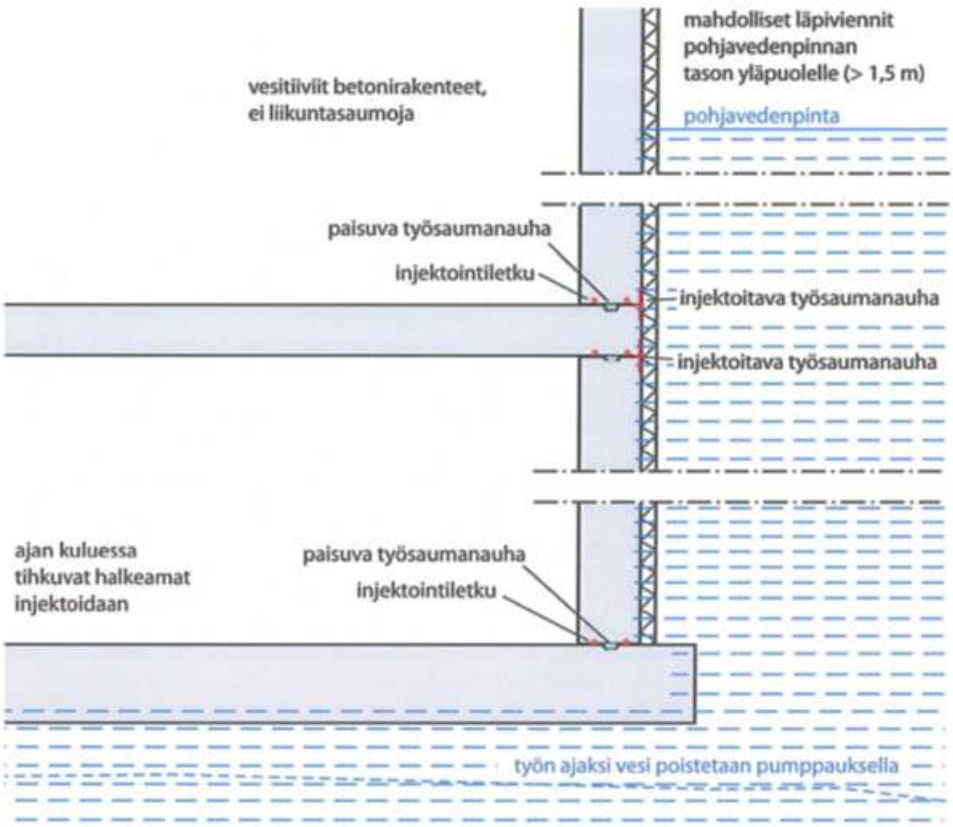
Vesitiiveyttä edellytetään vedenpitävien rakenteiden lisäksi myös betonilta, jolle on asetettu pakkasenkestävyysvaatimus. Riittävä vesitiiveys vähentää veden imeytymistä betoniin ja pienentää siten pakkasrasitusta. /4/

Vesitiiviin betonin valmistamisessa on tärkeää huomioida sekä käytettävä betonilaatu, että valutekniikka. Vedenpitävän betonirakenteen betonin huokosrakenteen on oltava epäyhtenäinen, eli huokoset eivät saa muodostaa yhtenäistä verkostoa, jota pitkin vesi voisi kulkea. Valettaessa vedenpitäviä rakenteita, massa on tiivistettävä huolellisesti ja vesitiiviin pystyrakenteen valun nousunopeus saa olla korkeintaan 250 mm/h. Liian suurella nousunopeudella ja liian paksuina valukerroksina valettuun pystyrakenteeseen jää runsaasti tiiviyttä heikentäviä huokosia, sillä ylimääräinen ilma ei ehdi poistua betonimassasta tiivistystärytyksen aikana. /4/

Vesitiivis betonirakenne on jälkihoidettava huolellisesti. Jälkihoito vähentää betoniin syntyviä vesitiiveyttä heikentäviä kuivumis- ja kutistumishalkeamia.

Rakenteiden vedenpitävyyttä voidaan parantaa suunnittelemalla rakenne käyttötilassa niin, ettei rakenteeseen synny vetoa. Mikäli rakenteeseen pääsee syntymään

vetorasituksia, niiden suuruus ei saa ylittää betonin vetolujuutta. Rakenne voidaan myös suunnitella jännitettynä. Jännittäminen vähentää betonin halkeilua. /4/



Kuva 1. Periaate kuva vesitiiviistä rakenteesta.

2.1.1 Säiliörakenteiden vesitiiveysvaatimukset

Vesitiiviit rakenteet suunnitellaan lähes kokonaan samojen periaatteiden mukaan kuin muutkin teräsbetonirakenteet. Poikkeavaa ovat raudoituksen määrä, tanko-jako, suojapeitteen paksuus ja betonin erityiset kestävyysvaatimukset. Suunnittelijan tehtävä on määritellä raudoituksen koko ja jako, sekä oikea suojapeite, joita tarvitaan halkeaman rajoittamiseen ja betonirakenteen kestävyyteen.

Normaalit betonirakenteet mitoitetaan murtorajatilassa, jolloin määräävänä tekijänä on yleensä rakenteiden lujuus. Vedenpitäviä rakenteita suunnitellessa lujuus ei yleensä ole määräävä tekijä vaan usein on oleellista rajoittaa esimerkiksi betonin

halkeamaleveyttä käyttörajatilan vaatimusten mukaisiksi. Halkeamaleveyden rajoittamiseen tarvittava raudoitusmäärä ja tankojako ylittävät monissa tapauksessa määrän, joita murtorajatilan mukainen rakenne vaatisi.

Työ- ja liikuntasaumojen paikkojen määrittäminen on tärkeää ja ne tulee merkitä suunnitelmiin. Saumojen sijainti ja määrä ovat tärkeitä tekijöitä, sillä tarvittavan raudoituksen määrä voi riippua saumajaosta sekä jakautumisen tasaisuudesta rakenteessa.

2.1.2 Rasitusluokat

Betonirakenteiden suunnittelu alkaa määrittelemällä käyttöikätavoite. Tavoitteen tulee turvata riittävä käyttöikä, mutta toisaalta välttää vaatimustason ylimitoitusta. Rakenteen rasitusluokan määrittäminen on olennainen osa käyttöikäsuunnittelua. Rasitusluokat asettavat vaatimuksia betonin lujuudelle, vesi-sementtisuhteelle ja betonin suojapeitteen paksuudelle. Rasitusluokkien määritys edellyttää kokemusta ja tietoa rakenteisiin kohdistuvista ympäristörasituksista. Ylimitoitetut vaatimustasot saattavat johtaa kalliisiin rakennuskustannuksiin ja hankaliin valuihin. Esimerkiksi jos vaatimustaso määrittää massalle matalan vesisementtisuhteen ja ison karkean kiven määrän, on massan valaminen pumppaamalla käytännössä mahdotonta. Rasitusluokkia on 18 ja ne jaetaan viiteen kokonaisuuteen. Samalla rakenteella voi olla useita rasitusluokkavalintoja. /5/

Vesisäiliöt suunnitellaan kuuluvan rasitusluokkiin XC3,XC4 ja XF3 ainakin silloin, kun betonin käyttöiäksi määritellään 100 vuotta

Taulukko 1. Rasitusluokat /13/

Luokka	Kuvaus
Ei korroosiovaaraa tai rasituksia	
X0	Raudoittamaton betoni, kun ei ole merkittävää jäädytys-sulatusrasitusta, kulutusrasitusta tai kemiallista rasitusta Raudoitettu betoni hyvin kuivissa olosuhteissa
Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio	
XC1	Kuiva tai pysyvästi märkä
XC2	Märkä, harvoin kuiva
XC3	Kohtalaisen kostea
XC4	Märkä ja kuiva vaihtelevat
Muun kuin meriveden kloridien aiheuttama korroosio	
XD1	Kohtalaisen kostea
XD2	Märkä, harvoin kuiva
XD3	Märkä ja kuiva vaihtelevat
Meriveden kloridien aiheuttama korroosio	
XS1	Kosketuksessa ilman kuljettaman suolan kanssa, mutta ei suorassa kosketuksessa meriveteen
XS2	Pysyvästi veden alla
XS3	Vuoroveden ja roiskeen vyöhykkeellä
Jäädytys-sulatusrasitus jäänsulatusaineilla tai ilman niitä	
XF1	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita
XF2	Kohtalainen vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet
XF3	Suuri vedellä kyllästyminen ilman jäänsulatusaineita
XF4	Suuri vedellä kyllästyminen ja jäänsulatusaineet tai merivesi
Kemiallinen rasitus (XA-luokat)	

2.1.3 Tiiveysluokat

SFS-EN 1992-3 kohdan 7.3.1 mukaan vedenpitävät rakenteet voidaan luokitella sen mukaan, missä määrin niiden odotetaan pidättävän rakenteen läpi tapahtuvaa vuotoa. Tiiviysluokitus jakaa vuotoa koskevat vaatimukset neljään (0-3) eri luokkaan. /6/

Taulukko 2. Tiiveysluokat /14/

Tiiviysluokka	Vuotoa koskevat vaatimukset
0	**Tietty vuodon määrä hyväksytään tai nesteiden vuodolla ei ole merkitystä rakenteen toiminnan tai ulkonäön suhteen**
1	**Vuoto rajoitettava pieneen määrään. Pinnan tahriutuminen tai kosteat laikut ovat hyväksyttäviä.**
2	**Vuoto minimaalista eikä tahriutuminen saa heikentää rakenteen ulkonäköä**
3	**Vuotoa ei sallita ollenkaan**

Tiiviysluokka 1 on yleisin vaatimus kellarirakenteille. Tiiviysluokat 2 ja 3 sisältävät kellarirakenteille epätyypillisempiä vaatimuksia. Seuraavassa taulukossa (5) on esimerkkejä vedenpaineen alaisen kellarin seinän luokittelusta.

Taulukko 3. Rakennetyypit

Rakennetyyppi ja vedenpinnan korkeus	Rakenteen toiminta	Tiiviysluokka ja halkeaman rajoitus
Rakenteessa vedenpaineeneristys, esim. bitumikermit. [3, kuvat 9-10.]	Itse rakenteella ei tiiviysvaatimusta	Suunnitellaan luokkaan 0. Halkeama 0,3 mm.
Vesitiivis betonirakenne. [3, kuva 11.] Pysyvästi korkealla oleva vedenpinta.	Rakenne on lähes vesitiivis.	Suunnitellaan luokkaan 1. Halkeama 0,3 mm, rakenteen läpi menevä halkeama 0,05 -0,2 mm.
Vesitiivis betonirakenne. [3, kuva 11.] Vaihteleva vedenpinnan korkeus.	Rakenne on lähes vesitiivis.	Suunnitellaan luokkaan 1. Halkeama 0,3 mm, rakenteen läpi menevä halkeama 0,2 mm.
Vesitiivis betonirakenne. [3, kuva 11.] Vedenpinta pysyvästi laatan alapinnan alapuolella.	Normaaleissa olosuhteissa rakenne on vesitiivis. Pieni riski vuodolle epätavallisissa olosuhteissa.	Suunnitellaan luokkaan 0. Halkeama 0,3 mm.
Rakenne on suojattu rakennetulla vuototilalla. [3, kuva 2.]	Itse rakenteella ei tiiviysvaatimusta	Suunnitellaan luokkaan 0 tai 1. Luokassa 0: halkeama 0,3 mm. Luokassa 1: halkeama 0,3 mm, läpi menevä halkeama 0,05 - 0,2 mm.

Tiiveysluokan määrittämistä varten projektin alussa pitäisi selvittää tilaajan vaatimukset rakenteen osalta, esimerkiksi käyttötarkoituksen suhteen, sekä ulkonäkövaatimukset. Ylimitoitettu vaatimusluokka lisää rakenteen suunnitteluvaatimuksia ja sitä kautta myös rakennuskustannuksia. Vesisäiliöt suunnitellaan luokkaan 0, jolloin rakenne täytyy olla normaaleissa olosuhteissa vesitiivis.

2.2 Muut laatuvaatimukset

Rakenteiden laatuvaatimuksien toteuttamisella turvataan rakenteiden säilyvyys ja laatu. Hyvän laadun saavuttaminen alkaa aina rakennuttajasta, suunnittelu-pöydältä rakenteiden luovuttamiseen saakka. Tarkoilla suunnitelmilla ja hyvällä rakentamisella on suurin vaikutus laadukkaisiin rakenteisiin. Betonirakenteita koskevia laatuvaatimuksia esitetään useassa eri lähteessä kuten InfraRYL:ssa ja betoni-normeissa.

2.2.1 Pinnat

Muotin pintamateriaali tulee valita laatuvaatimuksien mukaiseksi, jotta saavutettaisiin laadukas betonipinta. Kun muotin imukyky kasvaa, betonin pintakerros tiivistyy ja huokosten määrä pienenee. Taulukossa 4 on esitetty kullekin pintaluokalle sallitut poikkeavuudet. Luokkaan C kuuluvat vain maanvastaiset pinnat, kuten perustukset ja vedenpaineelle alttiiden seinien maanvastainen puoli. /2, s 20./

Tauluko 4. Muottien laatuvaatimukset /2,s.31/

Laatutekijä			Vaatimukset			
			Luokka AA	Luokka A	Luokka B	Luokka C
Nystermä						
	suurin korkeus	mm	2	3	6	6
	suurin leveys	mm	3	9	20	20
	suurin määrä	kpl/m^2	10	20	40	40
Syvennys						
	suurin syvyys	mm	2	4	7	7
	suurin leveys	mm	4	9	15	15
	suurin määrä	kpl/m^2	10	20	40	40
Hammastus		mm	1	2	5	5
Valupurse tai valuhaava muottisauman kohdalla						
	suurin korkeus tai syvyys	mm	1	2	4	4
	suurin leveys	mm	3	3	6	6
	suurin määrä (koskee myös korjattua saumaa)	% muottisaumojen pituudesta	10	20	30	0
Vaakasuorassa valettujen pintojen huokoset, Ø ≥ 5 mm						
	suurin läpimitta ja syvyys	mm	7	8	10	10
	suurin kokonaismäärä	kpl/m^2	20	40	80	160
Pystysuorassa valettujen pintojen huokoset, Ø ≥ 5 mm						
	suurin läpimitta ja syvyys	mm	8	10	12	12
	suurin kokonaismäärä	kpl/m^2	40	60	100	200
Vaakaasuorassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)						
	suurin koko	m^2	ei sallita	0,1	0,3	0,6
	suurin määrä	kpl/100 m^2	ei sallita	1	2	4
Pystysuorassa valettujen pintojen valuvika (aina korjattava)						
	suurin koko	m^2	ei sallita	0,2	0,3	0,6
	suurin määrä	kpl/100 m^2	ei sallita	2	2	4
Pinnan käyryys ja aaltoilu						
	suurin mittapoikkeama	mm/1,5 m	3	5	8	8
Värivaihtelu						
	harmaat pinnat	luokat	B		-	-
	valkobetonipinnat		A		-	-
	muut väribetonitpinnat		B		-	-

Muoteilla luodaan rakenteelle muoto. Muotit tulee suunnitella ja valmistaa siten, että niillä saavutetaan asiakirjoissa rakennusosille määrätty mittatarkkuus, rakenteen käyttöikä ja pinnan laatuluokka. Muoteissa käytettävän materiaalin tulee olla tarkoitettu kyseiseen tarkoitukseen ja samaa muottimateriaalia tulee käyttää koko

rakenteen alueella, jotta suunnitelma-asiakirjoissa vaadittu valmiin pinnan laatu ja muoto saavutetaan. /1, 41111.1./

Kun betonivalujen yhteydessä käytetään lämmöneristyslevyjä, tulee niiden olla riittävän jäykkiä ja kokoon puristumattomia, jotta betonirakenteen sijainti- ja laatuvaatimukset täyttyvät. Lämmöneristyslevyjen nimellisvahvuus ei saisi muuttua keskimäärin enempää, kuin 5 % asiakirjoissa määrätystä arvosta. /1, 41111.1.3./

Muotit ja telineet mitoitetaan ja kootaan siten, että täytetään rakenteille asetetut sijainti- ja laatuvaatimukset. Taulukossa 5 on esitetty muoteille rakennustoleranssit, joista luokka 1 kuuluu vesitiiviille rakenteille. /1, 41111.3./

Taulukko 5. Muottien toleranssit /1, 41111)

	Luokka 1, mm	Luokka 2, mm	Luokka 3, mm
Korkeus	+ 10	+ 20	+40
Pituus ja leveys	+ 20	+40	+80
Paksuus	+ 10	+ 20	+40
Sivun käyryys - seinä	+ 15	+30	+ 60
Reiän koko tai aukon korkeus ja leveys	-5...+ 15	-5...+ 15	-5...+ 15
Reiän sijainti tai aukon korkeus määritetystä tasosta	+ 10	+ 20	+40
Aukon alakumilen korkeuden ero	10	20	40
Seinän käyristymä tai poikkema pystysuorasta	L/400	L/300	L/200
Sivusijanti	+ 20	+40	+80
Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä	+ 10	+ 20	+40
Vapaa väli	+ 20	+40	+80
Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liityttäessä	+ 10	+ 20	+40

AA-luokkaa käytetään vain erityistapauksissa, kuten merkittävissä julkisissa rakennuksissa. Pinta vaatii lähes aina uutta muottipintamateriaalia. Soveltuvia muottikalustoja ovat paikallatehdyt kertakäyttöiset lauta- ja levymuotit, sekä vakio- palkeista ja uudesta muottipinnasta kootut erikoismuotit. /2, s. 36./

A-luokkaan kuuluu niin sanotut puhdasvalupinnat, joita käytetään arkkitehtonisissa kohteissa. Suurmuotit, suurkasettimuotit ja järjestelmämuotit ovat tähän soveltuvia muottikalustoja./2, s. 36–37./

B-luokkaan kuuluvat yleensä seinät ja kattopinnat, joilta ei vaadita A-luokan vaatimuksia. Soveltuvia muottikalustoja ovat kasetti-, suur-, järjestelmä-, levy- ja lautamuotit. /2, s. 37./

Kun muottipintana käytetään pinnoittamattomia vanereita, imevät ne betonista ilmaa ja vettä vähentäen näin huokosia. Koivuvanerin imukyky on kuitenkin niin suuri, että käsittelemättömänä se jättää betonipinnan pölyiseksi ja betoni ei kovetu. Pinnoittamattomia vanereita voidaan käyttää vain 2-3 kertaa, että saadaan taattua hyvä pinta. /2, s. 22./

Kun sahatavaraa käytetään muottina, se tulee kastella aina hyvin huolellisesti. Sahatavaran imukyky on todella hyvä, joka lisää betonipinnan ja laudan tartuntaa. Sahatavaralla saadaan aikaiseksi hyvä ja puukuvioinen pinta. /2, s. 23./

Teräsmuoteissa pitää käyttää aina muotinirrotusainetta. Teräsmuotti on tiivis ja jättää helposti huokoisen pinnan, jos ei huolelliseen tiivistämiseen kiinnitetä huomiota ja valeta ohuina kerroksina. Näin saadaan aikaiseksi sileitä ja yhtenäisiä pintoja. /2, s. 23./

2.2.3 Raudoitus

Betoniteräkset saavat olla asennusvaiheessa vain pintaruosteessa, jolla ei ole vaikutusta sen lujuus- ja tartuntaominaisuuksiin. Tämä on erityisen tärkeää etenkin korroosioherkällä ja dynaamisesti rasitetun rakenteen raudoituksella./3, s.118/
Raudoituksen tulee ennen asennusta puhdistaa tartuntaa heikentävistä aineista, kuten öljystä ja lumesta. Välikkeiden ja työraudoitusten avulle raudoitus tuetaan muotteihin niin lujasti, että se kestää paikallaan ja muodossaan betonoinnin ja muiden työvaiheiden aikana. Välikkeet ovat joko muovisia tai teräksisiä, joskus myös betonisia. Yksittäisten tukien välin laatassa tulisi olla 500-700mm riippuen tuen halkaisijasta, näin toimiessa raudoitus ei liiku betonoinnin aikana.

Välikkeitä seinän raudoituksen tukemiseen tulisi olla 700-1000mm välein ja 2-4 kappaletta neliömetrille. Alle 16mm pääraudoituksen seinissä ei tarvita s-hakoja. U-hakoja olisi hyvä olla 1000mm välein ja 1kpl neliömetriä kohden.

Raudoitukset asennetaan annettujen piirustusten, asiakirjojen tai muiden ohjeiden mukaisesti. Jokaisen raudoitteen ja sidelangan tulee täyttää piirustuksissa tai muissa asiakirjoissa annettu betonipeitteen nimellisarvo. /3 s.118/

Raudoitteiden jatkamisessa voidaan käyttää seuraavia jatkosmuotoja:
– limijatkos
– hitsattavien teräslaatujen osalta SFS-standardien mukaisilla hitsausmenetelmillä.
– muhveilla tai muilla erikoisjatkoksilla.

Erikoisjatkosten ja – ankkurien ominaisuuksista ja käyttöön liittyvistä seikoista tulee olla hyväksytyssä koetuslaitoksessa tehtyihin kokeisiin perustuva selvitys ja varmennettu käyttöseloste.
Tankojen ja jänteiden väli tulee olla vähintään suurin arvoista /3 s.119/

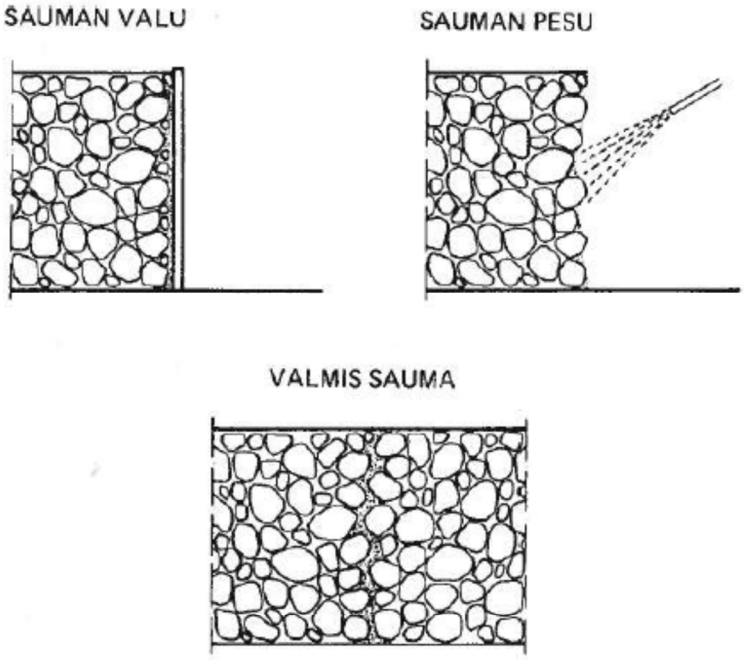
– betoniterästangoilla Ø,Øn ja tartuntajänteillä 2Ø,2Øn
– 1,2 kertaa kiviaineksen ylänimellisraja
– 25 mm tangoilla ja 50 mm suojaputkilla ellei käyttöselosteessa toisin edellytetä
– rinnakkaisten limijatkosten kohdalla kuitenkin vähintään 2Ø.

2.2.4 Betoni

Käytettävän betonin tulee olla kaikilta ominaisuuksiltaan suunnitelma-asiakirjojen mukaista. Betonissa käytettävä sementti, runkoaineet ja lisäaineet tulee olla CE-merkittyjä ja lisäaineilla ja sementillä tulee olla myös varmennettu käyttöturvaseloste./1, 41113./

2.2.5 Saumat ja läpiviennit

Betonoitavat rakenteet saadaan jaettua useampaan valuun tekemällä työsaumoja. Työsauma tehdään, kun betonointikerta lopetetaan siten, että edellinen valukerros tai valulohko ehtii sitoutumaan ennen uutta valua. /5, s. 240/ Työsaumojen kohdat ja rakenteet pyritään esittämään rakennepiirustuksissa. Käytännössä betonityönjohtajan ja rakennesuunnittelijan on sovittava tavanomaisten työsauman ratkaisujen käytöstä. /5, s.199/



Kuva 6.36 Pesty työsauma, joka on suositeltava tapa vaativissa ympäristöolosuhteissa. Pestyä työsaumaa käytettäessä muistuttaa työsauman kohta homogeenista betonia. Sen säilyvyys- ja lujuusominaisuudet ovat huomattavasti muita työsaumatyyppejä paremmat. Pestyn työsauman vetolujuus kohtisuorassa saumaa vasten on jopa 70 % käytettävän betonin vetolujuudesta. Leikkausta se siirtää lähes homogeenisen betonin verran.

Kuva 2. Työsauman toteutus. /7, s.201/

3 TYÖMAATEKNIIKKA

3.1 Betonityönjohtajan rooli

Betonityönjohtaja johtaa rakennustyömaalla betonityön suoritusta. Betonityönjohtajan on oltava paikalla koko betonoinnin ajan. Hänellä tulee olla rakenne-luokan mukainen pätevyys. /7, 209./ Betonityönjohtaja valvoo rakenteiden valmistuksen aikana, että muoteista ja niiden tukirakenteista, raudoitustöistä, betonitöistä, betonielementtien asennuksista ja saumauksista, jännittämistöistä ja mittatarkkuuksista annettuja ohjeita noudatetaan ja että asiaankuuluvat muistiinpanot laaditaan. /3, 148./

Betonimassan laatua valvotaan betonin valmistuksen ja myös betonoinnin aikana. Betonimassan notkeutta ja tarvittaessa ilmapitoisuutta, sekä muita ominaisuuksia valvotaan sopivaa mittaustapaa käyttäen. Betonimassan notkeus ja lämpötila mitataan koekappaleita tehtäessä. /3, 148./

Betonin lujuudenkehitystä seurataan esimerkiksi lämpötilamittausten tai koe-kappaleiden avulla. Näitä menetelmiä käytetään suunnitelmien edellyttämän lujuuden varmistamiseen, sekä tarvittaessa muun muassa muottien purkamislujuuden, jäätymislujuuden ja jännitettyjen rakenteiden jännittämisajankohdan määrittämisessä. /3, 148./

Betonointisuunnitelma on tärkeä osa tuotannonsuunnittelua paikallavalukohteissa, sillä sitä käytetään betonityön eri vaiheissa tarkastuslistan omaisesti. Suunnitelma-osuus täytetään ennen betonointityön aloittamista ja pöytäkirjaosuutta täydennetään valun aikana ja sen jälkeen. Jokainen valu on erilainen ja jokaisesta valusta tuleekin tehdä oma betonointisuunnitelma. Betonointisuunnitelmassa tulee olla kohteen yleistiedot, betonin ominaisuudet, betonoinnin erityispiirteet, sekä tarvittaessa raudoitus- ja muottitarkastukset, mikäli niitä ei ole dokumentoitu eri lomakkeille. Jälkityöt tulee kirjata ylös betonointisuunnitelmaan. /7, 210./

3.2 Vesitiiviin betonoinnin esivalmistelut

Vesitiiviiseen valuun valmistautuessa pätevät samat säännöt kuin muissakin betonoinneissa, mutta rakenteen halkeilua aiheuttavat ilmiöt muodostuvat ensiarvoisen tärkeiksi. Betonointisuunnitelmaa tehtäessä on tärkeää ottaa huomioon vallitsevat sääolosuhteet ja suorittaa esivalmistelut olosuhteiden mukaisesti. Valettaessa betonia vasten, tulee ennen valua varmistua alustan puhtaudesta ja poistaa lumi ja jää valettavalta alueelta. Lisäksi talviolosuhteissa valettaessa on syytä myös varmistaa sauma- tai liittymäkohdan onnistuminen lämmittämällä. Mikäli työsaumoissa on suuria lämpötilaeroja valun alkaessa, voi hydrataation aikaansaama lämpö aiheuttaa pakkovoimia, jotka aiheuttavat halkeamia rakenteeseen.

3.3 Muotit ja niiden tukirakenteet

Jotta hankalilta ja riskialttiilta jälkipaikkauksilta säästytään, muottisiteiksi ja välikkeiksi tulee valita vesitiiviiseen rakenteeseen tarkoitetut mallit. Seinät valetaan alle 0,5 metriä paksuina kerroksina kiertäen ympäri tai päästä päähän kiertämällä. Betonointia ei saa muotissa nostaa nopeammin kuin 0,4 metriä tunnissa. Massan huolelliseen täryttämiseen on myös syytä kiinnittää huomiota. /8/

Tukirakenteiden vakavuuteen tulee vesitiiviissä valuissa kiinnittää erityistä huomiota. Mikäli muotti pääsee valun aikana pettämään, rakenteen lopullinen vesitiiviys voi olla menetetty. Lisäksi myös muottivälikkeiden tulee olla vesitiiviitä.

3.4 Betonin pumppaaminen

Betoni tulisi aina tilata raekooltaan mahdollisimman suurella kiviaineksella, mutta joissain tapauksissa betonin pumppaamisen onnistumisen takia on valittava pienemmällä raekoolla suhteutettu betonimassa. Varsinkin pitkiä pumppulinjoja käytettäessä betonimassa voi pumpatessa alkaa erottumaan, jolloin linjaan muodostuu kivipesä joka tukkii linjan. Lisäksi pumppaamisen aloittaminen voi olla erittäin hankalaa suurikivisillä massoilla, sillä kuivien letkujen sisäpinnat imevät itseensä

vettä ja runkoaines tukkii helposti pumppulinjan. Tästä syystä pumppulinjojen huolellinen voitelu ennen valun aloittamista on erityisen tärkeää.

Etenkin pakkas- ja suolarasitettuja rakenteita valettaessa betonin pumppaamisen kanssa tulee helposti ongelmia. Pakkas- ja suolarasitetuissa rakenteissa käytettävä P-lukubetoni on suhteitettu siten, että suurempien kivien määrä betonimassassa on suurempi ja filleriä sekä hienompaa kiviainesta on vähemmän, kuin muissa betoneissa. Kyseinen betoni muodostaa helposti kivipesiä pumppu-linjaan. Jotta säästytään pitkän pumppulinjan rakentamiselta, betonipumppu on saatava mahdollisimman lähelle valukohdetta. Betonipumppua tilatessa on hyvä kertoa pumppausurakoitsijalle betonimassan ominaisuudet, etenkin erikoismassoja käytettäessä.

3.5 Betonointi

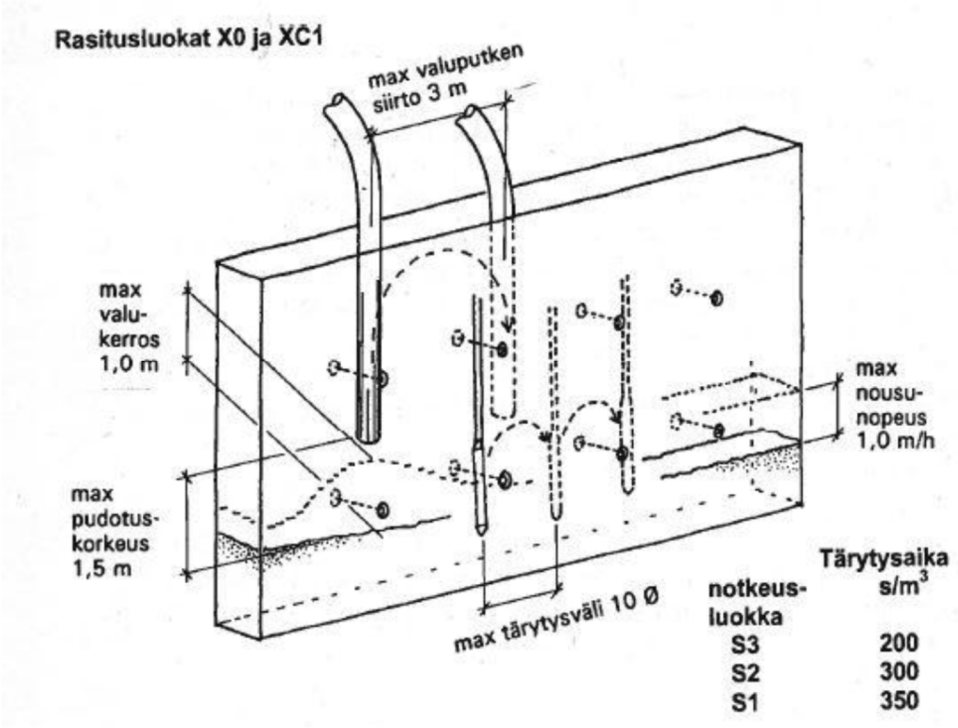
Betoni pyritään sijoittamaan muottiin siten, että se pysyy tasalaatuisena, täyttää muotin tasaisesti ja halutun paksuisena kerroksena ja että se liittyy saumattomasti muotissa jo ennestään olevaan tuoreeseen betonimassaan. Betonointi suoritetaan normaalisti maksimissaan 0,3…0,5 metrin kerroksina riippuen massan notkeudesta, rakenteesta, raudoituksesta ja betonille asetetuista vaatimuksista. /7, 317./

Betonimassa tulee sijoittaa suoraan lopulliselle paikalleen. Sen siirtämistä täryttimellä tulee välttää, sillä tällöin hieno kiviaines siirtyy sivuille ja karkea runko-aine jää pääosin paikoilleen, eli seurauksena on massan erottuminen. Betonimassa erottuu myös muun muassa iskeytyessään vinoa pintaa tai raudoitusta vasten. Lisäksi pumppulinjan pää tulee pitää pystysuorassa, jotta kiviaines ei pääse erottumaan. Varsinkin karkean runkoaineen erottuminen ja siitä aiheutuva ”kivipesien” ja onkaloiden muodostuminen on usein virheellisen käsittelyn seurausta. /7, 317./ Erottumisvaaran vuoksi on betonimassan vapaa pudotuskorkeus pidettävä mahdollisimman pienenä, korkeintaan 1…1,5 m. Erottumisriski kasvaa korkeita rakenteita valettaessa, joten korkeissa muoteissa on käytettävä valusuppiloita tai -sukkia massan

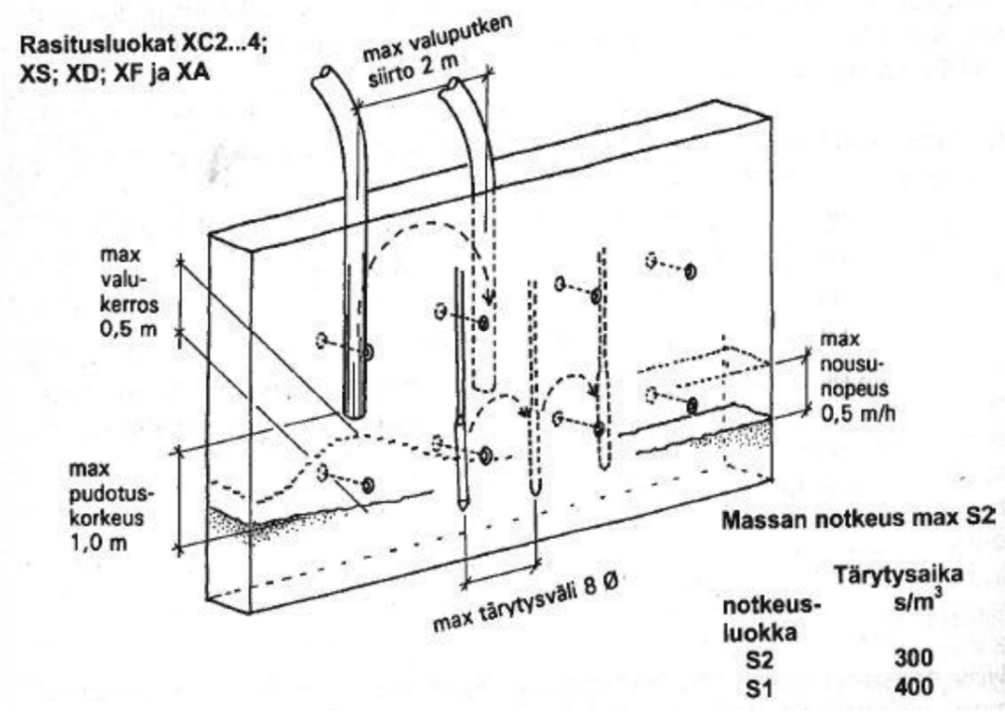
vapaan pudotuskorkeuden rajoittamiseksi. Joillakin erikoisbetoneilla, kuten itsetiivistyvällä betonilla voidaan käyttää korkeampaakin pudotuskorkeutta, kunhan toimivuus varmistetaan ennakkokokeilla. /7, 318./

Muotti täytetään vaakasuorina kerroksina alkaen muotin alimmasta kohdasta. Muottia täytettäessä huolehditaan siitä, että betonikerrokset säilyttävät suunnilleen suunnitellun paksuutensa. Tasainen valukerros varmistaa, että massa tulee aina tiivistettyä kokonaisuudessaan samalla tiivistysteholla. /7, 319./

Seinämäisten rakenteiden valuohjeet näkyvät eri rasitusluokilla kuvissa 4.1 ja 4.2. Jotta betonin tasainen jakautuminen muottiin varmistetaan, valuputkea ei saa siirtää liikaa kerralla. Tiivistysväli saa olla korkeintaan kymmenen kertaa täry-sauvan halkaisija rasitusluokilla X0 ja XC1 ja kahdeksan kertaa tärysauvan halkaisija muilla rasitusluokilla. Kuvissa on mainittu myös tiivistysajat eri notkeusluokille. Veteliä massoja käytettäessä tiivistyksen tarve lähes puolittuu jäykkiin massoihin verrattuna ja normaalitapauksissa itsetiivistyviä massoja ei tarvitse tiivistää lainkaan.



Kuva 3. Seinämäisen rakenteen valuohjeita eri rasitusluokissa./7, 328/



Kuva 4. Seinämäisen rakenteen valuohjeita eri rasitusluokissa. /7, 328/

3.6 Betonin tiivistäminen ja valunopeus

Betonin tiivistämisen tarkoituksena on saada betoni täyttämään muotit. Betonin täytyy ympäröidä raudoitus täydellisesti, poistaa massasta ylimääräinen ilma ja saada betonin kiviaineksen osaset hakeutumaan lähemmäksi toisiaan. Muottiin sijoitettu betoni tiivistetään huolellisesti ja järjestelmällisesti siten, että betonimassa tiivistyy kauttaaltaan ja jokainen uusi massakerros liittyy aikaisemmin valettuun betoniin. Täryttäessä betonimassa saadaan värähdysliikkeeseen, jonka vaikutuksesta massan sisäinen kitka pienenee ja massa muuttuu juoksevaksi ja tiivistyy painovoiman vaikutuksesta./7, 322./

Tiivistämisen tarve on voimakkaasti riippuvainen betonimassan notkeudesta. Notkeimmilla massoilla tiivistämisen tarve on luonnollisesti vähäisempi kuin jäykemmillä massoilla. Koetulosten perusteella notkeimmilla massoilla tärysauvan vaikutussäde on 20…30 % suurempi kuin plastisella massalla ja tärytysaikaa voidaan vähentää 50 %. Näin ollen notkeampien betonimassojen käyttö on perusteltua varsinkin rakenteissa, joissa on tiheä raudoitus tai paljon varauksia, eli käytännössä niissä tapauksissa kun tiivistäminen on hankalaa. Itsetiivistyviä betonimassoja ei tiivistetä normaalitilanteissa. /7, 323./

Tärysauvojen pistojen tulee jakaantua tasaisesti ja järjestelmällisesti koko betonoitavalle pinnalle. Pistojen keskinäinen etäisyys tulee olla 200…600 millimetriä, riippuen sauvan tehosta. Esimerkiksi 60 millimetrin halkaisijaltaan olevan sauvan pistoväli on 500 millimetriä ja 40 millimetrin sauvan 300 millimetriä. Tärytys ei saa tapahtua 1,5 metriä lähempänä ottorintausta. Lisäksi tärytin on pidettävä pystyasennossa. /7, 322./

Betonin tiivistyksen laiminlyönnistä voi olla seurauksena suuri huokoisuus, alentunut lujuus ja tiheys, ontelot ja kivipesät, huonontunut tiiviys ja säänkestävyys, epätasainen ja huokoinen pinta, heikentynyt tartunta terästen välillä ja työsaumoissa, sekä peräkkäin valettujen osien heikko liittyminen toisiinsa. /7, 323./

Itsetiivistyvää betonia käytettäessä betonointi helpottuu. Usein lopputuloksen kannalta ratkaiseva ja vaativa massan mekaaninen tiivistäminen jää kokonaan pois. Pois jäävät tällöin myös siihen liittyvät riskit, kuten suurten tiivistyshuokosten jääminen massaan tai epäpätevän tai huolimattoman tiivistyksen seurauksena syntyvä harvavalu. Itsetiivistyvää betonia käytettäessä työympäristö paranee oleellisesti, kun tärytysten aiheuttama melu jää kokonaan pois. Tiiviisti asutetuilla alueilla valuajankohdat voidaan valita tavallista vapaammin, sillä itsetiivistyvän betonin käyttö vähentää valussa syntyvää melua. Sähkö-katkot tai tiivistyskaluston viat eivät myöskään aiheuta häiriöitä valutyön aikana. /9, s99./

Vesitiiviitä teräsbetonirakenteita valettaessa suurin sallittu nousunopeus on ainoastaan 250 millimetriä tunnissa. Liian suurella nousunopeudella ja liian paksuina valukerroksina valettuun pystyrakenteeseen jää runsaasti tiiviyttä heikentäviä huokosia, sillä ylimääräinen ilma ei ehdi poistua betonimassasta tiivistyksen aikana. /15/

Betonoitaessa tapahtuu, etenkin notkeilla massoilla, veden erottumista. Tämä ajoittuu ensimmäisiin valun jälkeisiin tunteihin. Valunopeuden ollessa suuri, saattaa erottuva vesi jäädä suurten kivien ja vaakasuunnassa olevien terästankojen alle. Tästä aiheutuu kyseisiin kohtiin suuria huokosia ja jopa onkaloita, jotka voivat olla erittäin haitallisia rakenteen vesitiiviydelle. Veden erottumista seuraa betonimassan plastinen laskeutuminen, josta aiheutuu halkeilua kohtaan, jossa painuma on estetty, esimerkiksi harjaterästangon kohdalle. /7, 319./ Ennen betonin sitoutumista tapahtuvalla jälkitärytyksellä voidaan mahdolliset halkeamat ja onkalot saada sulkeutumaan. Laajoja pintoja valettaessa ei valun nousunopeus saa alittaa 0,1 metriä tunnissa, ettei valusaumoja pääse syntymään. Tarvittaessa valusaumojen syntymisen ehkäisemiseksi voidaan käyttää hidastettua betonimassaa. /7, 319./

3.7 Työsaumat ja läpiviennit

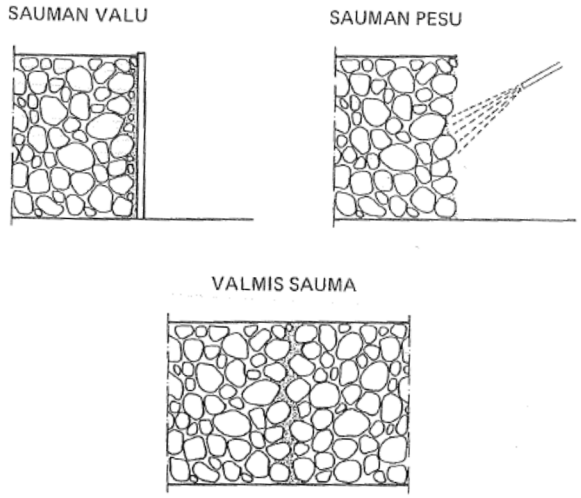
Työsaumoilla betonoitavat rakenteet saadaan jaettua useampaan osaan. Työsauma tehdään, kun betonointi lopetetaan siten, että edellinen valukerros tai -lohko ehtii jäykistyä ennen uutta valua. /7, s. 240./

1-luokan rakenteiden työsaumat tulee aina esittää piirustuksissa. Jos betonoinnin aikana joudutaan tekemään työsaumoja, joita ei ole esitetty piirustuksissa, tulisi asiasta neuvotella suunnittelijan kanssa, mihin kohtaa tämä voidaan sijoittaa. /3, s. 131./

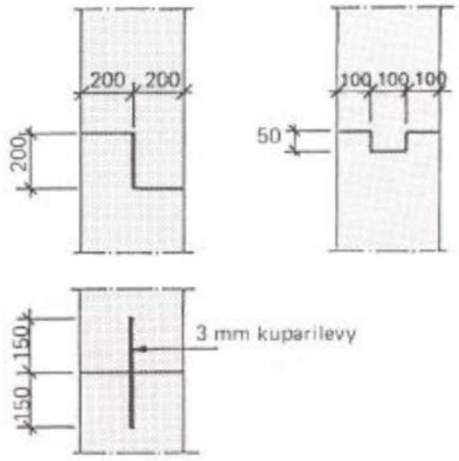
Työsauma on aina rakenteen heikoin kohta ja sen kohdalla oleva betoni on aina heikompaa kuin homogeeninen betoni. Vesitiiviissä rakenteissa on aina käytettävä pestyä työsaumaa, ellei käytetä teollisia työsaumatuotteita. Pesty työsauma, joka on

esitetty kuvassa 4.3, on työsaumoista lähimpänä homogeenistä betonia säilyvyydeltään ja lujuusominaisuuksiltaan. Pestyksi saumaksi lasketaan sauma, josta sementtiliimaa on pesty vähintään 2 - 5 mm pinnasta. /3 s. 131–132./

Tarpeen mukaan sauman lujuutta ja raudoituksen toimintaa parannetaan tartuntatangoilla saumakohdassa tai sauman tiiviyttä vaarnauksella ja tiivisteillä. /7, s. 241/

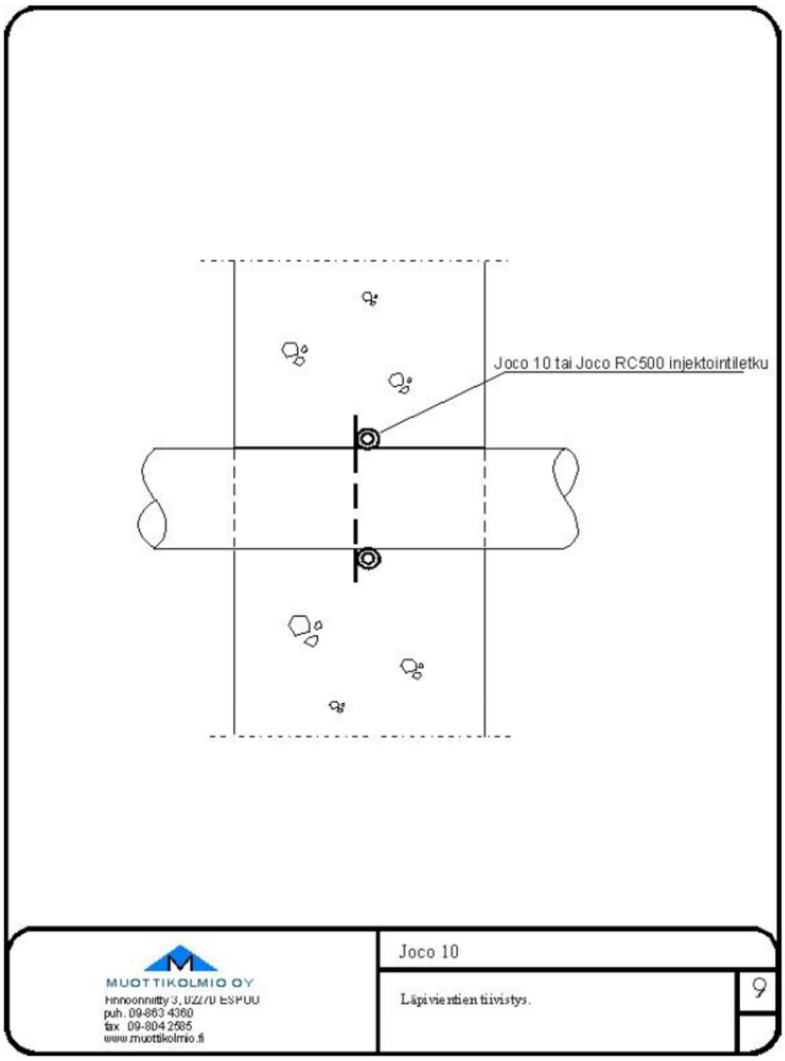


Kuva 5. Pesty työsauma, joka on suositeltava tapa vaativissa ympäristöolo-suhteissa /7, s. 242)/



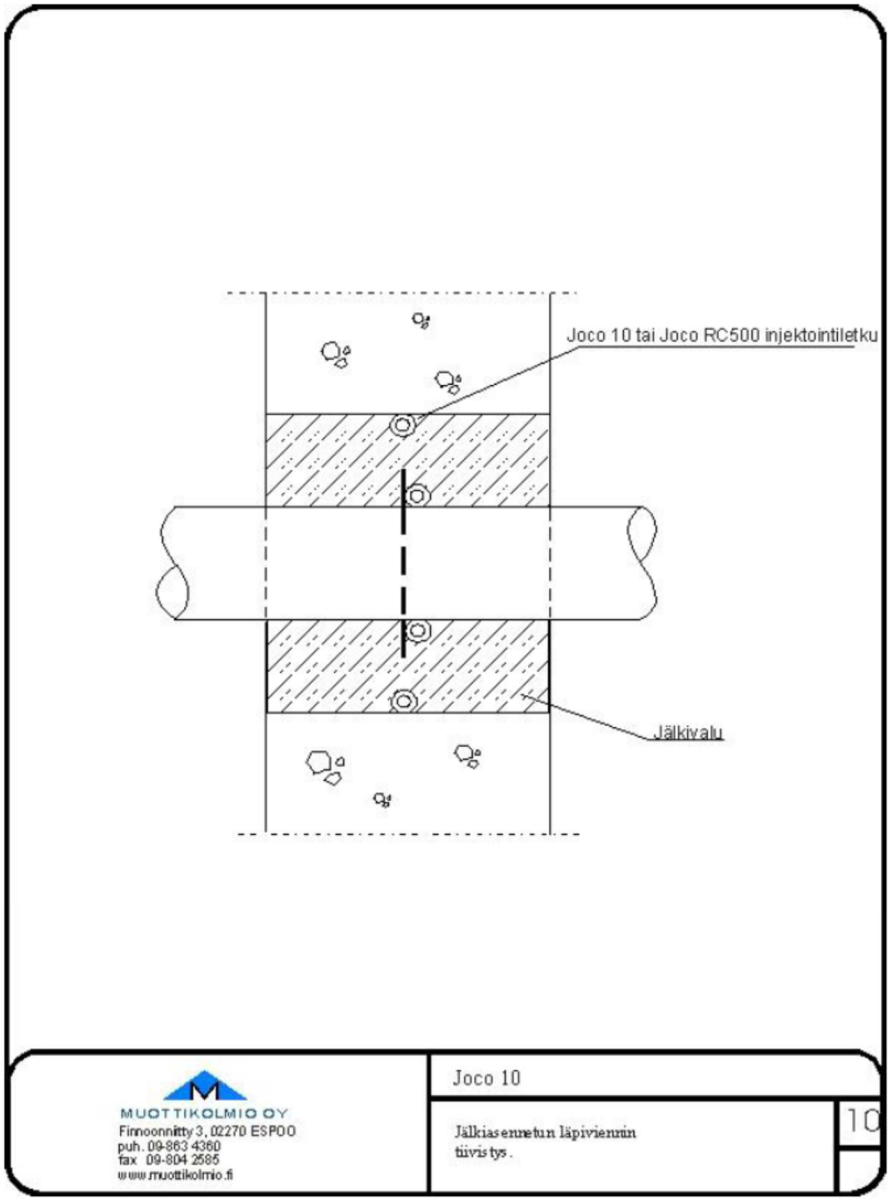
Kuva 6. Työsaumojen rakenteita.

Kuvassa 6 on esitetty yleisimpiä työsaumamuotoja. Levyä käytettäessä työsaumassa vesitiiviissä rakenteessa on levy yleensä ruostumatonta tai haponkestävää terästä. Tämä määräytyy sen mukaan millaiselle rasitukselle rakenne on altis. Suunnittelija päättää työsauman muodon. Yleensä vesitiiviissä rakenteissa työsaumaan asennetaan injektioletku tai bentoniittinauha. Näitä voidaan käyttää myös yhdessä. Injektointiletkulla ja bentoniittinauhalla varmistetaan rakenteen vedenpitävyys saumakohdassa. Vesitiiviiseen rakenteeseen tehtäessä läpivientejä ovat nämä riski rakenteen tiiveydelle. Tällaisen läpiviennin tekemiseen tuleekin kiinnittää erityistä huomiota. Läpivienti voidaan tehdä, joko ennen valua varauksena tai jälkiasennettuna. Ennen valua tehtävä varaus voidaan tehdä esimerkiksi muottia käyttämällä ja tämä muotti ympäröidään rakenteen keskeltä injektointiletkulla. Tämä voidaan tehdä myös monella muullakin tavalla, joita esimerkiksi suunnittelija on esittänyt tai jonkin toimittajan ohjeiden mukaan. Esimerkiksi kaivoissa käytettävillä läpivientilaipoilla saadaan aikaiseksi tiiviitä rakenteita. Kuvassa 7 on esitetty yksi esimerkki läpiviennin tiivistämisestä.



Kuva 7. Läpivienti asennettuna ennen valua (Muottikolmio Oy).

Valun jälkeen tehtävä läpivienti joudutaan timanttiporaamaan tai -sahaamaan hieman oikeaa läpivientiä isompana. Tällöin läpivienti voidaan esimerkiksi tiivistää laipalla ja massalla, tai massalla ja injektointiletkulla. Toimittajan ohjeita tulee noudattaa. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki valun jälkeen tehdyn läpiviennin tiivistämisestä. Injektointiletku asennetaan poratun tai sahatun aukon ympärille ja läpiviennin ympärille. Tämän jälkeen rakennetaan muotti, josta injektointiletkut on otettu läpi ja jälkivaletaan aukko vesitiiviillä massalla. Massan kovetuttua injektoidaan injektointiletkut.



Kuva 8. Valun jälkeen tehty läpivienti (Muottikolmio Oy).

Injektointiletku on letku, jota käytetään rakenteiden tiivistämiseen. Injektointiletku täytetään hartsilla betonin sitoutumisen jälkeen. Injektointiletku asennetaan toimittajan ohjeiden mukaan, yleensä kiinnikkeillä ja ruuveilla betoniin. Muottien päihin laitetaan syöttökartio, josta hartsia työnnetään paineella letkuun. Suuren paineen ansiosta letku päästää hartsia läpi sen mikroaukoista ympärille. Näin rakenteen kohta tiivistyy ja halkeamat ja huokoset täyttyvät. Injektointiletku asennetaan aina vedenpaineen puolelle.

Bentoniitti nauha on tiivistenauha, joka on bentoniitti täytteinen. Bentoniitti reagoi veden kanssa turpoamalla monikertaiseksi ja näin tiivistää rakennetta. Bentoniittinauha voidaan kiinnittää alustaansa ruuveilla.

Saumat ovat rakenteen laadun kannalta tärkeä toiminnallinen osa, mutta myös heikoin kohta. Virheet saumoissa voi pilata helposti muunkin rakenteen. Rakenteen saumojen suunnittelu ja toteutus vaativat täten huolellisuutta. /10, s.178./

Liikuntasauma sallii rakenteen liikkeet, kuten pitenemisen, lyhenemisen ja kiertymisen. Liikuntasaumasta rakenne on kokonaan poikki. Se tehdään aina sinne missä muuallakin rakennuksen rungossa on liikuntasauma. /7, s. 413./ Esivalmistettuja tuotteita käytettäessä liikuntasaumalla on kuormansiirtokykyä sauman toiselle puolelle, pyöräkuormituksen kestoa. Tällaisella saumalla on myös riittävästi aukeamavaraa aukeamissuunnassa ja liikevaraa sauman suuntaisesti. Oikein toteutettuna se vähentää myös käyristymistä. /11, s.178./ Saumaan tulevat rakenteet asennetaan, siten että ne ovat oikeassa korossa ja eivät pääse liikkumaan betonoinnin aikana. Betoni tulee tiivistää huolellisesti sauman ympäriltä ja tulee varmistua siitä, että betonia on tunkeutunut tartuntojen ympärille. Näin varmistetaan, että saumalla on kuormansiirtokykyä ja rakenne toimii. /11, s.178./ Vesitiiviissä rakenteissa liikuntasaumat tehdään valmistuotteita käyttäen. Näihin saumoihin löytyy tuotteita, joissa kumilla estetään veden siirtyminen rakenteeseen.

Kutistumasaumat tehdään sahaamalla tai valuvaiheessa muotteja käyttäen. Laajoissa valuissa suurin osa saumoista tehdään sahaamalla. Sahaussamoissa oikea-aikainen sahaus on erittäin tärkeää. Liian aikainen sahaus voi vaurioittaa sauman reunaa ja liian myöhäinen lisää halkeamien hallitsemattoman muodostumisen riskiä. Sahauksen ajankohta riippuu betonin laadusta, sementtityypistä ja kovettumisolosuhteista. Lämpötilan ollessa +18…20 astetta voidaan saumat sahata yleensä seuraavana päivänä valusta. Sahausajankohta vaihtelee kumminkin 8…36 tuntiin valusta. Varhaisjälkihoidolla hallitaan betonin kutistumaa ja halkeilua ennen sahausta. Sahaussyvyytenä voidaan pitää 30…35 % laatan paksuudesta. Sahauksen ollessa matalampi, saumojen välille saattaa syntyä halkeamia./11, s.178./

Sahausaumojen ollessa 8…9 metriä, tai enemmän toisistaan saumat voivat avautua niin paljon, että se ei enää pysty siirtämään kuormia. Tällöin tappivaarnat on sijoitettava suunnitelmien mukaisiin sahauskohtiin. /7, s. 413./ Kutistumissauma tehdään valuvaiheessa pusku- tai ponttisaumalla. Pusku-saumat varustetaan vaarnaraudoitteilla, jotka sijoitetaan laatan keskelle. Pontti-sauman pontti toimii kuormia siirtävänä rakenteena. Ponttisauma sallii laattojen liikkumisen toisistaan poispäin ja sauman suuntaisesti. /7, s. 413./

3.8 Jälkihoito

Jälkihoidon tarkoitus on suojata betoni liian nopealta kuivumiselta sen sitoutumisen alkuvaiheessa. Jälkihoidolla on suuri merkitys rakenteen laatuvaatimusten täyttymiselle. Muuten hyvin suoritettu betonointi voidaan pilata puutteellisella jälkihoidolla. /11, s. 166–167./

Varhaisjälkihoito on tarpeen erityisesti tuulisilla, lämpimillä ja avarilla alueilla. Betonipinnan liian nopea kuivuminen johtaa sen voimakkaaseen plastiseen kutistumiseen, joka voi olla jopa kymmenenkertainen kuivumiskutistumiseen verrattuna.

Jälkihoidon merkitys korostuu erityisesti, kun
– tuore valupinta on jo luonnostaan kuivahkoa
– täytetään lämmintä massaa
– ilman suhteellinen kosteus on alhainen (lämmitys on kuivaava tekijä)
– tuuletus tehostaa kuivumista, jo pienikin ilmavirtaus on vaikuttava tekijä
– massa sitoutuu hitaasti. /11, s. 166, 168./

Jälkihoitoaineen käyttö suositeltavaa kun valettava alue on hyvin laaja ja muovien tai mattojen käyttö on hankalaa tai jopa mahdotonta. Jälkihoitoainetta käytettäessä on noudatettava toimittajan ohjeita. /11, s. 169./ Jälkihoitoa jatketaan, kunnes betoni on saavuttanut vähintään 70 % nimellislujuudestaan. /8/

4 VIITEKOHTEEN TOTEUTUS

Jouppilanvuoren vesisäiliö on laajennusosa vanhalle vuonna 1972 valmistuneelle pyöreälle vesisäiliölle.

Kohteen pääurakoitsijana toimi Rakennus-Yliselä Oy, joka toteutti kohteen kokonaisurakkana, sisältäen putkisto- ja sähkötyöt. Putkiston aliurakoitsijana toimi Solid Water Oy ja sähköurakoitsijana Syspoint Oy.

4.1 Säiliön rakenteet

Uusi vesisäiliö rakennettiin kiinni vanhaan säiliöön, mutta säiliötä ei kuitenkaan otettu kiinni rakenteellisesti toisiinsa, vaan väliin jäi niin sanottu laakeri, joka oli 170mm kovavilla.
Rakennuksen haastetta lisäsi 3500m^3 louhinta, joka toteutettiin tarkkuuslouhintana, sillä lähellä sijaitsee strategisesti tärkeitä kohteita, sekä toiminnassa oleva puhdasvesisäiliö. Korkeimmalta kohdalta kalliota louhittiin 4,5m.
Säiliön pohjalaatta on 350mm vahva. Pohjalaatta kallisti pumppusyvennyksiin päin ja pohjan kokonaiskaato oli 500mm.

Jouppilanvuoren alavesisäiliön tilavuus on 5000m3 ja pohjan pinta-ala 1100m2. Säiliö koostuu 350mm vahvasta teräsbetonisesta pohjalaatasta, sekä 400mm vahvoista paikallavaletuista teräsbetoniseinistä. Säiliön katto on 200mm vahvoista ontelolaatoista.

Pohjalaatta valettiin kolmessa osassa ja jokaiseen väliin jätettiin 1m levyinen kutistumiskaista, joka valettiin noin 1kk kuluttua umpeen kutistumattomalla betonilla. Pohjalaatan pääraudoituksena oli 12mm harjateräs #100mm molemmissa pinnoissa. Pohjalaattaan asennettiin myös tartunnat seinäraudoitukselle 20mm harjateräs k100mm molempiin pintoihin. Pohjan betonimassana käytettiin C35/45-1, VESITIIVIS massaa jonka rasitusluokat olivat, XC3,XC4, XF3.

Seinän betonirakenne oli 400mm vahva ja 5,4-6,0 metriä korkea. Seinien muottina käytettiin Doka Oy:n Framax xlife järjestelmämuotteja, jotka ovat muovipinnoitettua erikoivaneria. Seinien raudoituksen käytettiin 12mm harjaterästä #100mm. Seinien valut suoritettiin kolmessa erässä. Seinissä oli lisäksi kaksi liikuntasaumaa, jotka toteutettiin valun työsaumojen yhteyteen.

Säiliön katto toteutettiin elementtirakenteisena pilarein, palkein ja ontelolaatoin. Säiliön katon rakenne on altapäin luettuna seuraava:

– Ontelolaatta 200mm
– Vesieristys
– Salaojamatto
– 70mm uretaani-eriste
– Suodatinkangas
– 70mm säänkestävä betonilaatta

Altaan seinien ulkopuolelle tehtiin maapenkereet.

4.2 Muottityöt

Ennen betonitöiden aloittamista tehtiin betonityösuunnitelma ja suunnitelma betonirakenteiden kelpoisuuden toteamiseksi. Suunnitelma hyväksytettiin valvojalla.

Opinnäytetyön kohteena olleella vesisäiliötyömaalla käytettiin muotteina Doka Oy:n Framax Xlife järjestelmämuottia, jotka ovat muovipinnoitettua erikoivaneria. Framax Xlife on järjestelmämuotti, joka saavuttaa järjestelmällisen 15-cm-rasterin vain muutamalla elementillä, joko pysty- tai vaaka-asennossa. Kaikki liitosvälineet ja lisätarvikkeet sopeutuvat saumattomasti rasteriin, joka tekee siitä erittäin nopean ja taloudellisen tavan tehdä muotituksia. /Doka Oy/

Kuva 9. Muotti valmiina ja työtasojen asennus on käynnissä.

Muotit on kasattu kahdesta 1350 leveästä palasta joiden korkeudet ovat 2700mm ja 3300 mm joten muotin kokonaiskorkeudeksi tuli tasan 6000mm.

Koska vesisäiliön muoto on kaareva, ulkokaari r36000 ja sisäkaari r18000, täytyi jokaisen muotin pystysaumaan 1350mm välein tehdä kiilapala, jolla saatiin aikaan kaareva muoto. Ulkokaarella muotit sidottiin toisiinsa kiinni vesitiiviillä välikkeillä, jotka sijoitettiin jokaiseen muottisaumaan, 6kpl/sauma.

Sisäkaaren muottia ei saanut ottaa kiinni vanhaan rakenteeseen, jota vasten uusi säiliö valettiin, joten käytimme kohteessa Doka Oy:n 6000mm korkeaa vastavalupukkia. Vastavalupukkia varten pohjalaattaan asennettiin jo valuvaiheessa vetoankkurit pukkia varten. Vetoankkureilla saatiin muotin alapää pysymään paikoillaan. Vetotankoja tuli 2kpl/vastavalupukin jalka.

Kuva 10. Vetotankoja asennettuna ennen pohjalaatan valua.

Kuva 11. Vastavalupukit asennettuna.

Vastavalupukkien kasaaminen ja asentaminen osoittautui melko haasteelliseksi, mutta siitä selvittiin ammattitaitoisten muottimiestemme ansiosta. Vastavalupukit ovat harvinaisia näin korkeissa seinissä.

Doka Oy ei ollut ennen toimittanut Suomeen näin korkeita vastavalupukkeja näin vahvalle seinälle (400mm). Doka Oy:n päämuottisuunnittelija kävi tarkastamassa muotityön ennen valua varmistaakseen oikean asennustavan.
Muottityö tehtiin kolmessa osassa, joten kerran kasattuja muotteja voitiin käyttää uudelleen putsaus ja hoitotoimenpiteiden jälkeen, tällöin saimme nopeutettua muottikiertoa.
Muottitöissä oleellista onnistumisen suhteen oli oikean kokoinen työryhmä. Kohteessamme työryhmä oli RAM 2 + RM 2. Lisäksi oli autonosturi, sekä henkilönostimet, jotka takasivat turvallisen liikkumisen muotin yläpäähän.
Vaativissa muottitöissä on erityisen tärkeää tehdä huolellinen työnsuunnittelu. Huolellisella työnsuunnittelulla saadaan aikaan merkittäviä ajallisia säästöjä, jotka tätä kautta heijastuvat myös taloudelliseksi säästöksi.
Muottityön suunnitellussa oli ensiarvoisen tärkeää ottaa huomioon millainen nostokalusto työmaalle hankitaan. Nostokalusto tulee olla sekä riittävä, että kustannustehokas. Nostokalustona kohteessa oli Terex 50t autonosturi, jonka ulottuma ja nostokyky oli juuri sopiva tälle työmaalle.

4.3 Raudoitustyöt

Kohteen raudoitustyöt toteutettiin pääurakoitsijan omilla raudoittajilla, joita työmaalla työskenteli parhaimmillaan 6 työntekijää. Raudoitteet toteutettiin sekä irtopiiskoina, että verkkoina. Lisäksi työmaalla käytettiin valmiiksi taivutettuja raudoitteita. Raudoitteiden sitomiseen käytettiin normaalia sidelankaa, sitomakoneita, sekä hitsausta. Hitsaus osoittautui parhaaksi tavaksi, etenkin seinien verkkoraudoitteissa, sillä painoa kertyi yhdelle verkolle yli 200kg.
Raudoitteiden tulee pysyä paikallaan ennen valua ja valun aikana, joten teräkset tuli sitoa ja tukea hyvin. Kohteeseen meni harjaterästä noin 140 tonnia erimuodoissa. Kohteen suunniteltu käyttöikä on 100 vuotta, joten raudoituksen suojaetäisyys altaassa on 40mm ja maata vasten valettaessa 50mm

RAUDOITUS: HARJATERÄS A500HW, VERKOT B500K
JATKOSPITUUDET:
T10 jp. > 600mm
T12 jp. > 800mm
T16 jp. > 1000mm
T20 jp. > 1200mm
T25 jp. > 1500mm
VERKKOJEN LIMITYS VÄHINTÄÄN 2 SILMÄVÄLIÄ

4.3.1 Pohjalaatan raudoitustyöt

Pohjalaatan raudoitustyöt aloitettiin työterästen kiinnittämisellä 50mm työbetoniin. Työteräkset ovat aputeräksiä, joihin kiinnitetään varsinaiset pääraudoitteet, sekä seinien tartuntateräkset.
Pohjan perusraudoitus oli määrätty asiakirjoissa 12mm teräkset 100mm välein molempiin suuntiin, molemmissa pinnoissa.
Ulkokehää kiersivät u-hakaset 20mm 200mm välein. Pohjalaattaan asennettiin myös seinien tartuntateräkset 20mm, jotka olivat seinän ulkopinnassa 3000mm ja laattaan 2000mm k100 ja sisäpinnassa 2000mm ja laattaa 600mm.
Kohteessa päädyttiin pääraudoitukset tekemään verkoilla, jolloin ongelmaksi muodostui pyöreän muodon johdosta verkkojen välien raudoittaminen. Ongelma ratkaistiin raudoittamalla kiilavälit irtoteräksillä.

Kuva 12. pohjalaatan verkkoraudoitus

Kuva 13. pohjalaatan pintaverkkoa

Raudoitustöissä käytettiin myös autonosturia, sillä verkkojen paino muodostui ongelmaksi. Yhden verkon paino oli n.200kg/kpl.

4.3.2 Seinien raudoitustyöt

Kohteen seinien raudoitustyöt toteutettiin määrämittaisilla teräsverkoilla #12 k100, jotka asennettiin paikoilleen autonosturilla ja kiinnitettiin sekä sitomalla, että hitsaamalla. Tämä osoittautui todella nopeaksi ja toimivaksi ratkaisuksi isoilla ja kaarevilla pinnoilla, joissa työtilaa ei ollut kovinkaan paljon.
Altaan nurkkaraudoitukset ovat aina vaativia ja paljon aikaa ja materiaalia vieviä vaiheita. Nurkkiin tuli ns. allasraudoitus, jossa ulkopinnan teräset viedään nurkassa toisen seinän sisäpintaan ja päivänvastoin.

Kuva 14. seinän nurkkaraudoitus ja injektioletkun kotelo.

Seinien raudoittamisessa täytyy muistaa suojaetäisyyksien täyttyminen. Koska kyseessä oli juomavesisäiliö, niin liian pieni suojaetäisyys aiheuttaisi nopeasti betoniterästen ruostumisen ja samalla talousveden laadun vaarantumisen.

4.4 Betonointi

Ennen betonitöiden aloittamista tehtiin betonityösuunnitelma ja suunnitelma betonirakenteiden kelpoisuuden toteamiseksi tehtävien koekappaleiden ottamiseksi. Suunnitelma hyväksytettiin valvojalla. Vesitiiviin betonin vesitiiveys ja lujuus on osoitettava ennakkokokeilla voimassa olevan betoninormin mukaan.

Kohteessa vaadittiin 1-luokan betonityönjohtajan pätevyyttä, koska rakenne oli vaativa, sekä betonin käyttöiäksi oli määritelty 100 vuotta. 1-Luokan betonityönjohtaja oli paikalla kaikkien betonointi kertojen ajan, sekä hoiti kohteen jälkiseurannan vastaten betonoinnin kokonaisvaltaisesta onnistumisesta kohteessa.

Valun nosto nopeudeksi muottitoimittaja Doka Oy:n muottisuunnittelija oli ilmoittanut enintään 500mm/h. Vesitiiviissä betonoinnissa suurin mahdollinen nousunopeus on 250 mm/h jota pyrimme valuissa noudattamaan.

Betonimassan laaduksi suunnittelija oli määritellyt seuraavan massan:
ALTAAN BETONIRAKENTEET:
BETONI: C35/45-1, VESITIIVIS
RASITUSLUOKAT: XC3, XC4, XF3
SUOJABETONIPEITE: 40mm, MAATA VASTEN VALETTAESSA 50mm
SALLITTU MITTAPOIKKEAMA: +/-10mm
Altaan rakenteiden suunniteltu käyttöikä oli 100 vuotta.

Jokaisesta betonoinnista laadittiin erillinen betonointipöytäkirja (liite1) johon kirjattiin kaikki valunaikana tapahtuneet toimenpiteet.

4.4.1 Pohjalaatan betonointi

Pohjalaatan betonointi suoritettiin kolmessa eri lohkossa. Jokaisen lohkon väliin jätettiin yhden metrin kutistumissauma, joka valettiin kiinni kuukauden kuluttua valuista. Valutyö teetettiin aliurakoitsijalla, jonka tehtäviin kuului massan levitys ja pinnan tasaus, sekä pinnan hierto koneellisesti. Valualueet olivat noin 300m2 kpl ja

betonimassaa meni noin 105m3. Massa pumpattiin kahtena kerroksena, jolloin vibraaminen onnistui huomattavasti tehokkaammin ja massan painuminen voitiin eliminoida. Pohjalaatan kutistumissaumat valettiin noin kuukauden kuluttua varsinaisen pohjalaatan valusta.

Kuva 15. Pohjalaatan betonointi.

4.4.2 Seinien betonointi

Seinien betonointi suoritettiin kolmessa osassa. Valusaumat jaoteltiin altaan liikuntasaumojen mukaan, jolloin vältyttiin varsinaisilta työsaumoilta. Seinien valunopeus oli noin 25cm tunnissa, jolloin yhden lohkon valuajaksi muodostui noin 20 tuntia. Valu suoritettiin kahdessa vuorossa, jolloin yhden työryhmän ajaksi tuli noin 10 tuntia. Yhden valun koko oli noin 140m2. Seinien betonointi tehtiin 38 metrin puomilla varustettua pumppuautoa käyttämällä.

Kuva 16. Seinien betonointi käynnissä.

Betonimassa tiivistämiseen seinävaluissa käytettiin 42mm tärysauvoja joita oli neljä kappaletta, sekä vara sauvat. Näin isoissa seinävaluissa on hyvä varata useampi vara vibra, sillä sauvat voivat rikkoutua tai jäädä kiinni raudoituksiin. Esimerkkikohteessa menetettiin yksi vibra, joka jäi nurkkaraudoituksien väliin. Laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi ei työmaalla saa olla kiire ja työvoimaa täytyy olla riittävästi, sillä varsinkin valun alkuvaiheessa betonin täryttäminen on raskasta työtä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vaativien betonivalujen toteuttamisessa työnsuunnittelu on avainasemassa. Työn laadulliseen lopputulokseen vaikuttavat monet seikat. Yksi suurimmista valuun vaikuttavista tekijöistä on betonimassan koostumus, sekä jälkihoito. Hyvän laadun saavuttamiseksi myös suunnittelijoilla tulisi olla osaamista ja ymmärrystä betonivalujen toteuttamisesta. Sanonta: ”hyvin suunniteltu on puoliksi tehty” pätee myös vaativissa betonivaluissa.

Muottitöistä voidaan tulla siihen johtopäätökseen, että muottisuunnittelun rooli on merkittävä isoissa ja monimutkaisissa valuissa. Muottisuunnitteluun kannattaa panostaa kunnolla, sillä se tuo merkittäviä kustannussäästöjä ja selvää ajallista säästöä. Mikäli muottisuunnitelma on puutteellinen tai muuten huonosti laadittu, se vaikeuttaa työmaan toimintaa ja täten aiheuttaa tarpeettomia kuluja. Muottikaluston vuokra on neliöhintapohjainen, joten kokonaishintaan voidaan vaikuttaa nopealla muottikierrolla, sekä muotin käytettävyydellä. Esimerkkikohteessa neliöhintaa tärkeämmäksi osoittautui muotin soveltuvuus kohteeseen. Muut muottitoimittajat eivät pystyneet toimittamaan sopivia ja samalla kustannustehokkaita muotteja kohteeseen.

Raudoitustöiden osalta voidaan tulla sellaiseen johtopäätökseen, että mitä enemmän tehdään esivalmistettuja raudoitteita valmiiksi jo tehtaalla, sitä parempi on lopputulos. Esimerkki kohteessa pohjalaatan ja seinien raudoitukseen käytettiin teräsbetoniverkkoja, jotka olivat toki nopeita asentaa, mutta melko hankalia käsitellä työmaalla. Verkkojen käsittely vaati nosturia, joten nostotöihin meni suunniteltua enemmän nosturitunteja. Toisaalta taas raudoittajan tunnit vähenivät huomattavasti, joten lopputulos oli vain hieman kalliimpi kustannuksiltaan. Mikä nosturitöissä menetettiin, saatiin se takaisin aikataulun nopeutumisena. Muita raudoitteita työmaalle toimitettiin valmiiksi taivutettuina, tämä osoittautui onnistuneeksi ratkaisuksi.
Valutöiden osalta voidaan tulla siihen johtopäätökseen, että suurissa laattavaluissa kannattaa käyttää alihankkijaa, jolla on kokemusta sekä asianmukainen ja nykyai-

kainen kalusto, jolla isojenkin alojen valaminen onnistuu kerralla. Seinävalut suoritettiin urakoitsijan omilla työmiehillä. Ammattitaitoinen ja motivoitunut betonointityökunta on vesitiiveyttä vaativissa seinävaluissa erityisen tärkeä. Mikäli joku betonitäryttäjistä ei tee työtään kunnolla, menee koko valu pilalle yhden virheen takia.

6 TULOKSET

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin esimerkkikohteen onnistumisia ja kehittämiskohteita työmaan toteutukseen liittyen.
Alla olevissa taulukoissa 10-16 on esitetty työmaan onnistumiset ja kehittämiskohteet esimerkkikohteessa tehtyjen havaintojen perusteella.

Taulukko 10. Työmenetelmät

Onnistumiset	Kehitettävää
+Raudoitteiden esivalmistus +Raudoitteiden asennus hitsaamalla +Muotien asentaminen kaarevaan muotoon.	-Raudoiteverkkojen käyttö kaarevassa rakenteessa.

Taulukko 11. Hankinnat

Onnistumiset	Kehitettävää
+Raudoitteiden hankinta isoina määrinä toi kustannussäästöä laskentaan nähden. +Betonimassan kilpailuttaminen toi merkittävän kustannussäästö laskentaan nähden.	-Alihankintojen kilpailuttaminen ajoissa. -Isossa kohteessa alihankinnat mahdollisia myös kauempaa. -Hankintojen oikea aikaisuus. -Pientarvikkeet monelta toimittajalta.

Taulukko 13. Kalusto

Onnistumiset	Kehitettävää
+Nostimet muottityössä, lisää turvallisuutta ja työtehoa. +Muottikalusto, hyvä ja kustannustehokas +Betonointi kalusto oli oikean kokoinen.	-Raudan katkaisu ja taivutus kalusto. -Painavien raudoitteiden käsittely -Nostureiden täysipäiväinen hyödyntäminen.

Taulukko 14. Työmaajärjestelyt

Onnistumiset	Kehitettävää
+Työmaatilat. +Työmaan kulkutiet. +Nosturin sijoittelu.	-Varastointi alueet, tontti ahdas. -Varastointi kontit, liian vähän. -Koneiden ja laitteiden varastointi ja suojaus.

Taulukko 15. Työmaan ohjaus

Onnistumiset	Kehitettävää
+Työmaan yleisjohto +Työmaan sujuvuus. +Alihankkijoiden oikea aikaisuus.	-Työaikataulussa pysyminen. -Työmaan muutoksien kirjaaminen. -Lisä- ja muutostöiden kirjaaminen. -Oikeanlaisen työvoiman hankinta.

Taulukko 16. Yhteistyö, suunnittelijat, rakennuttaja, valvoja.

Onnistumiset	Kehitettävää
+Valvoja, ymmärsi kohteen vaativuuden ja suhtautui kohteeseen kaikella vakavuudella, mutta asiallisesti. +Rakennuttaja ymmärsi hankkeen tärkeyden, joten aikataulu ei mennyt edelle laadun kustannuksella.	-Rakennesuunnittelijoiden käsitys työmaan kulusta.

Yhteenvetona kohteen tuloksista voidaan todeta, että työmaa meni odotettua paremmin sekä taloudellisesti että työmäärällisesti. Esimerkkityömaasta saatiin paljon oppia tulevia kohteita silmälläpitäen. Näin vaativan kohteen onnistunut toteutus antaa rohkeutta ja itseluottamusta tarjota haastavia betonirakennekohteita myös tulevaisuudessa.

LÄHTEET

/1/ InfraRYL, 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Helsinki.

/2/ Betonirakenteiden pinnat BY40, 2003 Suomen Betoniyhdistys r.y. 20, 22-23, 31, 36-37.

/3/ Betoninormit BY50, 2012 Suomen Betoniyhdistys r.y. 118-119, 131-132, 148

/4/ By 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus 2008.
Suomen Betoniyhdistys r.y

/5/ By 201 Betonitekniikan oppikirja, 2005 Suomen Betoniyhdistys r.y. 199, 240

/6/ SFS-EN 1992-3 Eurokoodi 2. Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 3: Nestesäiliöt ja siilot

/7/ By 201 Betonitekniikan oppikirja, 2004 Suomen Betoniyhdistys r.y. 201, 209-210, 240-242, 317-319, 322-323, 328, 413

/8/ Betoniset säiliörakenteet Söderlund Klaus 2004. Viitattu 16.11.2015

/9/ ITB Itsetiivistyvä betoni, 2004 Suomen Betonitieto Oy. 99.

/10/ Betonilattiat BY40, 2014 Suomen Betoniyhdistys r.y. 178.

/11/ Betonilattiat BY45, 2014 Suomen Betoniyhdistys r.y. 166-169, 178

/12/ Muottikolmio Oy. http://www.muottikolmio.fi/tuotteet/joco.htm. Viitattu 2.1.2016

/13/ http://www.eurocodes.fi/1992/paasivu1992/sahkoinen1992/Leaflet_2_Betonirakenteiden_suunnitteluperusteet.pdf.

/14/ Tiiviysluokitus Eurokoodin mukaan [SFS-EN 1992-3 taulukko 7.105]

/15/ Betonityömaaohje. Työmaan aloituskokouksen valmisbetonin toimitussuunnitelma. Rakennustuoteteollisuus RTT ry. Valmisbetonijaos. Verkkojulkaisu pdf (www.rudus.fi/aineistot/ohjeet)