



Petri Hämäläinen

Vesitiiviin jätevesiallasseinän rakentaminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Infra

Rakennusmestarityö

30.8.2023

Tiivistelmä

| | |
|-------------------------|--|
| Tekijä: | Petri Hämäläinen |
| Otsikko: | Vesitiiviin jätevesiallasseinän rakentaminen |
| Sivumäärä: | 27 sivua |
| Aika: | 30.8.2023 |
| Tutkinto: | Rakennusmestari (AMK) |
| Tutkinto-ohjelma: | Rakennusalan työnjohtaja |
| Suuntautumisvaihtoehto: | Infra |
| Ohjaajat: | Toimitusjohtaja, Mikko Jauho Lehtori, Anu Ilander |

Opinnäytetyö laadittiin toimeksiantona SSW-Infra Oy:lle. Tässä työssä pyrittiin kuvaamaan teräsbetonista paikallavaluna tehtävän vesitiiviin jätevesiallasseinän rakentamista. Tarkoituksena oli laatia kooste, jossa kuvataan vesitiiviin betoniseinän rakentamista ja onnistumisen edellytyksiä.

Teoria-aineistoa kerättiin alan lähdekirjallisuudesta ja kirjoittajan sekä toimeksiantajan omista käytännön kokemuksista. Lisäksi tehtiin haastatteluita alan osaajilta.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi tiivistetty teoria vesitiiviin betoniseinän rakentamisesta. Opinnäytettä voi käyttää soveltaen apuna vesitiivistä betoniseinää rakennettaessa.

Avainsanat: vesitiivis betonointi, paikallavalu, teräsbetonointi

Abstract

Author: Petri Hämäläinen
Title: Construction of Waterproof Wastewater Wall
Number of Pages: 27 pages
Date: 30 August 2023

Degree: Bachelor of Construction Management
Degree Programme: Construction Site Management
Specialisation option: Infrastructure
Instructors: Managing director, Mikko Jauho
Senior Lecturer, Anu Ilander

The thesis was conducted as an assignment for SSW-Infra Oy. The aim of the graduate study was to describe the construction of a waterproof wastewater wall made of reinforced concrete. The aim was to compile a description of the construction of a waterproof concrete wall and describe the prerequisites for a successful outcome.

Theoretical material has been collected from the source literature and from the author's and client's own practical experiences. In addition, interviews have been conducted with experts in the field.

As a result of the thesis, a condensed theory of the construction of a waterproof concrete wall was drawn up. The thesis can be utilised when building a waterproof concrete wall.

Keywords: waterproof concrete, reinforced concrete

Sisällys

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Johdanto | 1 |
| 2 | Jätevedenpumppaamo | 2 |
| 2.1 | Jätevedenpumppaamon tarve | 2 |
| 2.2 | Jätevedenpumppaamon tarkoitus | 2 |
| 3 | Betonointi | 4 |
| 3.1 | Betoni rakennusmateriaalina | 4 |
| 3.2 | Kiviaines | 5 |
| 3.3 | Sementti | 5 |
| 3.4 | Vesi | 6 |
| 3.5 | Vesitiivis teräsbetoni | 6 |
| 3.6 | Vesitiiviin betonin laadunvalvonta | 9 |
| 4 | Paikallavalurakentaminen | 10 |
| 4.1 | Muotit | 10 |
| 4.2 | Järjestelmämuotit | 11 |
| 4.3 | Rakennustelineet | 13 |
| 4.4 | Seinämuottijärjestys | 13 |
| 4.5 | Läpiviennit ja varaukset | 14 |
| 4.6 | Betonin siirto muottiin | 15 |
| 4.7 | Valmis betonipinta | 16 |
| 4.8 | Halkeamat | 18 |
| 4.8.1 | Plastinen halkeilu | 18 |
| 4.8.2 | Lämpötilaerot | 19 |
| 4.8.3 | Halkeamien korjaaminen | 20 |
| 4.8.4 | Halkeamien injektointi käytännössä | 21 |
| 5 | Betonityönjohtaja | 22 |
| 6 | Omat kokemusperäiset havainnot vesitiiviin betoniseinän rakentamisesta | 23 |
| 7 | Yhteenveto ja johtopäätökset | 24 |

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on laatia ytimekäs kooste vesitiiviin paikalla valetun teräsbetoniseinän tekemiseen. Kun yhdessä toimeksiantajan SSW-Infra Oy:n edustajien kanssa etsimme kirjallisuutta ja työohjeita aiheesta, totesimme että parhaiten tietoa vesitiiviin betonoinnin tekemisestä löytyy alan kirjallisuudesta erityisesti betonin laatuun liittyen ja eri rakennuskohteiden työselostuksista.

Opinnäytetyössä kuvataan vesitiiviin paikallavaluseinän rakentamista erityisesti laitosrakentamisen näkökulmasta. Erilaisten laitosten rakenteiden, kuten jätevesipumppaamoiden imualtaiden tulee olla laadukkaasti ja oikeaoppisesti rakennettuja, jotta altaan seinän- ja pohjan vedenläpäisy on estetty. Tällöin tavoitteena on rakentaa mahdollisimman vesitiivis ja kestävä betonirakenne. Vesitiiviit allasrakenteet ovat tärkeä elementti jätevedenpumppaamoissa. Vesitiiveyden myötävaikutuksena pumppaamot ja niiden pumppaamoprosessit toimivat suunnitellusti ja ympäristöön ei pääse haitallisia jätevettä tai muita haitallisia aineita.

Tässä työssä kuvataan betonin ominaisuuksia, raudoituksen ja betonin yhteensopivuutta ja teräsbetonin paikallavalutyön tukitoimia.

Tämä opinnäytetyö keskittyy tarkastelemaan asioita erityisesti jätevesipumppaamoiden rakentamisen näkökulmasta, mutta monet asiat voidaan yhtä hyvin linkittää mihin tahansa vesitiiviin teräsbetoniseinän rakentamiseen.

Tässä opinnäytetyössä ei käsitellä talvibetonointia. Myös valusaumat sekä pohjalaatan ja betoniseinän liittyminen toisiinsa on rajattu tässä työssä pois. Jätevesilaitoksen prosessitoimintaan ei syvennyttä, mutta sitä sivutaan tekstissä.

2 Jätevedenpumppaamo

2.1 Jätevedenpumppaamon tarve

Jätevedenpumppaamoita on pelkästään pääkaupunkiseudulla noin 550. Uusia rakennetaan jatkuvasti, ja jo olemassa olevia pumppaamoita saneerataan säännöllisesti. Uuden jätevedenpumppaamon rakennustarpeen määrittävät pääsääntöisesti uudet ja / tai tiivistyvät asuinalueet ja olemassa olevien pumppaamoiden tekninen käyttöikä. [1.]

Nykypäivänä kasvavana trendinä on ollut se, että käyttöiän loppupäässä olevan pumppaamon saneeraamisen sijaan, samalle paikalle tai sen välittömään läheisyyteen rakennetaan kokonaan uusi pumppaamo. Useat jätevesipumppaamot on Suomessa rakennettu 1960- ja 1970-luvuilla, jolloin tekninen käyttöikä on monissa pumppaamoissa elinkaaren loppupäässä tai tekninen käyttöikä on jo teoreettisesti loppunut. [1.]

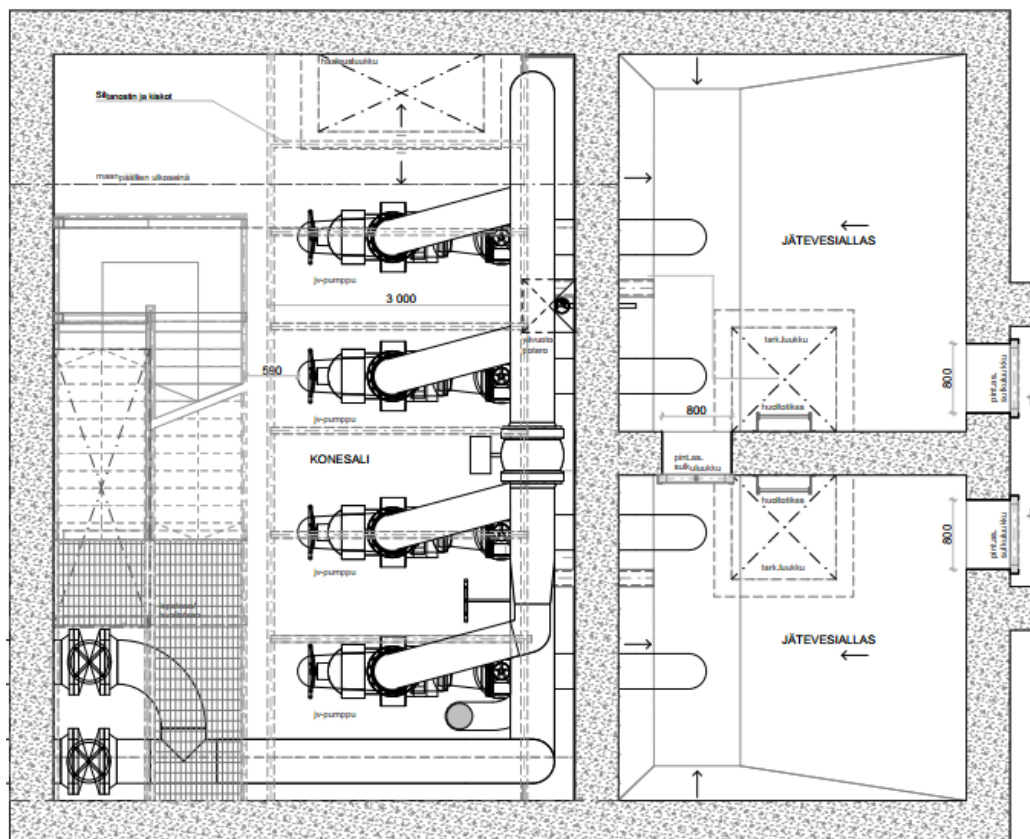
2.2 Jätevedenpumppaamon tarkoitus

Jätevesi koostuu pääsääntöisesti rakennusten likavesistä ja ympäristön huleve-
sistä. Nämä vedet pyritään ensisijaisesti ohjaamaan painovoimaisesti putkisto-
jen kautta isompaan runkoverkkoon ja sieltä edelleen suoraan jätevesipuhdistamolle tai eteenpäin toiselle pumppaamolle. Jätevesiputket sijaitsevat lähes aina maan alla, yleensä noin 1–5-metriä katutason alapuolella. Tästä syystä jätevedenpumppaamoiden jätevesialtaat sijaitsevat lähes poikkeuksetta useita metrejä katutason alapuolella.

Jätevesiputkiin pyritään lähtökohtaisesti tekemään kaatoa enemmän kuin nolla prosenttia. Tavoitteena on, että vesi liikkuu putkissa eteenpäin painovoimaisesti ja omalla virtauksella. Aina tämä ei onnistu korkeuserojen tai pitkien välimatkojen takia. Pumppujen ja painelinjojen ansiosta jätevettä voidaan siirtää myös

niin sanotusti ylämäkeen. Paineelliset putket valmistetaan metallista, kova-
muovista tai muista muoviputkista. Painelinjat sallivat kaadot ja jyrkemmät mut-
kat paremmin kuin perinteisemmät betoniputket.

Jätevesilaitoksissa ja -pumppaamoissa sijaitsevan jätevesialtaan koko vaikut-
taa, kuinka jätevettä voidaan hallita erilaisissa huolto-, vika- tai rankkasadetilan-
teissa. Suuren imualtaan ansiosta jätevettä voidaan viivyttää. Jäteveden viivy-
tyksen mahdollistaminen on tärkeä jätevesilaitoksen ominaisuus erityisesti häi-
riötilanteissa.



Kuva 1. jätevesiallas [10.]

3 Betonointi

3.1 Betoni rakennusmateriaalina

Betoni on sen tekoprosessissa tuotettua keinotekoisista kovaa ainesta, joka on märkänä helposti muokattavissa, mutta kuivuttuaan erittäin kovaa ja hankalasti muokattavissa olevaa materiaalia. Betoni valmistetaan pääsääntöisesti kiviaineksesta, joka toimii runkona ja sementistä ja vedestä. Vesi ja sementti muodostavat sementtipastan, johon kiviaines kiinnittyy. Näiden aineiden keskinäinen seossuhde määrittää betonin ominaisuudet. [2.]

Tärkein kovettuneen betonin ominaisuus on sen puristuslujuus. Esimerkiksi lujuusluokka C40/50 tarkoittaa, että lieriölujuuden ominaisarvo on 40 MPa ja kuutiolujuuden ominaisarvo on 50 MPa. Muita betonin tärkeitä ominaisuuksia ovat sen lujuus ja pysyvyys, kun se altistuu erilaisille rasituksille. Nuo ominaisuudet suojaavat betonista tehtyjä rakennuksia, kun ne altistuvat erilaisille rasituksille. Rasituksia ovat muun muassa: erilaiset kemikaalit, pakkanen, suolat ja ulkoiset voimat.

Betonin koostumus eli valmistusmateriaalien keskinäinen suhde vaikuttaa betonin huokosrakenteeseen ja siitä suoraan betonin tiiviyteen ja lujuuteen. Tavanomaisen betonin ilmamäärä on 1–2 prosenttia massan tilavuudesta. Betoni luokitellaan yleensä sen puristuslujuuden perusteella. Mitä tiiviimpi betoni on, sitä korkeampi lujuusluokka sillä myös on. Alla olevassa taulukossa 1 on esitetty betonin lujuusluokat.

Taulukko 1. Betonin lujuusluokat [3. s, 37]

| | | | | | | | |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Lujuusluokka | C12/15 | C16/20 | C20/25 | C25/30 | C30/37 | C35/45 | C40/50 |
| f_{ck} (MPa) | 12 | 16 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 |
| $f_{ck,cube}$ (MPa) | 15 | 20 | 25 | 30 | 37 | 45 | 50 |
| Lujuusluokka | C45/55 | C50/60 | C55/67 | C60/75 | C70/85 | C80/95 | C90/105 |
| f_{ck} (MPa) | 45 | 50 | 55 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| $f_{ck,cube}$ (MPa) | 55 | 60 | 67 | 75 | 85 | 95 | 105 |

3.2 Kiviaines

Betonin kiviaines on yleisimmin kalliomursketta. Kiviaineena saatetaan käyttää myös aiemmin murskattua betonia tai kevytsoraa. Luonnonkiven käyttö on ammattirakentajien käytössä harvinaista. Hyvä kiviaines sisältää kaikenkokoista kiviainesta nolhasta valittuun maksimiraekokoon. Kiviaineksen rakeisuuden varianssin ollessa riittävän laaja sitoutuu kiviaines tiiviisti sementtipastaan eikä tyhjiä ilmakoloja jää betoniin.

3.3 Sementti

Sementtiä saadaan, kun poltettua kalkkikiveä jauhetaan pulveriksi. Portlandsementti on yleisin Suomessa käytetty sementtilaji. Sementin määrällä ja laadulla on keskeinen osa betonin laatuun ja sen ominaisuuksiin. Sementin ja veden keskinäinen suhde vaikuttaa suoraan betonin lujuusominaisuuksiin. Mitä enemmän sementti-vesiseos sisältää vettä sitä heikompaa betoni on. Sementtiä voidaan korvata myös muilla sideaineilla kuten lentotuhkalla, silikajauheella tai maasuonikuonalla. Jos halutaan vaikuttaa betonin ominaisuuksiin kuten työstettävyyteen ja säilyvyyteen niin betoniseokseen voidaan lisätä myös muita lisäaineita. [4. s,24]

3.4 Vesi

Betonin valmistuksen kolmas tärkeä raaka-aine kiviaineksen ja sementin lisäksi on vesi. Veden ansiosta betonimassan työstettävyyssominaisuuksiin voidaan vaikuttaa, lisäksi vesi liittyy olennaisesti betonin kovettumisreaktioon. Suomalainen vesi on riittävän laadukasta betonin valmistukseen, kunhan se ei ole hule- tai jätevetettä. Vedessä ei saa olla pieneliöitä, rasvaa, öljyä, kasvisplanktonia tai muita epäpuhtauksia. Vesi sekä sitoutuu että liikkuu vapaana betonissa. Vapaana oleva vesi haihtuu betonista pois ja betoniin sitoutunut vesi sitoutuu kemiallisessa prosessissa sementin kanssa jääden kovettuneeseen betoniin.

3.5 Vesitiivis teräsbetoni

Vedenpitäväksi betoniksi voidaan luokitella betonia, jonka veden tunkeutumasyvyys on korkeintaan 100 mm. Tunkeutumasyvyys mitataan SFS-EN 12390-8 kokeella. Betonin vedenpitävyys saavutetaan, kun käytetään laadukasta betonia ja oikeanlaisia työtapoja ja olosuhteita. Betonin vedenpitävyys perustuu pitkälti siihen, että betonin yhtenäinen huokosrakenne estetään. Tässä merkittävässä roolissa on raaka-ainesten oikeanlainen seossuhde. [5. s, 53]

Betoni ja teräs toimivat keskenään yhdistelmämaterialina. Niiden keskeinen yhteinen ominaisuus on lähes identtinen lämpölaajenemiskerroin. Raudoitettu betonirakenne ei ole homogeeninen, mutta ilman betonin halkeilua sitä voidaan laskennallisesti pitää homogeenisena. Teräsbetonirakenteen hyvät ominaisuudet perustuvat betonin ja teräksen keskinäiseen tartuntaan. Betonilla on luja puristuslujuus ja teräksellä on hyvä sitkeys ja vetojännityslujuus. Betonin ja teräksen keskinäisen tartunnan ansiosta mahdolliset jännitykset ja muodonmuutokset siirtyvät materiaalien välillä. Raudoituksen määrällä voidaan vaikuttaa rakenteen käyttäytymiseen. [5. s, 74–75]

Betoni suojaa teräsbetonirakenteen raudoitusta ja samalla koko rakenteen säilyvyyttä. Suureltaan lämpötilan muutokset eivät aiheuta teräsbetonirakenteeseen ylimääräisiä rasituksia johtuen teräksen ja betonin yhteneväisistä lämpötilakertoimista. Tulipalossa betoni sitoo itseensä lämpöä. Tämä hidastaa raudoituksen pehmenemistä.

Yleensä teräsbetonirakenteet raudoitetaan niin että rakenteen vetorasituskohdan lisätään enemmän raudoitteita, joka antaa rakenteelle vetokestävyyttä. Raudoitusta voidaan käyttää tukemaan betonin puristuslujuutta sijoittamalla raudoitusta rakenteeseen siten, että raudoitusta lisätään rakenteen puristusjännityksen suuntaan ja kohtisuoraan sitä vastaan. Näin voidaan hallita puristusjännityksen laajenemista. [5. s, 74]

Jos betonin vetojännitys ylittyy, siitä aiheutuu teräsbetonirakenteeseen halkeamia. Haljenneen betonin kohdassa on raudoituksen jännityshuippu. Jännityshuippu vaikuttaa paikallisesti halkeaman kohdassa ja halkeamien välille jää betonin tehollinen vetovoima, jonka suuruus muuttuu raudoituksen pituuden mukaisesti. Kun rakenne halkeilee myös ankkurivoimat betonin ja raudoituksen välillä aktivoituvat. Betoni ottaa osan poikkileikkauksen kokonaisvetovoimasta, ja tällöin raudoituksen venymä ja jännitys pienenee, jolloin koko raudoitus jäykistyy. Tuolloin teräsbetonirakenne on saavuttanut stabiloituneen halkeilutilan. [5. s, 76, 353]

Vesitiiviit teräsbetoniseinät ja -altaat suunnitellaan samojen peruseriaatteiden mukaan kuin muutkin teräsbetonirakenteet. Raudoituksen määrät ja betonisuojapeitteen paksuudet ovat kuitenkin usein suuremmat kuin tavanomaisessa teräsbetoniseinässä. Pyrkimyksenä on suunnitella sellainen allasseinä, joka kestää veden virtauksen aiheuttamaa kulumista ja kemiallista kestävyyttä yleensä 100 vuoden ajan. Rasitusluokkien avulla valitaan kohteeseen sopiva betoni. Tyypillinen jätevesipumppaamoaltaan betonin lujuusluokka on C40/50 ja rasitusluokka XF4, XC3, XD3, XA3. [2.]

Taulukko 2. Betonin rasitusluokat [6.]

| Rasitusluokka-yhdistelmä | Selite |
|--------------------------|---|
| X0 | Raudoittamattomat rakenteen kuivissa sisätiloissa |
| XC1 | Raudoitetut rakenteet kuivissa sisätiloissa |
| XC2 | Maanalaiset rakenteet, rakenne pysyy erittäin kosteana |
| XC3 | Sateelta suojattu ulkorakenne, ei pakkasrasitusta (kosteuspitoisuus alhainen) |
| XC3; XF1 | Sateelta suojattu pystyrakenne, pakkasrasitus |
| XC3,4; XF1 | Osittain sateelta suojattu pystyrakenne, pakkasrasitus |
| XC3,4; XF3 | Sateelta osittain tai kokonaan suojaamaton vaakarakenne, pakkasrasitus |
| XC4; XF3 | Sateelle altis suojaamaton vaakarakenne, pakkasrasitus |
| XC3; XD1 | Kloridirasitetut rakenteet sisätiloissa |
| XC3; XF2; XD1 | Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja lievä pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole merkitystä |
| XC4; XF2; XD1 | |
| XC3,4; XF2; XD1 | |
| XC3; XF4; XD2 | Sateelta suojattu, sateelta suojaamaton tai osittain sateelta suojattu rakenne, kloridirasitus ja ankara pakkas-suolarasitus. XD-luokka on vaativampi kuin XC-luokka ja siten XC-luokalla ei ole käytännössä merkitystä |
| XC4; XF4; XD2 | |
| XC3,4; XF4; XD2 | |
| XC2; XS2 | Merivedenalainen rakenne |
| XC3,4; XF4; XS3 | Merenrannalla, roiskevyöhykkeessä oleva rakenne |

3.6 Vesitiiviin betonin laadunvalvonta

Valettaessa vesitiiviitä paikallavaluja betonin laadun tarkkailu on ensiarvoisen tärkeää. Laadunvalvontaa tulee suorittaa koko valujakson ajan ja myös lopullisen lujuuden saavuttamisen jälkeen. Vallitsevana käytäntönä on ottaa betonimassasta näytteet useasta erästä tuoreeltaan valukohteessa, betonitehtaalla tai molemmissa. Työmaalla tuoreesta betonista selvitetään yleensä betonin lämpötila, ilmamäärä ja työstettävyys. Betonin koepalat, jotka ovat useimmiten kuution tai lieriön muotoisia, säilytetään siihen soveltuvassa paikassa ja mielellään olosuhteiltaan stabiilissa tilassa noin 20 asteen lämpötilassa 28 vuorokautta, jolloin betonin laskennallinen puristuslujuus on saavutettu. Koepaloina voi toimia työmaalla talteen otetut koepalat tai tehtaalla betonimassasta otetut koekappaleet. Näistä kappaleista suoritetaan betonilaboratoriossa lujuuden mittaus siihen soveltuvien menetelmin.

Betonin lujuutta voidaan mitata myös rakennuskohteessa, kun laskennallinen puristuslujuus on saavutettu. Menetelmiä on useita. Rakenteesta voi irrottaa näytteen, joka tutkitaan laboratoriossa tai voidaan käyttää teknisiä apuvälineitä, kuten betonin kimmovasaraa. Kimmovasara ei riko betonin pintaa ja lujuuskokeita voidaan helposti suorittaa laajoilta alueilta. Kimmovasaran toimintaperiaate on, että mitataan vasaran iskun takaisinkimmahduksen matka, joka muuntoasteikon avulla muutetaan likimääräiseksi puristuslujuudeksi.

Valmiin tai vasta valetun betonirakenteen aistinvarainen tarkastelu on olennaista ja merkityksellistä. Silmämääräisellä tarkastelulla voidaan havaita, onko rakenteessa halkeamia ja kuinka leveitä tai syviä ne ovat. Silmämääräisesti voidaan havaita myös mahdolliset epäkohdat kuten niin sanotut rotankolot, jotka ovat huokoisia isohkoja reikiä rakenteessa. Myös liian pinnassa oleva rauditus, joka liian vähäisen suojabetonoinnin takia kuultaa rakenteesta läpi on silmämääräisesti havaittavissa. Valmis ja laskennallisen lujuutensa saavuttanut rakenne, kuten esimerkiksi jätevesiallas yleensä vielä paineistetaan vesipainekeulla. Kokeessa allas täytetään vedellä, vesi seisotetaan altaassa seitsemän

vuorokauden ajan samalla mitaten, että pysyykö vesi altaan sisällä vai katoaako vesi jonnekin. Vesipainekoe on käyttökelpoinen menetelmä, sillä usein altaat sijaitsevan maan alla ja ulkopuolen seinämän vierustäytöt on jo suoritettu. Jos vierustäytöt on jo tehty, niin rakenteen ulkopuolinen tarkastelu silmämääräisesti on mahdotonta.

4 Paikallavalurakentaminen

Jätevedenpumppaamot rakennetaan Suomessa rungon ja jätevesialtaiden osalta paikallavalumenetelmällä. Periaatteessa elementeinkin rungon voisi rakentaa, mutta vesitiivyyden ja muiden seikkojen takia suositaan edelleen paikallavalurakentamista. Tätä tukee myös se, että lähes aina rakennuksen pohjalaatta tehdään paikalla valaen. Paikallavaluihin pystytään myös tekemään muutoksia, kuten paksuntamaan tai ohentamaan seinämäpaksuutta. Myös raudoitusta pystytään lisäämään tarvittaessa. Paikalla valamisen etu verrattuna elementtiseiniin on liitoksien vähyyys ja rakenteiden yhtenäisyys. Rakenteiden yhtenäisyyden avulla voidaan helpommin rakentaa erilaisia muotoja betoniseinistä. Paikallavaluseinä eristää hyvin ääntä ja mahdollisista liitoksista voidaan tehdä vesitiiviitä ja yhtenäisiä, kun liitokset on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa ja toteutettu työmaalla oikeaoppisesti. [7. s,15]

4.1 Muotit

Muottien avulla luodaan teräsbetoniseinän muoto ja koko. Muottityöt ja muotit valmistellaan ja suunnitellaan niin, että saavutetaan halutut laatuominaisuudet, kuten mittatarkkuus ja pinnan laatuluokka. Muottimateriaalin tulee olla muottitaroitukseen soveltuvaa ja siihen tarkoitettua. Samaa muottimateriaalia tulee käyttää koko muottialueella, jotta pinnan laatu pysyy yhtenäisenä ja suunnitelmassa määritetty laatutaso täyttyy. Vesitiiviit betonirakenteen kuuluvat laatuluokkaan 1. [8. s,8]

Taulukko 3, rakennustoleranssit muoteille. [8. s,8]

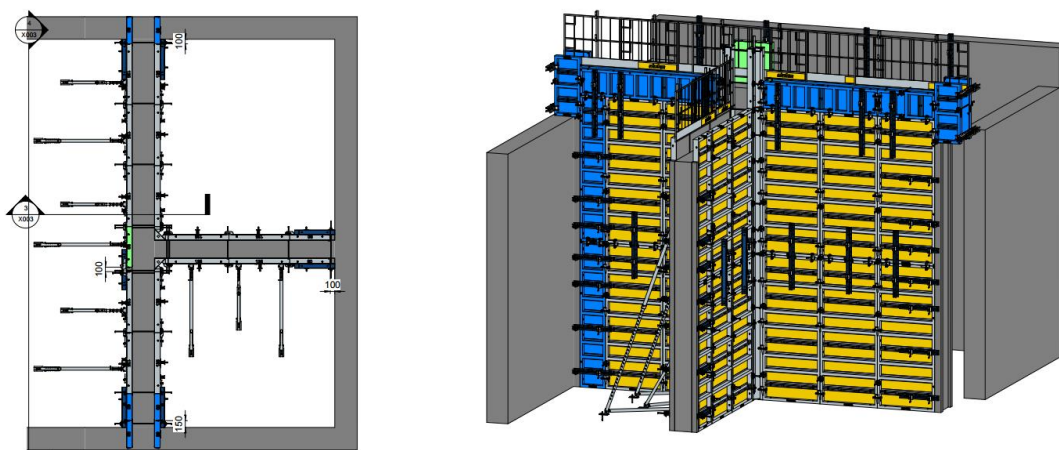
| | Luokka 1, mm | Luokka 2, mm | Luokka 3, mm |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
| Korkeus | + 10 | + 20 | +40 |
| Pituus ja leveys | + 20 | +40 | +80 |
| Paksuus | + 10 | + 20 | +40 |
| Sivun käyryys - seinä | + 15 | +30 | + 60 |
| Reiän koko tai aukon korkeus ja leveys | -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 |
| Sivusijainti | + 20 | +40 | +80 |
| Sivusijainti ylä- tai alapuolisesta seinästä | + 10 | + 20 | +40 |
| Vapaa väli | + 20 | +40 | +80 |
| Yläreunan korkeusasema vaakarakenteisiin liityttäessä | + 10 | + 20 | +40 |

4.2 Järjestelmämuotit

Korkeissa paikallavaluseinissä käytetään usein järjestelmämuotteja. Järjestelmämuotit ovat yleensä metallirankaisia ja muottipinnaltaan vaneri- tai kova-muovipohjaisia. Valmiita muottipaloja on useita erilaisia ja erikokoisia. Ideana on, että muottipaloja kiinnitetään toisiinsa ensin maassa ja sitten suurempi kokonaisuus nostetaan esimerkiksi pohjalaatan päälle haluttuun ja ennalta määritettyyn kohtaan. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes haluttu seinämäleveys ja -korkeus on saavutettu. Muotit kiinnitetään toisiinsa muottivalmistajan siihen räätälöidyin kiinnikkein. Toisinaan tulee tilanteita, että muottivalmistajan valmiista muottipaloista ei saada tehtyä juuri sopivan levyistä tai korkuista seinää, tällöin puuttuvat palat tehdään muottikirvesmiehen toimesta puutavarasta ja vanerista. [9.]

Järjestelmämuottien asennuksesta kannattaa ja yleensä aina pitää laatia muotisuunnitelma, jonka pääsääntöisesti tekee muottiyrityksen edustaja. Tämä on

tärkeää, sillä valupaineen aiheuttamat voimat täytyy laskea tarkasti, jotta muotti pysyy ehjänä koko valun ajan. Laskennan avulla määritetään myös kiinnikkeiden, ankkureiden ja vinotukien oikeat määrät. Muottisuunnitteluun kannattaa panostaa, sillä vajaat tuki- ja kiinnityspisteet voivat aiheuttaa muotin pullahtamisen tai repeämisen, joka voi viivästyttää työmaata huomattavastikin aiheuttaen samalla lisäkuluja. Toisaalta liioiteltu kiinnikkeiden asennus hidastaa työtä ja aiheuttaa lisäkuluja. Alla olevassa kuvassa 2 näkyy jätevesialtaan muottien tuentapaikat.



Kuva 2. Järjestelmämuotin tuenta [10.]

Järjestelmämuotit ovat painavia ja niiden nostot suoritetaan nosturein. Nostureina voi toimia esimerkiksi autonosturit, torninosturit tai nosturiautot. Nostot täytyy valmistella ja suunnitella huolella. Valmisteluun on hyvä liittää nostosuunnitelma, joka laaditaan yhdessä nostojen suorittajatiimin kanssa. Nostoja varten nostopaikka täytyy valmistella ja varmistaa että maapohja on riittävän luja kestämään siihen kohdistuvat pistekuormat. Lisäksi nostopuomin täytyy päästä kulkemaan esteettömästi koko nostotyön ajan.

Järkevää on myös asemoida nosturi siten, että sitä pystyy tarvittaessa huoltamaan ja tankkaamaan. Nosturit tarvitsevat hyvän näkyvyyden nosto- ja laskupaikkaan. Mikäli näkyvyyttä ei ole, niin turvaudutaan yleensä radiopuhelimiin, joiden avulla nostoja suorittava tiimi kommunikoi keskenään. [9.]

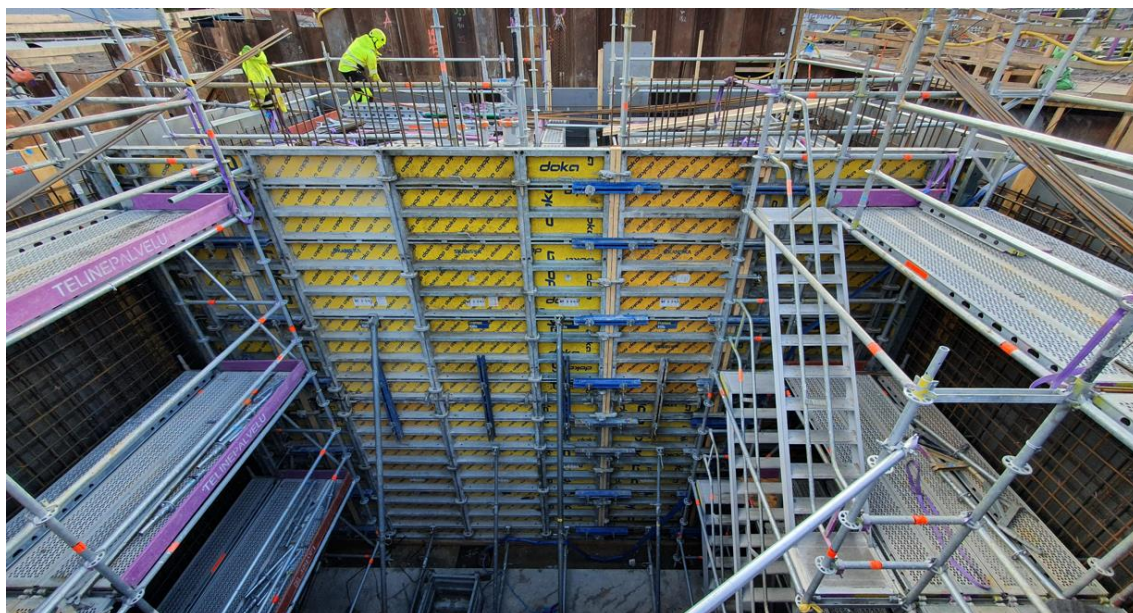
4.3 Rakennustelineet

Rakennustelineitä tarvitaan usein suurmuottitöiden asennusten tukena. Mikäli raudoitus suoritetaan muotin edessä, niin telineet ovat välttämättömät. Usein myös itse valu suoritetaan rakennustelineiltä käsin. Järjestelmämuotteihin on saatavana asennuslavoja, jotka voidaan kiinnittää muotin kylkeen. Tämä on vaihtoehtoinen tapa suorittaa valu ja siihen liittyvät toimet kuten betonin tärisyttäminen, jos rakennustelineitä ei käytetä. Mahdollista on myös yhdistää rakennustelineitä ja muotteihin kiinnitettäviä asennuslavoja. Suomessa on useita telineasennuksiin erikoistuneita yrityksiä, joista telineasennuspalvelun voi tilata. Telineet tarkistetaan asentajayrityksen edustajan toimesta ennen niiden käyttöönottoa. Tarkastuksen jälkeen telinekortti asennetaan telineisiin. Kortista ilmenee muun muassa pistekuormarajoitukset ja telineiden käyttöönotto- ja tarkastuspäivät. Telineet ovat materiaalina terästä tai alumiinia.

4.4 Seinämuottijärjestys

Työmaan johto päättää rakennustelineiden ja sisä- ja ulkomuottien asennusjärjestyksen. Päätökseen vaikuttaa muun muassa käytössä oleva tila, valujärjestys, läpiviennit ja muotin sijainti. Kun päätös on tehty, niin ykkösmuottiseinä asennetaan. Seinä tuetaan kulma- ja vinotuvin. Tämän jälkeen muottipinnan eteen asennetaan rakennustelineet, jollei niitä ole jo aiemmin asennettu. Kun telineet ovat valmiit voidaan aloittaa raudoitustyöt ja mahdollisten läpivientien asennukset tai läpivientivarausten koteloinnit. On myös mahdollista, että raudoitus tehdään joko kokonaan tai osittain valmiiksi jossain muualla ja raudoitus nostetaan paikoilleen ensimmäisen muotin viereen. Kun ensimmäinen muotti,

raudoitus ja mahdolliset läpiviennit ja varaukset on asennettu niin asennetaan kakkosmuotti. Tämän jälkeen muotit sidotaan yhteen siihen tarkoitetuilla sidosvälineillä.



Kuva 3. Järjestelmämuottien asennusta [10.]

4.5 Läpiviennit ja varaukset

Jätevesialtaan seinään tehdään aina putki- ja pumppausreikiä. Reikien paikat olisi hyvä tietää jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa tai ainakin riittävän hyvissä ajoin ennen muottien asentamista ja raudoitustyötä. Kun reikien paikat ovat tiedossa niin läpivientikappaleet voidaan asemoida ja asentaa oikeille paikoilleen raudoituksen yhteydessä. Pumppaamoiden läpivientikappaleet ovat laipallisia, jotta voidaan varmistaa läpiviennin vesitiiveys. Läpivientikappaleet ovat yleensä valmistettu haponkestävästä teräksestä. Myös erilaiset muoviseoksesta valmistetut tai lasikuituiset läpivientikappaleet ovat mahdollisia.

Putkien ja pumppujen lisäksi jätevesialtaan seiniin voidaan asentaa erilaisia luokkuja ja mittaus- ja sähköinstrumentteja. Näitä varten tarvitsee tehdä aukot

seiniin niille varatuille paikoille. Isommat aukot esimerkiksi sulkuluukkuja varten tehdään varauksien avulla. Varaukset tehdään raudoituksen yhteydessä sopivaksi valituin materiaalein; usein puusta ja vanerista. Pienempiä varauksia varten on olemassa erilaisia vesitiiviitä läpivientikappaleita, jotka asennetaan raudoituksen yhteydessä. Toisinaan käy niin, että läpivientejä ei ole osattu ennakoida tai ne ovat unohtuneet. Tällöin reiät voidaan tehdä jälkikäteen timanttipo-rauksella. Tapa ei ole ideaali altaiden seinämissä, sillä seinän vesitiiviyyden kanssa saattaa tulla ongelmia. Raudoitteiden tarpeeton katkaiseminen saattaa myös heikentää rakenteen lujuutta.

4.6 Betonin siirto muottiin

Betoni voidaan siirtää muottiin betonikuljetusautosta nostoastialla, pumppausautolla, purkurännillä tai hihnallisella kuljettimella. Yleinen tapa pumppaamoseinien betonin siirrossa on käyttää pumppuautoa. Sillä betonin saa siirretty kuljetusautosta pitkänkin matkan päähän. Myös korkeiden muottien täyttäminen onnistuu pumppuautolla. Muotti tulee olla ennen sen täyttöä valmis kaikilta osin: muottipinnan tulee olla eheä ja tiivis, raudoitus on tarkastettu, muotin sisällä ei saa olla vettä tai mitään muutakaan ylimääräistä. Yleensä muottien sisäpinnat öljytään huolellisesti, jotta muotti irtoaisi valun jälkeen helpommin. [1.]

Betonivalun aikana betonista poistetaan ylimääräinen ilma, jotta rakenne tiivistyy eikä rakenteeseen synny ilmataskuja ja betonipinnasta tulee eheä ja sileä. Betonivalun nostonopeus vesitiiviitä seiniä valettaessa on maksimissaan 250 millimetriä tunnissa. Hitaalla nostonopeudella varmistetaan, että ilma poistuu betonista ja ehkäistään plastisia halkeamia. Valu pyritään suorittamaan mahdollisimman yhtäjaksoisesti. Valua suorittavien henkilöiden onkin hyvä varautua pitkiin valujaksoihin, jos valettavat allasseinät ovat korkeita.

Valmiin valun jälkeen seinään suoritetaan jälkihoito. Muottien yläosat peitetään tarvittaessa, jotta vesi ei haihdu betonista liian nopeasti. Betonia voidaan kas- tella tai siihen voidaan levittää kemiallista jälkihoitoainetta. Jälkihoidon avulla kuivuvan betonin halkeilua voidaan hallita. Betonin kovettumista, lämpöä ja si- ten lujuuden kehitystä voidaan seurata erilaisilla antureilla, jotka on asennettu valun sekaan. Laatua seurataan usein myös ottamalla näytteitä tuoreesta beto- nista sekä työmaalla että betonitehtaalla. Näytteistä voidaan mitata betonin lu- juudet myöhemmin esimerkiksi käyttämällä betonin kimmovasaraa. Työmaalla betonoinnista tehdään erillinen betonointipöytäkirja, johon merkitään kuormakir- janumerot, valuaika, betonin ja ilman lämpötilat ja betonin rasitusluokat, lujuudet ja lisäaineet. Betonityön johtaja laatii ja allekirjoittaa pöytäkirjan.

4.7 Valmis betonipinta

Valmiin betonipinnan tulee muottien poistamisen jälkeen olla suunnitelmien mu- kainen ja vastata sille määrityä laatuluokkaa. A-luokkaan kuuluu puhdasvalu- pinnat. Jätevesialtaat kuuluvat A-luokkaan. A-luokan pinta saavutetaan, kun käytetään työhön soveltuvia ja laadukkaita muottikalustoja ja itse betonointityö suoritetaan oikeaoppisesti. Muottien poistamisen jälkeen betonipinta putsataan valujäämistä ja mahdollisista muista epäpuhtauksista. Muottien kiinnitystappien kolot täytetään sementtipohjaisilla laasteilla. Toisinaan pintaa voidaan joutua käsittelemään mekaanisesti hiomalla tai jopa suihkupuhaltamalla, jotta haluttu laatutaso saavutetaan. [11. s, 36]

Taulukko 2. Paikallavalettujen pintojen laatuvaatimukset [11. 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 | |
| Vaakasuurassa valettujen pintojen huokokset, Ø ≥ 5 mm | | | | | | | |
| | suurin läpimitta ja syvyys | mm | 7 | 8 | 10 | 10 | |
| | suurin kokonaismäärä | kpl/m ² | 20 | 40 | 80 | 160 | |
| Pystysuurassa valettujen pintojen huokokset, 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 | |
| Pystysuurassa 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 | |
| Väri vaihtelu | | | | | | | |
| | harmaat pinnat | luokat | | B | - | - | |
| | valkobetonipinnat | | | A | - | - | |
| | muut väribetonipinnat | | | B | - | - | |

4.8 Halkeamat

Halkeamat valmiissa teräsbetonisessa allasseinässä alentavat betonin laatua, koska halkeamien takia rakenteen vedenläpäisy kasvaa. Betonin halkeilu aiheutuu, kun betoniin kohdistuvat vetojännitykset ylittävät sen vetolujuuden. Halkeamat syntyvät betonin tilavuuden tai kuormituksen muutoksista. Halkeilusta aiheutuvia haittoja ovat muun muassa rakenteen käyttöiän lyhentyminen ja kustannusten kasvaminen. [12. s, 7, 46]

Betonin kovettuessa halkeamia voi syntyä kutistumisen, kemiallisten reaktioiden, raudoitteen ruostumisen tai väärin työsuorituksen tai liian suuren kuormituksen takia. Halkeamien syntymekanismi on moniulotteinen. Syitä halkeiluun on monesti useita ja ne ovat aikasidonnaisia. Halkeamat voivat suurenta ajan kuluessa, kun rakenteen kuormitus muuttuu tai rakenne on kuivunut. Jos mahdollista niin halkeilun syyt on hyvä selvittää, mutta aina tämä ei ole mahdollista. [12. s 26–28]

Betonirakenteessa olevat halkeamat lisäävät merkittävästi betonirakenteen veden ja kemikaalien läpäisevyyttä. Tällöin vesi ja kemikaalit pääsevät tunkeutumaan betoniin. Halkeamat heikentävät betonin vesi ja -kemikaalikestävyyttä merkittävästi. Betonirakenteen toimivuuden ja säilyvyyden kannalta on hyvä, jos halkeamat ovat pieniä ja ne syntyvät hallitusti. Betonin laadulla ja oikeilla valutekniikoilla betonirakenteen halkeilua voidaan pienentää merkittävästi. Betoniksi tulee valita mahdollisimman vähän kutistuva ja kemikaaleja kestävä. [8. s,102]

4.8.1 Plastinen halkeilu

Halkeilu voi olla myös plastista. Plastiset halkeamat syntyvät ennen kuin betoni saavuttaa sen suurimman puristuslujuutensa. Plastiset halkeamat ovat harvoin haitallisia rakenteelle. Plastiset halkeamat johtuvat liiallisesta veden erottumisesta ja paikallisen muodonmuutoksen estymisestä.

Plastisten halkeamien muodostumista voidaan ehkäistä betonipeitettä (suoja-
peite) kasvattamalla ja jälkitärytyksellä. [12. s, 26]

4.8.2 Lämpötilaerot

Betonirakenteen eri osien väliset lämpötilaerot aiheuttavat jännitysrasitusta rakenteeseen. Betonirakenne ei välttämättä jäähdy joka puolelta samanaikaisesti. Tällöin voi muodostua vetojännitystiloja, kun jäähtymisen aiheuttama kutistuminen on erilaista eri puolilla rakennetta. Betonin hydrataatiossa muodostunut lämpö poistuu rakenteesta betonin pinnan kautta. Tämä ilmiö laskee pinnan lämpötilaa verrattuna rakenteen sisempään lämpötilaan. Syntynyt lämpötilaero voi aiheuttaa halkeilua massiivisiin betonirakenteisiin. Yleensä betonin jäähtymisen takia muodostuneet halkeilut ovat verkkomaisia ja sijaitsevat betonin pinnalla. [4. s, 105]

Taulukko 5. Betonirakenteiden halkeilu, syyt ja parannuskeinot [4. s,104]

| Halkeilun aiheuttaja / halkeilutyyppe | Tunnus | | Halkeilun sijainti yleensä | Ensisijaisen aiheuttaja | Toissijaisen aiheuttaja | Parannuskeino | Synty-aika valusta |
|---|--------|--|--------------------------------------|--|--|---|-------------------------------------|
| Plastinen painuma | A | Raudoituksen päällä | Syvät rakennusosat | Liiallinen vedenerottuminen | Nopea kuivuminen, liian myöhään aloitettu jälkihoito | Vedenerottumisen vähentäminen tai jälkitärytys | 10 min... 3 h lämpötilasta riippuen |
| | B | | Pilarien päät | | | | |
| | C | Paksuuden muutos | Ripalaatat, kuppiholvit | | | | |
| Plastinen kutistuma | D | Diagonaalinen | Laatat | Nopea kuivuminen | Hidas haihtuvan veden korvautuminen (tiivis massa), liian myöhään aloitettu jälkihoito | Jälkihoidon aikaistaminen ja tehostaminen | 30 min... 6 h lämpötilasta riippuen |
| | E | Satunnainen | Raudoitettua laatat | | | | |
| | F | Raudoituksen päällä | Raudoitettua laatat | Nopea kuivuminen tai raudoitus lähellä pintaa | | | |
| Lämpötilanmuutokset varhaisvaiheessa (jäätyminen) | G | Ulkoisesti estetty muodonmuutos, pakkovoimat | Paksut seinät | Liiallinen lämmöntuotto | Rakenteen liian nopea jäähtyminen | Lämmön vähentäminen ja/tai eristys | 1... 3 d |
| | H | Sisäisesti estetty muodonmuutos, pakkovoimat | Paksut laatat | Suuret lämpötilaerot | | | |
| Pintahalkeilu | J | Muotteja vasten | Seinät | Tiivis muotti | Huono jälkihoito, betonin suuri sementti- ja vesimäärä | Jälkihoidon parantaminen ja viimeistely | 1... 7 d tai myöhemmin |
| | K | Koneellinen hierto | Laatat | Liiallinen hierto, liian aikainen hierto tai liiallinen ilma betonissa | | | |
| Pakkasra-pautuminen | L | Vesi, jäätyminen ja sulaminen | Ulkobetonirakenteet | Liian vähän suojahuokosia, betoni vedellä kyllästynyt | | Suoja-huokosten lisääminen, lujuuden lisääminen | Useita vuosia |
| Raudoitteiden ruostuminen | M | Karbonatisoituminen Kloridirasitus | Pilarit ja palkit laatat seinät jne. | Riittämätön betonipeite | Betonin huono laatu | Syiden poistaminen | Useita vuosia |
| Alkali-kiviainesreaktiot | N | | | Reaktiivinen kiviaines, korkean alkalipitoisuuden sementti | | Syiden poistaminen | Yli 5 vuotta |

4.8.3 Halkeamien korjaaminen

Betonirakenteen halkeilutyyppe ja syntyajankohta on syytä selvittää oikean korjaustavan valitsemiseksi. Tulee myös havainnoida, että onko halkeilu jo loppunut vai jatkuuko halkeilu edelleen. Halkeamat jaetaan stabiileihin ja epästabiileihin. Stabiilit halkeamat ovat yleensä saavuttaneet jo stabiilin pisteen, jolloin ne eivät enää avaudu, sulkeudu tai laajene.

Jos halkeama on leveydeltään yli 5 mm kutsutaan halkeamaan murtumaksi. Epästabiileissa halkeamissa aktivoituu liike kuormituksen, lämpötilan tai kosteuden muuttuessa. Isot epästabiilit halkeamat ovat merkki raudoituksen myötäämisestä ja rakenteen kokonaisvaltaisesta uudelleen tarkastelusta ja korjaamisesta. [12. s, 28–66]

Kun halkeamia korjataan, korjausmateriaalien tulee täyttää standardin SFS-EN 1504 mukaiset vaatimukset. Yleensä halkeamia korjataan injektoimalla halkeamat. Jos injektointi onnistuu niin, halkeamat saadaan toimimaan rakenteellisesti, jolloin halkeamat ovat lähinnä kosmeettisia. Halkeamien korjaukseen käytettävät materiaalit valitaan halkeamatyypin ja käyttökohteen mukaan.

Halkeamien korjausmateriaalit on lueteltu alla.

- sementtilaastit
- epoksihartsit
- polyesterihartsit
- synteettiset lateksit
- polyuretaanihartsit
- akryyligeelit
- joustavat epoksihartsit. [12. s, 60]

4.8.4 Halkeamien injektointi käytännössä

Tyypillisesti halkeamat korjataan injektoimalla kohteeseen sopivaa materiaalia halkeamien juureen. Jätevesiallasseinien halkeamien korjaamiseen käytetään

yleensä erittäin juoksevaa epoksi- tai polyesterihartsia. Korjaaminen tapahtuu siten, että halkeamien viereen molemmille puolille porataan reiät, joihin asennetaan metalliset mansetit noin 45 asteen kulmaan seinään nähden. Mansetteihin syötetään paineella korjausmateriaalia vuorotellen eri manseteista. Tätä jatketaan niin kauan, kunnes korjausmateriaali pursuaa ulos halkeamasta. Kun on todettu, että halkeamat ovat kauttaaltaan korjausmateriaalin täyttämiä niin mansetit poistetaan ja niiden reiät paikataan esimerkiksi sementtipohjaisella laastilla. Toimenpidettä toistetaan, kunnes kaikki korjattavaksi halutut halkeamat on korjattu. [9.]

5 Betonityönjohtaja

Betonityönjohtajan tehtävänä on johtaa ja vastata työmaan betonitöistä. Hänellä tulee olla tehtävään vaadittu pätevyys. Betonityönjohtajan pitää olla paikalla koko betonointijakson ajan. Hän myös varmistaa laaduntarkkailulla, että raudoitteet ovat suunnitelmien mukaiset ja korjauttaa mahdolliset epäkohdat. Betonityönjohtaja varmistaa valumuottien kelpoisuuden ja tuennat ennen valun aloittamista. Betonityönjohtaja määrittää valun aloitus- ja lopetusajankohdan. Betonityönjohtaja vastaa valun nostonopeudesta, joka on varsinkin vedenpitävissä valuissa erittäin tärkeää. Hän rytmittää betonin siirtoautojen kuormavälit ja sopii etukäteen betonitehtaan kanssa valuajankohdan ja betonin laadun. Ennen valun aloittamista valusta on tehty betonityönjohtajan toimesta valusuunnitelma, jota noudatetaan mahdollisimman tarkoin.

Valun aika betonityönjohtaja valvoo valutapahtumia: seuraa muottien kuntoa, mittatarkkuutta, betonin laatua ja betonin nostonopeutta. Apuna voi käyttää teknisiä apuvälineitä, kuten lämpömittareita ja lasereita. Nykypäivänä betonityönjohtaja ja valua suorittavat betonointihenkilöt tulevat usein eri yrityksistä ja mahdollisesti puhuvat eri kieliä. Betonityönjohtaja olisi hyvän teknisen osaamisen lisäksi omata hyvää ihmisjohtajuutta ja järjestelykykyä. On hyvin yleistä, että valut eivät aina suju täysin suunnitellusti.

Betoniauto voi juuttua ruuhkaan, betoni- tai pumppuauto voi rikkoutua, pumppu-letku voi tukkeutua, betonin laadussa on huomautettavaa tai muuta yllättävää voi tapahtua. Moniin asioihin voidaan varautua etukäteen, mutta välillä betoni-työnjohtaja joutuu improvisoimaan ja ratkaisemaan ongelmia pikaisella aikataululla.

6 Omat kokemusperäiset havainnot vesitiiviin betoniseinän rakentamisesta

Olen itse työskennellyt vuosia laitosrakentamisen parissa ja päässyt toteuttamaan vesitiiviiden betoniseinien ja betonialtaiden paikallavaluja. Työkohteinani ovat olleet vesilaitokset ja jätevesipumppaamot. Peruseriaatteiltaan vesitiiviin betoniseinän tai altaan valutyö on samanlaista, olipa kohteen lopullinen käyttötarkoitus sitten välivarastoida puhdasta- tai jätevettä. Päämäärä on sama; pyrkimys tehdä vesitiivis ja kestävä betonirakenne.

Itse koen, että huolellinen suunnittelu, laadukkaat materiaalit ja oikeat työtavat mahdollistavat vesitiiviin teräsbetoniseinän rakentamisen. Mielestäni seinien tekninen suunnittelu on Suomessa korkealla tasolla, ainakin mitä tulee lujuuslaskentaan ja varmuuskertoimiin. Myös mahdollisuus laadukkaiden materiaalien käyttämiseen on hyvä. Valutyön haasteina näen: kotimaisen ja ammattitaitoisen työvoiman saatavuuden, kovan hinnalla kilpailun urakoista, työmaan niukat resurssit ja jatkuvan kiireen.

Kokeneen- ja osaavan työyhteisön avulla ja luotettavien tavarantoimittajien kanssa toimiessa vesitiiviin teräsbetonisen seinän paikallavalutyö sujuu parhaimmillaan sujuvasti ja nopealla aikataululla. Myös luottamus valmiin työn korkeaan laatuun on vahva. Toisaalta hyvästäkään tuotantoketjusta ei tarvitse epäonnistua kuin yksi osa niin koko valu voi epäonnistua pahoin. Keskeisinä asioina onnistumiseen näen motivaation ja ammattitaidon. Kun valutyöt suunnitellaan huolella, noudatetaan vallitsevia normeja ja työselostuksia ja työn suorittaa

osaava ja motivoitunut henkilöstö, niin edellytykset kestävään vesitiiviiseen betonirakentamiseen ovat hyvät.

Itselläni on erityisesti mieleen jäänyt Kuninkaanlähteen vedenottamon rakentaminen. Toimin itse hankkeessa työnjohtajana ja vastaavan työnjohtajan niin sanottuna oikeana kätenä. Kyseisessä projektissa vastaava työnjohtaja toimi myös betonityönjohtajana. Töissä meillä oli erittäin kokeneita ja osaavia kirvesmiehiä, joilla oli kymmenien vuosien kokemus muotti- ja betonitöistä. Nämä kirvesmiehet olivat samasta yrityksestä kuin työnjohtokin. Tämä helpotti päivittäistä työskentelyä. Raudoitus- ja telinetyöt suorittivat aliurakoitsijat. Myös osavälitöistä oli aliurakoitsijan suorittamaa.

Päätimme alusta asti kohteen vastaavan kanssa, että pyrimme mahdollisimman laadukkaaseen rakenteeseen ja kaikki työvaiheet suoritettiin vallitsevien normien ja laatusuunnitelmien mukaisesti, työselostetta ja rakennussuunnitelmia tarkasti noudattaen. Itse laitokseen tehtiin useita vesitiiviitä betonialtaita ja -seiniä. Kaikki paikallavalut onnistuivat hyvin ja seinistä tuli vesitiiviitä ja pinnoiltaan korkealuokkaisia. Onnistuneen lopputuloksen mahdollisti mielestäni hyvät suunnitelmat, työvoiman sitoutuneisuus, oikeat työtavat, laadukkaat raaka-aineet, ehjät ja tehtävään soveltuvat koneet ja työvälineet, hyvä johtaminen ja osaava työvoima. Haasteita projektiin toi ainoastaan eri aliurakoitsijoiden johtaminen ja heidän sitouttamisensa rakennushankkeeseen sekä ajoittaiset raaka-aineiden saatavuusongelmat.

7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Tämän työn tarkoituksena oli selvittää, miten vesitiivis teräsbetoninen jätevesiallasseinä rakennetaan ja käydä läpi asian keskeisimmät seikat. Betonin laatu on tärkeässä roolissa, jotta seinästä tulee vedenpitävä. Sementin, kiviaineksen ja veden suhde ratkaisee osaltaan rakenteen kapilaarihuokoisuuden.

Betonin oikean rasitusluokan valitseminen on erittäin tärkeää rakenteen kestävyden kannalta. Suunnittelulla on keskeinen rooli onnistumisen kannalta. Vallitsevana käytäntönä onkin suunnitella lujuus- ja rasitusluokat hieman yläkanttiin.

Valmis iso betonirakenne halkeaa jostain aina. Se on betonin ominaisuus. Raudoitteiden oikeilla määrillä ja sijainneilla halkeilua voidaan estää. Myös oikeaoppinen valutekniikka on ratkaisevaa halkeilun ehkäisyssä. Stabiilihalkeilu ei ole yleensä haitallista, vaan enemmän kosmeettista. Isot epästabiilit halkeamat ovat haitallisia vesitiiviiden kuin rakennelujuudenkin kannalta. Mikäli niitä löytyy, syyt tulisi selvittää ja laatia korjaustoimenpidesuunnitelma ja toteuttaa se. Vesitiiviissä jätevesiallasseinässä pienetkin halkeamat yleensä tukitaan injektoimalla ne esimerkiksi epoksin avulla. Vaikkakin kalkkivesi ja likavesi tukkivat pienet halkeamat itsestään ajan kuluessa.

Valun huolellinen valmistelu ja laadun valvonta ennen valua, valun aikana ja valun jälkeen mahdollistavat vesitiiviin rakenteen tekemisen. Tärkeä rooli on betonityönjohtajalla, joka vastaa betonointityöstä. Hän valvoo, että valun nousunopeus on sopiva. Vesitiiviissä rakenteessa valun nousunopeus tulee olla maksimissaan 250 mm tunnissa. Betonityönjohtaja pitää huolen siitä, että betonia tärytetään esimerkiksi betonivibralla juuri sopivan ajan. Hän tarkkaillee betonin laatua ja lujuuden kehittymistä valun ajan sen jälkeen. Hän ilmoittaa milloin muotit voi löysätä ja purkaa. Hyvät muotti- ja telinesuunnitelmat ovat keskeisessä roolissa työn sujuvan etenemisen kannalta. Raudoitteiden oikeaoppinen asennus on ratkaisevan tärkeää betoniteräsrakenteen lujuuden ja kestävyden kannalta.

Valun jälkihoitoon tulee kiinnittää huomiota ja sitä on syytä aina myös tehdä. Jälkihoidolla ehkäistään plastista halkeilua ja hidastetaan veden haihtumista betonista. Valmis betonipinta putsataan ja tarkistetaan, muottikiinnikkeiden kolot paikataan sementtipohjaisella laastilla. Valmis rakenne on saavuttaa lopullisen lujuutensa noin kuukaudessa.

Tämä opinnäytetyö vahvisti kirjoittajan näkemystä siitä, että betonityönjohtajalla on keskeinen ja ehkäpä tärkein rooli, kun vesitiiviitä jätevesiallasseiniä rakennetaan. Vaikka suunnitelmat betonoinnin osalta olisivat tehty kelvollisesti ja rasi- tus- ja lujuusluokat olisivat valittu oikeaoppisesti, niin monta asiaa työmaalla pitää tapahtua oikein ennen kuin valmis teräsbetoniseinä on syntynyt. Valumuotit, rakennustelineet, rauditus, yhteydenpito betonitehtaaseen, betonin siirrot muottiin, työmiesten johtaminen ja laadun tarkkailu ovat ”palapeli”, jonka betoni- työnjohtajan tulee osata koota.

Lähteet

- 1 Haastattelu 27.4.2023 toimitusjohtaja Mikko Jauho
- 2 Haastattelu 27.4.2023 asiantuntija Mikko Hautala
- 3 Nykyri, P. 2013. By 211 Betonirakenteiden suunnittelun oppikirja osa 1 Suomen Betoniyhdistys ry 2013.
- 4 Suomen Betoniyhdistys ry, by 201 Betonitekniikan oppikirja 2018, Helsinki: BY Koulutus OY, 2018.
- 5 Leskelä M., 2008. By 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Jyväskylä: Suomen Betoniyhdistys ry, 711 s. ISBN 978-952-5075-96-0
- 6 Suomen Betoniyhdistys ry (2016) BY65 Betoninormit 2016. Helsinki: BY Koulutus Oy
- 7 Paikallavaletut betonirunkorakenteet. RT 82-10814. Rakennustietosäätiö. 2004
- 8 Infra RYL, 2006 Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset. Rakennustietosäätiö RTS, Rakennustieto Oy, Helsinki.
- 9 Haastattelu 3.5.2023 toimitusjohtaja Markus Huopalainen
- 10 Markus Huopalaisen kuva-albumi
- 11 Betonirakenteiden pinnat BY40, 2003 BY-Koulutus Oy
- 12 Suomen Betoniyhdistys ry, By 67 Betonin kutistuman ja halkeilun hallinta 2016, Helsinki: BY-Koulutus Oy, 2016.