

# VEDENKÄSITTELYALTAISSA KÄYTETTÄVÄT PINNOITTEET

Vedenkäsittelyaltaiden saneeraaminen  
pinnoittamalla - pinnoitteiden valinta ja käyttö

Päivikki Komsu

Opinnäytetyö  
Syyskuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) KOMSI, Päivikki	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 08.09.2012
	Sivumäärä 54	Julkaisun kieli suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi VEDENKÄSITTELYALTAISSA KÄYTETTÄVÄT PINNOITTEET		
Koulutusohjelma Rakennustekniikka		
Työn ohjaaja(t) VIINIKAINEN, Marko, Lehtori, JAMK HÖLTTÄ, Tomi, vastaava työnjohtaja, Suomen Maastorakentajat Oy		
Toimeksiantaja(t) Suomen Maastorakentajat Oy PEKKALA, Jouko, työpäällikkö		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyössä selvitettiin vedenkäsittelyaltaiden pinnoittamiseen soveltuvia pinnoitteita ja niiden käytettävyyttä. Opinnäytetyössä keskityttiin teräsbetoniin vedenkäsittelyaltaisiin ja niiden pinnoittamiseen. Työn tilasi Suomen Maastorakentajat Oy, jonka toimialaan kuuluu kunnallistekninen rakentaminen ja saneeraus.</p> <p>Opinnäytetyössä tarkasteltiin erilaisia teräsbetonisia vesialtaita ja vedenkäsittelyaltaita. Tutkittiin kirjallisuuden ja haastattelujen avulla altaiden rakenteellisia vaatimuksia ja vaurioitumismekanismeja sekä betonirakenteiden pinnoittamiseen käytettäviä pinnoitteita että työmenetelmiä. Vedenkäsittelyaltaiden korjaamiseen soveltuvia pinnoitteita ja pinnoitteiden käyttömenetelmiä tutkittiin kirjallisuuden, standardien ja haastattelujen avulla. Opinnäytetyössä ei käsitelty kuntotutkimusta tai altaiden huoltoon liittyviä tekijöitä.</p> <p>Teräsbetoni voi vaurioitua betonin tai teräksen osalta. Betoniin kohdistuvat vaurioitumistekijät ovat lähinnä mekaanisia, kemiallisia tai fysikaalisia. Teräsbetonin teräs voi vaurioitua korroosion vaikutuksesta. Rakenteen vaurioitumistapa vaikuttaa korjausmenetelmään ja pinnoitteen valintaan. Pinnoituksella tavoitellaan rakenteen suojausta ja tiiviyyttä, ja sitä kautta rakenteen käyttöiän pidentämistä. Vesialtaiden vaurioita ovat yleensä betonin kuluminen, rautojen paljastuminen ja altaan vuotaminen. Harvoin korjaustarve johtuu talousveden laadun heikkenemisestä.</p> <p>Markkinoilla on vähän vedenkäsittelyaltaiden pinnoittamiseen soveltuvia tuotemerkejä ja tuoteperheitä. Juomavesikelpoisuus asettaa omat vaatimuksensa talousveden käsittelyaltaiden pinnoitteille. Pinnoitteiden valinta ja käyttö vaativat ammattitaitoa suunnittelijalta ja urakoitsijalta. Korjauksen laadukkaan ja onnistuneen lopputuloksen saavuttaminen vaatii kohteeseen soveltuvat työmenetelmät ja työnaikaista laadunseurantaa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) betonirakenteet, teräsbetoni, pinnoitus, korjausrakentaminen, vedenkäsittely		
Muut tiedot		



Author KOMSI, Päivikki	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 08.09.2012
	Pages 54	Language Finnish
		Permission for web publication ( X )
Title SURFACE COATING OF WATER TREATMENT TANKS – SELECTION AND USE OF COATINGS		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) VIINIKAINEN, Marko, Senior Lecturer at the Jyväskylä University of Applied Sciences HÖLTTÄ, Tomi, Foreman at Suomen Maastorakentajat Oy		
Assigned by Suomen Maastorakentajat Oy, PEKKALA Jouko, Site Manager		
Abstract <p>The purpose of this bachelor's thesis was to study the materials used for the surface coating of water treatment tanks and their usability. The main focus was on the study of water tanks made of reinforced concrete and their coatings. The thesis was commissioned by Suomen Maastorakentajat Oy. Suomen Maastorakentajat Oy is a building contractor that builds and renovates e.g. municipal buildings.</p> <p>In the present thesis, a variety of water tanks and water treatment tanks made of reinforced concrete were studied through literature and interviews. Furthermore, the structural requirements for water tanks, water tank damage mechanisms, as well as the coatings and work methods used for coating concrete structures were studied. Condition studies and the maintenance of water tanks were excluded from analysis in the present study.</p> <p>Both the concrete and the reinforcing steel components of reinforced concrete can be damaged. Damage to concrete is typically mechanical, chemical or physical, while the reinforcing steel bars can be damaged via corrosion. The damage mechanism influences the selection of the repair method and coatings. The primary function of coating is to be waterproof and airtight, in order to protect the structure and lengthen its service life. Typical forms of damage include the wearing of concrete, the exposure of reinforcing steel rods and the leaking of the tank.</p> <p>There are only a few products and product families suitable for the coating of water treatment tanks on the market. Requirements for contact with drinking water place additional demands on the coatings used for the drinking water treatment tanks. The choice and application of coatings materials calls for a high degree of professionalism from the designer and contractor. Achieving high-quality and successful results in the repair work requires working methods suitable to the on-site and on-the-job quality control inspections.</p>		
Keywords Reinforced concrete, surface coating, refurbishment, water treatment		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

SANASTO .....	4
1 VEDENKÄSITTELYLAITOSTEN SANEERAUSTARVE.....	5
1.1 Tehtävän taustat.....	5
1.2 Vedenkäsittelyaltaita .....	6
1.3 Suomen Maastorakentajat Oy .....	10
1.4 Opinnäytetyön tavoite.....	10
2. TERÄSBETONIALTAIDEN KORJAAMISEN TEOREETTISET TAUSTAT.....	11
2.1 Vedenkäsittelyaltaille asetetut vaatimukset kirjallisuudessa .....	11
2.2 Korjaamiseen vaikuttavat standardit.....	12
2.3 SFS- EN 1504.....	12
2.3.1 Laadukkaan korjausrakentamisen suunnittelun vaiheet.....	13
2.4 CE-merkintä.....	14
2.5 Rakennustarvikkeiden juomavesihyväksyntä.....	15
2.6 Vesialtaita koskevia rakenteellisia seikkoja .....	16
2.7 Vedenkäsittelyaltaiden betonimassan vaatimukset.....	18
2.8 Betonimassan ominaisuuksia .....	21
3 BETONINRAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN .....	22
3.1 Betonirakenteiden vaurioitumismekanismit .....	22
3.2 Teräsbetonin vaurioitumistavat.....	23
3.3 Teräksen korroosio .....	24
3.4 Vesialtaiden kunnostustarve.....	28
3.5 Vesialtaiden korjausperiaatteet.....	29
3.6 Uusien altaiden pinnoittaminen .....	30

4 PINNOITTEET .....	30
4.1 Pinnoitteiden luokittelu .....	30
4.2 Betonin pinnoittamiseen soveltuvien tuotteiden luokittelu .....	31
4.2.1 Betonin pintakäsittelyt .....	31
4.2.2 Pinnoitteet kalvon muodostuksen perusteella .....	32
4.3 Pinnoitemateriaaleja .....	34
4.4 Pintakäsittelyn valinta.....	35
4.5 Tilaajan ja suunnittelijan vaatimukset pinnoitteelle .....	37
4.6 Työsuunnitelma .....	38
4.6.1 Pinnoitettavien betonipintojen esikäsittely .....	40
4.6.2 Halkeamien korjaus .....	41
4.6.3 Injektointi .....	42
4.6.4 Jälkihoito .....	42
4.6.5 Tuotteiden käsittely .....	43
4.7 Laadunvarmistus .....	43
4.8 Tuotemerkit .....	44
5 POHDINTA .....	45
LÄHTEET.....	48
LIITTEET .....	51
Liite 1. Taulukko pinnoitteiden toiminnallisuutta määrittelevistä standardeista. ....	52
Liite 2. Esimerkki betonikorjaustyön pöytäkirjasta, jota voidaan käyttää laadunvalvonnassa .....	54

## KUVIOT

KUVIO 1. Joensuun ensimmäinen vesisäiliö vuodelta 1928 .....	6
KUVIO 2. Paperitehtaan jätevedenkäsittelyä aktiivilietealtaissa Joutsenossa 1980-luvulla .....	7
KUVIO 3. Jyväskylän Energian Oy:n Janakan vedenpuhdistamon poikkileikkaus aktiivihiili- ja kalkkisuodatusaltaiden kohdalta .....	8
KUVIO 4. Roihuvuoren vesitornin nostomenetelmän esittely. Kuvasta näkee myös vesitornin vesisäiliön rakenteen periaatteen .....	9
KUVIO 5. Vesitornit voivat olla rakenteeltaan ja muodoiltaan monimuotoisia. Kuvassa on Haukivuoren vesitorni. Rakennettu 1968.....	9
KUVIO 6. Esimerkki impregnointiaineen CE-merkinnästä .....	15
KUVIO 7. Teräsbetonin yleisimmät vaurioitumistekijät .....	23
KUVIO 8. Teräsbetonirakenteessa etenevän karbonatioistumisvyöhykkeen aiheuttama korroosiovaurio. ....	25
KUVIO 9. Pistekorroosion syntyminen kloridi-ionien vaikutuksesta.....	26
KUVIO 10. Terästen korroosion seurauksena syntyviä betonirakenteiden vaurioita.....	27
KUVIO 11. Impregnointi, kuvasta näkee kuinka impregnointi leviää betonipinnan huokosten päälle. ....	33
KUVIO 12. Pinnoituksella saadaan aikaiseksi jatkuva, sileä pinta halutessa ..	33
KUVIO 13. Betoniraudoitteen korjauksen työvaiheet.....	40

## SANASTO

*Impregnointi* on betonille tehtävä pintakäsittely, jolla vähennetään betonin pinnan huokoisuutta ja lujitetaan betonin pintaa. Käsittelyn tuloksena huokokset ja kapillaarit ovat osittain tai kokonaan täyttyneet. Impregnoinnin tuloksena on tavallisesti betonin pinnassa oleva epäjatkuva ohut kalvo, jonka paksuus on 10 µm...100 µm.

*Laatusuunnitelma* on ohjelma, jonka avulla varmistetaan, että prosessiin kuuluvat toimenpiteet tehdään laaditun suunnitelman mukaisesti.

*Peruskorjaus* on korjausrakentamista, jossa rakennelma korjataan yhtä hyväksi, kuin se oli uutena.

*Perusparannus* pyrkii ylittämään rakennelman aiemman laatutason ja tekemään toiminnallisuuden entistä paremmaksi

*Suunnittelukäyttöikä* on ajanjakso, jonka rakenne kestää ilman korjaustarvetta edellyttäen, että rakennetta huolletaan.

*Suunniteltu käyttöikä* on tavoitteeksi asetettu hyödyllinen käyttöaika odotettavissa olevissa betonirakenteen käyttöolosuhteissa

*Tavoiteikä* on tilaajan määrittelemän tavoiteikä. Tavoiteikä vaikuttaa rakennuksen eri osien suunnittelukäyttöikäisiin.

*Vettä hylkivä impregnointi* on betonin käsittely, jolla saadaan aikaan vettä hylkivä pinta. Huokosia ja kapillaareja ei ole täytetty. Ulkonäkö pysyy lähes ennallaan.

# 1 VEDENKÄSITTELYLAITOSTEN SANEERAUSTARVE

## *1.1 Tehtävän taustat*

Suomen infrastruktuuri on kehittynyt voimakkaasti sodan jälkeisinä vuosikymmeninä. Erityisesti 1950- ja 1960-luvuilla taajamien ja kaupunkien kasvassa useita vedenkäsittelylaitoksia rakennettiin ja kehitettiin veden jakeluverkostoa. Nykyään näiden laitosten suunniteltu käyttöikä lähenee loppuaan. Viime vuosina on tehty saneerauksia vesilaitosten käyttöiän jatkamiseksi ja laitosten kunnostamiseksi vastaamaan tämän hetken ja tulevaisuuden käytön vaatimuksia.

Vesilaitosten saneerauksen yhteydessä muutetaan laitosten tiloja ja prosessia vastaamaan tämän hetken laatuvaatimuksia ja ennakoimaan tulevaisuuden tarvetta. Tämä tarkoittaa mahdollisia rakenteellisia muutoksia, kapasiteetin muuttamista, putkistojen ja koneistojen uusimista. Saneerauksen yhteydessä tarkastetaan käytössä olevat rakenteet ja suoritetaan tarvittavat korjaustoimenpiteet.

Vesilaitosten tyypillinen suunniteltukäyttöikä on 30 - 50 vuotta. Vesienkäsittelyyn ja johtamiseen käytettävien rakenteiden suunniteltukäyttöikä vaihtelee rakenteen mukaan 50 - 100 vuoteen. Joidenkin rakenteiden rakenteellinen käyttöikä tulee vastaan ennen suunniteltua käyttöikää. Erilaisin huolto- ja korjaustoimenpitein rakenteiden käyttöikää voidaan jatkaa. Rakenteiden tekniset ominaisuudet ratkaisevat, millaisella peruskorjauksella ja kuinka paljon rakenteen käyttöikää voidaan jatkaa. Betonirakenteita korjattaessa tulee ottaa huomioon niiden rakennusajankohta. Tämä huomioiden ja muistaen, että ensimmäiset betoninormit otettiin Suomessa käyttöön vuonna 1956 ja huokoistettu betoni laajemmin vasta 1970-luvulla.

## 1.2 Vedenkäsittelyaltaita

Vedenkäsittelyaltaiden kirjo on laaja. Vettä voidaan varastoida tai käsitellä maanalaisissa säiliöissä. Alavesisäiliöt voidaan rakentaa maan alle tai päälle, mistä vesi pumpataan verkostoon. Kuviossa 1 on Joensuun kaupungin ensimmäinen vesisäiliö vuodelta 1928. Kokonaan maanalaisia rakenteita ovat esim. kallioon louhitut jätevedenpuhdistamot ja vesitunnelit. Kallioon louhituista jätevedenpuhdistamoista on tehty viime aikoina Helsinkiin ja Turkuun.



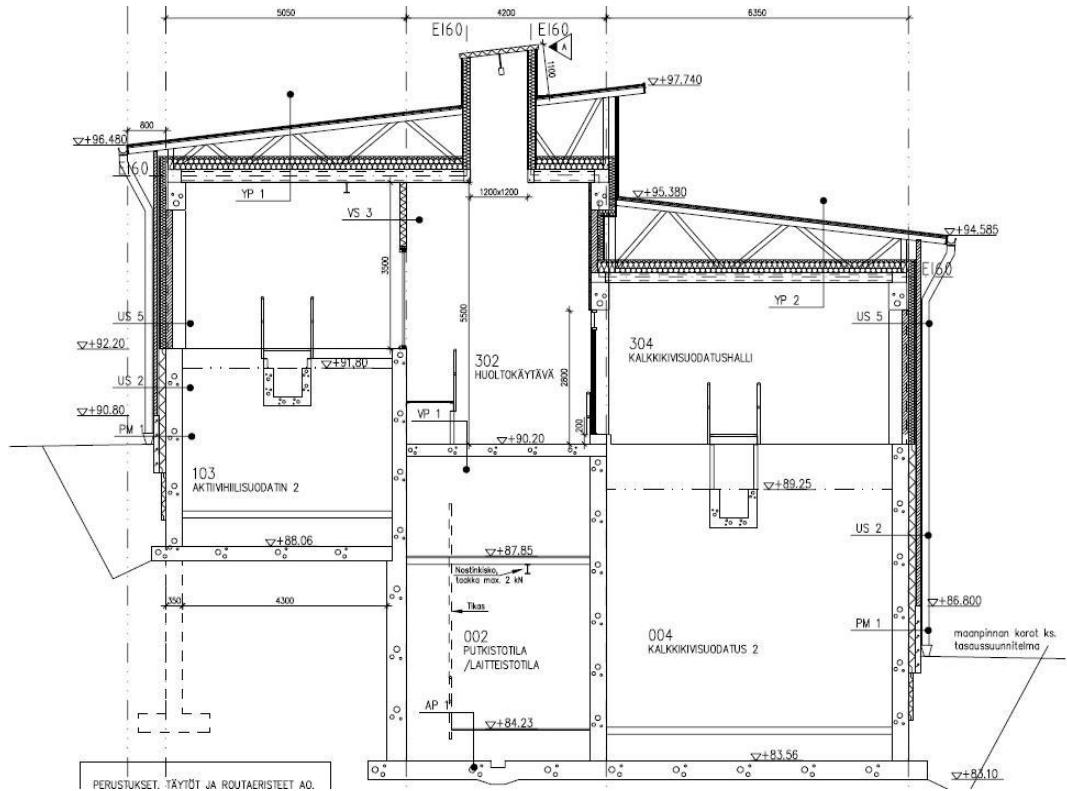
KUVIO 1. Joensuun ensimmäinen vesisäiliö vuodelta 1928 (Asola 2003, 146).

Tavallisesti jätevedenpuhdistamojen rakenteet ovat osittain maan alla tai maahan kaivettuja altaita. Altaat ovat ulkona pakkarasituksessa sekä prosessin aikaansaama rasitus sisäpuolelta. Kuviossa 2 on teollisuuden jäteveden käsittelyssä käytettyjä aktiivilietealtaita Joutsenosta.



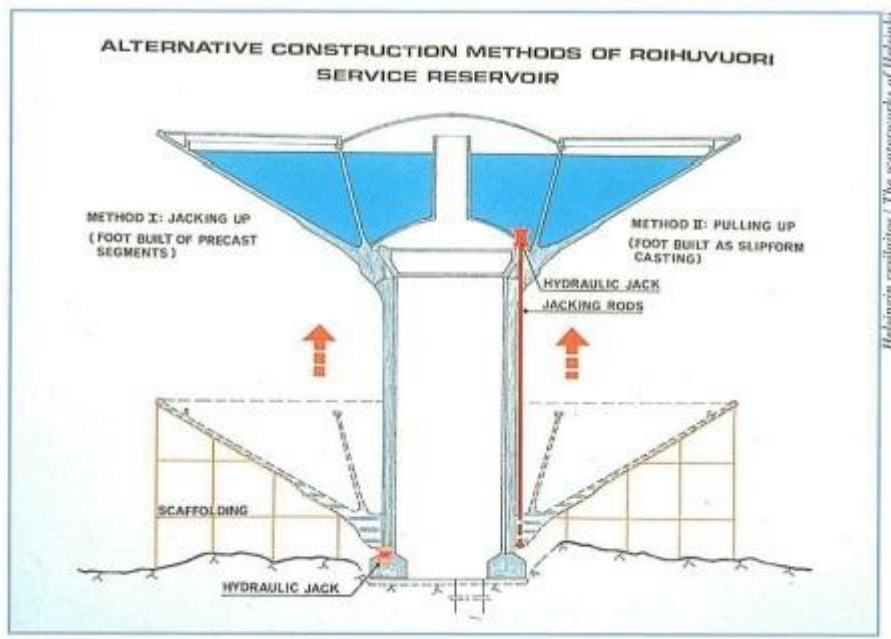
KUVIO 2. Paperitehtaan jätevedenkäsittelyä aktiivilietealtaissa Joutsenossa 1980-luvulla (Katko 1996, 282).

Vedenkäsittelylaitoksilla valmistetaan vettä teollisuuden prosesseihin tai talousvettä, jota johdetaan verkostoja pitkin kuluttajille. Vedenkäsittelyprosessi muodostuu osaprosesseista. Laitoksen layout-suunnittelussa päätetään altaiden koko ja sijainti. Altaan kemiallinen ja fysikaalinen rasitus riippuu kyseessä olevasta osaprosessista. Kuviossa 3 on osa Jyväskylän Energia Oy:n Janakan vedenpuhdistamon laajennuksen rakennepiirustuksista.

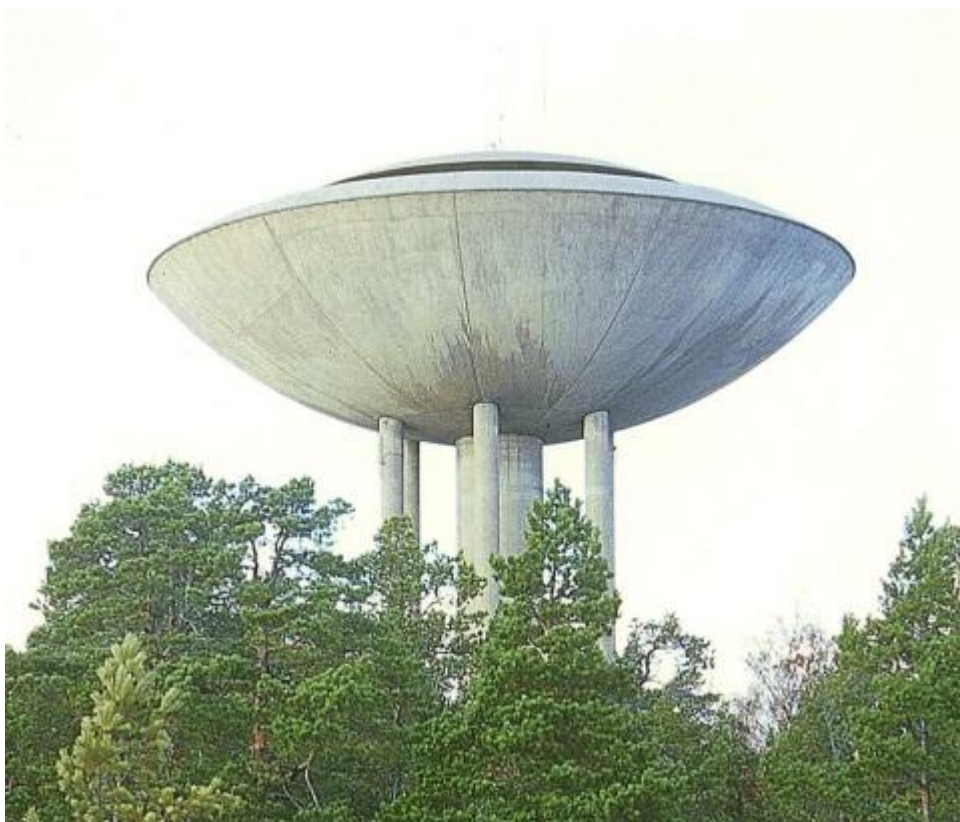


KUVIO 3. Jyväskylän Energian Oy:n Janakan vedenpuhdistamon poikkileikkaus aktiivihii- ja kalkkisuodatusalaiden kohdalta. (Janakan vesilaitoksen rakennepiirustukset 2011)

Sodan jälkeen Suomen kehittyessä myös infrastruktuuri kehittyi erityisesti 1950- ja 1960-luvulla. Vesihuollon tarve kasvoi kaupunkien kasvun myötä. Vesitornien rakentamisessa käytettiin ja kehitettiin uusia ja moderneja työmenetelmiä, materiaaleja ja rakenneratkaisuja. Kuviossa 4 näkyy Roihuvuoren vesitornin säiliöosan vaihtoehtoisia nostotapoja. Säiliöosa rakennettiin jalan juuressa maassa. Vesisäiliöt suunnitellaan niin, että säiliössä oleva vesi virtaa tasaisesti joka puolella vesisäiliötä ja vesi vaihtuu kerran vuorokaudessa. Tämä edellyttää säiliön sisäisiä rakenteita virtausta ohjaamaan. Kuviossa 5 on modernismia edustava Haukivuoren vesitorni vuodelta 1968.



KUVIO 4. Roihuvuoren vesitornin nostomenetelmän esittely. Kuvasta näkee myös vesitornin vesisäiliön rakenteen periaatteen (Asola 2003, 73).



KUVIO 5. Vesitornit voivat olla rakenteeltaan ja muodoiltaan monimuotoisia. Kuvassa on Haukivuoren vesitorni. Rakennettu 1968 (Asola 2003, 72).

### ***1.3 Suomen Maastorakentajat Oy***

Työn tilaaja on Suomen Maastorakentajat Oy. Suomen Maastorakentajat Oy (myöhemmin Maastorakentajat) on perustettu vuonna 1987. Maastorakentajat on erikoistunut maa-, vesi-, teollisuus- ja sillanrakentamiseen. Maastorakentajat toimivat koko Suomen alueella. Vuoden 2010 liikevaihto oli noin 15 miljoonaa euroa ja työntekijöitä 75. Maastorakentajat on urakoinut useita kuntien vesihuoltoon liittyviä kohteita. Rakennuskohteita vesihuollon alueelta on ollut mm. siirtolinjoja, vedenkäsittelylaitoksia, jätevedenkäsittelylaitoksia, ylä-veisisäiliöitä ja vedenottamoita. Vesilaitosten osuus kaikista urakoista vuosina 2005 - 2010 on ollut 16,1 % (Suomen Maastorakentajat, 2011). Urakoitsijana Maastorakentajia kiinnostaa kohteissa käytettävien pinnoitusmenetelmien kestävyys, kehittäminen ja kustannustehokkuus.

### ***1.4 Opinnäytetyön tavoite***

Tässä opinnäytetyössä keskityttiin lähinnä kunnallisten vesilaitosten talousveden käsittelylaitosten, vesisäiliöiden ja jätevedenkäsittelylaitosten teräsbetonisten altaiden pinnoitteisiin. Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia vedenkäsittelyaltaiden pinnoitteita. Millaisia pinnoitteita on olemassa, miten niitä käytetään ja milloin. Pinnoitteita tarkasteltiin tutkimalla kirjallisuutta, standardeja, toteutettuja kohteita ja haastatteleamalla suunnittelijoita. Pinnoitteiden käyttöä tarkasteltiin urakoitsijan näkökulmasta tutkimalla urakka-asiakirjoihin kuuluvia työselosteita sekä valmistajien ilmoittamia käyttöohjeita. Opinnäytetyössä ei perehdytty vedenkäsittelyaltaiden kuntotutkimukseen.

Tässä opinnäytetyössä tehdään katsaus erilaisiin vedenkäsittelyaltauksiin. Esi-  
telläään standardia SFS-EN 1504 soveltuvien osien. Tutkitaan teräsbetonisten vedenkäsittelyaltaiden rakenteellisia vaatimuksia ja betonimassalle esitettyjä

vaatimuksia. Tämän jälkeen tutkitaan teräsbetonin vaurioitumismekanismeja ja soveltuvia korjaus menetelmiä, erilaisia pinnoitteita ja niiden vaihtoehtoja.

## **2. TERÄSBETONIALTAIDEN KORJAAMISEN TEOREETTISET TAUSTAT**

### *2.1 Vedenkäsittelyaltaille asetetut vaatimukset kirjallisuudessa*

Kaupunkiliitto on julkaissut vuonna 1982 kirjan B 66 vesisäiliöt. Tässä kirjassa käsitellään monipuolisesti vesisäiliöitä aina vesisäiliöiden tarkoituksesta niiden rakennusteknisestä suunnittelusta laitteistojen suunnitteluun. Muussa veden käsittelyä koskevassa kirjallisuudessa keskitytään veden tuottamiseen teknisesti, taloudellisesti ja juridisesti. Lähes kaikki saneeraukseen viittaavat tekstit koskevat vesijohtoverkoston saneerausta, mikä on luonnollista kun vesijohtoverkoston pidetään vesilaitoksen kalleimpana osana (RIL 237-1-2010). Monet viimeaikaiset tutkimukset ovat koskeneet vesijohtoverkoston materiaaleja, kestävyyttä ja saneeraustapoja kuten Vesi-instituutin tutkimus vesijohdot materiaalien vaurioista ja käyttöiästä Suomessa (Kekki, Kaunisto, Keinänen-Toivola, Luntamo. 2008).

Veden käsittelylaitoksen elinkaaren käsitetään kuuluvan rakentaminen, kunnossapito ja saneeraus. Saneeraus tarve tulee eteen rakenteiden kulumisena mitä ei voida korjata kunnossapidon avulla (RIL237-1-2010; RIL 124-2 2004) Rakennettaville veden käsittelyaltaille ja verkostoon kuuluville vesisäiliöille annetaan lähinnä altaiden pinnan laatua koskevia määräyksiä vesitekniikkaa käsittelevässä kirjallisuudessa. Altaan tulee olla vesitiivis sekä pintojen sileitä että kestäviä. Vedenkäsittelylaitosten altaat ovat yleensä paikalla valettuja massiivisia betonirakenteita. Altaiden seinämäpaksuudet ovat minimissään 30 cm.

Vedenkäsittelylaitosten suunnitteluohjeessa vuodelta 1978 todetaan altaiden vaatimuksista seuraavaa:

*Betoniset altaiden väliseinät valetaan muottien sisään. Mikäli väliseinät tehdään muulla tavoin kuin muoteilla pinnat tulee teräshiertää, jotta saavutetaan luokan 1 pintoja. Altaiden pinnoilta vaaditaan tiiveyttä, siiveyttä ja kestävyyttä. (RIL 116 1978, 149-150)*

## **2.2 Korjaamiseen vaikuttavat standardit**

Standardein pyritään todentamaan tuotteen tai menetelmän soveltuvuutta ja käytettävyyttä tarkoitettuun kohteeseen tai toimintaan. Suomalaisia standardeja ohjaa ja koordinoi Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS:n työn painopiste on nykyään eurooppalaisten tai maailmanlaajuisten standardien laadinta. Euroopan unioni antaa jäsenmaidensa alueella vaikuttavia asetuksia, direktiivejä, päätöksiä ja säädöksiä. Euroopan unioni voi antaa direktiivejä tai muuta lainsäädäntöä, mikä voi vaikuttaa mm. jäsenmaiden standardeihin (SFS. 2012.).

## **2.3 SFS- EN 1504**

Betonirakenteiden korjaamiseen käytetään vuosittain suuria summia rahaa. Korjauksen jälkeen kaikki asiakkaat eivät ole tyytyväisiä korjauksen laatuun ja asiakkaiden tyytymättömyys korjausrakentamiseen kasvaa ajan kuluessa. Tästä nousi tarve kehittää standardi betonirakenteiden korjaukseen. (Raupach. n.d.) Kehitystyön tuloksena syntyi yleisesti Euroopassa käytössä olevan standardi EN 1504, mikä käsittelee raudoitettujen betonirakenteiden suojaus ja korjaus toimenpiteitä. Standardin suomenkielinen nimi on SFS-EN 1504 Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät

vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimusten mukaisuuden arviointi. Standardi muodostuu kymmenestä osasta:

Osa 1: Määritelmät.

Osa 2: Betonipinnan suojaus

Osa 3: Rakenteellinen ja ei-rakenteellinen korjaus

Osa 4: Rakenteellinen liimaus

Osa 5: Betonirakenteen injektointi

Osa 6: Betoniterästangon ankkurointi

Osa 7: Raudoituksen korroosionesto

Osa 8: Laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arviointi

Osa 9: Suojaus- ja korjausaineiden ja niiden yhdistelmien periaatteet

Osa 10: Aineiden ja niiden yhdistelmien työmaakäyttö ja työn laadunvalvonta

EN 1504 on implementoitu kokonaisuudessaan jäsenvaltioiden lainsäädäntöön vuoden 2009 alkuun mennessä.

### **2.3.1 Laadukkaan korjausrakentamisen suunnittelun vaiheet**

Standardin EN 1504 mukaan betonirakenteen korjaaminen on prosessi, mikä oikein suunniteltuna ja toteutettuna johtaa laadukkaaseen ja kestäväan lopputulokseen (Raupach n.d.). Betonirakenteiden korjauksen ja suojauksen suunnittelu on vaativa tehtävä. Standardissa määritellään korjauksen ja suojauksen periaatteet vaurioituneille betonirakenteille. Korjaustoimenpiteiden päävaiheet ovat:


- rakenteen kunnon arviointi
- vaurioitumisen syiden tunnistaminen
- suojauksen ja korjauksen vaihtoehdoista päättäminen
- sopivien suojaus- ja korjausperiaatteiden valinta

- menetelmien valinta
- aineiden ja niiden yhdistelmien ominaisuuksien määrittely
- suojauksen ja korjauksen jälkeiselle kunnossapidolle asetettavien vaatimusten määrittely (SFS-EN 1504-9).

## *2.4 CE-merkintä*

Rakennustuotedirektiivi (Construction Products Directive, CPD, 89/106/EEC) on Euroopan unionin kattava direktiivi, jolla on tarkoitus luoda rakennustuotteille toimivat sisämarkkinat. Rakennustuotedirektiivi on saatettu voimaan Suomessa sisällyttämällä direktiivin vaatimukset suomalaiseen oikeuskäytäntöön lakien muutoksilla. Rakennustyötä koskien muutokset on tehty maankäyttö- ja rakennuslakiin ja rakennustuotteiden tuotehyväksyntälakiin. Tämä direktiivi vaikuttaa myös Suomessa ja vedenkäsittelylaitteiden rakentamiseen ja rakentamisessa käytettäviin tuotteisiin. Käytännössä direktiivi tarkoittaa rakennustuotteiden CE-merkintää. Myöhemmin CPD on korvattu Construction Product Regulation (CPR) direktiivillä, mikä tulee voimaan kaikissa Euroopan talousalueen maissa täsmälleen saman sisältöisenä ja samanaikaisesti 1. heinäkuuta 2013 (Järvenpää 2011, 16; Pelto-Huikko & Kaunisto 2010, 16-17).

CE-merkinnällä halutaan varmistaa, että oikein suunnitteleamalla ja asianmukaisesti käyttämällä tuotetta täytetään rakennuksille asetetut vaatimukset. CE-merkinnän saa kun tuote täyttää sille asetetut vähimmäisvaatimukset. CE-merkinnästä ilmenee viittaukset mahdollisiin standardeihin ja tuotekohtaiset tiedot. Kuviossa 6 esitetään esimerkki CE-merkinnästä. Tuotetta käyttävän tulee osata lukea ja tulkita CE-merkinnässä annettuja tietoja ja niiden perusteella valita soveltuva tuote käyttökohteeseen (Järvenpää 2011, 16; Pelto-Huikko & Kaunisto 2010, 16-17).

 01234
AnyCo Ltd, PO Box 21, B-1050
00
0123-RTD 0456
EN 1054-2
Betonipinnan suojausaineet (vettä hylkivä impregnointi)
Tunkeutumasyvyys Luokka II: $\geq 10$ mm
Vedenimeytyminen ja alkalikestävyys ilmoitettuna seuraavasti:
imeytymissuhde < 7,5 %      käsittelemättömään koekappaleeseen verrattuna
imeytymissuhde < 10 %      alkaliliuokseen upottamisen jälkeen
Kuivumisnopeus vettä hylkivässä impregnoinnissa: luokka II: > 10 %
Vaaralliset aineet: Kohdan 5.4 mukaiset

KUVIO 6. Esimerkki impregnointiaineen CE-merkinnästä. (SFS-EN 1504-2 2005, 39)

## 2.5 Rakennustarvikkeiden juomavesihyväksyntä

Talousveden ja jäteveden kanssa tekemisissä oleville tuotteille on annettu määräyksiä laissa ja käytettäville tuotteille on olemassa standardeja. Tällaisia ovat

- Suomen rakentamismääräyskokoelman osa D1
- rakennustuotedirektiivi ja CE-merkintä
- juomavesidirektiivi (Drinking Water Directive, DWD, 98/83/EY)
- talousvesiasetus; terveydensuojelulaki
- maankäyttö- ja rakennuslaki

- joukko muita lähteitä koskien lähinnä verkostojen ja koneistojen asennuksia ja laitteistoja.

Näistä merkittävimpiä säädöksiä vesilaitosten rakenteiden ja pinnoitteiden kannalta ovat juomavesidirektiivi ja talousvesiasetus. Laissa ja määräyksissä esitetään velvoitteet talousveden laadusta, raakaveden hankinnasta, veden laadun tarkkailusta jne. Talousvesiasetuksen 15 §:ään sisältyy juomavesidirektiivin artikla 10, jossa todetaan:

*Talousveden käsittelyssä tai jakelussa käytetyistä aineista tai uusissa laitteissa käytetyistä materiaaleista ei saa joutua talousveteen epäpuhtauksia suurempia määriä, kuin niiden käytön mahdollistamiseksi on välttämätöntä, eivätkä ne saa vaarantaa tämän asetuksenmukaisen talousveden laatuvaatimusten täyttymistä.*

Talousvettä voidaan verrata elintarvikkeeseen, jolloin veden valmistukseen ja jakeluverkkoon käytettävien rakennusmateriaalien tulee olla juomavesikelpoisia (Pelto-Huikko 2009). Kunnan terveydensuojeluviranomainen varmistaa talousveden laadun.

Vedenkäsittelylaitoksissa, jotka toimittavat vettä yli 10 m<sup>3</sup> tai yli 50 henkilön tarpeisiin, työskentelevillä ja talousveden laatuun vaikuttavia toimenpiteitä tekevillä tulee olla laitosteknistä ja talousvesihygienistä osaamista osoittava sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontaviraston antama todistus eli vesihygieniapassia. Käytännössä tämä tarkoittaa, että vesilaitoksissa tai vesihuolto-työmailla työskenteleviltä vaaditaan vesihygieniapassi (Pelto-Huikko & Kauristo 2010).

## ***2.6 Vesialtaita koskevia rakenteellisia seikkoja***

Betonirakenteiden säilyvyyteen ja halutun ulkonäön ja laadun varmistamiseen on tapauskohtaisesti kiinnitettävä huomiota betonirakenteiden valmistamisen eri vaiheissa. Valmiin betonirakenteen edellä mainittuihin ominaisuuksiin vaikutetaan monilla asioilla. Rakenteiden suunnittelulla vaikutetaan

betonilaadun valintaan ja betonin ominaisuuksien muodostumiseen. Työmaalla tapahtuvat toiminnot ja käytettävä työmaatekniikka vaikuttavat lopputulokseen. Kriittisiä tekijöitä ovat mm. paikallemittauksen tarkkuus ja käytettävien muottien muoto, tiiveys ja muotin pinnan laatu. Betonin säilyvyyden kannalta oleellista on tehdä rauditus oikein, jotta saadaan haluttu betonipeitteen paksuus. Kriittisiä työvaiheita lopputuloksen kannalta ovat betonin tiivistys ja jälkihoito. Betoniset veden ja jätevedenkäsittelyaltaat ovat betonirakentamisen erityisalue, minkä vuoksi rakenteille asetetaan erityisvaatimuksia. Vesialtaiden säilyvyyden ja käytettävyyden kannalta erityisiä tekijöitä ovat altaiden rakenteet, käytettävän betonin vaatimukset ja työtavat (RIL 149-1995, 18-19).

Betonisten veden ja jätevedenkäsittelyaltainen, vesisäiliöiden ja muiden veden ja jäteveden kanssa tekemisissä olevien rakenteiden tekniseen suunnitteluun vaikuttavat voimassa olevat rakennusmääräykset ja betonisuunnittelun normisto, jotka asettavat rakenteelle lujuusvaatimuksia. Asiakkaan tarpeet ja vedenkäsittelyprosessi vaikuttavat rakenteiden säilyvyyteen, käytettävyyteen ja huollettavuuteen. Ulkonäkövaatimukset ovat teollisuustiloissa yleensä toissijaisia toiminnallisuuteen verrattuna (RIL 149-1995, 18-19). Rakenteiden tulee olla tiiviitä, läpäisemättömiä ja erittäin hyvin kemiallisia rasituksia kestäviä. Rakenteellisessa suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota halkeilun minimoimiseen, laitteiden aiheuttaman tärinän kestoon ja erikoiskuormitukseen. Rakenteiden epätasaiset painumat voivat aiheuttaa halkeamia ja vuotoja altaiisiin. Hiushalkeilun estämiseksi ja rakenteiden kestävyysvarmistamiseksi vesialtaiden raudituksen tulisi olla normaalia tiheämpi (ACI-komitea 350 raportti 1971).

## *2.7 Vedenkäsittelyaltaiden betonimassan vaatimukset*

Käytettävän betonimassan laatu vaikuttaa rakenteen kestävyys- ja työstettävyyteen. Käytettävän betonimassan valintaan vaikuttaa käyttöikäsuunnittelu. Suunnittelija määrittelee tärkeimpien rakennusosien käyttöiän. Rakennusosien käyttöiät vaihtelevat ja voivat olla lyhyemmät kuin koko rakennuksen rakenteen korjausmahdollisuuksien mukaan. Kriittisten rakennusosien kuten rungon ja perustusten käyttöiän tulee olla vähintään rakennuksen käyttöikä. Käyttöikäsuunnittelua tehdessään suunnittelija määrittelee rakenteelle betonin lujuusluokan, betonipeitteen paksuuden ja halkeamaleveyksien raja-arvot (by 51 2007, 6-8). Rakennusmääräysten B4:n mukaan piirustuksiin on merkittävä rakenteesta:

- rakenneluokka
- rasitusluokat ja rakenteen suunnittelukäyttöikä
- betonipeitteen nimellisarvo ja sen sallittupoikkeama
- suunnittelussa käytetyt ominaiskuormat (rakmk B4. 2005)

Käytettävästä betonimassasta tulee määritellä:

- lujuusluokka
- kiviainesten ylänimellisraja
- vesisementtisuhde rasitusluokissa XD ja XS
- mahdolliset lisämäärittelyt kun rakenteeseen kohdistuu erityisiä vaatimuksia (rakmk B4. 2005).

Vesialtaiden käyttöikää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon betoniin kohdistuvat kemialliset ja fysikaaliset kuormitukset. Jäteveden käsittelyaltaiden ja vesisäiliöiden betonirakenteiden käyttöikäsuunnitteluun vaikuttavia tekijöitä kahden esimerkin mukaan.

**Esimerkki 1: Pälkäneelle Pöyry Oy:n suunnittelema jätevedenpuhdistamon betonin vaatimuksia**

*Betoni C28/35*

*Betonipeitteen nimellisarvo  $c = 35 \text{ mm}$ , toleranssi  $\pm 10$*

*Rasitusluokka XC3, XD1, XF1, XA1*

*Suunniteltukäyttöikä 50 vuotta, by 50*

*Runkoaineen suurin sallittu raekoko #16*

*Laatutekijät:*

*Tasaisuusluokka A*

*Kulutuksen kestävyys 3*

*Muut laatutekijät luokka 40, by 45 mukaan*

*Pinta teräshierretty*

*Palonkestoluokka: REI 120*

*Jälkihoito by 45 mukaan*

**Esimerkki 2: Jyväskylässä Pöyry Oy:n suunnittelema Janakan vesilaitos, vedenkäsittelyaltaat**

*Suunnittelukäyttöikä 50 v.*

*Betoni: C30/37, C35/45 sulfaatin kestävä*

*Betonipeite eri luokissa:*

<i>XC1-4</i>	<i>35 mm</i>
<i>XD1, XS1</i>	<i>40 mm</i>
<i>XD2</i>	<i>45 mm</i>
<i>XD3, XS2, XS3</i>	<i>50 mm</i>
<i>XC2 maata vasten valettaessa</i>	<i>50 mm</i>

*Raudoitus asennetaan molempiin pintoihin k200 ellei toisin mainita.  
Työsaumoihin tehdään pontti ja asennetaan bentoniittisaumanauha ja  
injektointiletku, jotta niistä saadaan vesitiiviitä liitoksia.*

Betonin rasisitusluokkien merkinnät ovat seuraavia:

XC Karbonatisoitumisen aiheuttama korroosio

XD Kloridien aiheuttama korroosio

XS Kloridien aiheuttama korroosio.

XS luokkaan kuuluvat rakenteet ovat meriveden vaikutuksen alaisia suoraan tai epäsuorasti.

XF Jäätymis-sulamisrasitukset

Vaikuttaa betonin huokoisuuteen ja siten betonin pakkasen kestävyteen.

XA Kemiallinen rasisitus

Tyypillisimmät betonille vahingolliset aineet pitoisuuden perusteella: sulfaattit, hapot ja aggressiivinen CO<sub>2</sub>. Asumajätevesi luokitellaan XA -luokkaan. Lisäksi on mahdollista biologinen korroosio tuulettumattomissa jätevesisäiliöissä. Säiliön kosteille seinille syntyy kerros missä on bakteeritoimintaa. Bakteeritoiminnan seurauksena syntyy rikki ja sulfaatti yhdisteitä, minkä vaikutuksesta betoni syöpyy. Vauriota ei voida betoniteknisin keinoin välttää vaan tila tulisi tuulettaa, jotta pinnat voidaan kuivattaa ja syövyttävät yhdisteet poistaa tilasta (by 51 2007, 25).

## *2.8 Betonimassan ominaisuuksia*

Betonimassasta voidaan tehdä kestävämpää lisäämällä siihen erilaisia lisäaineita. Yleinen betonin lisäaine on huokostin. Huokostimella saadaan lisättyä betonin suojahuokosten määrää ja näin betonin pakkasen kestävyyttä. Vedenkäsittelyaltaat ovat yleensä sisätilassa, jolloin huokostin ei ole tarpeellinen lisäaine. Altaiden betonin ja rakenteiden yleensä tulee olla tiivistä ja kulutusta kestävä.

Muita betonin lisäaineita ovat erilaiset kiihdyttimet, notkistimet ja mahdollisesti kemiallista kestävyyttä lisäävät aineet. Yleisimmät betonia vaurioittavat yhdisteet ovat sulfaatit, hapot ja aggressiivinen hiilidioksidi. Nämä yhdisteet yleisesti heikentävät betonin kemiallisia ominaisuuksia liottamalla tai heikentämällä ionisidoksia tai paisuttamalla hydrataatiotuotteita. Sulfaatti reagoi sementin sisältämän trikalsiumaluminaatin ( $C_3A$ ) kanssa muodostaen ettringiittiä. Ettringiitti paisuu betonin huokosissa rikkoen betonin rakenteen. Vedenkäsittelyaltaissa käytettävän betonin tulee olla vähintään sulfaatinkestävää. Sulfaatti luokitellaan kemialliseen rasitusluokkaan XA.

Vesitiiviin betonin tulee olla vähintään K30 luokan betonia. Vesitiiviys asettaa vaatimuksen betonin vesi-sementtisuhteelle, eikä sen tulisi olla yli 0,6. Valettaessa vesitiiviitä rakenteita tulee olla erityisen huolellinen tiivistämisen ja jälkihoidon kanssa. Vesitiiviin rakenteen betonimassassa käytetyn kiviaineksen koostumuksen tulisi olla jonkin verran pienempää kuin normaaliolosuhteissa, jotta vältetään ainesosien erottuminen (Betonirakenteet 1979, 94-95).

Kulutuksen kestävyyyteen vaikutetaan valitsemalla kestävä runkoaine. Betonin lietteen ja hienojen kiviainesten määrän tulisi olla riittävän pieni kokonaisuudessaan verrattuna, jotta vältetään lietekerroksen syntyminen valetun rakenteen pinnalle (Betonirakenteet 1979).

Betonin jälkihoito tulee aloittaa heti valamisen päätyttyä. Jälkihoidon avulla taataan betonipinnan oikea laatu ja vähennetään muodostuvien mikrohalkeamien määrää.

## 3 BETONINRAKENTEIDEN VAURIOITUMINEN

### *3.1 Betonirakenteiden vaurioitumismekanismit*

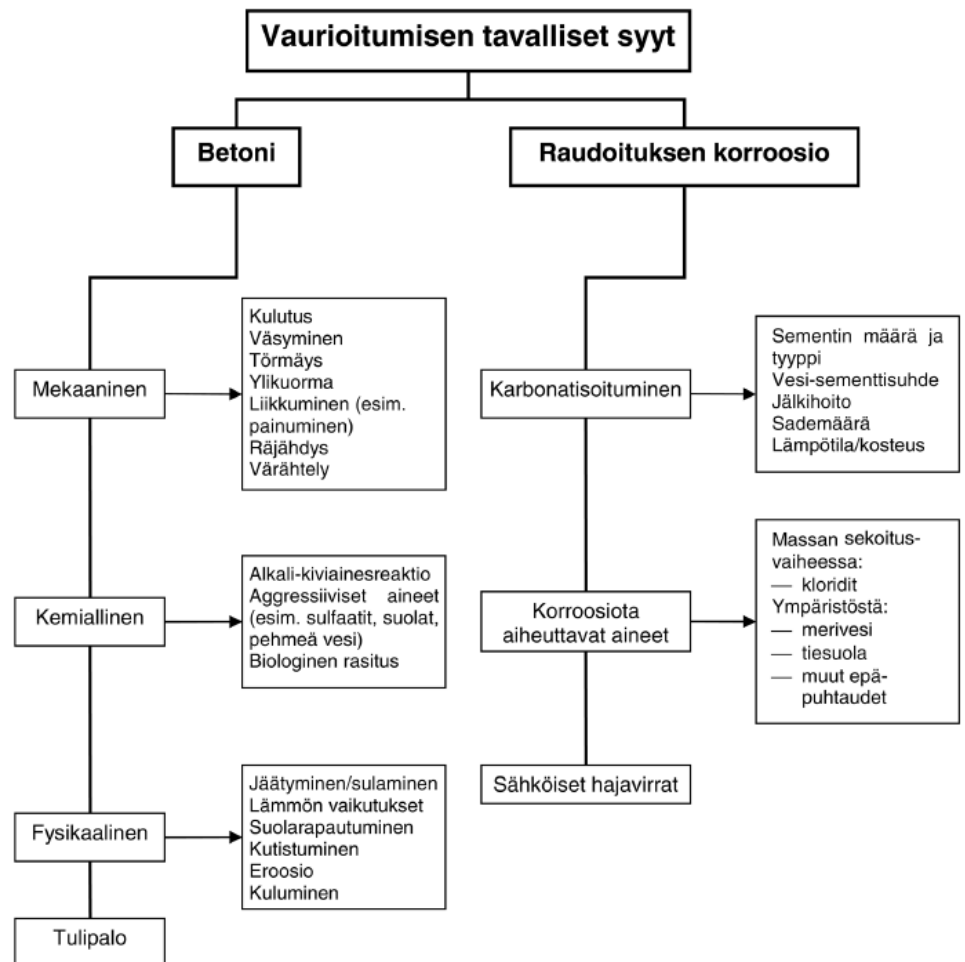
Betonirakenteiden vaurioituminen voidaan luokitella monella tavalla. Vauriot voidaan jakaa alkuperän mukaan neljään ryhmään:

1. Valmistuksesta ja suunnittelusta johtuvat vauriot.
2. Valmistusmenetelmistä johtuvat vauriot.
3. Käytöstä, olosuhteista ja onnettomuuksista johtuvat vauriot.
4. Suunnitteluvirheistä johtuvat vauriot rakenteiden liitoksissa.  
(by 201 2004, 334-335)

Vesitiiviissä rakenteissa erityistä huomiota tulee kiinnittää materiaaliin ja betonirakenteiden saumoihin, erityisesti työaikaisiin saumoihin ja liikuntasaumoihin.

Rakenteen toiminnallisen käyttöiän määräävät rappeutumisprosessit. Useasti rappeutumisprosessit tapahtuvat samanaikaisesti voimistaen toistensa vaikutusta. Yleisimmät rappeutumisprosessit ovat kemiallinen korroosio, mekaaninen kuluminen, fysikaalinen ja biologinen rappeutuminen ja tulipalo. Teräsbetonin vaurioitumisen syytä esitetään kuviossa 7. Raudoituksen korroosiota käsitellään tarkemmin luvussa Teräsbetonin vaurioitumistavat.

Biologisen rapautumisen mahdollisuus tulee ottaa huomioon erityisesti jätevettä ja lietteitä käsiteltäessä (RIL 216-2001, 127).



KUVIO 7. Teräsbetonin yleisimmät vaurioitumistekijät (SFS-EN 1504-9, 8).

### 3.2 Teräsbetonin vaurioitumistavat

Teräsbetonisten rakenteiden vaurioituminen jaetaan Betonitekniikan oppikirjan by 201 (2004, 335) mukaan kahteen luokkaan. Teräsbetonirakenteissa voi vaurioitua betoni tai teräs. Betonin vaurioituminen johtaa ennen pitkää teräk-

sen korroosioon. Betonin vauriot jaetaan rakenteellisiin, kemiallisiin ja fyysikaalisiin vaurioihin.

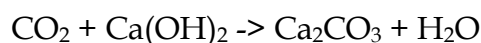
Betonin rakenteelliset vauriot aiheutuvat iskuista, liikkeistä tms. onnettomuuksista, jotka kohdistuvat rakenteeseen. Kemialliset vauriot aiheutuvat betonin valmistamiseen käytettyjen aineiden reagoimisesta ympäröiviin olosuhteisiin. Kemiallisia reaktioita ovat alkalikiviainesreaktiot, sulfaattien aiheuttamat reaktiot betonissa sekä muut haitalliset aineet. Betoniin kohdistuvia rasiusluokkia on käsitelty jo aiemmin luvussa 2.7 Vedenkäsittelyaltaiden betonimassan vaatimukset. Betoni voi vaurioitua fyysikaalisista syistä kuten pakasrapautumisesta, rakenteen lämpöliikkeistä, eroosiosta tai suolojen kiteytymisestä rakenteeseen (by 201 2004, 335).

### ***3.3 Teräksen korroosio***

Teräsbetonin teräksiin vaurioita aiheuttava tekijä on raudoituksen korroosio. Raudoituksen korroosiota aiheuttaa suojabetonin karbonatisoituminen ja siten pH:n muuttuminen korroosioille edulliseksi.

Betoni suojaa raudoitusta korroosiolta sen emäksisen pH pitoisuuden vuoksi. Betonin kovettuessa sementti ja vesi reagoivat muodostaen suuria määriä kalsiumhydroksidia ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) ja pienempiä määriä natrium- ja kaliumhydroksidia. Karbonatisoitumisen aiheuttaa ilman hiilidioksidi ( $\text{CO}_2$ ), mikä tunkeutuu betoniin ja reagoi hydroksidiyhdisteiden kanssa.

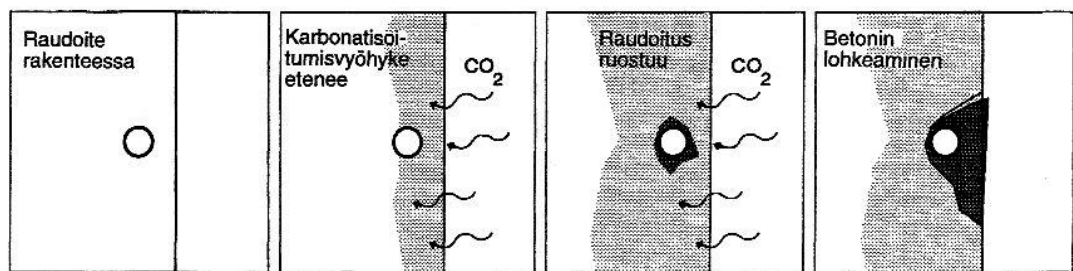
Karbonatisoitumista esittävä kemiallinen kaava on:



Betonin kosteuspitoisuus vaikuttaa karbonatisoitumisnopeuteen. Kosteassa betonissa elektrolyytit ja happi pääsevät helpommin reagoimaan ja liikkumaan. Teräksen korroosion katsotaan alkavan kun suhteellinen kosteus beto-

nissa ylittää 65-70% RH. Korroosio nopeutuu kun suhteellinen kosteus nousee yli 80 – 85 % RH (by 24 2002, 24). Mutta betoni ei karbonatisoidu veden alla.

Karbonatisoituminen etenee rintamana betonissa. Karbonatisoitumisen eteneminen on nopeaa halkeamien ja huonosti tiivistetyn betonin kohdalla. Betonin pH alentuessa raudoitusta suojaava ohut passiivikalvo tuhoutuu. Raudoituksen suojana oleva passiivikalvo koostuu rautaoksidaista  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  ja  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Passiivikalvon tuhoutuessa rauta alkaa ruostua. Raudan korroosiotuote vie suuremman alan kuin itse rauta, mikä aiheuttaa betonin lohkeamisen (Jalli 1999, 28). Kuviossa 8 kuvataan karbonatioistumisesta aiheutuva vaurio.

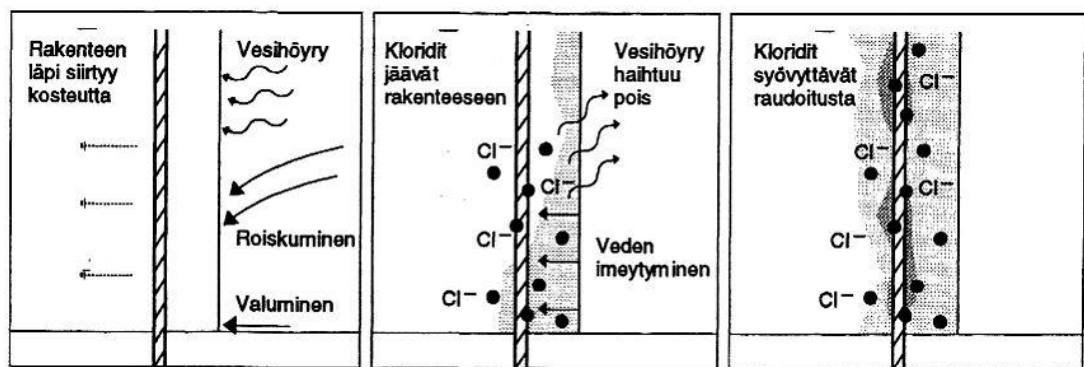


KUVIO 8. Teräsbetonirakenteessa etenevän karbonatioistumisvyöhykkeen aiheuttama korroosiovaurio (Jalli 1999, 29).

Korroosiota aiheuttavat aineet joko betonin lähtöaineissa tai ulkopuolisena kuormituksena. Erityisesti kloridiyhdisteet aiheuttavat korroosiota (by 201 2004, 335). Betonissa kloridien aiheuttamaa korroosioon vaikuttaa kloridien pitoisuus, betonin tiivys ja betonin kosteuspitoisuus. Teräksen korroosiota voidaan estää riittäväällä suojabetonin paksuudella ja tiivydellä. Suunnittelussa tulee huomioida kohteen rasitusolot ja määritellä riittävät suojabetonin paksuudet suunnitellun käyttöiän mukaan.

Altaissa esiintyy klorideja vedenkäsittelykemikaalien mukana kuten desinfiomisaineena käytetyissä hypokloriitin johdannaisissa. Kloridit aiheuttavat raudoituksen korroosiota pistemäisenä. Kuviossa 9 esitetään kloridien aiheut-

tama pistemäisen korroosion syntyminen. Terästä peittävä passiivikerros rikkoutuu kloridien vaikutuksesta useammasta kohdasta. Raudoituksen passiivikerroksen rikkoutuneisiin kohteisiin muodostuu anodisesti ja katodisesti aktiivisia pareja. Katodinen alue suojaa raudoitusta, mutta anodinen alue syöpyy pistemäisesti rautayhdisteiden reagoiessa kloridi- ja hydroksidi-ionien kanssa (Jalli 1999, 30).

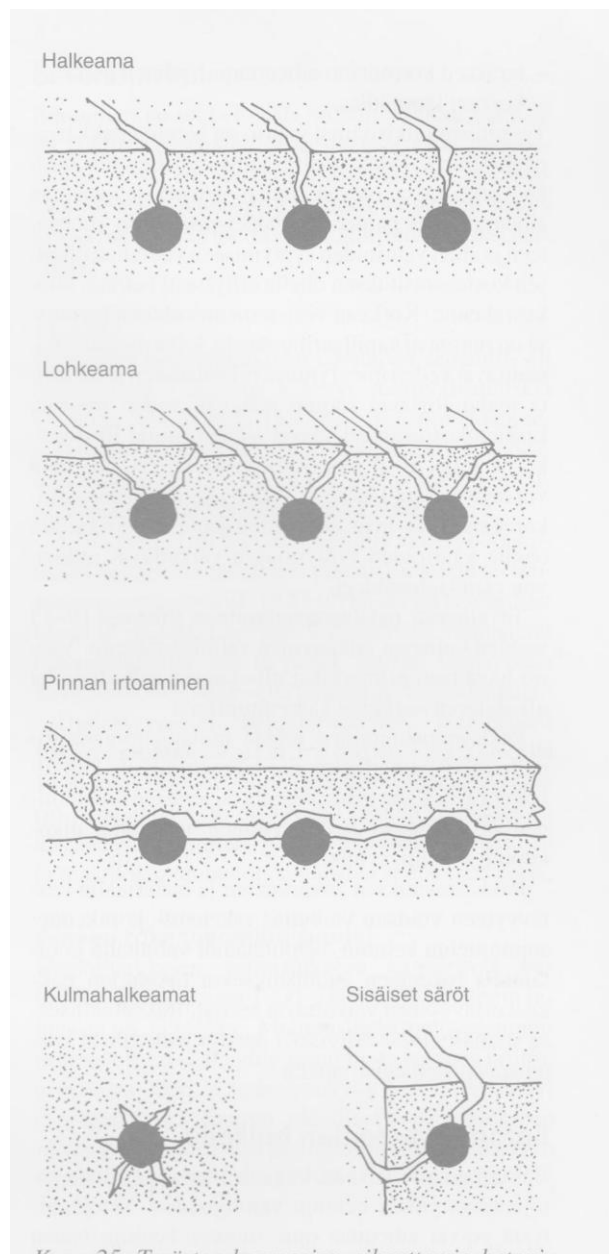


KUVIO 9. Pistekorroosion syntyminen kloridi-ionien vaikutuksesta (Jalli 1999, 30).

Karbonatisoituneessa ja tai kloridipitoisessa betonissa terästen korroosionopeuteen vaikuttaa:

- betonin kosteuspitoisuus (vapaat elektrolyytit ja happi)
- rakenteen lämpötilan kohoaminen nopeuttaa korroosiota
- betonin kloridipitoisuus
- betonin tiiviys
- raudoituksen suojabetonin paksuus (Jalli 1999, 29-31).

Betonirakenteiden vauriot ovat tyypillisesti halkeamia, lohkeamia ja rapautumia. Alla olevassa kuviossa 10 on esitetty tavallisimmat terästen korroosion aiheuttamia vaurioita.



KUVIO 10. Terästen korroosion seurauksena syntyviä betonirakenteiden vaurioita (Siikanen 2001, 163).

### *3.4 Vesialtaiden kunnostustarve*

Altaiden vauriot ovat yleensä teräsbetonin terästen korroosiovaurioita ja betonin rapautumia. Betonirakenteissa ilmenevät hiushalkeamat, kuluminen ja betonin happamoituminen altistavat rakennusteräksset korroosiolle. Rakenneterästen laaja-alainen korroosio saattaa heikentää rakenteen kantavuutta (Mantsinen 2007, 26-27). Veden käsittelyaltaiden kunnostustarve ilmenee lähinnä vedenpinnan yläpuolisissa rakenteissa. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelussa (by 51 2007) vedenpinnan yläpuolisilla rakenteilla on määritetty korkeampia rasitusluokkia karbonatisoitumisen osalta kuin pinnan alapuolisilla rakenteilla. Yleisesti voidaan todeta kosteuden olevan tärkeä tekijä allasrakenteiden vaurioitumisprosessissa. Kun kyseessä on vesialtaat, on tärkeää tietää teräsbetonisten altaiden kosteustekninen toimintatapa. Näin voidaan arvioida altaan käyttöikää ja korjausmahdollisuuksia (Jalli 1999, 11).

Massiivisten lujien betonirakenteiden kuluminen on hidasta ja huomaamaton-ta (Pihlajavaara ja Pihlman 1991, 33). Betonipintaa kuluu tasaisesti koko rakenteen alueelta. Betonin vaurioitumisnopeutta ja vaurioituneen betonin paksuutta voidaan halutessa määrittää laskennallisesti. Kulumisen perusteella betoniseinä katsotaan tuhoutuneeksi, kun 20 – 30 % sen paksuudesta on vaurioitunut ts. kulunut pois. Rakenteen vaurioituminen voi olla myös toispuolista (Pihlajavaara ja Pihlman 1991, 17, 24).

Suunnittelijat Korpela ja Hekkala kertovat vesialtaiden korjaustarpeen kohdistuvan vesirajassa tai sen yläpuolella oleviin pintoihin. Kunnostuksen syitä ovat halkeamat, vuodot ja raudoituksen korroosio. Raudoituksen korroosion syyksi mainitaan liian pieni suojabetonin paksuus tai vastaavasti liian pintaan jääneet teräksset. Muita korjausta vaativiksi ongelmiksi kerrotaan betonin halkeamat ja niistä tapahtuva vuotaminen tai altaiden vuodot muualta kuin halkeamista sekä altaan pohjan liikkuminen. Talousvedenkäsittelyaltaissa kunnostuksen tarve ei ole johtunut hygieenisistä tai veden laatuun liittyvistä ongelmista. Ongelmat ovat olleet lähinnä rakenteellisia. Jätevesialtaissa esiintyy

edellisten lisäksi kemikaalien ja eri yhdisteiden aiheuttamaa betonin rapautumista ja syöpymistä (Hekkala 2012; Korpela 2011).

Laukaan vesitorni kunnostettiin vuonna 2009. Kunnostuksen syynä oli ylävesisäiliön vuotaminen. Vuotaminen havaittiin tiilirakenteisen ulkovuoren rapautumisena. Vuotamisen syyksi havaittiin halkeamista ja läpivientien kohdalla olevat vuodot. Lisäksi altaan keskellä olevia pilareita kunnostettiin (Rossi 2012).

### *3.5 Vesialtaiden korjausperiaatteet*

Lähtökohtana korjaukselle on kuntotutkimus. Kuntotutkimuksen perusteella pystytään kohdentamaan korjaustoimenpiteet ja valitsemaan soveltuvat korjausmenetelmät. Korjausten tavoitteena on mahdollisuuksien mukaan korjata jo syntyneet vauriot ja suojata rakennetta siten, että vaurioituminen pysähtyy. Jallin (1999, 63) ja SFS-EN 1504 mukaan käytettävissä olevat korjausperiaatteet ovat:

- Betonin kosteuspitoisuuden rajoittaminen.
- Betonipinnan tiivistäminen kloridien tunkeutumista vastaan.
- Betonin karbonatisoitumisen pysäyttäminen pinnoittamalla.
- Sähkökemialliset terästen korroosionsuojausmenetelmät.

Esille tulleen raudoituksen osalta ongelmana on liian pieni suojabetoninvahvuus. Suojabetoninvahvuutta ei voida lisätä, mutta raudoitus voidaan suojata tuotteilla, mitkä ohuempana kerroksena estävät raudoitusterästen korroosiota. Nämä tuotteet eli lähinnä pinnoitteet voivat esimerkiksi tuotteesta riippuen 2 mm kerrospaksuudella suojata rakennetta veden ja kloridien tunkeutumiselta rakenteeseen. Tiiviiden ohuiden ja laajojen pintojen kohdalla sekä työn laatu

että myös pinnoituksen esi- ja jälkityön merkitys korostuu (Mantsinen 2007, 26-27).

### ***3.6 Uusien altainen pinnoittaminen***

Altainen pinnoitus voi tulla kyseeseen jo rakennusvaiheessa. Pinnoituksen syynä voivat olla käytön vaatimukset. Teollisuuden kemikaalisäiliöitä ja kemikaalisäiliöiden vara-altaita pinnoitetaan. Kemikaalit voivat olla pH arvoltaan happamia tai muuten niin aggressiivisia, että betonirakenteet kannattaa pinnoittaa. Käytettyjä pinnoitemateriaaleja ovat mm. polyuretaani- ja polyeteenilevyt. Polyeteenilevyt levitetään ja kiinnitetään mekaanisesti altaan päälle. Elementtirakenteisia vesitorneja on pinnoitettu PVC-matoilla vesitiiviiden saavuttamiseksi jo rakennusvaiheessa (Kaitos 2012).

Teollisuuden kemikaalien varoaltaissa käytettyjä pinnoitemateriaaleja ovat Korpelan (2011) mukaan seuraavat epoksipohjaiset pinnoitteet, akryylimassat, polyuretaaniseokset. Joissakin kohteissa on käytetty 2-komponenttista epoksihartsipinnoitetta, joka on tarkoitettu teollisuuden lattiapinnoitteeksi.

## **4 PINNOITTEET**

### ***4.1 Pinnoitteiden luokittelu***

Pinnoitteissa keskitytään betonipintojen korjaukseen ja pinnoittamiseen soveltuviin tuotteisiin. Kuten aiemmin on todettu vedenkäsittelyaltainen yleensä olevan massiivisia paikalla valettuja betonirakenteita. Betonirakenteiden korjaamiseen käytetään pääasiallisesti sementtipohjaisia tuotteita pinnoitteita lu-

kuun ottamatta. Sementtipohjaisia tuotteita ovat betonit, laastit ja tasoitustuotteet. Laastit ovat tuotteita, joiden maksimiraekoko on 4 mm. Laastin polymeereillä on vaikutusta laastin tartuntaan, tiiviyyteen, plastisuuteen, koossapysymiseen, vedentarpeeseen, vedenpidätyskykyyn ja jälkihoidon tarpeeseen. Sideaineena voi olla sementti, polymeerisementti tai polymeerilaastit. Korjaamiseen käytettäviltä tuotteilta odotetaan käyttökohteeseen soveltuvaa lujuutta, tiiviytää, tartuntakykyä, raekokoa ja työstettävyyttä. Lisäksi ulko-olosuhteissa käytettävien tuotteiden tulee olla pakkasenkestäviä (by 41 2007, 36).

## ***4.2 Betonin pinnoittamiseen soveltuvien tuotteiden luokittelu***

Betonin pinnoittamiseen soveltuvia pinnoitteita voidaan luokitella usealla eri tavalla. Suomen Betoniyhdistyksen julkaisuista löytyy useampi tapa luokitella pinnoitteita. Kirja Betonijulkisivun kuntotutkimus (by 42 2002) luokittelee pintakäsittelyt seuraavilla tavoilla:

- paksuus, tunkeutumissyvyys alustaan ja peittävyys
- kemiallinen koostumus (orgaaninen, epäorgaaninen, sekasideaine)
- kuivumistapa (kemiallinen reaktio, liuottimen haihtuminen)
- suojavaikutus tai käsittelyn tehtävä (vedeneristyskyky, CO<sub>2</sub> -suojaus, ulkonäkö jne) (by 42 2002, 39)

### **4.2.1 Betonin pintakäsittelyt**

Betonin pintakäsittelyt luokitellaan kolmeen luokkaan; avoimet pintakäsittelyt, puoliavoimet pintakäsittelyt ja tiiviit pintakäsittelyt.

Avoimet pintakäsittelyt sallivat veden ja vesihöyryn vapaan liikkumisen pinnoitteen läpi käsittelemättömän betonin tapaan. Tähän ryhmään kuuluu epäorgaanisia pinnoitteita, joita ei ole modifioitu vesitiiviiksi tai vettähyлкiviksi polymeerien avulla.  $S_d$  -arvo kertoo vesihöyrynvastustus kyvystä. Suomessa avoimia pinnoitteita ovat pinnoitteet, joiden  $S_d$  -arvo on alle 0,5 m paksun ilmakerroksen vastus. Euroopassa vastaava arvo on 4 tai 5 m ilmakerrosta vastaava vesihöyryn vastusta, mikä on Suomen olosuhteisiin liian suuri. (by 41 2007, 69). Betonin kosteus voi heikentää pinnoitteen tartuntaa, minkä vuoksi pinnoitteen tulee olla vesihöyryn läpäisevää. Hiilidioksidia vastaan tiiviinä pinnoitteena voidaan pitää pinnoitetta, jonka  $S_d$  -arvo vastaa vähintään 50 m ilmakerroksen vastusta (by 42 2002, 40).

Puoliavoimet pintakäsittelyt hidastavat veden imeytymistä pinnoitteen läpi, mutta eivät hidasta vesihöyryn poistumista rakenteesta. Impregnointiaineet, silikonihartsipohjaiset suojamaalit ja vettähyлкiviksi lisäaineistetut pinnoitteet kuuluvat tähän ryhmään.

Tiiviit pintakäsittelyaineet hidastavat selvästi veden ja vesihöyryn kulkua pinnoitteen läpi. Monet orgaaniset maalit ja pinnoitteet kuuluvat tähän ryhmään (by 41 2007, 69).

#### **4.2.2 Pinnoitteet kalvon muodostuksen perusteella**

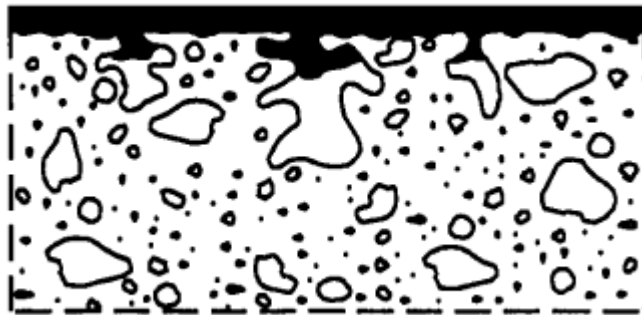
Pinnoitteet voidaan jakaa kalvon muodostuksen perusteella kolmeen ryhmään; kalvoa muodostamattomat pintakäsittelyt, kalvon muodostavat tavanomaiset pinnoitteet ja halkeamia siloittavat pinnoitteet.

Kalvoa muodostamattomaa pintakäsittelyä kutsutaan yleensä impregnoinniksi. Impregnoinnissa betonin pintaan levitetty neste tai geeli tunkeutuu betonin huokosiin ja muodostaa huokosten seinämiin vettä hylkivän kerroksen. Impregnoinnin käyttöikä riippuu käytetystä aineesta ja tunkeutumissyvyydestä ja on normaalisti muutamasta vuodesta kymmeneen vuoteen (by 41 2007, 70). Kuviossa 11 esitetään impregnoinnista muodostuva pinta ja kuviossa 12 pin-

noitteesta syntyvä pinta. Kalvon muodostavat pinnoitteet ovat tyypillisesti paksuudeltaan 0,1 – 1 mm. Kalvon muodostavia pinnoitteita ovat tavallisesti erilaiset maalit.



KUVIO 11. Impregnointi, kuvasta näkee kuinka impregnointi leviää betonipinnan huokosten päälle. (SFS EN 1504-2 2006, 8)



KUVIO 12. Pinnoituksella saadaan aikaiseksi jatkuva, sileä pinta halutessa (SFS EN 1504-2 2006, 8).

Halkeamia siloittavat pinnoitteet ovat suhteellisen paksuja ja joustavia tuotteita. Niiden ominaisuudet riippuvat tuotteen ominaisuuksien lisäksi kalvon paksuudesta ja lämpötilasta (by 41 2007, 71).

### 4.3 Pinnoitemateriaaleja

Pinnoitemateriaaleja tarkastellessa on pinnoitteiden alusta huomioitava. Vesialtaissa pinnoitteiden alustana on betoni, jossa sideaineena on käytetty rakennussementtiä. Pinnoitteisiin lisätään polymeerejä, jotta saavutetaan halutut ominaisuudet. Näissä polymeerituotteissa sideaineena voi olla epoksi, polyuretaani, akryyli tai sementtipolymeeriseos (by 49 2003, 5).

Epoksit ovat muovituotteita. Epoksimuovit toimitetaan yleensä kahtena komponenttina, jotka ennen käyttöä sekoitetaan keskenään. Epoksimuoveilla on hyvät lujuusominaisuudet ja liimautuminen. Epoksit kestävät useita kemikaaleja, minkä vuoksi niitä käytetään mm. säiliöiden valmistukseen ja syövyttävi- en aineiden kuljetukseen. Epoksiliimat ovat reaktio- eli kaksikomponenttiliimo- ja. Epoksiliimalla voidaan liimata erittäin lujasti metallia, puuta, muoveja ja betonia. Epoksihartseja käytetään mm. syöpymistä kestävien pinnoitteiden, rakennusten tiivistys- ja korjausmassojen ja muovibetonien valmistamiseen (Siikanen 2001, 263). Massapinnoitteina epoksit kestävät kovaa mekaanista kulutusta. Hierrettävät epoksinpinnoitteet kestävät erittäin kovaa mekaanista rasi- tusta ja hyvin kemikaaleja (by 49 2003, 11).

Epoksihartseja käytetään uusien putkien ja vesisäiliöiden pinnoittamiseen. Testatut tehtaalla pinnoitetut putket ovat turvallisia käyttää. Jos epoksihartse- ja käytetään saneerauksessa, tulee työssä käyttää ainoastaan testattuja tuote- merkkejä ja työn osaavaa henkilöstöä. Epoksinpinnoitteilla saneerattujen koh- teiden käyttöönoton yhteydessä kannattaa analysoida vedestä mahdollisten epoksiyhdisteiden jäämien ja johdannaisien määrät (Soveltamisopas talousve- siasetukseen 461/20000 2009, 33).

Polyuretaaneja on 1- ja 2-komponenttisia. Polyuretaanit muodostavat kulutus- ta kestävä, vesitiiviin pinnan, mikä samalla kestää hyvin kemikaaleja, liuot- timia ja öljyjä. Polyuretaanit kestävät hyvin myös monenlaisia olosuhteita ku- ten kylmyyttä, lämpöä ja vanhenemista. Polyuretaaneille on luonteenomaista

elastisuus ja iskunkestävyys. Polyuretaaneilla on hyvä halkeamien siloituskyyky (Siikanen 2001, 263; by 49 2003, 11).

Akryylipinnoitteet perustuvat akryylihartsiin ja sideaineen reaktioon, missä muodostuu kestumuovia. akryylipinnoitteita tehdään hierrettävinä massoina. Akryylihartsi tarttuu hyvin alustaansa. Akryylipinnoitteet kestävät hyvin mekaanista rästitusta ja iskuja. Kemiallisen rasituksen kesto ei ole hyvä liuottimien osalta. Akryylipinnoitteita voidaan työstää matalissa lämpötiloissa ja kosteille pinnoille (by 49 2003, 11).

Sementtipolymeeripinnoitteissa sideaineena on erikoisementti ja polymeerimuovien seos. Näin saadaan yhdisteltyä sementin ja polymeerien toivottavia ominaisuuksia. Sementtipolymeerien ominaisuuksina pidetään seuraavia:

- hyvät mekaaniset ominaisuudet
- erittäin hyvä lämmönkesto
- hyvä kemikaalien kesto
- kovettuu nopeasti
- voidaan levittää tuoreelle tai märälle betonille + 5 °C lämpötilassa
- estää osmoottisen kuplimisen (by 49 2003, 12)

#### ***4.4 Pintakäsittelyn valinta***

Pintakäsittelyn tarkoitus ja laajuus määritellään kuntotutkimuksessa. Pintakäsittelyn tavoitteena on toteuttaa korjauksen tavoitteita ja korjausperiaatteita sekä lisätä rakenteiden käyttöikä. Lähtökohtana pinnoitteen valitsemiselle

tulee olla pinnoitteen soveltuvuus kohteeseen. Kohteessa voidaan tehdä huoltotöitä kuten säiliön korkeapainepesuja. Pinnoitteen tulee kestää kemialliset ja mekaaniset rasitukset. Talousveden kanssa tekemisissä oleva pinnoite ei saa olla terveydelle haitallista tai huonontaa veden laatua (B 66 1982, 77). Pintakäsittelyn valinta vaikuttavat monet tekijät. Alla on listaus pintakäsittelyn valintaan vaikuttavista tekijöistä. Lista ei ole tärkeysjärjestyksessä eikä täysin kattava. Huomioitavat asiat vaihtelevat korjauskohteen ja tavoitteen mukaan.

Pintakäsittelyn valintaan vaikuttavia tekijöitä:

- alustan laatu
- emissiot ilmaan ja veteen
- pinnoitettavan kohteen huollettavuus ja korjattavuus
- rakenteen käyttöikätaavoitteet
- pinnoitteen mekaanisen kulutuksen kesto
- rakenteen kosteustekninen toiminta
- riskit ja epävarmuustekijät työn toteutuksen aikana ja korjauksen toimivuudessa
- työtekniikka ja kustannukset
- kunnossapitotarve ja paikkausmahdollisuus
- ulkonäkötavoitteet ja muut käyttöominaisuudet
- ympäristöystävällisyys
- CE -hyväksyntä
- juomavesikelpoisuus
- muut vaadittavat testaukset suoritettu
- valmistajan antama takuu

- tuotteiden koostumus
- referenssit

Pinnoitteiden eli betonipinnan suojausaineiden ja niiden yhdistelmät valitaan niiden ominaisuuksien perusteella. Pinnoitteiden ominaisuuksien tulee vastata määriteltyjä korjausperiaatteita. Liitteessä 1 on esitetty SFS-EN 1504-9 periaatteet ja menetelmät betonipinnan suojaukseen.

#### ***4.5 Tilaajan ja suunnittelijan vaatimukset pinnoitteelle***

Pinnoitustyötä koskevassa työselostuksessa voidaan määritellä työtä suoraan velvoittavia lakeja, määräyksiä, normeja sekä muita ohjeita mitä urakoitsijan tulee noudattaa. Pinnoitetyö tulee suorittaa hyvää työtapaa noudattaen. Pinnoitetta valitessa urakoitsijan on huomioitava urakkasopimuksessa mainitut työtavat, tuotenimellä tai valmistajan nimellä mainitut tuotteet ja materiaalit. Urakoitsija voi halutessaan omalla vastuulla käyttää vaihtoehtoisia materiaaleja tai tuotteita, jotka ovat urakka-asiakirjoissa mainittujen tuotemerkkejä vastaavia valmistustavoiltaan, laadultaan ja ominaisuuksiltaan. Tuotteiden ja rakennusmateriaalien vastaavuuden todistamisvelvollisuus on aina urakoitsijalla. Urakoitsijan tulee hyväksyttää etukäteen rakennuttajalla vaihtoehtoiset materiaalit, mutta rakennuttajalla ei ole velvollisuutta hyväksyä ehdotettuja materiaaleja tai tuotteita. Urakoitsija toimittaa rakennuttajalle tuotteista tekniset tiedot, käyttöselosteet, käyttöturvallisuustiedotteet ja työohjeet urakkatarjouksen liitteenä (Laukaan vesitornin kunnostusasiakirjat 2009).

Betonirakenteen korjaus sisältää useita peräkkäisiä työvaiheita ja tuotteita. Vastuukysymyksistä johtuen on syytä soveltaa ns. ”tuoteperheajattelua”. Tämä tarkoittaa, että peräkkäisissä työvaiheissa käytetään saman materiaalival-

mistajan tuotteita mahdollisuuksien mukaan. Jos joudutaan käyttämään eri valmistajien tuotteita, on syytä varmistua tuotteiden yhteensopivuudesta kirjallisesti ennakkoon eri tuotteiden valmistajilta. Ennakkokokein voidaan varmistua tuotteiden yhteensopivuudesta. Tilaaja ja suunnittelija voivat lisäksi määrätä mallityön tekemisen (by 41 2007, 37).

Janakan vesilaitoksen vanhojen vedenkäsittelyaltaiden saneeraussuunnitelmassa (2011, 4-5) on määritelty seuraavasti käytettävä pinnoite:

Altaan pinnoitteen tulee kestää seuraavat olosuhteet:

- pH: vaihtelu 4,5 - 5,5
- lämpötilan vaihtelu välillä +1 - +20
- ferrisulfaatin konsentraatio 40 g/m<sup>3</sup>

Allastilassa käytetyt tuotteiden tulee olla juomavesihyväksytyjä. Tuotteiden tulee täyttää yleiset normien, määräysten ja ohjeiden vaatimukset.

#### ***4.6 Työsuunnitelma***

Tilaaja voi vaatia urakoitsijaa esittämään työsuunnitelma hyvissä ajoin ennen altaiden pinnoituksen aloittamista. Rakennuttaja ja suunnittelija hyväksyvät työsuunnitelman ennen työn aloitusta. Suunnitteluasiakirjat kertovat mitä asioita työsuunnitelman tulee pitää sisällään.

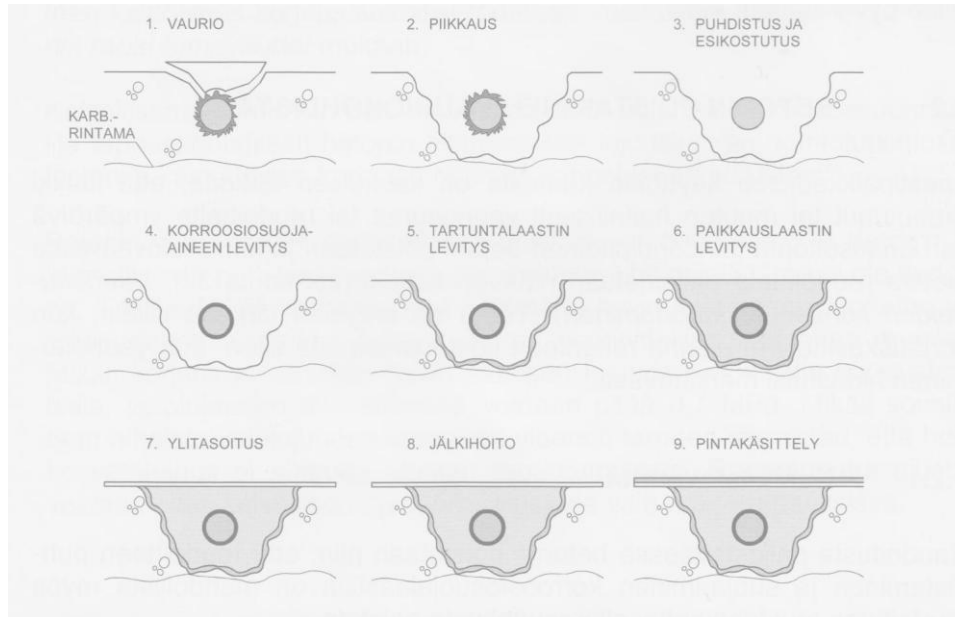
Työsuunnitelmassa huomioitavia seikkoja:

- aikataulu
- työnturvallisuus

- telinesuunnitelma
- työolosuhteet
- Jälkihoito
- laadunvarmistus
- dokumentointi
- pinnoitustyön toteutustavat.

Pinnoitustyön työvaiheet vaihtelevat alustasta ja käytettävästä pinnoitteesta riippuen. Kuviossa 13 esitetään pinnoitustyön vaiheet. Yleisimpiä työvaiheita ovat:

- pintojen esikäsittely (vaiheet 2 ja 3)
- halkeamien ja terästen käsittely (vaihe 4)
- alustan kostutus puhtaalla vesijohtovedellä
- tartuntakerroksen tekeminen harjaamalla tai ruiskuttamalla (vaihe 5)
- tasoituskerros, jotta pintaan ei jää likaa kerääviä koloja tai nystyröitä (vaihe 6)
- varsinainen laastipinnoitus (vaihe 7)
- jälkihoito (Vaihe 8)
- laadunvarmistus



KUVIO 13. Betoniraudoitteen korjauksen työvaiheet (By 41 2007, 41).

#### 4.6.1 Pinnoitettavien betonipintojen esikäsitteleminen

Betonirakenteiden paikkaaminen ja pinnoittaminen edellyttävät puhtasta pintaa. Puhdas betonipinta saadaan poistamalla betonin pinnassa oleva lika, sementtiliima, vanha pinnoite ja rasvojen tms. soveltumattomat aineet. Hyvän pohjan pinnoitukselle antaa karhea betonipinta, missä kiviaines on näkyvässä. Yleisimpiä betonipintojen ja paljastettujen raudoitteiden puhdistamisessa käytettävät menetelmät ovat vesihiekkapuhallus, hiekkapuhallus, korkeapainepesu (10 – 20 MPa), suurpainepesu (40 – 300 MPa), sinkopuhdistus, imurointi, paineilmapuhdistus ja teräsharjaus. Pinnan puhtaus todetaan mustalla puuvillakankaalla pyyhkimällä tai paineilmalla. Pinnasta ei saa irrota selvästi havaittavaa pölyä (by 41 2007, 35).

Betonialustan kelpoisuus jatkokäsittelyyn pohjaksi riippuu alustan lujuudesta. Alustan lujuus todetaan vetokokein. Alustan lujuuden tulee olla vähintään

korjaustuotteiden tartunnan lujuusvaatimus. Lujuus vaatimus todennetaan vetokokein. Vetokokeiden määrä esitetään korjaussuunnitelmassa (by 41 2007, 35). Jalli (1999) esittää altaan pohjan tartuntavetolujuusvaatimukseksi 1,5 N/mm<sup>2</sup> ja pinnoitteen tartuntavetolujuusvaatimukseksi 0,7 N/mm<sup>2</sup>. Tartuntavetolujuuskokeiden yksittäiset arvot eivät saa poiketa 25 % enempää keskiarvosta.

Betonialusta on esikasteltava ennen sementtipohjaisten materiaalien levitystä. Esikastelun tarvetta vedenkäsittely tai -varastointi altaissa on arvioiva suhteessa altaan tyhjennysaikaan. Esikastelun tarkoituksena on varmistaa riittävä tartunta alustan ja tasoituslaastin välillä. Jos pinta on liian märkä, kunnan tartuntalujuutta ei saavuteta. Esikastelu suoritetaan sumuttamalla pinta useita kertoja. Sumutus aloitetaan yleensä edellisenä päivänä.

#### **4.6.2 Halkeamien korjaus**

Halkeamien korjaustapa määritellään halkeaman leveyden, sijainnin ja korjaustavoitteen perusteella (by 41 2007, 25).

Puhdistuksen yhteydessä paljastuneet halkeamat ja teräkset tulee käsitellä. Halkeamat avataan siten, että kaikki irtoava betoniaines poistetaan. Betonin poistaminen voidaan tehdä mekaanisesti piikkaamalla, vesipiikkauksella, murtamisella, jyrsimällä, hiomalla tai leikkaamalla (by 41 2007, 27-28). Rapautuneet kohdat ja paljastuneet teräkset käsitellään. Terästen ympäriltä poistetaan betonia vähintään 1,5 x teräksen halkaisija. Kaikki metallit kuten pultit ja sidelangat poistetaan, mikäli ne ovat 30 mm päässä betonin pinnasta. Paljastuneet teräkset ja metallit hiekkapuhalletaan puhtausasteeseen Sa 2.0. Paljastuneet teräkset tulee käsitellä ennen betonipintojen käsittelyä, jotta estetään ruostumisen jatkuminen (Työselostus Janakan vesilaitos. 2011).

### 4.6.3 Injekointi

Betonin kutistumisen, kulumisen tai muun syyn vuoksi rakenteeseen voi syntyä halkeamia, mitkä vuotavat. Halkeamia saattaa syntyä altaan kuormituksen muuttuessa allasta tyhjennettäessä tai täytettäessä. Läpivientien tekeminen vesitiiviinä ei aina onnistu. Samoin liikuntasaumot saattavat vuotaa. Vuotokohdat voidaan tiivistää tarvittaessa injektoimalla (Jalli 1999, 85). Injektoimalla voidaan täyttää halkeamia, koloja tai rakoja. Injektoimalla voidaan yhdistää paksuja irti olevia pintakerroksia ja saada halkeamat paremmin voimia siirtäväksi (Jalli 1999, 85; En 1504-5, 8).

Halkeamat ja läpiviennit injektoidaan tarvittaessa. Injekointi voidaan tehdä altaan seinän toiselta puolelta, jos altaassa on vettä. Luotettavamman lopputuloksen saa jos injektoinnin voi tehdä myös altaan sisäpuolelta. Yleensä injektointi suoritetaan useassa vaiheessa.

Halkeamia injektoitaessa porataan reikiä halkeamaan 100 – 200 mm välein, mistä injektoidaan, ellei ole valmiiksi asennettuja injektointiletkuja. Injekointi suoritetaan pystysuorissa rakenteissa alhaalta ylöspäin. Ylemmästä reiästä tulee pursuta täysivahvuista massaa ennen kuin siirrytään seuraavaan injektoitavaan kohtaan. Injektoinnin aikana tarkkaillaan painetta ja massan menekkiä. Tarvittaessa työn tulos tarkistetaan porausnäytteillä.

### 4.6.4 Jälkihoito

Sementtipohjaisten materiaalien kovettuminen perustuu kosteuden läsnäoloon. Sen vuoksi materiaalien liian nopea kuivuminen ympäristöolosuhteista johtuen voi aiheuttaa sen, että korjauksella tavoitellut tekniset ominaisuudet, lujuus ja tiiviys, eivät toteudu. Yleisesti käytettyjä jälkihoitomenetelmiä ovat:

- toistuva kastelu

- peittäminen muovilla tai kostealla kankaalla
- jälkihoitoaineen levittäminen
- muotit jätetään todellista tarvetta pitempään paikoilleen.

Jälkihoitomenetelmissä noudatetaan materiaalintoimittajan antamia ohjeita jälkihoidon laadun ja kesto osalta (by 41 2007, 38).

#### **4.6.5 Tuotteiden käsittely**

Korjaustuotteiden käsittelyssä tulee noudattaa materiaalintoimittajan antamia kirjallisia ohjeita koskien:

- tuotteiden varastointia työmaalla
- käytettäviä seossuhteita ja sekoitustapaa
- työstämistä
- käyttöaika
- jälkihoitotapaa ja kesto.

#### **4.7 Laadunvarmistus**

Laadunvarmistuksen tarkoituksena on ohjata työtä niin että työnlaatu vastaa urakkasopimuksessa ja suunnitelmissa asetettuja vaatimuksia. Laadunvarmistuksen tavoitteena on ennalta ehkäistä virheitä, puutteita ja huonon laadun syntymistä. Laatuvaatimukset tulee esittää mitattavissa olevilla lukuarvoilla (Jalli 1999, 88).

Työnaikainen laadunvarmistus liittyy kaikkiin laatuun vaikuttaviin tekijöihin:

- materiaalin laatuun
- materiaalin käyttöön
- työntekijöiden ammattitaito
- työskentelyolosuhteet
- käytettävän laitteiston toimivuus
- jälkihoito

Työnaikaisen laadunvarmistuksen keinoja ovat:

- suunnitelmissa asetetut laatuvaatimukset
- mallityöt
- tarkastukset ja katselmukset
- työnjohto työmaalla
- laadunvarmistuskokeet
- dokumentointi

Laadunvarmistuksen dokumentoimiseen suositellaan käytettäväksi betoninkorjauspäiväkirja (by 405 ). Betoninkorjauspäiväkirja esitetään liitteessä 2.

Laadunvarmistus on suunnittelijan, urakoitsijan ja rakennuttajan yhteistyötä. Kullakin osapuolella on laadunvarmistuksen kannalta omat tehtävänsä.

#### ***4.8 Tuotemerkit***

Markkinoilla on useita pinnoitteita ja muuraustuotteita valmistavia yrityksiä. Kaikki valmistajat eivät valmista betonirakenteiden korjauksiin soveltuvia

tuotteita. Suurimmilla pinnoitetuotteita valmistavilla yrityksillä on tuotteita ja tuoteperheitä laaja-alaisesti eri käyttötarkoituksiin.

SFS-EN 1504 määrittelee tuotteiden valmistuksessa käytettäviä laadunvarmistus menetelmiä. Myös CE -merkintä auttaa tuotteiden valinnassa. Tuotemerkkiä valitessa kannattaa kiinnittää huomiota referensseihin, suoritettuihin tutkimuksiin.

Vedenkäsittelyaltaisiin soveltuvia tuotteita on vähän. Vielä vähemmän löytyy tuotteita, mitkä ovat juomavesikelpoisia.

## 5 POHDINTA

Veden käsittelyaltaiden kunnostaminen on ajankohtainen ja uusi asia. Useat käytössä olevat vedenkäsittelyaltaat on rakennettu 1950- 1960-luvulla ja ne alkavat tulla suunnitellun käyttöikänsä päähän tai ovat rakenteellisesti kunnostuksen tarpeessa. Vedenkäsittelyaltaiden kunnostaminen on uusi ala, mikä näkyy mm. aiheeseen liittyvän materiaalin vähyytenä. Veden käsittelyä koskevassa kirjallisuudessa keskitytään veden tuottamiseen teknisesti, taloudellisesti ja juridisesti. Lähes kaikki saneeraukseen viittaavat tekstit koskevat vesijohtoverkoston saneerausta, mikä on luonnollista kun vesijohtoverkostoa pidetään vesilaitoksen kalleimpana osana. Betonirakenteita on korjattu pidemmän aikaa, mutta betonirakenteiden korjaustapojen yhtenäistäminen on uusi asia. Tämä näkyy EN 1504 valmistumisena vasta 2000-luvulla. Lisäksi on huomioitava, että vesialtaiden ja veden käsittelyaltaiden kunnostaminen ja kuntotutkimukset ovat korjausrakentamisen erikoisala.

Vedenkäsittelyaltaiden kunnostustarve huomataan yleensä rakenteen vuotamisena tai altaiden tyhjentämisen yhteydessä. Kaikissa kohteissa korjaustarvetta ei ole havaittu ja joissakin kohteissa korjaustarvetta ei varmaankaan osa-

ta tunnistaa. Vedenkäsittelyaltaita käyttävät ja huoltavat henkilöt, joilla ei välttämättä ole rakennusteknistä tuntemusta. Vesialtaiden huollosta, kunto- kartoituksesta ja korjaamisesta olisi hyvä tehdä uutta materiaalia. Vesitorneja ja vedenkäsittelyaltaita käsittelevä olemassa oleva materiaali on vanhaa ja osin vanhentunutta lainsäädännön ja käytänteiden osalta. Uusina tekijöinä tulee ottaa huomioon ainakin materiaalien muuttuneet vaatimukset, juomavesihyväksyntä ja työturvallisuus.

Eurooppalainen standardi SFS-EN 1504 mielestäni vastaa suomalaisia vaatimuksia ja käytänteitä, sillä opinnäytetyötä tehdessäni en ole havainnut ristiriitaisuuksia standardin ja vallitsevien menetelmien välillä.

Uutena asiana rakennustuotemarkkinoille tulee CE -merkintä vuonna 2013. CE -merkintää tulee osata käyttää ja tulkita. Tämä vaatii urakoitsijoilta ja rakennuttajilta ammattitaitoa ja asiantuntemusta. CE-merkintää pitää osata lukea ja tulkita tuotteen soveltuvuutta käyttötarkoitukseen. Koska kyseessä on yleiseurooppalainen merkintä, se ei välttämättä kaikilta osin sovellu Suomen olosuhteisiin.

Onnistuneen pinnoitustyön edellytyksenä on hyvä suunnittelu ja käyttökohteen tunteminen. Pinnoite voi olla kuluva osa, jota tulee uusia tietyin väliajoin. Toisaalta pinnoite voidaan nähdä osana rakennetta, parantamassa rakenteen ominaisuuksia ja käyttöikä. Pinnoitetyön onnistumisen edellytyksenä on pinnoitemateriaalin tunteminen ja tarvittavien työmenetelmien hallinta. Pinnoitetöitä tekevät urakoitsijoilta voidaan vaatia työnäytettä ja referenssikohteita. Vaatimusten ja materiaalin tuntemisen vuoksi pinnoiteurakoitsijat todennäköisesti pitäytyvät tietyissä tuotemerkeissä.

Työnsuunnittelulla ja työnaikaisella laadunvalvonnalla varmistetaan laadukkaan pinnoitetyön tulos. Lisäksi pinnoitetyön dokumentointi on tärkeää tulevien huolto- ja korjaustöiden suunnittelua ajatellen.

Pinnoitettujen altaiden pinnoitteen vaikutusta talousveden laatuun olisi syytä tutkia pitkäaikaisessa käytössä. Kun Markkinoille tulee uusia tuotteita ja uusia

sovellutuksia, niiden käyttäytyminen suomalaisissa olosuhteissa ja pitkäaikaisessa käytössä ei välttämättä ole tunnettu. Uusien tuotteiden valmistajilta olisi hyvä saada referenssejä tai tutkimustuloksia tuotteiden käyttäytymisestä pohjoismaisissa olosuhteissa.

Tämän opinnäytetyön tehtävänä oli selvittää millaisia pinnoitteita on olemassa ja kuinka niitä käytetään urakoitsijan näkökulmasta. Olen selvittänyt tässä työssä millaisia vedenkäsittelyaltaiden tulisi olla, mitä rakenteellisia vaatimuksia on olemassa ja miksi altaita tulisi pinnoittaa. Pinnoitteita on käsitelty eri näkökulmista lähtien huomioitu pinnoitteen toimintatavat ja materiaali. Pinnoittamisen työvaiheet on kartoitettu ja työn laadunvalvontaan on otettu kantaa. Myös betoninkorjaukseen liittyvään standardiin on tutustuttu. Mielestäni aiheetta on käsitelty laajasti, jotta voidaan ymmärtää pinnoitettavan vedenkäsittelyaltaan rakennusfysiikkaa, pinnoitteen vaatimuksia ja käyttötapoja. Työ on perustunut kirjallisuuteen ja asiantuntijoiden haastatteluihin. Mielestäni olen koonnut opinnäytetyössäni nykykäytännön mukaisia vedenkäsittelyaltaiden pinnoittamiseen liittyviä tekijöitä yhteen. Toivon, opinnäytetyöstäni olevan hyötyä urakoitsijoille vedenkäsittelyaltaiden saneerauksessa sekä apua aiheen mahdollisiin jatkotutkimuksiin.

## Lähteet

- ACI-Komitean 350 raportti. 1971. Veden ja jäteveden käsittelylaitosten betonirakenteet.
- Asola, I. 2003. Vesitorni – yhdyskunnan maamerkki. RIL. Keuruu.
- by 41. 2007. Betonirakenteiden korjausohjeet. Suomen betoniyhdistys. Porvoo.
- by 42. 2002. Betonijulkisivun kuntotutkimus. Helsinki.
- by 49 / BLY 10. 2003. Betonilattioiden pinnoitusohjeet. Suomen betoniyhdistys. Forssa.
- by 51. 2007. Betonirakenteiden käyttöikäsuunnittelu. Suomen betoniyhdistys. Espoo.
- by 201. 2004. Betonitekniikan oppikirja. Suomen betoniyhdistys. Jyväskylä.
- B 66. 1982. Vesisäiliöt. Kaupunkiliiton julkaisu. Lahti.
- Betonitekniikka. 1979. Suomen Rakennusinsinöörien liitto. Jyväskylä.
- Hekkala, H. 2012. Pöyry Oyj:n vastaavasuunnittelija kommentteja pinnoitteita koskeviin kysymyksiin. Sähköpostiviesti P. Komsille 4.1.2012.
- Hekkala, H. 2012. Pöyry Oyj:n vastaavasuunnittelija jatkokommentteja pinnoitteita koskeviin kysymyksiin. Sähköpostiviesti P. Komsille 17.2.2012.
- Jalli, J. 1999. Uima-altaiden betonirakenteiden kuntotutkimus ja korjaaminen. Opetusministeriön liikuntapaikkajulkaisu 73. Saarijärvi.
- Janakan vesilaitoksen rakennepiirustukset. 2011. Hekkala, Pöyry Oy.
- Jormalainen, P. 1994. Korjausrakennustyöt. Rakennusalan Kustantajat RAK. Jyväskylä.
- Järvenpää, H. 2011. Vesihuoltojärjestelmiin liittyvät rakennustuotteet ja niiden CE-merkintä. Vesitalous 3/2011.
- Kaitos. 2012. Kaitos Oy:n asiakaslehti 2012. Geoteema Vesitorni.
- Katko, T. 1996. Vettä! – Suomen vesihuollonkehitys kaupungeissa ja maaseudulla. Tampere.

- Kekki, T., Kaunisto, T., Keinänen-Toivola, M., Luntamo, M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Turku.
- Korpela, R. 2011. Laitossuunnittelija Pöyry Oyj. Suullinen tiedonanto P. Komsille opinnäytetyötä varten 18.11.2011.
- Laukaan vesitornin kunnostusasiakirjat. 2009. Pöyry Finland Oy.
- Mantsinen, M. 2007. Betonirakenteiden korjaukset teollisuudessa. Promaint 7-08
- Pahkala, M. 1998. Betonitieto. Paikalla valetut betonipinnat. suunnittelu ja toteutus.
- Pihlajavaara, S., Pihlman, E. 1991. Lujan betonin käyttöiän arvioiminen pintaaurion etenemisen perusteella. Espoo.
- Pelto-Huikko, A. 2009. Standardisointi suunnittelijan työkaluna. Diaesitys Vesihuolto 2009. Tampereella 28.5.2009. Prizztech.
- Pelto-Huikko, A. ja Kaunisto, T. 2010. Rakennustuotteet, talousvesi ja tuotehyväksyntä. Vesi-Instituutin julkaisuja 6. Pori.
- Rakennusselostus, liite 7, Saneeraustyöt. 18.1.2011. Hekkala, Pöyry Finland Oy.
- Raupach, M. n.d. Concrete repair according to the new European Standard EN 1504. Viitattu 21.2.2012. [http://www.ibac.rwth-aachen.de/fileadmin/user\\_upload/forschung/docs/84841\\_Raupach.pdf](http://www.ibac.rwth-aachen.de/fileadmin/user_upload/forschung/docs/84841_Raupach.pdf)
- Rakmk B4. 2005. Suomen rakentamismääräyskokoelma B4. Ympäristöministeriö, asunto- ja rakennusosasto. Viitattu 5.6.2012. [www.finlex.fi](http://www.finlex.fi)
- RIL 116. 1978. Vedenpuhdistamoiden Suunnitteluohjeet.
- RIL 149-1995. Betonityöohjeet. Vaasa.
- RIL 216-2001. Rakenteiden elinkaaritekniikka.
- RIL 237-1-2010. Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Perusteet ja toiminnallisuus.
- Rossi. 2012. Suunnittelija. Finnmacon. Jyväskylä. Suullinen tiedonanto P. Komsille opinnäytetyötä varten 2.2.2012.
- SFS-EN 1504. Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimusten mukaisuuden arviointi.

Siikanen, U. 2001. Rakennusaineoppi. Hämeenlinna.

Soveltamisopas talousvesiasetukseen 461/2000. 2009. Vesi- ja viemärlaitosyhdistys, Suomen kuntaliitto. Helsinki.

Suomen Maastorakentajat. n.d. Tiedot Suomen Maastorakentajat Oy:n sivustoilla. Viitattu 12.1.2012 <http://www.maastorakentajat.com>

SFS. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. n.d. Viitattu 23.2.2012. [www.sfs.fi/standardisointi/kansall\\_stdjarjestelma/](http://www.sfs.fi/standardisointi/kansall_stdjarjestelma/)

## Liitteet



Taulukko 1 (päätyy)

Nro	Testausstandardi	Periaatteet	1 Pinnan tiivistäminen			2 Kosteuden säätely			5 Fysikaalinen kestävyys		6 Kemikaalien kestävyys	8 Betonin ominaisvuolun parantaminen	
			1.1 (H)	1.2 (I)	1.3 (C)	2.1 (H)	2.2 (C)	5.1 (C)	5.2 (I)	8.1 (H)		8.2 (C)	
1	2	Toiminnalliset ominaisuudet	Menetelmät										
17	EN 13581	Painohäviön määrittäminen suolapakkauksessa. Impregnoitun hydrofobisen betonin testaus	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
18	EN 13066-4	Liukastumisvastusluokitus	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
19	Ks. taulukko 3	Tunkeutumasyvyys	■	■		■			■			■	
20	EN 1062-11:2002	4.2: Käyttäytyminen säävanhentamisen jälkeen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
21	EN 1081	Antistaattinen käyttäytyminen		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
22	EN 13578	Tartunta märkään betoniin		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
23	EN 13580	Hydrofobisen huokostäyttöimpregnoinnin vedenimeytymisen ja alkalinkestävyyden testaus	■				■					■	
24	EN 13579	Hydrofobisen huokostäyttöimpregnoinnin kuivumisopeus	■				■					■	
25	kansalliset standardit ja kansalliset määräykset	Kloridi-ionien diffuusio	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
H	Vettä hylkivä impregnointi												
I	Impregnointi												
C	Pinnoitus												
■	Ominaisuus kaikissa suunnitelluissa käyttökohteissa												
<input type="checkbox"/>	Ominaisuus tietyissä ENV 1504-9:1997:n soveltamisalan mukaisissa suunnitelluissa käyttökohteissa (ks. myös taulukot 3, 4 ja 5)												
a Tämä testi on vetokokeen vertailua varten, ks. taulukon 5 huomautusta kohta 5.													

**Liite 2. Esimerkki betonikorjaustyön pöytäkirjasta, jota voidaan käyttää laadunvalvonnassa (BY 405 2002, 108)**

RAKENNUSTIETO BY 405					1 (1)			
BETONIKORJAUSTYÖN PÖYTÄKIRJA								
1. TYÖMAA		TYÖNJOHTAJA		VALVOJA		PÄIVÄYS		
Betonipolku 6		M. Mylläri		T. Tarkka		20.5.95		
2. OLO-SUHTEET	ILMAN LÄMPÖTILA °C	SUHTEELINEN KOSTEUS %	TUULEN NOPEUS m/s	MUUT OLOSUHTEET Aurinkoisuus (A), Puolipilvistä (PP), Pilvistä (P), Tiheä (T), Sadetta (S)	3. ALUSTA ENNEN KÄSITTELYÄ		LÄMPÖTILA °C	KLO
	KLO 08.00	+12	75	1	PP	1) Parv. seinät	10	7.00
	KLO 12.00	+14	60	1	PP	2) Seinä linjat 3-4	11	7.00
	KLO 16.00	+16	45	0	A			
4. PÄÄTTÄVÄN TYÖSAAVUTUS								
TYÖVAIHE		RAKENNE		KORJATTU ALUE		LAAJUUS		MENETELMÄ
1) Suojapinnoitus		Parv. seinät		linjat 1-2		300m <sup>2</sup>		harj. + telaus
2) Tasoituslaasti		Seinä		- - 3-4		260m <sup>2</sup>		ruiskutus
Piikkaus		- - -		- - 5-6		300jm		käsin
Raud. suojaus		- - -		- - 7-8		240jm		Kortix
5. PINTOJEN ESIKASTELU				6. JÄLKIHOITO				
RAKENNE		ALOITETTU	KASTELUVÄLI	ALOITETTU	LOPETETTU	MENETELMÄ		
Seinä linjat 2-3		17.5 klo 8	4h	19.5		kastelu + muovi		
7. TYÖNAIKAINEN VAURIOKARTOITUS								
RAKENNE		SJAINTI		TUTKIMUSMENETELMÄ		TULOKSET		
Seinä		linjat 9-10		Peitemittari		Ka = 12mm (liite)		
8. TYÖNAIKAISTEN LAADUNVARMISTUSKOKOJEN TULOKSET								
TYÖVAIHE		RAKENNE / SJAINTI		LAADUNVARMISTUSKOE		TULOKSET		
Tasoituslaasti		Seinä linjat 0-1		Tartuntaveto		1,5; 1,2; 1,6		
- - -		- - - 1-2		Vesi-kuiro-ainr.		0,09		
PÄIVÄYS JA ALLEKIRJOTUKSET		TYÖNJOHTAJA		VALVOJA		HUOMAUTUKSIA		
20.5.1995		M. Mylläri		T. Tarkka		Piikkaus linjat 5-6 keskeytyi		

Vain täytetyn lomakkeen kopiointi sallittu. Alkuperäinen lomake on painettu ruskealla painoväriellä.