

## **Tihtaalin korjaus Nesteen satamassa**

Henri Puumalainen

Examensarbete för Byggnads- och samhällsteknik (YH)-examen

Utbildning i byggnads- och samhällsteknik

Raseborg 2024

## EXAMENSARBETE

Författare: Henri Puumalainen

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, ingenjör (YH), Raseborg

Inriktning: Konstruktionsplanering

Handledare: Johan Degerlund

Titel: Reparation av diktal i Nestes hamn

---

Datum: 12.3.2024 Sidantal: 29

Bilagor:

---

### Abstrakt

I detta examensarbete presenteras reparation av diktaler i Nestes hamn i Sköldvik, Borgå. I arbetet presenteras olika metoder för reparationer och vilka steg som ingår i ett reparationsprojekt. Syftet med arbetet är att presentera de olika metoderna och ge riktlinjer för hur en reparation skall genomföras i Nestes hamn. I arbetet presenteras inte av säkerhetsskäl aktuella platser och andra konfidentiella uppgifter.

Arbetet har skrivits på basis av fakta som framkommer i Nestes interna källor, olika rapporter, andra examensarbeten, standarder samt litteratur. Två intervjuer har gjorts för att samla in material.

Innehållet i arbetet bearbetar själva genomförandet av reparationen, olika metoder, orsaker till skadorna som kräver reparation, förhållanden som är kopplade till både reparationen och diktalen och livscykeln kring en diktal. Dessutom presenteras ett exempel på en gjord reparation. Majoriteten av reparationerna görs som dykarbete och kräver stor insats för att upprätthålla säkerheten. Neste har ingen egen personal för reparationsarbeten. En utomstående entreprenör beställs in för att utföra jobbet

Resultatet av examensarbetet är en bild av de olika metoderna som används för att reparera en diktal. För att genomföra ett reparationsarbete i Nestes hamn bör många saker tas i beaktande. För att reparationen skall lyckas, måste regelbundet underhållsarbete utföras och alla gjorda granskningar och åtgärder arkiveras.

---

Språk: finska

Nyckelord: diktal, hamn, reparation, säkerhet

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Henri Puumalainen

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus ja yhdyskuntateknikka, insinööri (AMK) Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto: Rakennesuunnittelu

Ohjaaja(t): Johan Degerlund

Nimike: Tihtaalin korjaus Nesteen satamassa.

---

Päivämäärä 12.3.2024 Sivumäärä 29 Liitteet

---

## Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä esitellään tihtaalin korjaus Nesteen satamassa Kilpilahdessa, Porvoossa. Työssä esitellään erilaisia korjausmenetelmiä sekä mitkä vaiheet kuuluvat korjauskokonaisuuteen. Työn tarkoituksena on esitellä menetelmät ja miten korjaus suoritetaan Nesteen satamassa. Turvallisuussyistä työssä ei esitellä tarkkoja paikkoja eikä muita arkaluonteisia tietoja.

Työssä käytetty materiaali perustuu Nesteen sisäisiin arkistoihin, erilaisiin raportteihin, opinnäytetöihin, standardeihin sekä kirjallisuuteen. Materiaalin keräämiseen on pidetty kaksi haastattelua.

Sisältö työssä käsittelee korjaustyön toteutusta, eri menetelmiä, syitä korjausta vaativille vaurioille, korjaukseen ja tihtaaleihin yhdistettäviä olosuhteita sekä tihtaalin elinkaarta. Tämän lisäksi esitellään yksi esimerkki suoritetusta korjauksesta. Suurin osa korjauksista tehdään sukellustyönä, joten turvallisuus on pidettävä koko ajan mielessä. Nesteellä ei ole omaa henkilökuntaa suorittamaan korjaustöitä, joten Neste käyttää ulkopuolista urakoitsijaa työn toteuttamiseen.

Opinnäytetyön tuloksena on mielikuva eri menetelmistä, joita käytetään tihtaalia korjattaessa. Työn toteuttamiseksi Nesteen satamassa on otettava huomioon monia asioita. Jotta saavutetaan hyvä lopputulos, on tehtävä säännöllistä kunnossapitoa sekä kirjata kaikki tehdyt tarkastukset ja toimenpiteet.

---

Kieli: suomi

Avainsanat: tihtaali, satama, korjaus, turvallisuus

## **BACHELOR'S THESIS**

Author: Henri Puumalainen

Degree Programme: Civil and Construction engineering, Raasepori

Specialisation: Structural Design

Supervisor: Johan Degerlund

Title: Repairing of Dolphin in Neste Harbor

---

Date 12.3.2024 Number of pages 29

Appendices

---

### **Abstract**

This bachelor's thesis presented the repair of dolphins at Neste harbor in Kilpilahti, Porvoo. The work presented various repair methods, and the steps are part of the repair package. The purpose of the work was to present the methods and how the repair is carried out in the harbor of Neste. For security reasons, the work does not present exact locations or other sensitive information.

The material used in the work was based on Neste's internal archives, various reports, theses, standards, and literature. Two interviews were held to collect material.

The content of the work dealt with the implementation of the repair work, different methods, reasons for damage requiring repair, conditions that can be combined with repair and the dolphins, and the life cycle of the dolphins. In addition to this, one example of a completed repair was presented. Most of the repairs are done as diving work, so safety must be always kept in mind. Neste does not have its own staff to carry out repair work, so Neste uses an external contractor to carry out the work.

The result of the thesis was an image of the different methods that are used when repairing a dolphin. To carry out the work in Neste harbor, many things had to be considered. To achieve a good result, regular maintenance must be carried out and all inspections and procedures performed must be recorded.

---

Language: Finnish

Key words: dolphin, harbor, repair, safety

## Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Tihtaalin korjaus.....	2
2.1	Korjaushankkeen kulku .....	3
2.1.1	Tiedot rakenteesta.....	3
2.1.2	Vaurioiden arviointi .....	3
2.1.3	Rakenteen seuranta.....	3
2.1.4	Korjaustyön suunnittelu.....	4
2.1.5	Korjaustyön toteutus .....	4
2.1.6	Työn hyväksyntä .....	4
2.2	Tarkastaminen.....	4
2.3	Korjaussuunnitelma .....	5
2.4	Korjaustyöhön valikoituva menetelmä.....	6
2.5	Korjaustavat.....	8
2.5.1	Manttelointi .....	8
2.5.2	Laastipaikkaus.....	9
2.5.3	Jääsuojan asennus .....	11
2.5.4	Uusi tihtaali vanhan tilalle.....	13
2.5.5	Katodisen suojan asennus.....	14
2.5.6	Teräsponttipaalutus.....	14
2.5.7	Injektointi.....	14
2.5.8	Vedenalainen betonointi .....	15
2.5.9	Betonin puhdistus- ja poistomenetelmät.....	15
2.5.10	Vesipiikkaus .....	16
3	Syyt korjaukselle .....	17
3.1	Syyt vaurioitumiseen.....	17
4	Turvallisuus.....	18
4.1	Tihtaalin käyttö .....	18
4.2	Työlupa ja työn riskien arviointi .....	18
4.3	Viime hetken vaarojen arviointi .....	18
4.4	Sukellustyöt .....	19
4.5	Nostotyöt.....	19
5	Olosuhteet .....	21
5.1	Laivaliikenne .....	21
5.2	Keli.....	21
5.3	Jää.....	21
5.4	Virtaukset.....	22

5.5	Voimat.....	22
6	Elinkaari.....	23
6.1	Seuranta.....	23
6.2	Tihtaalin rakennusvuosi .....	24
6.3	Ennakointi .....	24
7	Laituri 5 tihtaalin korjaus .....	25
7.1	Esivalmistelu/suunnittelu.....	25
7.2	Korjaus.....	26
7.3	Turvallisuus .....	27
8	Yhteenveto .....	28
9	Lähteet.....	29

## 1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään teräsbetonisen tihtaalin korjaamista Neste Oyj:n Porvoon Kilpilahden satamassa. Opinnäytetyössä esitellään erilaisia korjaustapoja ja luetellaan korjaukseen liittyvät vaiheet. Työssä käsitellään myös yhtä esimerkkiä. Työtä voi käyttää korjausohjeena tai suuntaa antavana oppaana kunnossapitotarkoituksessa. Työssä keskitytään betonista valmistettuihin tihtaaleihin.

Tihtaalit ovat useimmiten merenpohjaan perustettuja pilari- tai paalurakenteita ja toimivat pääasiassa satamissa tai vesiväylillä laivojen ja alusten kiinnityspisteenä laitureiden lisäksi. Tihtaalia voidaan myös käyttää ohjaamaan laivoja laituriin. Tihtaaleilla voidaan myös pidentää laitureita, jolloin laivan kiinnittäminen paranee. (Liikenneviraston ohjeita 26/2016 s. 22). Tihtaalirakenteita on erilaisia ja niihin kohdistuu erilaisia rasitteita, niin veden pinnan alapuolella kuin yläpuolella.

Nesteen satamassa liikkuu suuria rahtilaivoja ja aluksia. Tämän takia tihtaalien ja laitureiden on kestävä suuria voimia ja rasitteita. Tihtaalien kunnossapito on myös hyvin tärkeää taloudellisista syistä. Nesteen Kilpilahden satama on tonnimäärissä laskettuna Suomen suurin satama. (Kilpilahden satama, Wikipedia) Tihtaalien ollessa osittain vedessä, tulee korjaustapojen soveltua tehtäväksi vedessä. Tähän tarvitaan yleensä kyseiseen työhön pätevää ammattilaista. (Haastattelu, Nino Kinnunen 11.12.2023)

## 2 Tihtaalin korjaus

Nesteen satamassa korjaukset tehdään perustuen kansallisiin standardeihin ja ohjeisiin. Korjaustöissä on noudatettava valtion asettamia lakeja, asetuksia ja määräyksiä. Lisäksi noudatetaan valtioneuvoston ja ministeriöiden päätöksiä sekä niihin verrattavia julkisoikeudellisia määräyksiä, sekä rakennusjärjestystä, viranomaisten määräyksiä ja ohjeita. Vähimmäisvaatimusten lisäksi Neste määrittää omat vaatimuksensa. Nesteen laatimat ohjeet ja spesifikaatiot ovat useasti tiukemmat kuin kansalliset ohjeet. (Haastattelu S. Lauhikari 10.12.2023)

Nesteellä ei ole omaa organisaatiota työn suorittamiselle. Työ suoritetaan ulkopuolisen urakoitsijan toimesta. Työ suunnitellaan yhteistyönä tilaajan ja urakoitsijan välillä.



Kuva 1 Tihtaali. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

Muistettavaa on, että betonin korjauksessa käytettävien menetelmien on sovelluttava käytettäväksi vedessä sekä erittäin kosteisiin olosuhteisiin.



Tilaaaja laatii korjausta varten korjauksessa noudatettavan työmäärittelyn. Korjaustyöt suoritetaan hyvää rakentamistapaa noudattaen. Tihtaalin korjaus vaatii tarkan korjaussuunnitelman sekä määrittelyn siitä, kuinka pitkäkantoiset vaikutukset korjauksella tulee olla. (Haastattelu S. Lauhikari 10.12.2023)

## **2.1 Korjaushankkeen kulku**

Tavanomaisen korjaustyön kulku perustuu eurooppalaiseen standardiin SFS-1504 ja siihen kuuluviin osiin. Nesteellä sukellustyönä suoritettu korjaus vaatii tämän lisäksi vielä erillisen arvioinnin, jotta työn turvallisuus säilyy. Korjaustyökokonaisuudelle määritetty vaiheistus auttaa laadukkaan lopputuloksen saavuttamiseksi. Laadukkaan lopputuloksen avulla saavutetaan rakenteen pitkäkestoinen elinkaari.

### **2.1.1 Tiedot rakenteesta**

Ensimmäiseen vaiheeseen kuuluu kerätä kaikki oleellinen tieto rakenteesta. Näitä asioita ovat tihtaalin kunto, vauriot sekä aikaisemmin tihtaaliin suoritettut toimenpiteet. (SFS-EN 1504-9 s. 15). Nesteellä tiedot kerätään sisäisestä arkistosta sekä ulkopuolisen urakoitsijan tekemistä tarkastus- ja korjausraporteista. Lisäksi voidaan teettää lisätutkimuksia tiedon saamiseksi.

### **2.1.2 Vaurioiden arviointi**

Syntyneistä vaurioista, vaurioiden syistä ja rakenteen toiminnallisuudesta on tehtävä arviointi. Tekemällä arviointi, varmistetaan rakenteen käyttöaste. Arviointiin kuuluu betonin silmämääräisesti arvioitu kunto, betonin ja raudoituksen testaus, alkuperäiset suunnittelulähtökohdat, ympäristöolosuhteet, betonirakenteen historia ja ympäristörasitus, käyttöolosuhteet sekä vaatimukset tulevalle käytölle. Arviointi voidaan tehdä tarkastuksen yhteydessä. (SFS-EN-1504-9 s. 15)

### **2.1.3 Rakenteen seuranta**

Rakenteen seurannalla tarkoitetaan elinkaaren aikana käytettyjen mahdollisten menetelmien vertailu, mihin periaateratkaisuun päädytään korjauksessa, mikä on

käytettävä korjausmenetelmä, sekä turvallisuus toteutuksen aikana. (SFS-EN 1504-9 s. 15). Nesteellä hallintajärjestelmiä kehitetään jatkuvasti. Tällä saavutetaan tehokkuus ja taloudellisuus.

#### **2.1.4 Korjaustyön suunnittelu**

Korjaustöiden suunnittelussa määritetään korjauksessa käytettävien aineiden käyttötarkoitus. Tämän lisäksi varmistetaan, että vaatimukset täyttyvät korjausalustalle, aineille ja itse työlle. Korjaussuunnitelmaan kuuluu niin ikään työmääritys, kaikki tarvittavat piirustukset sekä turvallisuus, myös suoritettun työn päätyttyä. (SFS-EN 1504-9 s. 15). Korjaussuunnitelmat tehdään Nesteellä joko oman suunnittelijan toimesta, tai tilattuna ulkopuoliselta urakoitsijalta.

#### **2.1.5 Korjaustyön toteutus**

Itse toteutuksessa huomioidaan, miten työ tehdään ja mitä menetelmiä ja välineitä käytetään. Työn aikana suoritetaan laadunvalvontaa. Koko suoritettavan työn ajan on terveydestä ja turvallisuudesta pidettävä huolta. (SFS-EN 1504-9 s. 15). Nesteellä valvontaa suorittaa työn valvoja sekä HSE-valvoja. Itse työn suorittaa Nesteen tilaama urakoitsija, jolla on tarvittavat pätevyudet.

#### **2.1.6 Työn hyväksyntä**

Työn valmistuttua, tarkastetaan kohde ja tehdään tarvittavat hyväksymistestit. Jos täytetöitä ilmenee, toteutetaan ne joko ennen tai jälkeen hyväksymisen. (SFS-EN 1504-9 s. 15). Hyväksyntä suoritetaan tarkastamalla kohde paikan päällä ja varmistetaan kohteen siisteys. Hyväksytty työ dokumentoidaan Nesteellä yhtiön sisäiseen arkistoon. Hyväksynnän jälkeen voidaan käyttökieltoon asetettu rakenne palauttaa käyttöön.

### **2.2 Tarkastaminen**

Säännöllisellä tarkastamisella ja tihtaalin kunnon seuraamisella voidaan suunnitella ja ennaltaehkäistä vaurioiden pahenemista siihen vaiheeseen, että ne vaikuttavat turvallisuuteen.

Tihtaali- ja laiturirakenteita tarkastava yritys voi tarkastuksen jälkeen antaa ehdotuksia yksittäisistä korjaustöistä, ehdotukset koskevat ei-kantavia rakenteita. Ennen kantavien rakenteiden korjaamista on syytä tehdä tarkka korjaussuunnitelma. Tarkastus suoritetaan sekä sukellustyönä että menemättä veteen. Tarkastuksessa huomioidaan kaikki tihtaalin rakenteeseen liittyvä. Tarkastuksen perusteella saadaan tehtyä vaurion laajuuteen liittyvät muistiinpanot ja mahdollinen korjaussuunnitelma. Samalla arvioidaan vaurion kriittisyys.

Tarkastus voidaan myös suorittaa sukellusrobotin tai sukellusdroonin avulla. Tällöin tilataan ulkopuolinen urakoitsija suorittamaan tarkastus laitteen avulla. Sukeltavan laitteen kuvaama materiaali tallennetaan ja analysoidaan. Tarkastuksen kohteena on useimmiten tihtaalin reunapalkit, teräksiset reunasuojukset, betonirakenteet, elementtipalkit, paaluanturat ja tihtaaleihin ja laitureihin kuuluvat lisävarusteet. Lisävarusteita ovat tikkaat ja portaat, pollarit sekä muut kiinnityspisteet jne.

Tarkastuksesta saatu kuntoarvio tiivistetään Liikenneviraston tarkastuslomakkeeseen. (Laitureiden 2 ja 3 tarkastusraportti 23.11.2023)

### **2.3 Korjaussuunnitelma**

Korjaustyösuunnitelma vaaditaan ja tehdään aina ennen kantavien rakenteiden korjaamista, mutta myös ennen ei-kantavien rakenteiden korjausta laaditaan suunnitelma. Laadittaessa korjaussuunnitelmaa tulee huomioida rakennetyyppi, laiturille toivottu/mahdollinen käyttöikä, mahdolliset korjaukseen vaikuttavat katkot, laiturille sekä tihtaalin sallitut kuormat sekä taloudellinen kannattavuus. Korjaussuunnitelmaa laadittaessa tulee myös ottaa huomioon tihtaalin sen hetkinen käyttöikä sekä missä vaiheessa elinkaarta rakenne on. Elinkaaren perusteella voidaan määrittellä, onko korjaussuunnitelma laadittava kriittiselle työlle. Kriittisyys määrittyy tapauskohtaisesti. (Haastattelu S. Lauhikari 10.12.2023).

Korjaussuunnitelmasta tulee löytyä käytettävät työvälineet ja materiaalit. Kantavan rakenteen korjaussuunnitelmaan liitetään rakennepiirustus korjattavasta kohteesta. Muutokset kirjataan Nesteen sisäiseen arkistoon. Korjaussuunnitelma laaditaan standardien, spesifikaatioiden ja määräysten mukaisesti. (Haastattelu S. Lauhikari 10.12.2023, BY41 s. 16)

## 2.4 Korjaustyöhön valikoituva menetelmä

Korjausmenetelmäksi valitaan työhön sopivin ja tehokkain. Menetelmä määräytyy erilaisten asioiden perusteella. Nämä asiat ovat tekniset, taloudelliset sekä yhteiskunnalliset seikat. Teknisiä asioita voivat olla rakenteen turvallisuus ja varmuus, vaurion tilanne ja siitä johtuva korjaustarve, korjausmenetelmän vaikutus vaurioon sekä ongelmaan. Tämän lisäksi teknisiä asioita ovat riskit, toteutettavuus ja tihtaaliin liittyvien rakenteiden tulevat korjaukset. (BY41 s. 13)

Taloudellisesti merkittäviä perusteita ovat rakenteen tuleva käyttöikä ja kustannukset, joiden lisäksi tähän kuuluu myös kunnossapito- ja käyttökustannukset. Iso taloudellinen tekijä näiden lisäksi on korjauksen toteutuksen aiheuttamat haitat käytölle. Tällä on iso merkitys Nesteelle, jos tihtaalin korjaus aiheuttaa laiturin käyttökiellon, mikä taas johtaa taloudelliseen menetykseen, jos laivaa ei voi ottaa laituriin. Tämän takia korjaustyö on tarkasti aikataulutettava. (BY41 s. 13)

Standardissa SFS-1504 luetellaan periaatteet sekä periaatteisiin perustuvat menetelmät. Taulukossa mainittuja menetelmiä voidaan käyttää sellaisenaan tai sovellettuna korjattaessa tihtaalia Nesteen satamassa. Muistettavaa on myös, että tihtaalit ovat koko ajan vedessä. Kaikkia menetelmiä ei voi käyttää vedenalaisissa korjauksissa.

Periaate	Esimerkkejä periaatteisiin perustuvista menetelmistä	Standardin EN 1504 osa (mahdollisesti)
<b>Betonin vaurioihin liittyvät periaatteet ja menetelmät</b>		
1.Pinnan tiivistäminen	1.1 Vettähylyvä impregnointi	2
	1.2 Impregnointi	2
	1.3 Pinnoittaminen	2
	1.4 Pintahalkeamien sulkeminen	
	1.5 Halkeamien täyttö	5
	1.6 Halkeamien ohjaaminen saumoihin	
	1.7 Ulkopuolisten levyjen asentaminen <sup>a</sup>	
	1.8 Vedeneristys <sup>a</sup>	
2.Kosteuden säätely	2.1 Vettähylyvä impregnointi	2
	2.2 Impregnointi	2
	2.3 Pinnoittaminen	2
	2.4 Ulkopuolisten levyjen asentaminen	
	2.5 Sähkökemiallinen käsittely	
3.Betonin korjaus	3.1 Käsin tehtävä laastipaikkaus	3
	3.2 Valaminen uudelleen betonilla tai laastilla	3
	3.3 Ruiskubetonointi	3
	3.4 Elementtien uusiminen	
4.Rakenteen vahventaminen	4.1 Betoniraudituksen tai ulkopuolisten raudotteiden lisääminen tai uusiminen	
	4.2 Raudoitustankojen asentaminen betoniin tehtyihin varauksiin tai porattuihin reikiin	6
	4.3 Vahventaminen levyillä	4
	4.4 Laastin tai betonin lisääminen	3, 4
	4.5 Halkeamien, kolojen tai rakojen injektointi	5
	4.6 Halkeamien, kolojen tai rakojen täyttö	5
	4.7 Esijännitys - (jälkijännittäminen)	
5.Vastustuskyvyn lisääminen fysikaalisia rasituksia vastaan	5.1 Pinnoittaminen	2
	5.2 Impregnointi	2
	5.3 Laastin tai betonin lisääminen	3
6.Kemikaalienkestävyys	6.1 Pinnoittaminen	2
	6.2 Impregnointi	2
	6.3 Laastin tai betonin lisääminen	3
<b>Raudituksen korroosioon liittyvät periaatteet ja menetelmät</b>		
7.Passivisuuden säilyttäminen tai palauttaminen	7.1 Betonipeitteen paksuntaminen laastilla tai betonilla	3
	7.2 Saastuneen tai karbonatisoituneen betonin korvaaminen uudella	3
	7.3 Karbonatisoituneen betonin sähkökemiallinen uudelleenalkointi	
	7.4 Karbonatisoituneen betonin uudelleenalkointi diffuusion avulla	
	7.5 Sähkökemiallinen kloridien poisto	
8.Betonin ominaisvastuksen parantaminen	8.1 Vettähylyvä impregnointi	2
	8.2 Impregnointi	2
	8.3 Pinnoittaminen	2
9.Katodinen säätely	9.1 Happipitoisuuden rajoittaminen (katodilla) kyllästämällä tai pintakäsittelyllä	
10.Katodinen suojaus	10.1 Sähköisen potentiaalın hyväksikäyttö	
11.Anodisten alueiden säätely	11.1 Raudituksen suojaus aktiivisilla pinnoitteilla	7
	11.2 Raudituksen käsittely suojapinnoitteilla	7
	11.3 Betonin inhibointi	

a Nämä menetelmät saattavat soveltua myös muihin periaatteisiin.

Taulukko 1 Betonirakenteiden suojauksen ja korjauksen periaatteet ja menetelmät. (SFS-EN 1504-9 s. 11)

## 2.5 Korjaustavat

Korjaustapoja on tihtaalin tyypistä ja rakenteesta riippuen monia erilaisia. Korjauksen päämääränä on luoda uusi tai jatkaa olemassa olevaa elinkaarta ja parantaa turvallisuutta kyseessä olevalle kohteelle. Korjauksen onnistuttua voidaan saavuttaa hyöty turvallisuuden lisäksi myös taloudellisesti. Taulukko 1 esittelee standardin SFS-EN 1504-9 mukaiset periaatteet ja menetelmät.

Korjauksia voidaan tehdä eri materiaaleista. Yleisimmät ovat muutenkin rakennusalalta tutut betoni, teräs ja puu. Näitä eri materiaaleja on käytetty niin itse tihtaalin rakentamisessa kuin sen korjaamisessa. (Haastattelu, Nino Kinnunen 11.12.2023). Alla lueteltuja tapoja voidaan käyttää yhdessä. Huomioonotettavaa on menetelmien yhteisvaikutukset ja haittavaikutukset.

### 2.5.1 Manttelointi

Mantteloinnilla tarkoitetaan esimerkiksi teräsbetonipilarin poikkileikkauspinta-alan kasvattamista. Rakenteen poikkileikkauspinta-alaa kasvattamalla lisätään rakenteen kantavuutta. (Parkkonen, 2019 s. 2). Tätä menetelmää voidaan käyttää vedenalaisissa töissä, sekä veden pinnan yläpuolella. Manttelointi voidaan tehdä joko ehjälle tai vaurioituneeseen tihtaaliin. Ehjään rakenteeseen tehtäessä, voidaan mantteloinnilla vaikuttaa tihtaalirakenteen kantavuuteen ja kestävyYTEEN. Jos manttelointi tehdään vaurioituneeseen rakenteeseen, voidaan menetelmällä palauttaa rakenteen alkuperäisesti suunniteltu kantavuus, rakenteen ulkonäkö. (Haastattelu N. Kinnunen 11.12.2023)

Manttelointi aloitetaan vesipiikkaamalla kaikki irtoava betoni. Lisäksi voidaan vesipiikata hieman tervettä betonia, jotta varmistetaan karbonatisoitumisen katkaiseminen. Tämän vaiheen jälkeen puhdistetaan raudoitus ja tehdään tarvittavat tartunnat lisäraudoitusta varten. Tartunnat kiinnitetään liimaamalla harjateräksiä rakenteeseen. Raudoitus kiinnitetään tartuntoihin, joko hitsaamalla tai surrilangalla. Kuvissa 2 ja 3 näkyvät uudet raudoitteet veden pinnan ala- ja yläpuolella.

Nino Kinnusen mukaan manttelointi voidaan viimeistellä asentamalla ruostumattomasta teräksestä tai muusta materiaalista valmistettu kuori betonipilarin ympärille, suojaamaan betonia. Tämä kuoren asennus voidaan tehdä joko ennen betonivalua tai sen jälkeen. Jos kuoren asennus tehdään betonivalun jälkeen, on betonivalussa käytetty muotti poistettava ennen asennusta (Haastattelu, 11.12.2023)



Kuva 2 Raudoitus veden pinnan yläpuolella. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

### 2.5.2 Laastipaikkaus

Laastipaikkauksella tarkoitetaan vauriokohdan paikallista korjausta, jossa esimerkiksi betoni on karbonisoitunut ja ruostuttanut raudoitusta. Vauriot näkyvät yleensä betonin lohkeamisena. Laastipaikkauksella vältetään isommilta korjauksilta, jos vauriokohta ei ole iso ja ei ole päässyt leviämään laajemmalle alueelle. (Siikanen & Siikanen, 2023 s. 203). Laastipaikkauksella ei lisätä tai korjata tihtaalin kantavuutta. Tällä menetelmällä katkaistaan vauriokohdan laajeneminen.

Vauriokohdasta vesipiikataan raudoitteet esille niin, että saadaan esille ehjät, ei-ruostuneet raudat, ja kohdan ympäriltä niin, että kaikki vaurioitunut betoni on saatu poistettua. Tämän lisäksi on hyvä poistaa hieman ehjää betonia, karbonisoitumisen katkaisimeksi. (Siikanen & Siikanen, 2023 s. 201–202).

Vauriokohdan ollessa täysin puhdas, lisätään tarvittavat tartunnat ja raudoitteet. Tämä tehdään poraamalla reiät raudoitteille ja ruiskuttamalla ankkurointimassaa reikiin, mihin asennetaan uudet tartunnat. Jos lisäraudoitusta tarvitaan, on esille piikatut, olemassa olevat raudat saatava niin paljon esille, että raudoituksen suunniteltu jatkospituus saavutetaan. Raudoituksen jatkot tehdään joko hitsaamalla tai surrilankaa käyttäen. Laastipaikkauksen ollessa laajuudeltaan pieni, ei lisäraudoista tarvita. (Haastattelu N.Kinnunen 11.12.2023)



**Kuva 3 Raudoitus veden pinnan alla. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)**

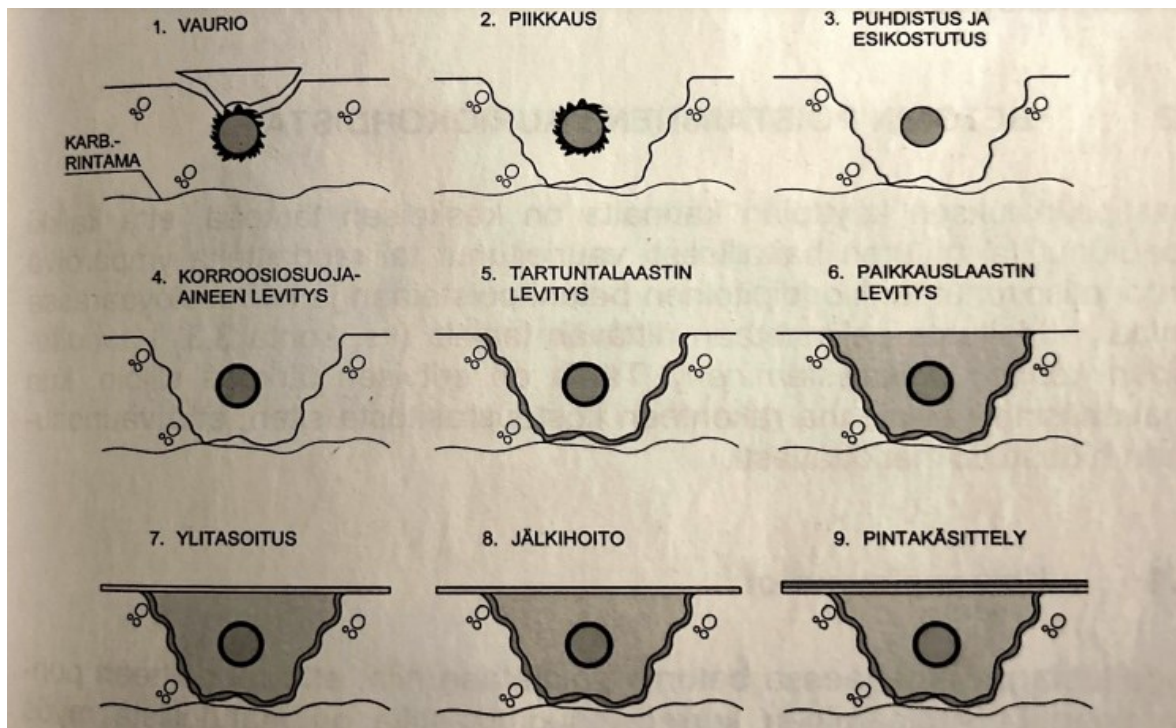
Jos betoniin syntynyt vaurio on peräisin törmäyksestä tai vastaavasta mekaanisesta kulutuksesta, voidaan tehdä kosmeettinen korjaus, jolla ei ole rakenteellista vaikutusta. Tihtaaliin tulleet törmäykset tai muut osumat on tarkastettava huolellisesti, jotta voidaan varmistaa tihtaalin rakenteen eheys. Nesteen satamassa liikkuvat laivat ja alukset ovat kooltaan suuria ja painavia, joten pienikin osuma voi aiheuttaa ison vaurion. Kuva 4 esittelee laastipaikkauksen tyypilliset vaiheet.

Pienet halkeamat voidaan avata isommiksi ja täyttää sopivalla korjauslaastilla. Halkeama avataan vähintään 15 mm levyiseksi, jotta saadaan riittävä tartunta. (BY41 s. 85). Huomioitavaa on kuitenkin, että tihtaalit ovat ulkoilmassa ja kovalla käytöllä. Tämä tarkoittaa, että pieniä ulkonäköön liittyviä korjauksia ei välttämättä tehdä. (N.Kinnunen, Haastattelu 11.12.2023)



Jotta voidaan varmistaa laastipaikkauksen pitkä käyttöikä, on vauriokohdasta poistettava riittävä määrä ehjää ja tervettä materiaalia vauriokohdan ympäriltä. Tämä on otettava huomioon varsinkin vedenalaisissa korjauksissa, kun korjaus ei alenna rakenteen kosteusrasitusta. (BY41 s.42)

Paikkausaineena käytetään betonilaastia, jossa on korroosiota estäviä lisäaineita. Laasti muurataan vauriokohdan ympärille rakennetun muotin kautta, joko täyttöreian tai yhteen kautta. (BY41 s.41, haastattelu, Nino Kinnunen 11.12.2023)



Kuva 4 Laastipaikkauksen tyypilliset työvaiheet. (BY41 s.41)

### 2.5.3 Jääsuojan asennus

Nino Kinnunen kertoo (Haastattelu, 11.12.2023), että joissain tapauksissa tihtaalin käyttöikä voidaan pidentää ilman suoranaista korjausta. Ennakoivilla toimilla voidaan ennaltaehkäistä tarvittavia korjaustoimenpiteitä.

Jos tihtaalien tarkastuksissa ilmenee kulumaa tihtaalin betonirakenteessa, voidaan se suojata jääsuojalla. Jääsuojalla ei lisätä tihtaalin kantavuutta. Jääsuojalla tarkoitetaan rakennetta, joka suojaa tihtaalia jään aiheuttamaa kulutusta vastaan. Jääsuoja tehdään yleensä ympäröimällä tihtaalin rakenne niiltä kohdin, missä jää pääsee kuluttamaan betonirakennetta. Vesirajan tuntumassa kulutus on kovimmillaan, ja lisääntyy jään

liikkuessa kaikkiin suuntiin. Jääsuoja asennetaan vesirajasta molempiin suuntiin, sekä ylös että alas. Yleensä tihtaalin rakenne ympäröidään koko ympärysmitaltaan, tarvittavalla korkeudella.

Tähän toimenpiteeseen käytettäviä materiaaleja on erilaisia. Yleisimmät materiaalit ovat haponkestävä tai ruostumaton teräs. Yleisesti käytetty jääsuoja on mantteli, joka on teräspelistä taivutettu levy. Suunnittelija suunnittelee haponkestävästä teräksestä manttelit tihtaalin ympärille, useasti kahdessa tai useamassa osassa, asennustyön helpottamiseksi.

Manttelit asennetaan nostamalla ne paikalleen ja liittämällä yhteen pulttiliitoksilla. Mantteleissa on taivutettu reuna, jossa on valmiit reiät pulttiliitosta varten. Manttelin lisätiivistämiseksi jääsuojan ylä- ja alaosa voidaan valaa umpeen korroosiota estävällä betonilla. Pulttiliitoksissa suositellaan käytettävän niin ikään ruostumattomia pultteja ja muttereita, ruostumisen ehkäisimeksi. Kiinnikkeiden ruostuessa ne voivat katketa ja aiheuttaa veden pääsemisen jääsuojan ja betonin väliin. Tämän takia betoni voi kulua ja karbonatisoitua, vaikka jääsuoja olisi paikallaan. Pahimmillaan manttelit voivat avautua ja rikkoutua jääsuojan sisäpuolelle päässeeseen veden jäätyksen takia. Kuvassa 5 näkyy manttelin yläosa. Jääsuoja on mahdollista asentaa niin vanhaan, jo hieman kuluneeseen tihtaaliin, tai suojaamaan uutta vastarakennettua/korjattua tihtaalia.



Kuva 5 Kuvassa esiintyvän tihtaalin korjauksessa yhdistettiin erilaisia menetelmiä. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

#### 2.5.4 Uusi tihtaali vanhan tilalle

Reilusti kuluneen tai kantavuutensa menettäneen tihtaalin pilarin korjaus vaatii tarkkaa suunnittelutyötä. Tällä korjausmenetelmällä palautetaan tai parannetaan pohjalaatan varaan rakennetun teräsbetonitihtaalin suunniteltu kantavuus. Tihtaalin vielä ollessa pystyssä on sen ympärille mahdollista rakentaa uusi tihtaali. Korjaustyö aloitetaan vasta suunnitelman valmistuttua. Korjaustyön aikana tihtaali on käyttökiellossa. Tihtaaliin liitetty laituri voidaan myös asettaa käyttökieltoon, jos vaihtoehtoista ratkaisua ei löydy.

Korjaus suoritetaan suurimmaksi osaksi sukellustyönä. Työt aloitetaan vesipiikkaamalla kaikki irtoava betoni. Mahdollisen karbonatisoitumisen katkaisemiseksi poistetaan myös osa tervettä betonia. Betonin poiston jälkeen on puhdistettava/poistettava kaikki ruostuneet teräkset, sekä piikattava riittävästi esille ei-ruostuneet teräkset, jotta saadaan tehtyä riittävät jatkospituudet raudoitteille.

Tartuntoja ja raudoitusta lisätään tarvittaviin kohtiin tarvittavilla ankkuroinneilla suunnitelman mukaisesti. Tässä on otettava huomioon, että tihtaalin kunto selviää vasta vesipiikkauksen jälkeen, mikä voi johtaa muuttuviin suunnitelmiin. Muutokset merkataan piirustuksiin.

Tämän jälkeen voidaan rakentaa suunnitelman mukainen muotti betonointityötä varten. Muotti voidaan suunnitella joko pelkäksi muotiksi tai pysyväksi osaksi tihtaalia. Jos tihtaalien korjauksessa käytetty muotti päätetään jättää paikalleen, voidaan se suunnitella jääsuojaksi sekä suojaksi betonin karbonatisoitumista ja eroosiota vastaan. Tässä tapauksessa muotti tehdään haponkestävästä teräksestä.

Muotin valmistuttua täytetään se suunnitelmaa vastaavalla betonilla. Valu suoritetaan muotiin asennettujen yhteiden kautta. Muotin ala- ja yläpää tiivistetään juurivalulla. Jos tihtaali on korjattu pohjalaatan päälle, tiivistetään se pohjalaattaa vastaan. (Haastattelu, Nino Kinnunen 11.12.2023)

### **2.5.5 Katodisen suojan asennus**

Katodista suojaa käytetään muuttamaan raudoituksen sähkökemiallista potentiaalia negatiiviseksi, siinä laajuudessa, että raudoituksen korroosioreaktio keskeytyy. Katodisuus saavutetaan epäjalon metallin avulla, tai raudoitukseen kytketyllä negatiivisella tasajännitteellä. Tätä keinoa käytetään Nesteen satamassa, silloin kun halutaan ennaltaehkäistä raudoitteen korroosio. Nesteen satamassa on asennettu katodisia suoja sekä tihtaaleihin että kokonaiisiin laiturirakenteisiin. (BY41 s. 89)

### **2.5.6 Teräsponttipaalutus**

Tihtaalirakennetta voi vahvistaa teräsponttipaalulla, jolloin merenpohjaan tai kallioon paalutetaan kalliokärjillä varustettu teräsponttipaalu tai teräspontti. Tätä menetelmää käytetään harvoin Nesteen satamassa tehtävissä korjaustöissä. Nesteen satamassa löytyy kuitenkin yksittäisiä tihtaaleja, jotka ovat perustettu käyttämällä kyseistä menetelmää.

### **2.5.7 Injektointi**

Injektointia voidaan käyttää halkeamien korjaukseen. Menetelmällä tarkoitetaan kovettuvan ja nestemäisen aineen pumppaamista yli 0,2 mm leveään halkeaman tyhjätilaan. Pumppaus tehdään halkeaman läheisyyteen porattuun reikään, johon on liitetty injektointinippa. Injektointinippoja voi olla useampia. Halkeaman avoimet kohdat tiivistetään esimerkiksi kitillä, jotta kovettuva injektointiaine ei pääse karkaamaan. Injektointiaineena käytetään useasti epoksia tai polyuretaania. Tihtaalien halkeamaan

valitaan sopiva injektointiaine, joka soveltuu käytettäväksi märissä olosuhteissa. Tämän lisäksi on huomioitava, että injektointi ei sovellu korjausmenetelmäksi, jos vaurionaiheuttajana on ollut pakkasrapautuminen tai raudoitteen korroosio. (BY41 s. 84)

### **2.5.8 Vedenalainen betonointi**

Betonisen tihtaalin korjauksen yhteydessä käytetään vedenalaista betonointia. Vedenalainen betonointi suoritetaan useasti sukeltajan toimesta. Betonointi tehdään veden pinnan alla muottiin asennetun valuyhteen kautta. (Kinnunen, 2019)

Kun betoni valetaan veteen, on huomioitava, ettei betonin sideaineet huuhtoudu ja tämän takia erotu muusta aineksesta. Tämän ehkäisemiseksi on olemassa lisäaineita, jotka estävät sideaineen huuhtoutumisen. Vedenalainen valu voidaan myös suorittaa contractor - valuputki menetelmällä, joka tarkoittaa, että valutyössä käytetty valuputki pysyy jo valetun massan pinnan alapuolella (Kinnunen, 2019)

### **2.5.9 Betonin puhdistus- ja poistomenetelmät**

Betonia voidaan puhdistaa ja/tai poistaa monilla eri menetelmillä. Kantavien rakenteiden betonipeitteen poistoon tarvitaan erillinen suunnitelma, jos poisto vaikuttaa rakenteen toimintaan. (BY41 s. 27) Nesteen satamassa on vuosien aikana käytetty monia eri menetelmiä. Raudoitteen puhdistukselle ja irtolohkareiden poistolle on olemassa menetelmät.

Betonin poistoon voi käyttää esimerkiksi mekaanista piikkausta, vesipiikkausta tai murtamalla betoni. Nämä keinot toimivat hyvin vedenalaisissa töissä. Huomioon otettavaa on laitteen soveltuvuus veteen viedessä. Veden pinnan yläpuolisissa töissä voidaan edellä mainittujen menetelmien lisäksi käyttää jyrsimistä tai leikata betoni tekotapaan soveltuvalla työkalulla.

Betonipinnan vedenalaiseen puhdistukseen voi niin ikään käyttää vesipiikkausta. Jos työt suoritetaan vedenpinnan yläpuolella, voidaan soveltaa korkeapainepesua, jyrsimistä tai hiomista. Näiden lisäksi voidaan suorittaa vesihiekkapuhallusta, tai sinkopuhallusta. Viimeksi mainittuja keinoja käytetään harvoin Nesteen satamassa. Raudoituksen puhdistuksessa käytetään vesipiikkausta, sen tehokkuuden takia. Jos tihtaalissa on

irtolohkareita, voidaan ne poistaa riittävän tehokkaalla korkeapainepesurilla. Nesteen satamassa toimiva urakoitsija käyttää myös paineilmaa irtolohkareiden poistoon. (BY41 s. 27)

### 2.5.10 Vesipiikkaus

Vesipiikkausta tai suurpainepesua käytetään tehtäessä esimerkiksi laastipaikkausta tihtaaliin. Erittäin korkealla, noin 40-300MPa) vesipaineella saadaan irrotettua lohkeileva tai vaurioitunut betoni siihen pisteeseen, että korjaavia toimenpiteitä voidaan suorittaa. Nesteellä käytetään vesipiikkausta, sen tehokkuuden takia, vedenalaisissa töissä. Vesipiikkauksen toiminta perustuu veden tunkeutumisen, sen korkean paineen takia, betonin vaurioihin ja huokosiin. Jos betoni on ehjää ja tervettä, pysyy se ehjänä myös vesipiikkauksen ajan. Vesipiikin oikeaoppisella käytöllä irrotetaan ainoastaan vaurioitunut materiaali. Työtapa muuttamalla voidaan myös poistaa ehjää betonia. Vesipiikkausta käytetään myös vesipinnan yläpuolisissa töissä. Vedenalaisiin töihin eivät sovellu sähkökäyttöiset työkalut. (BY41 s. 32)



Kuva 6 Haljennut tihtaali. (Nestein sisäinen arkisto, 2023)

### 3 Syyt korjaukselle

Tavallisimmat syyt korjaukselle ovat tihtaaliin kohdistuneet vauriot. Vauriot voivat kohdistua itse betoniin tai betonissa käytettyyn raudoitukseen. Erilaiset syyt betoniin syntyneisiin vaurioihin voivat olla mekaanisia, kemiallisia tai fysikaalisia. Raudoituksen osalta syyt ovat korroosio, mikä johtuu karbonatisoitumisesta, korroosiota aiheuttavista aineista tai sähköisistä hajavirroista. (SFS-EN 1504-9 s. 8). Kuvassa 6 näkyvä tihtaali on vaurioitunut monesta eri syystä

Osa vaurioon johtaneista syistä voidaan yhdistää työkokonaisuudessa käytettyyn rakennesuunnitteluun, puutteelliseen määrittelyyn ja valvontaan sekä toteutuksen ja materiaalivalinnan tekemisessä sattuneeseen virheeseen. Tämän lisäksi vaurioita voi esiintyä käytön aikana. Eri tavoin tihtaalirakennetta rasittavien ilmiöiden yhteisvaikutus voi moninkertaistaa todennäköisyyden vaurion syntymiselle.

#### 3.1 Syyt vaurioitumiseen

Tihtaliin vauriotuminen voi johtua mekaanisesta rasituksesta. Näitä ovat kulutus, väsyminen, törmäys, ylikuorma, liikkuminen, räjähdys tai värähtely. Kemiallisia rasitteita ovat alkali-kiviainesreaktio, aggressiiviset aineet ja biologinen rasitus. Fysikaalisia syitä on monia. Näistä tavallisimmat ovat jäätyminen/sulamisen, lämmön vaikutukset, suolarapautuminen, kutistuminen, eroosio, kuluminen.

Betonin karbonatisoitumisesta aiheutuva korroosio voi alkaa muutamasta syystä. Yleisimmät syyt ovat sementin määrä ja tyyppi, vesi-sementtisuhte, jälkihoito, sademäärä sekä lämpötila/kosteus. Tihtaalien ollessa vedessä, on rakenne koko ajan altistuneena vedelle. Korroosiota aiheuttaa kloridit betonimassan sekoitusvaiheessa. Ympäristöstä johtuva korroosio on peräisin tihtaalirakenteen altistumisesta merivedelle. Myös muut epäpuhtaudet voivat aiheuttaa korroosiota. Näiden syiden lisäksi voi sähköiset hajavirrat aiheuttaa korroosiota. (SFS-EN 1504-9 s. 8)



## 4 Turvallisuus

Turvallisuus ja sen ylläpitäminen on Nesteellä ensisijainen tavoite jokapäiväisessä toiminnassa. Turvallisuutta ylläpidetään seuraamalla yhtiön omia sääntöjä ja ohjeita. Lisäksi on noudatettava valtion lakeja ja asetuksia. Turvallisuudesta huolehtimisella varmistetaan, että työntekijät pääsevät joka päivä terveenä kotiin. Tapaturman sattuessa, on tapahtunut asia tutkittava ja varmistettava toimenpitein, jotta mahdolliset riskit tapahtuman uusintaan minimoidaan. (Neste NMS-ohje)

### 4.1 Tihtaalin käyttö

Tihtaali tai laituri voidaan määrätä käyttökieltoon, jos huomataan rakenteellisia puutteita. Puutteita voi olla erilaisia, esim. kantavuuden heikkeneminen, rakenteen huomattava kuluminen tai muu rakenteellinen vika. Puutteet huomioidaan tarkastuksien yhteydessä. Tihtaalin menetettyä kantavuutensa määrätään se käyttökieltoon turvallisuuden ja käytettävyyden takia. (S. Lauhikari, haastattelu 10.12.2023)

### 4.2 Työlupa ja työn riskien arviointi

Nesteellä kaikki tehtävät työt ovat luvanalaisia. Jotta työ voidaan suorittaa, on työlle oltava työlupa. Työluvan on oltava voimassa silloin kun työtä suoritetaan. Neste Oyj:ssä on käytössä TRA-käytäntö. Työn riskien arvioinnissa käydään läpi tehtävä työ, siihen liittyvät vaarat ja toimenpiteet riskien hallitsemiseksi. TRA-istunto käydään aina kun kyseessä on vaativampi työ. Vaativampi työ voi olla esimerkiksi sukellus- tai nostotyö.

TRA-istuntoon osallistuvat työluvanmyöntäjä, työn valvoja sekä työn suorittaja. Lisäksi istuntoon voi osallistua muita henkilöitä, esimerkiksi työn suorituspaikan läheisyydessä toimivat henkilöt. (Neste NMS-ohje)

### 4.3 Viime hetken vaarojen arviointi

Viime hetken vaarojen arvioinnissa käydään läpi mahdolliset vaarat juuri ennen töiden aloitusta. VHVA on lyhytkestoinen tilaisuus, jossa tarkastetaan sää, muut olosuhteet,



liikenne ja muita juuri sillä hetkellä työhön mahdollisesti vaikuttavia asioita. Ennen töiden aloitusta tehtyjen arvontien lisäksi tarkkaillaan olosuhteita työn aikana. (Neste NMS-ohje)

#### 4.4 Sukellustyöt

Sukellustyönä suoritettuun rakentamiseen ja korjaamiseen kuulu ne työt, jossa sukeltaja käyttää työkaluja. (Kinnunen, 2019) Ennen sukellustöihin ryhtymistä on laadittava sukellustyön turvallisuussuunnitelma. Suunnitelmassa käsitellään pätevyysvaatimus, sukellustyön suorittavan ryhmän kokoonpano ja käytettävät työkalut sekä sukellustyössä terveyttä ja turvallisuutta haittaavat asiat. Turvallisuussuunnitelmaan kuuluu myös pelastussuunnitelma. Turvallisuussuunnitelma on liitettävä työlupaan. (Kinnunen, 2019)

Kun korjaustyö suoritetaan sukellustyönä, on noudatettava sukellustyötä koskevia lakeja ja asetuksia. Sukellustöitä suoritettaessa on otettava huomioon terveydelle haitalliset vaarat. Yleisimmät vaarat ovat pimeyteen, huonoon näkyvyyteen, virtauksiin, kylmään veteen ja vesiliikenteeseen liittyvät vaarat. Tämän lisäksi sukeltaja voi jäädä kiinni erilaisiin vedenalaisiin rakenteisiin. Vakavimpana vaarana on hukkuminen. (Kinnunen, 2019)



Kuva 7 Sukeltaja poraamassa tartuntoja. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

#### 4.5 Nostotyöt

Tihtaalin korjaukseen voi liittyä nostotöitä. Nostotyön vaativuustaso ja riskit arvioidaan erikseen. Nämä asiat lisätään työlupaan. Jos työ sen vaatii, laaditaan erillinen nostotyösuunnitelma. (Neste NMS-ohje). Nostotöitä tihtaalin korjauksen yhteydessä ovat korjauksessa käytettävät rakenteen osat, kuten jääsuojat sekä muut tarvittavat välineet,

jotka vaativat nostoja. Nostot tehdään ajoneuvonosturilla. (N. Kinnunen, haastattelu 11.12.2023)

## 5 Olosuhteet

Tihtaalit ovat aina yhteydessä veteen. Vedenalaisessa rakentamisessa on otettava huomioon olosuhteita, joita ei välttämättä tarvitse miettiä, kun rakennetaan maan päällä. Olosuhteen mukaan voi työ hankaloitua tai keskeytyä, mikä voi johtaa taloudelliseen menetykseen tms. Olosuhteiden muuttuessa on huomioitava, voiko töitä jatkaa turvallisesti. (N. Kinnunen, haastattelu 11.12.2023). Olosuhteet voivat vaikuttaa korjaustoimenpiteiden lisäksi vaurioiden syntymiseen.

### 5.1 Laivaliikenne

Nesteen satamassa liikkuu aluksia ja laivoja päivittäin, mikä pitää ottaa huomioon korjaustyön aikataulutuksessa. Mikäli laivojen aikataulut muuttuvat on korjaustyöt keskeytettävä. Nesteen Kilpilahden satama on tonnimäärissä laskettuna Suomen suurin satama. Vilkas laivaliikenne vaatii tarkkaa korjaustöiden aikataulullista suunnittelua. (Kilpilahden satama, Wikipedia)

### 5.2 Keli

Sääolosuhteet ovat yleisin syy työn keskeytymiseen. Ukkonen ja salamet keskeyttävät työn automaattisesti, jos korjausta tehdään sukellustyönä. Sade tai lumisade vaikuttaa näkyvyyteen, mikä pitää huomioida. Pimeällä kelillä on varmistettava riittävä valaistus. Kovan tuulen aikaan voivat myös aallot kasvaa ja aiheuttaa ongelmallisia tilanteita, esimerkiksi silloin, kun käytetään lautta korjaustöissä. Lautalta voidaan tehdä veden pinnan yläpuolella olevat korjaukset, tai käyttää sukeltajan pintahenkilön tukikohtana.

### 5.3 Jää

Ilmiönä jää voi aiheuttaa haasteita tihtaalin korjauksen yhteydessä, mutta myös olla osasy syy tihtaalin vaurioitumiselle. Jos työ tehdään talvella, voi jää hidastaa työn aikataulua. Jään poistamiseen menee aikaa, ja voi tällöin vaikuttaa seuraavan työvaiheen myöhästymiseen. Yleisesti tihtaalin korjaukset tehdään ennen talvea tai sen jälkeen.

## 5.4 Virtaukset

Virtaukset aiheuttavat eroosiota ja kuluttavat tihtaalirakennetta. Virtaukset syntyvät laivojen potkureista ja liikkeistä sekä tuulesta, ilmanpaine-eroista ja tiheys eroista vesimassojen välissä. Miten virtaukset liikkuvat, johtuu merenpohjan topografiasta. (Ilmatieteen laitos, 2022). Virtaukset vaikuttavat korjaukseen silloin kun työ suoritetaan sukellustyönä. Virtaukset on syytä tarkastaa ennen työn aloitusta. Tarvittaessa siirretään työn suoritus toiselle päivälle, mikäli virtaukset ovat liian kovat.

## 5.5 Voimat

Erilaiset voimat vaikuttavat tihtaalirakenteeseen. Esimerkiksi jos tihtaalia käytetään laivan kiinnityspisteenä, voi aalloista johtuvat laivan liikkeet rasittaa tihtaalia sivuttaissuunnassa. Rasitteita ovat myös tihtaaleihin kiinnitetyt laiturirakenteet ja jos laitureiden päällä ajetaan raskailla kulkuneuvoilla, kuten nostureilla tai kuorma-autoilla.

## 6 Elinkaari

Suuri osa Nesteen sataman tihtaaleista ovat vanhoja rakenteita ja niitä on korjattu useaan otteeseen. Tihtaaleita on rakennettu eri vuosikymmenillä, joten ne sijaitsevat eri kohdissa elinkaarta, myös sen takia, että niitä on korjattu. (S. Lauhikari haastattelu 10.12.2023)



Kuva 8 Korjauksen tarpeessa oleva tihtaali. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

### 6.1 Seuranta

Tihtaalien elinkaarta seurataan Nesteellä tarkasti, jotta voidaan varmistaa turvallisuus sekä taloudellinen jatkuvuus. Tämä tehdään arkistoimalla tehdyt korjaus- ja suojaustyöt. Arkistoitujen tietojen perusteella suunnitellaan tulevat korjaus- ja suojaustyöt. Tämän lisäksi suunnitellaan tulevat tarkastukset ja kunnossapito betonirakenteen suunnitellun käyttöiän aikana. (SFS-EN 1504-9 s. 13) Kuvassa 8 näkyvän tihtaalin kuntoa seurataan säännöllisillä tarkastuksilla, jotta voidaan varmistaa turvallinen käyttö. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

## 6.2 Tihtaalin rakennusvuosi

Tihtaalien korjaustarpeet vaihtelevat ja määräytyvät rakennusvuoden mukaan. Esimerkiksi vuonna 1970 rakennettu tihtaali vaati enemmän huomiota kuin vuonna 1990 rakennettu. Vuonna 1970 rakennettu tihtaali alkaa olla elinkaarensa loppupäässä, kun taas vuosituhaten taitteessa rakennetulla tihtaalilla on vielä elinkaarta jäljellä. 50 vuotta vanhaan tihtaaliin on vuosien varrella tehty erinäisiä korjaustoimenpiteitä, samaan aikaan 20 vuotta vanhalle tihtaalille ei ole tehty korjaustoimenpiteitä samassa laajuudessa.

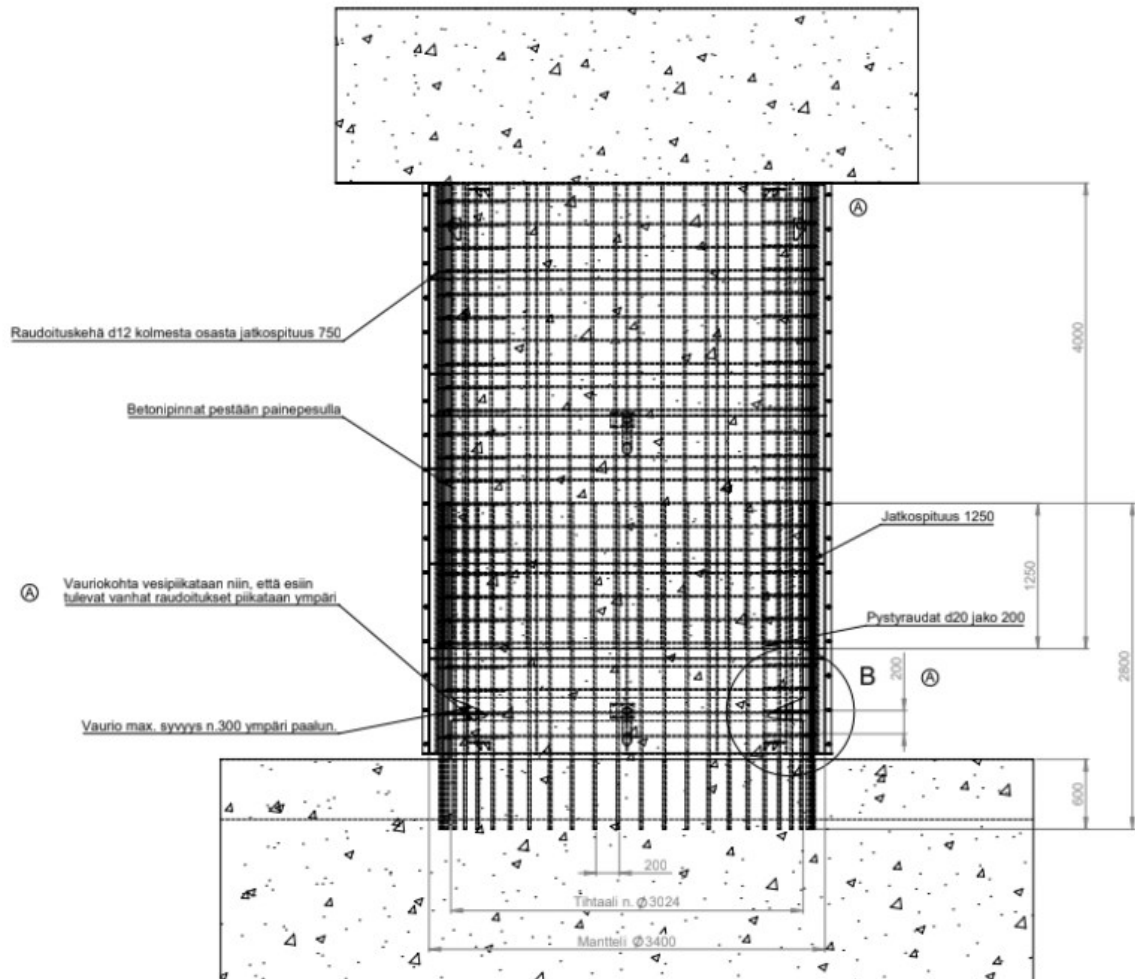
Verrattaessa 50 vuotta sitten rakennettua teräsbetonitihtaalia ja 20 vuotta sitten rakennettua, voidaan huomata samanlaista, mutta myös erilaista kulumaa. Nämä johtuvat olosuhteista sekä käytetyistä rakennusmateriaaleista- ja tavoista. (N. Kinnunen, haastattelu 11.12.2023)

## 6.3 Ennakointi

Suurilta korjaustöiltä vältytään, jos alkaviin ja pieniin vaurioihin ja puutteisiin puututaan riittävässä ajoin. Tarkastuksissa havaitut puutteet ja vauriot tulisi kirjata ja korjata mahdollisuuksien ja kriittisyyden mukaan. Ennakoimisella vaikutetaan myös käytön turvaamiseen. Kun tihtaali ja sen yhteydessä toimiva laituri ovat käyttökunnossa, voidaan laivoja ottaa satamaan ja näin vaikuttaa talouden vakauteen.

## 7 Laituri 5 tihtaalin korjaus

Nesteen sataman tihtaaleille suoritetaan tarkastuksia, tasaisin aikavälein. Laituri 5:en tihtaalit tarkastettiin tammikuussa 2023. Tarkastuksessa oli havaittu pysty- ja vaakahalkeamia, joista näkyi teräksiä. Tarkastuksessa havaitut vauriot korjattiin keväällä 2023. (Loppuraportti, Laituri 5 tihtaalin korjaus)



Kuva 9 Korjaussuunnitelman yhteydessä tehty rakennepiirustus. (Nesteen sisäinen arkisto, 2023)

### 7.1 Esivalmistelu/suunnittelu

Tarkastusraportin valmistuttua suunniteltiin korjaus. Korjausmenetelmä valittiin vaurion mukaan ja suunnitelma aikataulutettiin. Aikataululla on suuri merkitys suoritettavaan työhön, sillä Nesteen satamassa on paljon meriliikennettä. Tässä tapauksessa laituri 5:en

tihtaalit olivat käyttökiellossa, vaurion laajuuden takia. Kuvassa 9 näkyy korjausta varten tehty rakennepiirustus. (Loppuraportti, Laituri 5 tihtaalin korjaus)

## 7.2 Korjaus

Korjaustyöt suoritettiin suurimmaksi osaksi sukellustyönä, sillä suurin osa tihtaalista on vedenpinnan alapuolella. Kuvassa 5 näkyy uusitun tihtaalin suunniteltu rakenne.

Työt aloitettiin siirtämällä kalusto kohteeseen ja tekemällä tarvittavat esivalmistelut kohteessa. Näiden vaiheiden jälkeen aloitettiin korkeapainevesipiikkaus. Tällä menetelmällä saatiin vauriokohdat esille ja kaikki irtonainen materiaali irti. Betonikuoren pinnasta poistettiin vanhaa betonia noin 40 cm kerros, jotta saavutetaan parempi tartuntapinta uudelle betonille. Betonista poistettiin myös kaikki kasvillisuus.

Piikkauksen jälkeen tihtaalin ala- ja yläosiin kiinnitettiin kiila-ankkureita. Kiila-ankkureihin kiinnitettiin raudoituksen ohjauskaaret. Tämän jälkeen porattiin tartuntoja varten reikiä tihtaaliin jaolla k200 ja syvyyteen 600 mm. Kuvassa 7 näkyy tartuntojen poraus vedessä. Porattuihin reikiin liimattiin tartuntaraudat, joihin kiinnitettiin vaakaraudat, pystyraudat ja kehäraudat.

Raudoituksen valmistuttua, kohteeseen tuotiin ruostumattomasta teräksestä valmistetut manttelit kahtena kappaleena. Manttelin osiin kiinnitettiin nostosäkit, joiden avulla osat pystyttiin laskemaan veteen noston jälkeen. Kelluvat manttelin osat uitettiin yksitellen tihtaalin viereen, jolloin huomattiin, että osat eivät mahdu paikalleen. Tämän takia tihtaalin anturaa jouduttiin vesipiikkaamaan hieman, jotta saataisiin epätasaisuudet pois ja tihtaalin manttelin osat paikoilleen.

Manttelin kaksi osaa yhdistettiin toisiinsa pultiliitoksilla. Tämän jälkeen mantteli taljattiin kokonaisuudessa kiinni yllä olevaan laiturikanteen.

Manttelin alaosaan tehtiin muotitus ja mantteli tiivistettiin juurivalua varten. Manttelin alaosa saatiin tiiviiksi tekemällä juurivalu. Tähän käytettiin C30/37 S2 # 16 XC1-4 betonia noin kolmen kuution verran. Muotit purettiin juurivalun saavutettua 5bar lujuus.



Manttelin sisäpuolinen valu tehtiin kahdessa osassa. Tähän käytettiin itsestivistävää betonia ITB C30/37 # 16 XC1-4, XS 1, XF3. Betoni valikoitui suunnittelijan mitoituksen mukaan. Menekki betonille oli noin 6 m<sup>3</sup> ja 8 m<sup>3</sup>. (Loppuraportti, Laituri 5 tihtaalin korjaus)

### **7.3 Turvallisuus**

Ennen kyseistä korjaustyötä oli käytävä läpi työn riskien arviointi (TRA). Tämä on Nesteellä käytetty riskien arviointimenetelmä, mitä käytetään aina ennen vaativan työtehtävän aloitusta. Istunnossa otetaan huomioon kaikki mahdolliset riskit ja vaarat koskien sukellustyötä, ja valitaan näille oikeat toimenpiteet, jotta vältetään vahingoilta. (Neste NMS-ohje)

## 8 Yhteenveto

Yhteenvetona voidaan sanoa, että tihtaalien jatkuvalla tarkastamisella ja tihtaalien korjaamisella voidaan varmistaa Nesteen sataman jatkuva toiminta. Laadukkaalla kunnossapidolla sekä hyvin suoritetuilla korjaustoimenpiteillä turvataan taloudellinen kehitys, sekä mahdollistetaan tihtaalien ja niin ikään laitureiden turvallinen käyttö. Opinnäytetyössä mainitut menetelmät ovat hyviä vaihtoehtoja, kun korjataan tihtaalia Nesteen satamassa.

Käytettäviä menetelmiä on monenlaisia, joista osa soveltuu rakenteen kantavuuden vahvistamiseksi, ja osa soveltuu paremmin pidentämään rakenteen elinikää.

Huomioitava ja muistettava asia on turvallisuuden ylläpitäminen ja kehittäminen. Tämä on erityisen tärkeää, kun töitä tehdään sukellustyönä. Olosuhteet voivat muuttua nopeasti, jolloin töitä suoritettaessa on oltava valppaana ja hyvin perillä tapahtuvista asioista.

## 9 Lähteet

Finnish Standard Association (SFS) (2008) Betonirakenteiden suojaus- ja korjausaineet ja niiden yhdistelmät. Määritelmät, vaatimukset, laadunvalvonta ja vaatimustenmukaisuuden arvionti. Osa 9: Suojaus- ja korjausaineiden ja niiden yhdistelmien periaatteet

Kilpilahden satama. Wikipedia. Viitattu 5.12.2023  
[https://fi.wikipedia.org/wiki/Kilpilahden\\_satama](https://fi.wikipedia.org/wiki/Kilpilahden_satama)

Kinnunen N. (2019) Tilaajan ohje ammattisukellustöiden valvontaan Neste Oyj:n työkohteissa Suomessa ja Borealis Polymers Oy:n Porvoon tuotantolaitoksilla viitattu 9.12.2023  
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/167792/Nino%20Kinnunen%20RMRTAI15A3%20Neste%20ja%20Borealis%20Oy.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

L. Siikanen & U. Siikanen (2009) Rakennusaineoppi (7.s painos) Helsinki; Rakennustieto Oy

Liikenneviraston ohjeita 26/2016 23 Vedenalaisten taitorakenteiden tarkastusohje viitattu 7.12.2023  
[https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo\\_2016-26\\_vedenalaisten\\_taitorakenteiden\\_web.pdf](https://ava.vaylapiivi.fi/ava/Julkaisut/Liikennevirasto/lo_2016-26_vedenalaisten_taitorakenteiden_web.pdf)

Loppuraportti, Laituri 5 tihtaaln korjaus 2023

Neste NMS-ohje

Parkkonen N. (2019) Pilarimanttelin suunnittelu ja mitoitus viitattu 22.12.2023  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/171486/Parkkonen\\_Niina.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/171486/Parkkonen_Niina.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Suomen Betoniyhdistys Ry (2007) Betonirakenteiden korjausohjeet BY41. Porvoo;  
Painoyhtymä Oy

Tarkastusraportti, Porvoon jalostamo, laitureiden 2 ja 3 yleistarkastus,  
Insinööritoimisto Pitkälä 2023

