



Satakunnan ammattikorkeakoulu
Satakunta University of Applied Sciences

VALTTERI NUMMELIN

Kapselointilaitoksen käsittelykam- mion ruostumattomien teräsmateri- aalien käsittelyyn liittyvä ohjeistus

RAKENNUS- JA YHDYSKUNTATEKNIikka

2020

Tekijä Nummelin, Valtteri	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä: 43 Liitteitä: 2	Päivämäärä Toukokuu 2020 Julkaisun kieli suomi
Julkaisun nimi Kapselointilaitoksen käsittelykammion ruostumattomien teräsmateriaalien käsittelyyn liittyvä ohjeistus		
Tutkinto-ohjelma Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli laatia ruostumattomien teräsmateriaalien käsittelyyn liittyvä työskentelyohje. Opinnäytetyön aihe rajattiin kapselointilaitoksen työmaan käsittelykammion rakennusvaiheen aikaista toimintaa koskevaksi. Opinnäytetyössä perehdyttiin ruostumattomien teräksien ominaisuuksiin ja vaurioherkkyyksiin. Tämän pohjalta laadittiin työskentelyohje opinnäytetyön toimeksiantajan tarpeiden mukaisesti. Opinnäytetyön toimeksiantaja toimi Skanska Talonrakennus Oy, joka on toiminut useassa projektissa Olkiluodon ydinvoimalaitoksen alueella.</p> <p>Opinnäytetyö toteutettiin perehtymällä aiheesta kirjoitettuun kirjallisuuteen, standardeihin ja työkohteelle laadittuihin erillisiin asiakirjoihin. Työskentelyohjeen laadinnassa käytiin läpi mahdollisimman tarkkaan rakennustyön eri vaiheet. Oli tärkeää huomioida, mitkä työvaiheen osat voivat vaurioittaa ruostumatonta terästä. Opinnäytetyön laadinnassa otettiin myös selvää soveltuvista suojausmateriaaleista ja pidettiin palavereita toimeksiantajan kanssa.</p> <p>Opinnäytetyöstä saatiin kattava tietopaketti ruostumattoman teräksen vauriomekanismeista ja mahdollisista suojaustoimenpiteistä rakennustyömaalla. Varsinainen työskentelyohje laadittiin toimeksiantajan ohjeistuksen mukaisesti salassa pidettäväksi asiakirjaksi.</p>		
<u>Asiasanat</u> kapselointilaitos, käsittelykammio, ruostumaton teräs, vaurioherkkyys, työskentelyohje		

Author Nummelin, Valtteri	Type of Publication Bachelor's thesis	Date May 2020
	Number of pages: 43 Appendices:2	Language of publication: Finnish
Title of publication Instructions for stainless steel materials handling in the encapsulation plant fuel handling cell		
Degree programme Construction and civil engineering		
<p>The subject of this thesis was to prepare work instructions related to the handling of stainless steel materials. The work was defined to concern working in the encapsulation plant fuel handling cell under construction. The purpose was to familiarize properties of stainless steels and susceptibility to damage. On this basis, work instruction were prepared to meet the client's needs. The thesis was commissioned by Skanska Talonrakennus Oy, that was operated in many projects in the territory of Olkiluoto nuclear power plant.</p> <p>The thesis was implemented by reading the relevant literatures, standards and separate documents for the work site. During the preparation of the work instructions, the various stages of the construction work were reviewed as accurately as possible. It was important to consider which parts of the work phase could damage the stainless steel. During the preparation of the thesis, the suitable protective materials were also found out and meetings were held with the client.</p> <p>The thesis provided a comprehensive information package on the damage mechanisms of stainless steel and possible protection measures for construction site. The actual work instructions were prepared as a confidential document in accordance with the client's instructions.</p>		
<p><u>Key words</u></p> encapsulation plant, fuel handling cell, stainless steel, susceptibility to damage, work instruction		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	6
2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET	7
2.1 Opinnäytetyöni aiheen valinta	7
2.2 Kapselointilaitos osana ydinjätteen loppusijoitusta	7
2.3 Käsittelykammio osana kapselointilaitosta	9
2.4 Skanska pääurakoitsijana kapselointilaitos hankkeessa	10
2.5 Opinnäytetyön rajaus ja tavoite	11
3 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN OMINAISUUDET JA VAURIOHERKKYYS	11
3.1 Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet	11
3.2 Käsittelykammion terästyypin ominaisuudet	13
3.3 Ruostumattomien terästen vaurioherkkyys	14
3.4 Korroosiomuodot käsittelykammioon valituille teräslajeille	15
3.4.1 Pistekorrosio (pitting corrosion)	15
3.4.2 Galvaaninen korrosio (galvanic corrosion)	17
3.4.3 Rakokorrosio (Crevice corrosion).....	19
3.4.4 Jännityskorrosio (Stress corrosion cracking)	19
3.4.5 Tasainen korrosio (Uniform corrosion)	20
3.4.6 Raerajakorrosio (Intergranular corrosion)	20
3.5 Ympäristöolosuhteiden vaikutus korroosiokestävyyteen	20
3.6 Käsittelykammion ruostumattomien terästen pintavaatimukset.....	21
4 RUOSTUMATTOMIEN TERÄSMATERIAALIEN SUOJAUSMENETELMÄT	21
4.1 Muottien esivalmistus.....	22
4.2 Kuljetus työmaalle.....	25
4.3 Varastointi työmaalla	26
4.4 Seinien betonointi.....	28
4.5 Holvin betonointi.....	31
4.6 Käsittelykammion sisällä tapahtuvat rakennusaikaiset työt	34
4.7 Kulunvalvonta ja työntekijöiden perehdytys osana käsittelykammion suojausmenetelmää	36
5 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN PUHDISTUSMENETELMÄT.....	37
5.1 Puhdistusmenetelmien määrittäminen.....	37
5.2 Huoltopuhdistusmenetelmät ja käytettävät välineet.....	38
5.3 Korjauspuhdistusmenetelmät	38
6 TYÖSKENTELYOHJEEN LAADINTA	40

7 POHDINTA JA YHTEENVETO	42
--------------------------------	----

LÄHTEET

LIITTEET

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on laatia ruostumattoman teräsmateriaalin käsittelyyn liittyvä ohjeistus Posiva Oy:n kapselointilaitoshanketta varten Olkiluotoon. Opinnäytetyöni toimeksiantajana toimii Skanska Talonrakennus Oy, joka on pääurakoitsijana kapselointilaitos-hankkeessa. Ohjeistus laaditaan Olkiluodon ydinvoimalaitoksen läheisyydessä sijaitsevan käytetyn ydinpolttoaineen kapselointiin tarkoitetun laitoksen käsittelykammiota koskeväksi. Käsittelykammion ruostumattomien teräsrakenteiden kanssa työskentelyyn liittyvä ohjeistus pitää sisällään tilan rakentamiseen liittyvän ohjeistuksen poissulkien hitsaukseen liittyvät menetelmät. Vaikka varsinainen työskentelyohje on laadittu käsittelykammion rakennusvaiheen ajaksi, on opinnäytetyön teoriapohjainen osuus helposti sovellettavissa eri työkohteisiin. Opinnäytetyön aihe on mielestäni ensiarvoisen tärkeä, sillä rakennusalalla on paljon henkilöitä, jotka ovat epätietoisia ruostumattoman teräksen käsittelyyn liittyvistä asioista. Yleinen vääränlainen oletus on, että ruostumaton materiaali olisi vaurioitumaton.

Opinnäytetyöprosessin aloitin opiskelemalla ja hakemalla tietoutta ruostumattomista teräksistä ja niiden vauriomekanismeista. Projektiin liittyvistä asiakirjoista löysin tilassa käytettävät ruostumattomat materiaalit, jotka listasin taulukoksi. Kaikki tilassa käytettävät ruostumattomat materiaalit kuuluivat saman terästyypin joukkoon, jolloin sain työni aihealuetta osittain rajattua. Kun olin tietoinen tämän kyseisen ruostumattoman terästyypin vauriomekanismeista, aloin läpikäymään rakennusvaiheen aikaiset työvaiheet mahdollisimman tarkasti. Painopiste muodostui vuorauslevyjen asennukseen liittyviin työvaiheisiin, koska se osoittautui eniten vaurioherkäksi materiaaliksi kyseisessä tilassa. Tämän jälkeen laadin varsinaisen työskentelyohjeen, josta koitin laatia mahdollisimman selkeän kokonaisuuden.

Opinnäytetyön laadinnassa suurin osa asiasisällöstä on laadittu kirjallisessa muodossa, sillä työmaaolosuhteista, materiaalien testauksesta ja materiaaleista ei saanut ottaa kuvia salassapidollisista syistä. Opinnäytetyössä laadittu käsittelykammion rakennusvaiheen aikaista toimintaa ohjaava ohjeistus laadittiin täysin luottamukselliseksi ja salassa pidettäväksi asiakirjaksi Skanska Talonrakennus Oy:n ja Posiva Oy:n välille.

2 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

2.1 Opinnäytetyöni aiheen valinta

Keväällä 2018 hain mukaan Skanska Oppiva -harjoitteluohjelmaan ja pääsin mukaan tähän kolme vuotta kestäväan koulutusohjelmaan. Kesän 2018 työskentelin rakennusapumiehen tehtävissä Skanskalla Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 ydinvoimalaitosten varavoimalaitoksien työmailla. Kesällä 2019 pääsin mukaan Posiva Oy:n kapselointilaitoksen työmaan valmisteluvaiheeseen ja myöhemmin rakennusvaiheen työnjohdollisiin tehtäviin.

Opinnäytetyö käsittelee kapselointilaitoksen rakennusvaiheen aikaista toimintaa käsittelykammion tiloissa. Haasteen juuri tämän tilan rakennusvaiheelle ja rakennusvaiheen aikaiselle toiminnalle tuo ruostumattomat teräslevyt, joilla on tarkoitus vuorata koko tila lattiapinnoista aina kattoon saakka. Opinnäytetyön ensisijaisena tavoitteena oli tuottaa työskentely- ja menettelyohjeistus ruostumattomassa tilassa työskentelyyn. Tavoitteena on minimoida levyjen ja muiden ruostumattomien rakennusmateriaalien vauriot rakennusvaiheen aikana. Näin työmaa välttyisi suurilta kustannuksilta, jotka voisivat aiheutua levyjen vääränlaisesta käsittelytavasta.

Ruostumattomia materiaaleja käytetään rakennuskohteissa yleensä pintamateriaaleina tai täydentävinä rakenteina katoksissa ja portaissa. Ruostumaton teräs on hankintahintaan kallista, mutta sen käyttö on rakentamisessa yleistynyt pitkäaikaiskestävyyden ja hyvän korroosionkestävyytensä ansiosta. Tämän takia opinnäytetyön teoriapohjainen sisältö sopii pohjaksi muihin rakennushankkeisiin, joissa joudutaan käsittelemään ruostumatonta terästä, kuten esimerkiksi elintarvike-, kemia- ja prosessiteollisuudessa.

2.2 Kapselointilaitos osana ydinjätteen loppusijoitusta

Olkiluodon käytetyn ydinpolttoaineen loppusijoituslaitos koostuu kahdesta osasta eli maanpäällisestä kapselointilaitoksesta ja syväällä kalliossa olevasta loppusijoitustilasta. Loppusijoituslaitoksen tehtävänä on käytettyjen ydinpolttoainepölyjen kapseloimi-

nen ja sijoittaminen pysyväksi tarkoitetulla tavalla syvälle kallioperään. Loppusijoituslaitos kokonaisuudessaan tulee sijaitsemaan Eurajoen Olkiluodossa Teollisuuden Voima Oyj:n ydinvoimalaitosten läheisyydessä. Tämän hetken suunnitelmien mukaan loppusijoituksen on tarkoitus käynnistyä vielä 2020-luvulla. Loppusijoituslaitos kokonaisuudessaan tulisi tulevaisuudessa palvelemaan Eurajoen ja Loviisan neljää ydinvoimalaitosta ja viidettä, joka on jo rakenteilla. (Posiva Oy:n www-sivut 2020.)

Maanpäällisessä kapselointilaitoksessa käytetty ydinpolttoaine otetaan vastaan, kuivataan ja pakataan loppusijoituskapseleihin. Tämän jälkeen tarkastuksen läpäisseet kapselit siirretään hissillä tai vaihtoehtoisesti ajotunnelia pitkin erikoisajoneuvolla loppusijoitustilaan. Maan päällä sijaitsee kapselointilaitoksen lisäksi tiloja apu- ja oheistoimintoja varten, kuten käyttörakennus, ilmanvaihtorakennus, tutkimusrakennus, varasto- ja korjaamotilat sekä eri LVIS-järjestelmien vaatimat tilat. Laitosalueen rakennusala maan pinnalla tulee olemaan kokonaisuudessaan noin 20 hehtaaria, joka tulee kattamaan rakennusten, teiden, varastojen ja kenttien pohja-alat. (Posiva Oy:n www-sivut 2020.)

Maanalaisessa loppusijoitustilassa kapseloitu, käytetty ydinpolttoaine loppusijoitetaan tunneleihin. Loppusijoitustila sijaitsee yli 400 metrin syvyydessä maan pinnasta katsottuna. Maanalainen loppusijoitustila jakautuu kolmeen osaan eli loppusijoitustunneleihin, keskustunneleihin ja teknisiin aputiloihin. Keskustunnelit yhdistävät loppusijoitustunnelit, joihin ydinjätettä sisältävät kapselit sijoitetaan. Kapseleita varten loppusijoitustunneleiden lattiaan porataan 6 - 8 metrin syvyisiä reikiä, jotka tiivistetään esipuristetulla bentoniittisavella. Loppusijoitustunneleita on tarkoitus sulkea sitä mukaan kuin kapseleita loppusijoitetaan. Loppusijoitustunneleita tarvitaan alustavien suunnitelmien mukaan 137, joiden kokonaispituudeksi on arvioitu 42 kilometriä. Loppusijoitustunneleita ei kaikkia rakenneta kerralla valmiiksi, vaan loppusijoituksen alkaessa on tarkoitus pitää vain noin puolet loppusijoitustiloista käytössä. (Posiva Oy:n www-sivut 2020.)

2.3 Käsittelykammio osana kapselointilaitosta

Kapselointilaitoksen pituussuuntaisesta poikkileikkauksesta (kuva 1) selviää periaate kapselin kulusta laitoksen sisällä. Käytetty ydinpolttoaine saapuu kapselointilaitoksen vastaanottotilaan (1) kuljetussäiliöissä. Samaan tilaan saapuvat myös tyhjät loppusijoituskapselit. (Posiva Oy:n www-sivut 2020.)

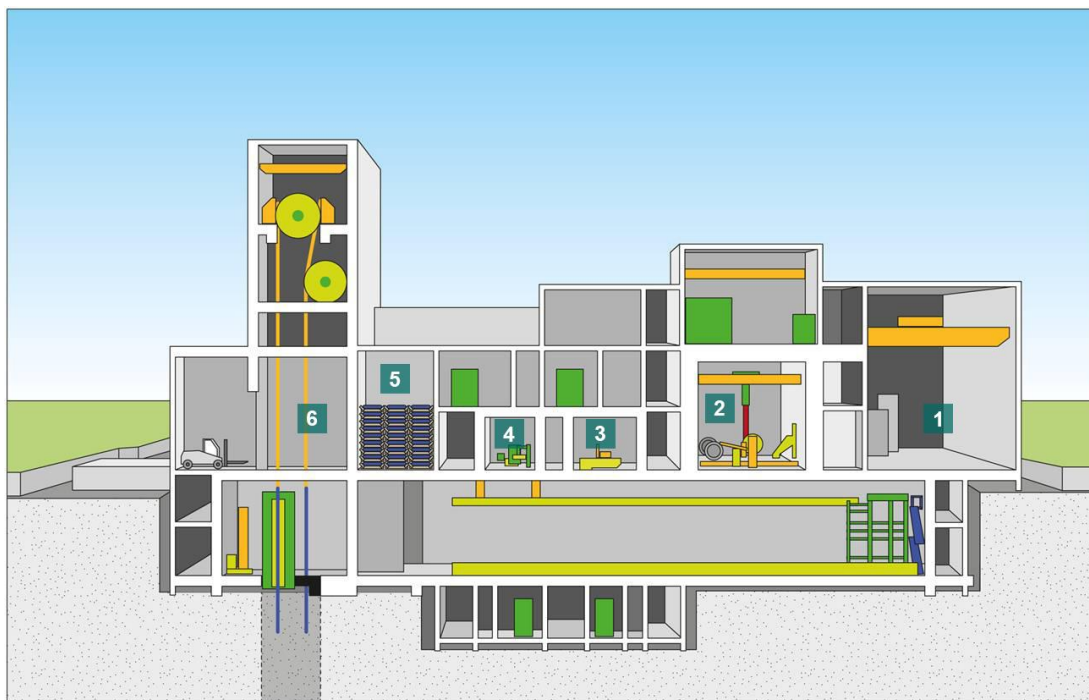
Polttoaineen käsittelykammiossa (2) sekä kuljetussäiliö että loppusijoituskapseli telakoidaan tiiviisti. Käsittelykammiossa käytetyt polttoaineniput siirretään kuljetussäiliöstä kuivausaseman kautta loppusijoituskapseliin. Kun kapseliin on siirretty kaikki polttoaineniput, täytetään kapselin sisus argon-kaasulla ja suljetaan se tiiviisti sisemällä teräskannella. Ydinturvallisuuden kannalta käsittelykammio on kapselointilaitoksen merkittävin tila, sillä se on ainoa tila, jossa käytettyä ydinpolttoainetta käsitellään paljaana ilmassa. Tästä johtuu myös kyseisen tilan seinien materiaalin suuri laatuvaatimus. (Posiva Oy:n www-sivut 2020.)

Käsittelykammioista täytetty kapseli siirretään hitsausasemaan (3), jossa kapselin kansi hitsataan tiiviisti elektronisuihkuhitsauksella (Posiva Oy:n www-sivut 2020).

Hitsauksen tarkastustilassa (4) hitsausseaman tiiveys tarkastetaan ainetta rikkomattomilla tarkastusmenetelmillä kuten röntgen- ja ultraäänitarkastuksella (Posiva Oy:n www-sivut 2020).

Kapselin pinnan puhdistuspaikassa (5) kapselin pinnat puhdistetaan ja tarkastetaan huolellisesti ennen kapselin kuljetusta loppusijoitustilaan (Posiva Oy:n www-sivut 2020).

Tarkastuksen läpäisseet kapselit siirretään kapselihissillä (6) tai vaihtoehtoisesti ajotunnelia pitkin erikoisajoneuvolla loppusijoitustilaan (Posiva Oy:n www-sivut 2020).



Kuva 1. Pituusleikkaus kapselointilaitoksesta (Posiva Oy:n www-sivut 2020)

2.4 Skanska pääurakoitsijana kapselointilaitos hankkeessa

Opinnäytetyöni toimeksiantajana toimii Skanska Talonrakennus Oy. Skanska Talonrakennus Oy on osa Skanska Oy:n Suomen toimintaa. Skanskan toiminta Suomessa kattaa asuntojen ja toimitilojen projektikehityksen sekä rakentamispalvelut. Skanska Suomi on vain pieni osa Skanska-konsernia, joka toimii valituilla kotimarkkina-alueilla Pohjoismaissa, Euroopassa ja Yhdysvalloissa. Koko Skanska-konserni kuuluu maailman kymmenen suurimman rakennusyhtiön joukkoon ja se toteuttaa vuosittain noin 12000 hanketta 37000 työntekijän voimin. Skanskan toimintaa ohjaa merkittävästi Skanskan arvot, joita ovat: välitämme ihmisistä ja ympäristöstä, toimimme eettisesti ja avoimesti, olemme parempia yhdessä ja omistaudumme asiakkaille. (Skanskan www-sivut 2020.)

Skanska Talonrakennus Oy on toteuttanut useita projekteja Olkiluodon ydinvoimalaitosten alueella. Skanska ja Posiva Oy allekirjoittivat kapselointilaitoshankkeen valmisteluvaihetta koskevan sopimuksen marraskuussa 2018. Varsinaisen toteutusvai-

heen sopimus julkaistiin kesäkuussa 2019 ja näin Skanska valittiin kapselointilaitoshankkeen pääurakoitsijaksi. Urakkamuodoksi valittiin sovellettu projektinjohdourakka. (Skanskan www-sivut 2020.)

2.5 Opinnäytetyön rajaus ja tavoite

Opinnäytetyössä käsitellään ainoastaan loppusijoituslaitoksen maanpäällisen kapselointilaitoksen yhtä tilaa käsittelykammiota ja sen rakennusvaiheen aikaisen toiminnan ohjeistusta ruostumattomien teräsmateriaalien suojauksien osalta. Opinnäytetyön kannalta on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää ymmärtää loppusijoituslaitoksen ja kapselointilaitoksen toimintaa pääpiirteittäin. Tällöin loppusijoituslaitoksen kokonaiskuvassa pienen tilan hahmottaminen ja sen rakennusvaiheen työn huolellisuus ja laatutaso on helpompi ymmärtää.

Opinnäytetyön aloituspalaverissa päätettiin koulun ohjaajan ja toimeksiantajan ohjaajan kanssa, että opinnäytetyö tulisi kohdistumaan tarkennetusti ruostumattomien teräsmateriaalien vaurioiden välttämiseen kapselointilaitoksen käsittelykammion tiloissa rakentamisvaiheen aikana. Toimivan työskentelyohjeen laadinta vaatii paljon rakennusalan työskentelyohjeiden vertailua ja tietoutta eri materiaalien vaikutuksesta ruostumattoman teräksen kanssa. Vaikka työskentelyohjeen laadinnassa pohditaan paljon eri suojausmahdollisuuksia ja vaiheistetaan eri työvaiheita, pitää ohjekortti olla lyhyt ja helppolukuinen kokonaisuus. Tällöin työmaan toimihenkilöiden ja muiden henkilöiden on helppo toimia sen kanssa.

3 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN OMINAISUUDET JA VAURIOHERKKYYS

3.1 Kemialliset ja mekaaniset ominaisuudet

Ruostumattomiksi teräksiksi nimitetään teräksiä, jotka sisältävät vähintään 10,5% kromia ja enintään 1,2% hiiltä (SFS-EN 10088-1, 10). Tämä teräslaji on myös hyvin kor-

roosiota ja tulta kestävästä terästä. Erilaisten ruostumattomien terästen välillä eroja tuovat korroosionkestävyys ja lujuus. Ruostumattoman teräksen ominaisuudet pohjautuvat kontrolloituun seostamiseen, jolloin jokainen seosaine vaikuttaa teräksen mekaanisiin ominaisuuksiin ja kykyyn kestää erilaisia korroosiota aiheuttavia ympäristöolosuhteita. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 2.) Ruostumattomat teräkset jaetaan pääominaisuutensa mukaisesti korroosionkestäviin, tulenkestäviin ja kuumalujiin teräksiin (SFS-EN 10088-1, 10).

Ruostumattomalle teräkselle tavanomainen yli 10,5% kromipitoisuus muodostaa ilman tai muun hapettavan ympäristön vaikutuksesta teräksen pinnalle läpinäkyvän ja tiukasti kiinnittyneen kromipitoisen kerroksen. Kromipitoisen oksidikerroksen muodostumisen ehtona on, että teräksen pinta tulee olla mahdollisimman puhdas. Oksidikerros on hyvin ohut (5×10^{-6} mm), mutta silti hyvin vakaa ja tiivis. Niin kauan kuin oksidikerros säilyy ehjänä, ruostumaton teräs on korroosiota kestävä eikä myöhemminkään reagoi ympäristön kanssa. Oksidikerrosta nimitetään myös passiivikerrokseksi, joka voi vaurioitua teräksen pinnan vääränlaisen käsittelyn tai erittäin syövyttävän käyttöympäristön vuoksi. Ruostumattoman teräksen pinnan kestävyyttä voidaan parantaa molybdeeni- ja typpiseostuksella tai kromipitoisuutta lisäämällä. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 2.)

Ruostumattomat teräkset voidaan jakaa viiteen terästyyppiin mikrorakenteensa mukaan, joita ovat austeniittiset -, ferriittiset -, austeniittis-ferriittiset (duplex) -, marteniittiset - ja erkauslujitetut ruostumattomat teräkset. Kullakin terästyypillä on omanlaisensa mikrorakenteeseen perustuva ominaisuutensa ja terästyypin pitää sisällään laajan valikoiman korroosionkestävyydeltään erilaisia teräslajeja. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 2-3.)

Teräslajeja luokitellaan numerotunnuksen mukaan. Luokittelussa eritellään kukin teräslaji aivan omaksi, eikä samaa numerotunnusta käytetä toiselle teräslajille. Numerotunnuksia myöntää European Registration Office-toimisto, joka myös päivittää rekisteröityjen terästen luettelon riittävän usein. Numerotunnuksen ensimmäinen numero kertoo materiaaliryhmän numeron. Esimerkiksi teräksen materiaalinumero on 1. Seuraavat kaksi numeroa kertovat teräsyhmän tunnusluvun, joiden vastaavuudet löytyvät standardin SFS-EN 10027-2 taulukosta 1.1. Kolmen ensimmäisen numeron jälkeen

tulee järjestysluku, mikä on eri saman teräsryhmän fysikaalisilta ominaisuuksiltaan eroavilla teräslajeilla. (SFS-EN 10027-2, 4-5.) Ruostumattomien teräslajien ominaisuuksien mukainen luokittelu Eurooppalaisen standardin mukaan on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Teräslajien luokittelu ominaisuuksien mukaan (SFS-EN 10088-1, 74.)

Teräslajit	Ominaisuus
1.40xx	Ni < 2,5%, ei molybdeeniä, ei seosaineita
1.41xx	Ni < 2,5%, molybdeeniä, ei seosaineita
1.43xx	Ni ≥ 2,5%, ei molybdeeniä, ei seosaineita
1.44xx	Ni ≥ 2,5%, molybdeeniä, ei seosaineita
1.45xx ja 1.46xx	seosaineita Ti, Nb tai Cu

3.2 Käsittelykammion terästyypin ominaisuudet

Käsittelykammion teräsrakenteiden ominaisuuksien selvittämiseksi tutkittiin Sweco Rakennetekniikka Oy:n laatimaa toteutuseritelmaa, joka koski käsittelykammion vuorauslevyrakenteita. Ruostumattoman teräksen ominaisuuksien määrittämiseksi kerättiin tilassa käytetyt teräsrakennemateriaalit standardeineen alla olevaan taulukkoon 2.

Taulukko 2. Käsittelykammion ruostumattomat teräsmateriaalit (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 11)

Rakenneosa	Teräslaji	Standardit
Vuorauslevy t=5mm	1.4404	SFS-EN 10088
Varustelulevyt	1.4404	SFS-EN 10088
Juuritukilevyt (ei Welda)	1.4404	SFS-EN 10088
Welda Ar	1.4401	SFS-EN 10088
Tartunnat	1.4301	SFS-EN 10088
Ratapalkit (ajokiskot)	1.4404	SFS-EN 10088
Ratapalkin konsoli	1.4401	SFS-EN 10088

Käsittelykammion taulukoidut rakenneosakohtaiset teräslajit kuuluvat kaikki austeiniittisiin ruostumattomiin teräsiin standardin SFS-EN 10088-1 taulukon 2 mukaan.

Ne ovat yleisimmin käytössä olevia ruostumattomia teräksiä ja ne sisältävät 17-18% kromia ja 8-11% nikkeliä. Austeniittiset ruostumattomat teräkset ovat hyvin sitkeitä sekä helposti hitsattavia ja kylmämuovattavia. Niiden iskutikeys laajalla lämpötila-alueella on myös parempi verrattaessa hiiliteräksiin. Austeniittisiä ruostumattomia teräksiä voidaan tarvittaessa lujittaa kylmämuokkaamalla mutta ei lämpökäsittelyllä. Kuten kaikille ruostumattoman teräksen tyypeille on ominaista, voidaan austeniittisten terästen korroosionkestävyyttä parantaa seostamalla enemmän kromia ja lisäämällä seosaineiksi molybdeeniä tai tyyppeä. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 2.) Käsittelykammion teräslajeista 1.4301 ja 1.4404 kuuluvat yleisimmin rakenteissa käytettyjen ruostumattomien terästen joukkoon.

Teräslaji 1.4301 sisältää 17,5-20% kromia ja 8-11% nikkeliä. Tämä teräslaji kestää vähemmän korroosiorasitusta kuin teräslajit 1.4401 ja 1.4404, jotka sisältävät 16-18% kromia, 10-14% nikkeliä sekä korroosiokestävyyttä parantavaa molybdeeniä 2-3%. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 4.) Käsittelykammion tartunnoissa käytetään teräslajia 1.4301, joka on siis korroosioherkempää verrattaessa muihin käsittelykammion molybdeeniä sisältäviin teräslajeista 1.4401 ja 1.4404 valmistettuihin rakenteisiin.

3.3 Ruostumattomien terästen vaurioherkkyys

Ruostumattomien terästen vaurioherkkyys kuvataan yleensä suoranaisesti teräksen korroosiokestävyytenä. Mitä parempaa korroosionkestävyyttä materiaalilta vaaditaan, sitä suurempia ovat kustannukset. Esimerkiksi teräslaji 1.4401 on kalliimpi kuin 1.4301 molybdeeniseostuksen takia. Merkittävimmät syyt ruostumattomien teräslevyjen vaurioitumiselle ovat:

- a. Ympäristöolosuhteiden vääränlainen arviointi esim. merkittävä kloridi-ionien esiintyminen
- b. Soveltumaton valmistusmenetelmä (esim. hitsauksen aikana puutteellinen hitsausoksidien poisto tai pinnan altistuminen vierasruosteelle)
- c. Liian karhea pinnan viimeistely tai vääränlaiseen suuntaan asennettu pintakuivointi (harjattu/hiottu) levy.

(Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 29.)

Huolellinen materiaalivalinta, hyvä yksityiskohtainen suunnittelu ja työsuoritus voivat merkittävästi pienentää ruostumattomien teräspintojen tahraantumista ja korroosion todennäköisyyttä. Tämän opinnäytetyön painopiste tulee kiinnittymään rakennusvaiheen aikaisen toiminnan korroosiovaikutuksiin ruostumattomien teräslevyjen pinnoilla ja työsuoritukseen korroosiota ehkäisevin keinoin. Näitä asioita käsitellään tarkemmin opinnäytetyön kappaleessa 4. Varsinaiseen teräslevyjen hitsaukseen ja sen aikaan vauriomahdollisuuksiin ei oteta kantaa, vaan painopiste kiinnittyy käsittelykammion tilassa tehtäviin muihin rakennustöihin ja teräslevyjen siirtelyyn ja asennukseen. Kattavan ja todenmukaisen työskentelyohjeen laadinnan taustalla on huolellinen tietämys ruostumattomien teräsmateriaalien korroosiomekanismeista. Erilaisia korroosiomekanismeja ruostumattomilla teräksillä on yhteensä kuusi kappaletta, jotka kuvataan seuraavissa kappaleissa. Eri korroosionmuotoja kuvattaessa on kiinnitetty huomiota vain käsittelykammion tilassa käytettäviin austenniittisiin ruostumattomiin teräksiin.

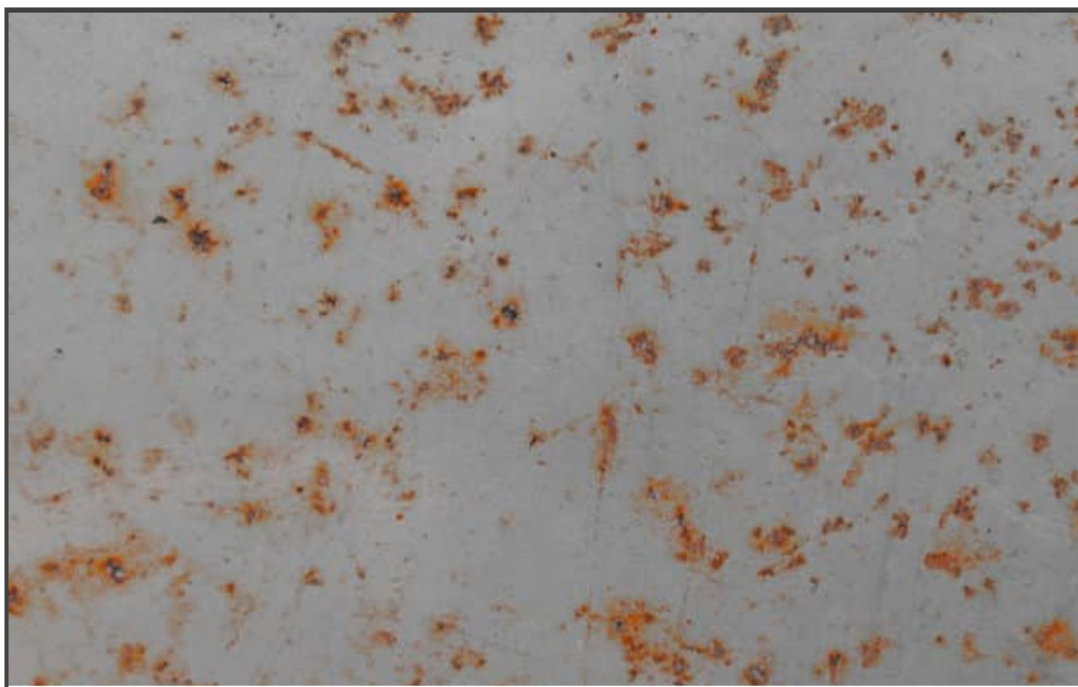
3.4 Korroosionmuodot käsittelykammioon valituille teräslajeille

Kaikki kuusi eri korroosionmuotoa voivat käsittelykammion ruostumattomille teräksille olla mahdollisia, joten kaikkien eri korroosionmuotojen syntymekanismien läpikäyminen ja niiden tunnistaminen on tärkeää. Kuitenkin standardin SFS-EN 1993-1-4 mukaan voidaan tehdä oletus, että piste-, rako- ja metalliparikorroosio ovat todennäköisimpiä rakennuksien ruostumattomissa rakenteissa.

3.4.1 Pistekorrosio (pitting corrosion)

Ruostumattoman teräksen pinnan passiivikerroksen paikallista ja pistemäistä vahingoittumista kutsutaan pistekorrosioksi (kuva 2). Pistekorrosion synnyn aiheuttaa yleensä ympäristörasituksen seurauksena kloridi-ionit (SFS-EN 1993-1-4, 26). Pistekorrosion kehittyessä happamuutta lisäävät korroosion reaktiotuotteet lisäävät korroosionopeutta syntyneessä vauriokohdassa. Pistekorrosion merkittävin aiheuttaja kloridi-ioneja sisältävissä ulkotiloissa rannikkoympäristöt ja maantiesuolat. Pistekorrosion syntyyn vaikuttaa kloridipitoisuuden lisäksi lämpötila, korroosiota aiheuttavat

saasteet, happamuus, alkalisuus, oksidoivien aineiden pitoisuus ja ympäristön happipitoisuus. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 30.) Pistesyöpymisvaara on suurin happamien liuosten vaikutuksesta, mutta emäksisyyden noustessa yli pH 12 ei pistesyöpymistä enää tapahdu (Kunnossapito menestystekijän www-sivut 2020).



Kuva 2. Valokuva pistekorroosiosta ruostumattoman teräslevyn pinnalla (Victaulic www-sivut 2020)

Ruostumattoman teräksen kestävyys pistekorroosiota vastaan riippuu teräksen kemiallisesta koostumuksesta. Kromi-, molybdeeni- ja typpi- seossuhteet parantavat kestävyttä pistekorroosiota vastaan. Teräslajeista teräksellä 1.4401 on hyvä pistekorroosiokestävyys. Se kestää lieviä ja kohtalaisia teollisuussaasteita ja maantien ja meriilmaston suolojen vaikutusta. Teräslajilla 1.4301 on huomattavasti heikompi pistekorroosiokestävyys. Rannikko ja erilaisten suolojen vaikutusalueella jo sumu ja roiskeet voivat aiheuttaa pintakorroosiota tämän teräslajin pinnoille. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 30.)

Lähtökohtaisesti pistekorroosiota voidaan pitää mahdollisena käsittelykammion vuorauslevyrakenteita vaurioittavana korroosimuotona. Tämä johtuu siitä, että työmaa sijaitsee lähellä rannikkoa, jolloin sateiden ja ilmaston kloridipitoisuus kasvaa. Käsittelykammion ruostumattomia rakenteita joudutaan myös kuljettamaan monivaiheisina

maantiekuljetuksina, joka myös osaltaan nostaa pistekorrosioriskin suuruutta. Pistekorrosioriskilliset työvaiheet ja niiltä suojautuminen on kerrottu tarkemmin tämän opinnäytetyön kappaleessa 4.

3.4.2 Galvaaninen korrosio (galvanic corrosion)

Galvaaninen korrosio on mahdollista, kun kaksi erilaista metallia ovat elektrolyytin välityksellä (esim. sähköä johtava neste tai muu epäpuhdas vesi) kosketuksissa toisiinsa. Näin syntyy sähkövirta epäjalommasta metallista jalompaan metalliin, minkä seurauksena epäjalompi metalli syöpyy. Ruostumaton teräs on galvaanisessa parissa useimmiten jalompi materiaali, jota kutsutaan myös katodiksi ja näin ollen se ei kärsi galvaanisesta korroosiosta. Korrosiomuoto tulee kuitenkin erityisesti huomioon, kun ruostumaton teräs liitetään hiiliteräkseen, vähän seostettuihin teräksiin, ilmatorasitusta kestäviin teräksiin tai alumiiniin. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 31.)

Suuren korrosiovaaran voi aiheuttaa tilanne, jossa jalomman metallin pinta-ala (ruostumaton teräs) on suuri verrattuna epäjalomman metallin (esim. hiiliteräs tai alumiini) pinta-alaan (kuva 3). Tästä syystä esimerkiksi ruostumattomien teräsosien kiinnityksessä tulee välttää hiiliteräksestä tehtyjä ruuveja ja muita kiinnittimiä, koska tällöin ruostumattoman teräksen pinta-alan suhde on huomattavasti suurempi kuin hiiliteräksestä valmistettujen ruuvien. Tällöin hiiliteräksestä valmistetut ruuvit ovat alttiit vakaalle korroosiolle. Pinta-aloihin perustuva kationi/anodi suhteisiin liittyvä korrosioherkkyys on sovellettavissa useisiin erilaisiin liitos ja kiinnitys tilanteisiin. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 32.)



Kuva 3. Galvaaninen korroosio ruostumattoman teräksen ja hiiliteräksen välillä (In-oxmare www-sivut 2020)

Galvaanisen korroosion estämiseksi tulee estää eri jalousasteisten metallien välinen sähkövirran syntyminen. Tämä toteutetaan eristämällä erilaiset metallit toisistaan tai estämällä elektrolyyttisen kosketuksen syntyminen esim. katkaisemalla elektrolyyttinen kosketus maalilla tai muulla pinnoitteella. Maalilla hiiliteräksiä suojattaessa pienikin huokoinen tai reikä maalipinnassa aiheuttaa pistekorroosion hiiliteräksen pinnalla. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 32.)

Liitoksissa sähkövirran kulkua estetään erinäisten tarkoitukseen soveltuvien aluslaattojen ja holkkien avulla. Materiaalina voidaan käyttää esimerkiksi neopreenia (synteettinen kumi), joka tiivistää liitoksen painekuormituksen vaikutuksesta ja on hyvin kestävä pitkäaikaiseen käyttöön. Liitoksen huolellinen tiivistäminen estää kosteuden pääsyn liitokseen, joka saataisi aiheuttaa rakokorroosiota. Paljon kloridia sisältävissä ympäristöissä suositellaan käytettäväksi myös silikonitiivistettä liitoksen tiiveyden parantamiseksi. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 89.)

Vaikka ruostumaton teräs ei tavallisesti kärsi galvaanisessa korroosiossa täytyy muistaa, että esimerkiksi käsittelykammion tiloissa korroosiosta kärsivä hiiliteräs tahrii

myös liukenevilla korroosiotuotteillaan ruostumattomien teräslevyjen pintoja, mitkä värjäytyvät ja mahdollisesti vaurioituvat pintaan tarttuvilla epäpuhtauksilla.

3.4.3 Rakokorroosio (Crevice corrosion)

Rakokorroosiolle oleellinen paikka on riittävän leveä rako ruostumattomissa rakenteissa, jotta vesi ja siihen liennut kloridi kulkeutuvat rakoon kuitenkin estäen hapen pääsyn. Syvemmissä ja kapeammissa raoissa rakokorroosion syntyminen on herkimmillään. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 30-31.)

Rakojta tavallisemmin syntyy kahden metallin välisen liitoksen, tiivisteen, bioeliöstön, saostuman (pienhiukkaset, puiden lehdet, ruokajäämät, muut jätejäämät) tai ruostumattoman teräksen pinnan vaurioista johtuen. Rakojen syntyä tarvitsee rakennusvaiheen aikana ehkäistä. Esimerkiksi liitokset tulisi suunnitella siten, että kosteus johdetaan niistä pois päin ja pitkäaikaista teräspinnan kosteutta tulisi välttää. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 31.) Rakokorroosion kestävyys kasvaa kuitenkin teräslajista 1.4301 teräslajeihin 1.4401 ja 1.4404 mentäessä, kuten pistekorroosionkin tapauksessa. Tämä johtuu kromin ja molybdeenin korroosion kestoa parantavasta vaikutuksesta. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 31.) Käsittelykammiossa käytetyistä ruostumattomista teräsmateriaaleista kaikki ovat lähtökohtaisesti alttiita rakokorroosiolle.

3.4.4 Jännityskorroosio (Stress corrosion cracking)

Jännityskorroosion synnyn edellytyksenä on vetojännitykset ja erityisten ympäristötekijöiden samanaikaiset vaikutukset. Jännitys voi aiheutua rakenteeseen kohdistuvasta kuormituksesta tai se voi olla valmistusprosessin aikainen ns. jäännösjännitys, joka aiheutuu esimerkiksi hitsauksesta tai taivutuksesta. Erityistä huolellisuutta tulee noudattaa suuret alkujännitykset (esim. kylmämuokkauksesta aiheutuva) omaavaa ruostumatonta terästä käytettäessä korkean kloridipitoisuuden omaavassa ympäristöissä. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 32.)

Tavallisessa rakennusympäristössä kuten Kapselointilaitoksen työmaalla jännityskorroosion mahdollisuus on hyvin epätodennäköistä. Kuitenkin ruostumattomien rakenteiden nostotyöt tulee suorittaa ja suunnitella huolella niin, ettei vaurioita aiheuttavia jännityksiä teräslevyihin aiheuteta.

3.4.5 Tasainen korroosio (Uniform corrosion)

Ruostumattomalla teräksellä ei tapahdu poikkileikkausta pienentävää tasaista korroosiota tavallisissa olosuhteissa, mikä on tyypillistä esimerkiksi rakenneteräksille (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 33).

3.4.6 Raerajakorroosio (Intergranular corrosion)

Raerajakorroosiossa teräksen hiili diffundoituu eli erkaantuu raerajoille ja teräksen pinnalle muodostuu kromikarbidi-erkaantumia. Tämä tapahtuu yleensä austeniittisille teräksille, kun lämpötila on pitkän ajan 450 – 850 celsiusasteessa. Lämpötila siirtää kromia kiinteästä liuoksesta ja johtaa pienempään kromipitoisuuteen raerajojen läheisyydessä, milloin terästä kutsutaan herkistyneeksi. Raerajat ovat alttiit korroosiolle syövyttävässä ympäristössä. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 33.) Käsittelykammion rakennusvaiheen aikana mahdollisuus raerajakorroosioon altistavaan lämpötilaan saadaan yleensä vain teräksen hitsauksen aikana hitsin lämpövaikutusalueella.

3.5 Ympäristöolosuhteiden vaikutus korroosiokestävyyteen

Erilaiset ilmasto-olosuhteet vaikuttavat ruostumattoman teräksen vaurioherkkyyteen. Teollisuus- ja satamaympäristöt ovat korroosioherkkyydeltään vakavampia ympäristöjä kuin normaalit maaseutu ympäristöt. Ilmastollisen korroosion tavallisimpia syitä ovat teräksen pinnalle päässeet vieras metallien ja kloridien partikkelit. Klorideita sisältävät teollisuussaasteet, suolat ja kemikaalit. Teräksen pinnalle tarttuvat korroosion kannalta reagoimattomat partikkelit, kuten pöly ja hiekka, voivat muodostaa rakoja ja näin mahdollistaa vaurioittavien aineiden sekä kosteuden korroosiorasitusta lisäävää

pitkääaikaisvaikutusta. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 33.)

Suolaisille roiskevesille altistunut teräksen pinta on korroosiolle herkkä. Tällöin teräksen pinnalle jää kosteuden kuivuttua kloridia. Nesteiden, joiden pH-arvo on pienempi kuin 4, kemiallinen koostumus tulee selvittää tarkasti. Alhaisella pH:lla voi olla vaikutusta teräksen pinnan vaurioitumiseen. (Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa 2017, 34.)

3.6 Käsittelykammion ruostumattomien terästen pintavaatimukset

Käsittelykammion ruostumattomat teräsmateriaalit hankitaan pinnanlaadulla 2B. Welda-kiinnityslevyjen pinnan laatuna hyväksytään toimittajan käyttämä pinnan laatutaso. (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 13.)

Pinnanlaatu 2B on tunnus kylmävalssatulle teräslevylle, joka on lämpökäsitelty, peitattu ja viimeistelyvalssattu. Se on tavallisin pinnanlaatu haluttaessa hyvää korroosionkestävyyttä, sileyttä ja tasomaisuutta. Tässä laaturyhmässä voidaan pinnan viimeistelyvalssaus korvata venytysoikaisulla. (SFS-EN 10088-2, 36.)

4 RUOSTUMATTOMIEN TERÄSMATERIAALIEN SUOJAUSMENETELMÄT

Käsittelykammion tilassa käytettävistä ruostumattomista teräsmateriaaleista seinien, lattioiden ja katon pintavuoraukseen käytettävät viisi millimetriä vahvat ruostumattomat liner-levyt ovat rakennusvaiheen vaurioalttiimpia materiaaleja. Teräslevyjen pinnan laatu tulee säilyttää vaurioitumattomana koko rakennusvaiheen ajan ja ensimmäiset levypinnat tulevat näkyviin jo seinien betonoinnin aikana. Ruostumattomat linerlevyt kiinnitetään seinien valumuotteihin ennen työmaalle tuontia konepajalla, joten mahdollisuus mekaaniseen tai kemialliseen vaurioon alkaa jo sieltä. Pinna laatutason

säilyttämiseksi ja moitteettoman lopputuloksen saavuttamiseksi tulee levyjen suojaukseen kiinnittää erityistä huomiota ja noudattaa varovaisuutta koko rakennusvaiheen aikana.

Swecon laatimasta toteutuseritelmästä löytyy vuorauksen pintakäsittelystä kertova kappale (kohta 4.7), jossa on annettu vähimmäisvaatimukset ruostumattomien levyjen käsittelylle. Alla olevassa luettelossa on toteutuseritelmän mukaiset vähimmäisvaatimukset, jotka ovat pohjana eri suojausmenetelmien vaatimuksille:

”

- Materiaalien alkutarkastus suoritetaan ennen valmistusta mahdollisten pintavikojen osalta ja tehdään tarvittavat korjaukset.
- Valmistus suoritetaan tiloissa, joissa ei valmisteta hiiliteräsrakenteita.
- Materiaaleja kuljetetaan ja käsitellään laitteilla, joissa materiaali ei joudu kosketuksiin hiiliteräksen kanssa.
- Kosketusta kemikaalien ja öljyjen kanssa tulee estää peittauksen jälkeen.
- Kaikki terävät reunat ja purseet tulee poistaa, jotta estetään pinnan naarmuuntuminen.
- Rakenteiden valmistuksessa käytettävät merkintäaineet tulee hyväksyttää tilaajalla. Klorideja ja sulfideja sisältäviä aineita ei saa käyttää.
- Valmistuksessa aiheutuneet värimuutokset poistetaan peittaamalla. ”

(Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 13-14.)

4.1 Muottien esivalmistus

Käsittelykammion vuoraukseen käytettävät ruostumattomat liner-levyt asennetaan valumuotteihin jo konepajalla. Kolme metriä leveän valumuotin pintaan kiinnitetään aina kaksi 1,5 metrin levyistä 5 millimetrin vahvuista vuorauslevyä, jotka hitsataan toisiinsa päittäishitsillä (käyttäen V-railoa). Vuorauslevyt asennetaan konepajalla Dokan valmistamiin TOP 100-tec koottaviin suurmuotteihin. Skanskan kirvesmiehet kokoavat ja valmistelevat muotit, joihin konepaja asentaa ja hitsaa levyt yhtenäiseksi. Muottien valmistukseen liittyy jo monta vauriomekanismia, jotka voivat vaurioittaa levyjä pysyvästi.

Vuorauslevyt toimitetaan yleensä muovisella suojakalvolla peiteltynä tai paperiarkilla eroteltuina riippuen levyjen toimittajasta. Levyjen toimittajalta tulee selvittää, kuinka kauan suojakalvo voidaan teräksen pinnalla pitää. Suojakalvon ja sen sisältämien liima-aineiden herkkyys ulkopuolisille tekijöille tulee selvittää (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 12). Jos arvioitu ruostumattomien teräslevyjen asennusaika on lyhyempi kuin suojakalvolle annettu maksimi käyttöikä, kannattaa tehdasenteiset suojakalvot pitää levyjen pinnoilla mahdollisimman pitkään. Hitsauksien ja muihin levyihin tehtäviltä kiinnityksiltä suojakalvo poistetaan vain tarvittavilta osin ja korvataan vastaavalla kalvolla tarvittaessa vaurioalttius huomioiden. Suojakalvo suojaa ruostumattoman teräslevyn pintaa vierasruosteelta, likaantumiselta ja naarmuuntumiselta (Kyröläinen & Lukkari 1999, 479).

Swecon laatiman toteutuseritelmän mukaisesti vuorauslevyjen materiaalit tarkistetaan mahdollisten pintavirheiden osalta konepajalla ja materiaalit tulee työstää hiiliteräksiltä vapaassa ympäristössä (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelämä 27.11.2019, 13-14). Ruostumattoman teräksen korroosion voi käynnistää hiiliteräksestä johtuva kontaminaatio ruostumattoman teräksen pinnalla. Konepajalla tätä ilmiötä voidaan kutsua myös vierasruosteeksi, jossa ruostumattoman teräksen pintaan joutuu rautaa (hiiliteräs tai valurauta) hiontapölynä, hitsausroiskeina tai rautaesineiden kosketuksen (laahaus) vuoksi. Rautapartikkelit tarttuvat ruostumattoman teräksen pintaan ja alkavat ruostumaan värjäten ruostumattoman teräslevyn pinnan punaiseksi. Tämän jälkeen epäpuhtaalla ruostumattoman teräslevyn pinnalla käynnistyy ruostumattomasta terästä vaurioittava korroosio. (Kyröläinen & Lukkari 1999, 479.)

Vältyäkseen hiiliterästen kontaminaatiolta tulee vuorauslevyjen hitsaus suorittaa tiloissa, jotka ovat eristetty esimerkiksi rakenneteräksen hitsaukseen käytetyistä tiloista. Tämä edellyttää tilalta hyvää puhtautta ja mahdollisesti tilasta tarvitsee tehdä ylipaineistettu, jos samassa rakennuksessa työstedään hiiltä sisältäviä rakenneteräksiä. Näin estetään vaurioittavien hiiliteräs partikkelien kulkeutuminen ruostumattomien teräslevyjen pinnoille viereisistä työtiloista. Vuorauslevyjen käsittelyyn käytettävät työkalut tulee olla ruostumattomalle teräkselle sopivia. Työkalut, jotka ovat valmistettu seostamattomista teräksistä tai joilla on käsitelty sitä, voivat jättää ruostumattoman teräksen pintaan rautahiukkaisia, jotka voivat aiheuttaa hyvinkin nopeasti ruosteen

muodostumista. (Kyröläinen & Lukkari 1999, 479.) Yleisesti ruostumattomien materiaalien kanssa hyväksytään käytettäväksi CrNi-teräksistä valmistetut tai kromatut työkalut (SFS-EN 1090-2, 40).

Konepajalla varsinaisen valumuotin valmistuksen lisäksi joudutaan vuorauslevyjä siirtämään ja mahdollisesti varastoimaan konepaja olosuhteissa. Varastoitaessa ruostumattomia teräslevyjä suositeltavin varastointipaikka olisi kuiva ja katettu varastointitila, jossa levyt olisivat pystyasennossa säilytyksessä. Erinäisissä säilytystelineissä ruostumattoman teräksen kanssa kontaktissa olevat pinnat tulee suojata puu-, kumi- tai muovilaatoilla, jotta telineen rakenteessa mahdollisesti olevat hiiliteräs-, kupari- tai lyijyseostus eristetään ruostumattoman teräksen pinnoilta. (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 9.) Erialaisten korroosionmuotojen välttämiseksi tulisi veden kerääntymistä vuorauslevyjen pintaan välttää ja mahdollisesti kosteissa varasto-olosuhteissa levyjen pinnat tulisivat olla irti toisistaan, jotta vältetään esimerkiksi rakokorroosion syntyminen. Levyjen nostoissa ja siirroissa tulee olla myös erityisen huolellinen. Yksittäisinä kappaleina käsiteltäessä levyt ovat vaurioherkkiä reunojen vaurioille ja muodonmuutoksille. Trukin haarukat ja erilaisten apuna käytettävien nostimien ruostumattomaan levyyn kohdistuvat pinnat tulee myös suojata puu- kumi- tai muovilaatoilla hiiliterästen kontaminaatiota välttää (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 9).

Kontaminaation riskin pienentämiseksi tulisi suurmuottien valmisteluun liittyvät naulaukset, leikkaukset ja reikien poraus tehdä valmiiksi ennen kuin muotit tuodaan samaan tilaan, jossa vuorauslevyt hitsataan ja kiinnitetään suurmuottien pintaan. Suurmuottien valmistelutöistä aiheutunut pöly ja epäpuhtaudet tulee puhdistaa muotin kailta pinnoilta huolellisesti. Muottiin tehtävät naulaukset ja ruuvaukset voidaan tehdä normaaleilla sinkkipintaisilla tai kirkkailla kiinnikkeillä, mutta kiinnikkeiden kosketus vuorauslevyn pintaan tulee estää. Vauriota eristävänä materiaalina voidaan käyttää kumista tai muovista tehtyjä vesitiiviitä peitelevyjä, suojakalvoja tai silikonია. Mahdollista on myös kiinnittää vanerit levyn pintaan ruostumattomilla kiinnikkeillä, jolloin kiinnikkeiden mahdollisesti haitalliset vaikutukset voidaan eliminoida. Suositeltavaa olisi asentaa suurmuottien muottivanerit kiinnikkeillä muotin takaa, jolloin ei vuorauslevyn pintaa kohden tulisi yhtään kiinnikettä vaan vuorauslevyn alustana olisi puhdas

kiinnikkeetön puinen vaneripinta. Öljyt ja rasvat voivat vaurioittaa ruostumattoman teräksen pintoja (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 8). Tästä syystä ennen vuorauslevyjen asennusta tulisi muottipinta puhdistaa mahdollisista öljy ja rasvajäämistä tarkoitukseen soveltuvia aineita käyttäen. Vuorauslevyjen pintoja ei tarvitse suojata suojakalvolla, jos puhtaan vaneripinnan ja vuorauslevyn välinen liitos tiivistetään käyttöön soveltuvaa tiivistemassaa tai silikonia käyttäen.

4.2 Kuljetus työmaalle

Vuorauslevypintaisten suurmuottien kuljetus työmaalle tapahtuu ajoneuvoyhdistelmällä, jossa suurmuotit on kiinnitetty pystyasennossa kuljetustukiin. Muottien kuormaukseen ja kuljetuksen aikaiseen suojaukseen liittyy merkittäviä huomioon otettavia asioita, joilla estetään ruostumattomien levyjen korroosio ja mekaaniset vauriot.

Valmiiden muottien kuljetukseen tarkoitettu ajoneuvoyhdistelmä tulee olla tiiviillä pressukapellilla tai tarvittavilla muottipintojen suojaukseen soveltuvilla suojapeitteillä varustettu. Tämä johtuu siitä, että kuljetuksen aikana mahdollisesti maanteistä irtoavien korroosiota aiheuttavien suolojen ja epäpuhtauksien pääsy ruostumattomille teräspinnoille tulisi estää (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 7). Kuorma-auton kuormatila tulee puhdistaa harjaamalla, jotta mahdollisesti edellisistä kuljetuksista jääneitä hiiliteräspartikkeleita ja maantiepölyä olisi mahdollisimman vähän kuormatilan pinnoilla.

Suurmuotit lastataan kuljetusautoon erillisiin kuljetustukiin nosturia tai muunlaista tarkoitukseen soveltuvaa nostinta käyttäen. Muottien nosto tulee tehdä muotin rungossa olevia nostokohtia apuna käyttäen vuorauslevyjä varoen. Tärkeää on kuitenkin tarvittaessa suojata ruostumattomat teräsosat suoralta kosketukselta hiiliteräksestä valmistettuihin nosto- tai siirtolaitteisiin (ketjut, nostokoukut, siteet ja rullat tai trukin sorkat) eristävällä materiaalilla esim. vanerilevyllä tai muovisuojilla. Erityistä varovaisuutta tulee noudattaa erityisesti mekaanisten vaurioiden välttämiseksi. Esimerkiksi nostoketjuja käytettäessä tarraimet voivat helposti liukua vuorauslevyjen pinnoille aiheuttaen mekaanisen vaurion.

Muottien kuljetuksenaikaiseen sidontaan käytettävien sidontaliinujen ja kuormatukien puhtauteen ja niiden vuorauslevyihin kosketuksissa oleviin kosketuspintoihin tulee kiinnittää huomiota. Swecon laatiman toteutuseritelmän mukaan vuorauslevyrakenteita tukevat kuljetuksenaikaiset teräsrakenteet tehdään standardin SFS-EN 10025 mukaisista hiiliteräsrakenteista. Kyseiset rakenteet on pohjamaalattava standardin SFS-EN 12944-5 mukaisella yhdistelmällä A1.01, jos ne joutuvat kosketuksiin ruostumattoman teräksen kanssa. (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 14.) Edellä mainittu pohjamaalaus riittää korroosiota eristäväksi suojaksi ruostumattomien terästen pintojen ja hiiliteräsrakenteiden välille, jos maalipinta on yhtenäinen ja ehjä. Hiiliteräksen kontaminaatiota pienentämään voidaan tarvittaessa käyttää puu-, kumi- tai muovilaattoja vuorauslevyjen ja kuljetustelineen välisillä kosketuspinoilla. Muottien sidontaan käytettävien sidontaliinujen tulee olla puhtaita. Etenkin kemikaaleista öljyt ja rasvat voivat aiheuttaa ruostumattomiin teräspintoihin joutuessaan vaurioita (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 8). Sidontaliinujen ja vuorauslevyjen reunojen väliin käytetään muovista valmistettuja kulmapaloja tai muita pehmusteita estämään hankauksesta aiheutuvat mekaaniset ja korroosioherkkyyttä lisäävät vauriot.

Pienempien ruostumattomien teräsosien kuljetukseen voidaan käyttää myös tiiviisti suljettuja laatikoita, jolloin itse kuljetus ja kuorman lastaus ei vaadi erityistoimenpiteitä. Laatikoksi sopii esimerkiksi puusta tai vastaavasta ruostumatonta terästä vaurioittamattomasta materiaalista valmistettu kuljetuslaatikko.

4.3 Varastointi työmaalla

Huolellisen aikataulutuksen mukaan tulisi pyrkiä siihen, että muotit asennettaisiin paikalleen suoraan kuljetusauton kyydistä asennusjärjestys huomioiden. Tällöin välttäisiin muottien turhalta siirtelyltä ja varastoimiselta työmaaolosuhteissa, mikä lisää ruostumattomien vuorauslevyjen pintojen vaurioalttiutta. Kuitenkin työmaaolosuhteissa äkilliset aikataulujen muutokset tai työjärjestyksen muutos voivat aiheuttaa sen,

ettei muotteja voida asentaa suoraan kuljetusauton kyydistä, vaan muotit on väliaikaisesti varastoitava työmaaolosuhteisiin. Tällöin on tärkeää suunnitella huolellisesti muottien mahdollisen työmaavarastoinnin suojausmenetelmät.

Työmaavarastoinnissa yksi tärkeimmistä aisoista on ruostumattomien vuorauslevyjen kontaminaation välttäminen hiiliterästen kanssa. Esimerkiksi erilaisten rakenneterästen kuten seinäraudoitteina käytettyjen harjaterästen työstäminen aiheuttaa hiiliteräspartikkeleita lähiympäristöön, jotka ruostumattoman teräslevyn pinnalle joutuessaan tulevat aiheuttamaan ruostumista ja pintojen värjäytymistä. Korroosiotyypiltään pistekorrosio on yleinen hiiliteräspartikkeleista esimerkiksi hitsausroiskeista alkunsa saanut korrosio ruostumattoman teräksen pinnalla (Matilainen, Parviainen, Havas, Hiitelä & Hultin 2010, 45). Tämän takia on tärkeää, että ruostumattomien materiaalien varastointipaikka on merkitty selkeästi ja irralliseksi työmaan muiden teräsmateriaalien käsittelyltä. Etenkin vuorauslevypintaisten muottien tulisi kuitenkin olla mahdollisimman hyvän ulottuman päässä asennuspaikasta, jottei muotteja tarvitse ylimääräisesti siirrellä ja kuljetella työmaan sisällä. Tämä taas osaltaan lisää mekaanisen riskin suuruutta. Työmaan käytössä on myös Posiva:n järjestämä varastointihalli, johon pienemmät ja helposti siirreltävät ruostumattomat rakennuskomponentit on hyvä välivarastoida.

Työmaavarastoinnin aikana muotit tulisi varastoida pystyasennossa kuljetus- tai säilytystelineille. Näin välttyään vuorauslevyjen pinnoille kertyvästä ylimääräisestä kosteudesta. Erilaiset korroosioauriot ovat sitä todennäköisempiä mitä kosteampia ruostumattomat pinnat ovat (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 7). Muottien päälle tulisi myös asentaa sadetta kestävä suojaus, mikä samalla olisi mahdollisimman ilmava. Näin ilman kosteuden kondensoitumista ja muotipinnan ja vuorauslevyn väliin kertyvää kosteutta syntyisi mahdollisimman vähän. Jos muotit joudutaan säilyttämään yli kuukauden työmaaolosuhteissa kannattaa arvioida kasattavan sääsuojan asentamisen tarvetta muottien ylle. Sääsuojaus voidaan toteuttaa erilaisin keinoin. Tärkeää kuitenkin on, ettei sääsuojan metallista valmistetut putket hankaudu vuorauslevypintoja vasten eivätkä ole missään kosketuksissa vuorauslevypintojen kanssa ilman väliin laitettavaa eristemateriaalia. Varastointipaikan pohjan tulee olla hyvin tiivis ja kantava, etteivät muotit pääse varastoinnin aikana kallistumaan tai mahdollisesti kaatumaan. Jos varastointipaikan pohjamaa on kostea ja

kapillaarista, tulee muottien alle laittaa vedenkestävä peite, jolla estetään maaperästä nouseva kosteus mahdollisimman hyvin.

4.4 Seinien betonointi

Vuorauslevypintaiset suurmuotit asennetaan asennussuunnitelman mukaisessa yksilöidyssä asennusjärjestyksessä paikoilleen. Asennussuunnitelma laaditaan kokonaisuudessaan workshop-menetelyllä niin, että kaikki osapuolet osallistuvat sen laadintaan (suunnittelija, valmistaja, asentaja ja rakennusurakoitsija (Skanska)) vähintään omien tietojensa toimittamisen osalta. Asennussuunnitelman hyväksyy rakennuttaja ja rakennesuunnittelija ennen asennustöiden aloittamista. Asennussuunnitelma tulee osaltaan sisältämään vuorauslevyjen suojaukseen ja suojausmenetelmiin liittyviä osioita. (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 15.)

Käsittelykammion seinien valmistuksessa vuorauslevypintaisten suurmuottien asennus tapahtuu ensimmäisenä, sillä vuorauslevypintaiset suurmuotit toimivat työmuottina käsittelykammion seinärakenteita betonoitaessa. Muotit asennetaan paikalleen asennusjärjestyksen mukaisesti ja muottien pysty- ja vaakasaumojen kohdalle hitsataan vuorauslevyjen pintaan 8 mm vahvat juuritukilevyt, joiden avulla tiivistetään vuorauslevyjen saumat. Juuritukien avulla mahdollistetaan tilan sisäpuolelta tapahtuva vuorauslevyjen pysty- ja vaakasuuntaisten saumojen hitsaus seinien betonoinnin ja muottien purkamisen jälkeen. Kun ensimmäisen seinänoston työmuotit ovat pystytetty aloitetaan seinän raudoittaminen ja asennetaan ovivaraukset ja muut valuun tulevat osat. Tämän jälkeen muottien tuplauspuoli varustellaan ja tuplausmuotit asennetaan paikoilleen. Näiden työvaiheiden jälkeen käsittelykammion seinän ensimmäinen nosto on valmis betonoitavaksi. Käsittelykammion seinärakenteet betonoidaan valmiiksi kahdessa nostossa. Vuorauslevypinnoista betonoinnin sisään jäävät tartuntatapitukella olevat pinnat ovat näkyvissä koko betonointia valmistelemissä työvaiheissa aina työmuottien pystytyksestä lähtien. Erityisesti näiden pintojen suojaamiseen on seinien rakennusvaiheen aikana käytettävä erilaisia suojausmenetelmiä ja työskenneltävä tavalla, jolla vuorauslevyn pinta voidaan pitää mahdollisimman puhtaana ja vaurioitumattomana.

Vuorauslevypintaisten muottien asennuksen aikaisissa nostotöissä toimitaan suojauksen osalta kuten kuljetukseen liittyvissä muottien nostotöissä (kappale 4.2). Muottien nostotyön aikana voi olla tarpeellista käyttää muotin ohjaukseen nostoliinoja, jotka voivat joutua kosketuksiin vuorauslevypintojen kanssa. Ruostumattoman teräksen kanssa suositellaan käytettäväksi puhtaita synteettisestä materiaalista valmistettuja liinoja, jotka vähentävät kontaminaation mahdollisuutta (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 8).

Alustavien aikataulutuksien mukaan käsittelykammion ensimmäisen seinänoston työmuottien pystytyksestä menee arviolta kuukausi, kun kyseinen seinäosa betonoidaan. Tämän takia on tärkeää sääolosuhteet huomioiden suunnitella työmuotin päälle asennettavaa säänkestävää suojausta. Sääsuojauksen tulisi estää mahdollisimman tehokkaasti vuorauslevyn pinnalle pääsevät mahdollisten sateiden aiheuttamat valuma- ja roiskevedet. Sääsuojauksen avulla voitaisiin myös estää mahdollisesti veteen liukenevat seinäraudoitteiden haitalliset hiiliteräspartikkelit. Vuorauslevyn ja muotin vaneripinnan väliin voi jäädä pieni rako, joka voi mahdollistaa kosteissa olosuhteissa rako-korroosion syntymisen. Rakoja voi syntyä myös juuritukilevyjen ja vuorauslevyjen väliin ennen saumojen tiivistystä. Rakokorroosion kannalta epäedullisin rakokoko on 0,025 - 0,1 millimetriä leveä (Matilainen ym. 2010, 49). Käsittelykammion rakennusvaiheen aikana vaneripinnan ja juuritukien vuorauslevypintoja vasten oleviin väleihin voi helposti vastaavanlainen rako muodostua. Väliaikainen sääsuojaus estäisi myös rakokorroosion syntymistä tehokkaasti. Sääsuojaus voidaan toteuttaa joko telineeseen asennettavalla suojauksella tai muottiin kiinnitettävien väliaikaisten suojarakenteiden avulla.

Valuun tulevien varauksien ja muiden osien kiinnityksessä ja rakenteissa tulee huomioida kiinnittimien materiaali ja etäisyys ruostumattomiin teräspintoihin. Lähellä ruostumatonta teräspintaa ei tule käyttää hiiliteräskiinnittimiä tai kiinnittimet tulee suojata kosketukselta ruostumattoman teräksen pintaan. Ruostumattomat kiinnittimet ovat ensisijaisesti suositeltavia käyttää kyseisissä rakenteissa. Hiiliteräksisten kiinnittimien käytössä tulee huomioida se, että vaikka varsinaista kosketusta ruostumattoman teräslevyn ja hiiliteräksen välillä ei olisikaan voi kosteissa olosuhteissa kiinnike alkaa ruostumaan ja vesi kuljettaa hiiliteräksen epäpuhtaudet ruostumattoman teräksen pinnoille.

Seinien raudoitusvaiheessa on tartuntatapeilla varustettu vuorauslevyn pinta vaurioalttiina mekaanisille ja korroosiota edistävillä vauriomekanismeille. Vuorauslevypinnassa olevien tartuntatapin vaikutuksesta on vuorauslevyn pintaa mahdotonta suojata raudoitustöiden ajaksi. Tämän takia seinien raudoittamisen aikana on varottava ruostumattomien teräspintojen ja hiiliteräksestä valmistettujen harjaterästen kosketusta. Harjaterästen katkaiseminen vuorauslevyn lähellä tulee suorittaa harjateräsleikkurilla, josta aiheutuu mahdollisimman vähän hiiliteräspölyä ympäristöön. Kulmahiomakoneen käyttö vuorauslevypintojen lähetyvillä on kielletty. Jos harjateräksen vahvuus vaatii kulmahiomakoneella katkaisun, tulee työ suorittaa seinäraudoitteiden varastointipaikalla tai mahdollisimman etäällä vuorauslevypinnoista. Mikäli raudoitteiden sidelankoina käytetään hiiliteräksisiä sidelankoja, ne eivät saa koskettaa vuorauslevyjen pintaa, koska se lisäisi voimakkaan galvaanisen korroosioriskin suuruutta.

Seinän raudoittamisen ja valuun tulevien varausten jälkeisessä seinämuotin tuplauspuolen varustelussa ja varsinaisessa tuplauksessa ei ole työvaiheita, mitkä vaatisivat suojaustoimenpiteitä ruostumattomien vuorauslevyjen suhteen. Ensimmäisen seinänoston jälkeen tapahtuvassa toisessa seinänostossa pätee samat suojaus ja työskentelytavat kuin ensimmäisen seinänoston muottitöissä.

Käsittelykammion seinärakenteiden betonoinnin jälkeen seinämuotit puretaan sallittuja betonin kuivumisaikoja noudattaen. Työmuottien irrotustyössä tulee olla erityisen huolellinen, etteivät vuorauslevypinnat vaurioidu. Muotteja ei saa irrottaa vääntämällä vuorauslevypintaa vasten, vaan muotin irrotus tulee tapahtua muotin puista runkoa apuna käyttäen. Näin vältetään vuorauslevypinnan mekaaniset vauriot ja mahdollinen kontaminaation riski työkalujen kanssa. Jos muottien irrotuksessa joudutaan käyttämään vääntötyökaluja, tulee huolellisesti katsoa, että työkalu on kosketuksissa vain muotin rungon puumateriaaleihin eikä vuorauslevypintoihin. Kontaminaatio riskin pienentämiseksi voidaan muotitustöihin hankkia alumiinista tai CrNi-teräksistä valmistettuja ruostumattomalle teräkselle soveltuvia työkaluja. Alumiini ei kiihdytä ilmastokorroosiota kestäväen ruostumattoman teräksen korroosiota eikä näin ollen ole yhtä haitallinen ruostumattomalle teräkselle kuten hiiliteräksestä valmistetut korroosiota kiihdyttävät materiaalit (Teräs kosketuksissa muiden materiaalien kanssa – Kor-

roosionkestävyys 2015, 3). Tämän takia myös alumiinista valmistetut työkalut soveltuvat ruostumattoman teräksen kanssa työskentelyyn, jos niillä ei ole käsitelty hiiliteräksisiä materiaaleja.

Muottien irrotuksen jälkeen tulee puhtaat vuorauslevypintaiset seinät suojata tarrasuojakalvolla, kennolevyllä ja suojamuovilla. Jos vuorauslevypinnoissa havaitaan epäpuhtauksia betonitöiden jälkeen, tulee pinnat puhdistaa kappaleen 6 mukaisilla menetelmillä ennen suojauksen toteuttamista. Kennolevyt asennetaan käsittelykammion seinien alaosaan ulottumaan vähintään 3 metrin korkeudelle. Kennolevyt asennetaan ruostumattomalle teräkselle soveltuviin tarrasuojakalvoihin teippikiinnityksellä. Tarrasuojakalvot asennetaan vuorauslevyn pintaan kennolevyjen saumakohtiin, mihin kennolevyt teipataan tiiviisti kiinni. Kennolevyillä turvataan pienien kolhujen aiheuttamat vahingot vuorauslevyjen pinnoilta normaalilta työskentelykorkeudelta. Seinien yläosaan kiinnitetään tiiviisti tarrasuojakalvoon kiinnitetty suojamuovi, mikä ulottuu kennolevyn päälle. Näin estetään ylhäältä päin mahdollisesti veden mukana valuvat epäpuhtaudet esimerkiksi holvia betonoitaessa ja suojataan vuorauslevyt haitallisilta ilmassa kulkeutuvilta partikkeleilta. Suojamuovin sijasta voidaan käyttää tilan yläosan suojaukseen myös ruostumattomalle teräkselle soveltuvaa tarrasuojakalvoa. Suojamateriaalien valinnassa on tärkeää valita mahdollisimman hyvin paloa kestävä materiaali, jotta ei tilan palokuorma nouse tahattoman suureksi. Myös seinässä olevia muottien lukitukseen käytettäviä sidepultteja voidaan käyttää avuksi kennolevyjen tukemiseen.

4.5 Holvin betonointi

Käsittelykammion holvin muottitöitä aloitettaessa tulee seinämuottien irrotustyöt olla tehty ja seinien vuorauslevypinnat suojattu mahdollisimman hyvin. Käsittelykammion tilat on tärkeää siivota sisältä ennen holvin valunaikaisten holvitukien asentamista. Vuorauslevypintojen suojauksen kannalta olisi eduksi, jos holvituennat ja muottivannerit voitaisiin esivalmistella ennen asennusta mahdollisimman pitkälle. Näin mahdolliset pölyävät ja vuorauslevypintojen vaurioalttiutta lisäävät työvaiheet voitaisiin tehdä

työkohteesta irrallisena. Tästä syystä nostettavia kokoonpanoja suositellaan käytettäväksi. Työturvallisuuteen ja nostotöihin liittyviä määräyksiä tulee kuitenkin noudattaa etusijalla ja pyrkiä tekemään helposti nostotöissä hallittavia kokoonpanoja.

Holvimuotti rakennetaan Doka-tukitornien varaan holvimuottien tuentasuunnitelmien mukaisesti. Holvitukien asennuksessa ja tarvikkeiden nostoissa on tärkeää katsoa, etteivät muottitukien osat ja niiden terävät reunat osu seinien vuorauslevypinnoille. Vaikka seinissä on muovisuojakalvot ja kennolevypintaa, on kuitenkin huomioitava, etteivät ne yhdessäkään estä täysin seinäpintaa mekaanisilta vaurioilta. Suositeltavaa on käyttää erilaisia pehmusteita ja kulmasuojia holvitukien ja tarvikkeiden terävissä kulmissa, mutta rauhallisella ja huolellisella nostotyöskentelyllä vältetään jo vauriot. Hyvä tapa välttää mekaaniset vauriot vuorauslevypinnoilta on käyttää nostotöissä aina kahta nostoapumiestä ja ohjausnaruja kuorman molemmissa päissä, vaikka kuorman paino ja vakaus ei sitä aina vaatisikaan.

Tukitornien varaan tulevien tukipalkkien ja muottilevyjen asennus tulisi suunnitella mahdollisimman hyvin niin, että välttyttäisiin levyjen ja tukipalkkien ylimääräiseltä työstämiseltä käsittelykammion tilan läheisyydessä. Muottilevyjen leikkaukset, tarvittavat varaukset ja rei'itykset tulisi tehdä suunnitelmallisesti etäällä varsinaisesta työkohteesta. Myös tukipalkkien määrämittaan sahaamiset ja muokkaukset tulisi tehdä työkohteesta irrallisina. Muottilevyjen ja tukipalkkien nostoissa käytetään samoja periaatteita kuin tukitornienkin nostotöissä. Kiinnittimet muottilevyn pinnassa tulee olla ruostumatonta materiaalia tai riittävällä eristeellä peiteltyjä niin, että kiinnittimen ja muottilevyn päälle tulevan vuorauslevyn välinen mahdollinen korroosio estetään. Ennen varsinaisten vuorauslevyjen asennusta tulee muottilevyjen pinnan olla mahdollisimman hyvin puhdistettu.

Holvin vuorauslevyt ovat yhtä suuria ja paksuja kuin seinien vuorauslevyt. Suurimmat levyt ovat pituudeltaan 5 m ja leveydeltään 3 m. Tartuntatappien hitsauksen lisäksi konepajalla holviin tuleviin vuorauslevyihin hitsataan nostokorvakkeet, jotka auttavat vuorauslevyjen asennustyötä. Swecon laatiman toteutuseritelmän mukaan voidaan holvin vuorauslevyjen asennuksessa tarvita tarkoitukseen soveltuvaa nostopuomia. Nostopuomia on käytettävä, mikäli vuorauslevyn ripustusasteiden välinen puristus-

kestävyys ei ole nostoa ajatellen riittävä. (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 14.) Nostopuomin käyttö on suositeltavaa sillä se lisää myös asennettavien vuorauslevyjen asennustarkkuutta. Vuorauslevyt tulee asentaa nostotyönä tarkasti paikoilleen ilman, että levyjä jouduttaisiin käsityökaluilla siirtämään pitkin muottilevyn pintaa.

Holvityömaan olosuhteet on luotava vuorauslevyjen juuritukien hitsaukseen ja tiivistämiseen soveltuvaksi erilaisten sääsuojien ja lämmittimien avulla. Juuritukien hitsaustyön ajaksi on vuorauslevyjen päällä kulkua vältettävä. Kulkutiet hitsaustyökohteisiin tulee järjestää vanerilevyin tai vastaavalla materiaalilla suojattuina. Näin vältetään tehokkaimmin kengissä ja työvaatteissa kulkeutuvat epäpuhtaudet vuorauslevyjen pinnoilta. Vuorauslevyjen juuritukien hitsaus ja tiivistystyön aikana ja niiden jälkeen on vuorauslevypinnat pyrittävä pitämään puhtaina mahdollisista irtopartikkeleista. Holvityömaalla on vältettävä turhaa oleskelua ja läpikulkua. Työkohteelle vietään vain tarvittavat työkalut ja asennustarvikkeet. Mahdollisten irtopartikkelienvuoksi tulee holvityömaa tarkastaa silmämääräisesti päivittäin ja siivota.

Holvin raudoitustyön aikana tulee huolehtia, etteivät hiiliterästä sisältävät raudoitusteräket pääse kosketuksiin ruostumattomien teräspintojen kanssa työvaiheiden aikana. Hiiliteräs kontaminaation riskin pienentämiseksi tulisi raudoitteita nostaa holvityömaalle pienissä erissä raudoitustyön edetessä. Näin minimoidaan mahdollisten hiiliteräspartikkeleiden putoaminen vuorauslevyjen pinnoille raudoitusteräksiä otettaessa raudoitenipuista. Myös mahdolliset irralliset raudoitussidelankojen pätkät tulee välittömästi poistaa ruostumattomien vuorauslevyjen pinnoilta. Sidelankojen keräämiseen on hyvä käyttää magneettista poimijaa. Minimoitaessa hiiliteräspartikkeleiden muodostumista holvityömaalla tulee raudoitusterästen määrämittaan katkaisu suorittaa pääasiallisesti etäällä työkohteesta. Mikäli harjateräksiä joudutaan lyhentämään holvityömaalla, käytetään harjateräsleikkuria, josta vapautuu mahdollisimman vähän hiiliteräspartikkeleita ympäristöön. Galvaanisen ja muiden korroosionmuotojen estämiseksi olisi hyvä, jos holvityömaata voitaisiin suojata sääsuojien avulla ennen holvin betonointia. Tällöin välttyttäisiin haitallisilta epäpuhtailta valumavesiltä.

4.6 Käsittelykammion sisällä tapahtuvat rakennusaikaiset työt

Käsittelykammion holvin betonoinnin jälkeen käsittelykammiosta on muodostunut erillinen tila. Käsittelykammion sisällä tapahtuvat rakennusaikaiset työt käsittävät töitä, jotka tehdään muodostuneen tilan sisällä. Opinnäytetyötä laadittaessa ei tarkennettua ja jaksotettua lopullista aikataulua ollut käytettävissä käsittelykammion sisällä tehtävien rakennusaikaisten töiden osalta. Käsittelykammion sisällä tehtäviä töitä ovat mm. holvimuottien purku, seinille tulevien nosturiratojen ajokiskojen asennustyöt, lattian juuritukien asennus, lattian jälkivalutyöt, lattian vuorauslevyjen asennustyöt sekä vuorauslevyjen pintahitsaukset seinä -, katto - ja lattia pinnoilla.

Holvimuottien purkutyöt tulee suorittaa samanlaisia periaatteita noudattaen kuin seinienkin valumuottien purkutyöt mekaanisia vaurioita välttämällä (kappale 4.4). Tärkeää on kiinnittää huomiota järjestelmälliseen toimintaan, missä epäpuhtaat, puretut muotitavarat poistetaan mahdollisimman pian ja pienissä erissä käsittelykammion tiloista. Tällöin muottilevyjen siirtely on helpompaa ja vältetään tehokkaammin naarmuilta ja kohuilta vuorauslevyjen pinnoilta. Jos holvin vuorauslevypinnalla havaitaan betonoinnista jääneitä epäpuhtauksia, tulee ne puhdistaa kappaleen 6 mukaisilla menetelmillä. Jos holvia joudutaan tukemaan valumuotin purun jälkeen, tulee vuorauslevyn ja holvituen väliin laittaa tarkoitukseen soveltuva kontaminaatiota estävä eriste esimerkiksi puu- tai kumilevy.

Käsittelykammioon konsoleiden varaan tulevat nostureiden ajokiskot ovat myös ruostumatonta terästä (taulukko 2). Ajokiskot lasketaan torninosturilla käsittelykammion tilaan holvissa olevan aukon kautta, joka on ainoa mahdollinen reitti mistä kiskot mahduttavat kyseiseen tilaan. Nostotöissä käytettävät nostoapuvälineet eivät saa aiheuttaa hiiliteräskontaminaation ja mekaanisen vaurion riskiä kiskojen nostotyön aikana. Hyväksyttäviä eriste- ja suojausmateriaaleja ovat kappaleen 4.2 mukaiset materiaalit. Ajokiskoja tilaan laskettaessa ovat holvien tukitornit vielä paikoillaan, joihin rakennettavien työtasojen kautta ajokiskot kiinnitetään seinällä oleviin konsoleihin. Ajokiskojen nostotyön aikana suuri vaara on, että ajokisko osuu tukitornien rakenteisiin mistä muodostuneet epäpuhtaat naarmut kiskon pinnalla käynnistävät korroosion. Tästä johtuen nostotyö on suoritettava erityistä huolellisuutta noudattaen ja mahdollisesti suojattava ajokisko nostotyön ajaksi puusta tai vastaavasta eristemateriaalista tehdyllä suojalla.

Ajokiskojen asennuksen jälkeen tulee arvioida tukitornien hyödyntämistä holvin vuorauslevyosaumojen pintahitsaukseen ja muihin tilan yläosassa tehtäviin työvaiheisiin. Näin voitaisiin mahdollisesti minimoida käsittelykammion tilassa tehtäviä teline- ja nostintöitä. Hitsauksia ja muita työvaiheita tehtäessä, joista voidaan todeta olevan vaaraa holvin vuorauslevypinnoille, tulee vuorauslevyn pinta suojata väliaikaisella tarra-suojakalvolla, johon voidaan kiinnittää työvaiheen edellyttämä suojaus. Myös muut suojausmenetelmät, jotka voidaan todeta ruostumattomalle teräspinnalle haitattomaksi ovat sallittuja. Koko holvin vuorauslevypinnan suojaaminen ei vaurioalttius huomioiden ole tarpeellista.

Holvin tukitornien purkamisen jälkeen tulisi tilassa suurin osa nostimilta ja telineiltä tehtävistä rakennusvaiheen aikaisista työvaiheista olla tehty ennen lattiapinnan jälkivalu ja vuorauslevytöitä. Lattian vuorauslevyt hitsataan (Welda Ar 100-70) kiinnityslevyihin, jotka hitsataan yhtenäiseksi rakenteeksi, joka muodostaa keskimitoiltaan 2400 mm pitkää ja 600 mm leveää ruudukkoa. Kiinnityslevyt säädetään oikeaan korkeuteen säätötuilla (M8), joita on kiinnityslevyn molemmin puolin 300 mm jaolla. Kiinnityslevyt valetaan 100 mm vahvan jälkivaluun niin, että vain kiinnityslevyn pinta jää näkyviin. Kiinnityslevyt toimivat lattian 5 mm vahvojen vuorauslevyjen juuritukina ja näin ollen levyjen alapinnalle ei tarvitse asentaa erillisiä levyissä kiinni olevia juuritukia.

Lattian kiinnityslevyjä asennettaessa tulisi kiinnityslevyjen pinnat suojata ruostumattomalle teräkselle soveltuvalla mahdollisesti liimapintaisella muovisuojakalvolla. Suojakalvon asennus tulisi tapahtua mahdollisimman nopeasti kiinnityslevyjen liitoshitsauksen jälkeen, mutta kuitenkin niin, ettei hitsauksesta aiheutuva lämpö pääse vaurioittamaan suojakalvoa. Suojakalvo estäisi lattian betonoinnista aiheutuvien roiskeiden ja muiden epäpuhtauksien tarttumista kiinnityslevyjen pintaan, joka osaltaan häittäisi myös vuorauslevyjen hitsausta. Kiinnityslevyjen kierteelliset säätötuet tulee olla ruostumattomasta materiaalista valmistettuja ainakin kiinnityslevyä koskettavilta pinnoilta, jolloin galvaaninen korroosio voidaan välttää.

Käsittelykammion lattian jälkivalu valetaan rst-kuitubetoni massalla kiinnityslevyjen pinnan tasoon. Betonoinnin aikana on tärkeää, että seinien vuorauslevypinnat ovat

kauttaaltaan suojattu seinäpinnoille tarkoitetun suojausmenetelmän mukaisesti (kappale 4.4) ja myös lattian kiinnityslevyjen yläpinnat tulee olla edelleen suojattuna. Betonin kuivuttua tulee kiinnityslevyjen suojaukset poistaa ja tarkistaa kiinnityslevyjen pinnan puhtaus. Koko lattiapinta tulee puhdistaa irtoliasta ja pölystä ennen lattian vuorauslevyjen asennusta. Vuorauslevyt asennetaan erikseen laaditun ohjeistuksen mukaisesti koko lattian alalle.

Mikäli lattian vuorauslevyjen päällä joudutaan kulkemaan tai työskentelemään tulee ne olla suojattuna asianmukaisella kuormaa kestäväällä suojauksella. Kun koko käsittelykammion lattia on hitsattu, tulee lattian vuorauslevyjen päälle asentaa kauttaaltaan kulutusta ja kuormaa kestävä tiivis kulkusuojaus. Jos esimerkiksi lattian suojaus toteutetaan vanerilevyillä, tulee niiden saumat teipata tiiviiksi ja varmistaa levyjen paikallaan pysyminen.

4.7 Kulunvalvonta ja työntekijöiden perehdytys osana käsittelykammion suojausmenetelmää

Käsittelykammion ruostumattomien materiaalien suojaukseen vaikuttaa suuresti käsittelykammiossa työskentelevien ja kulkevien henkilöiden perehtyneisyys ruostumattomaan teräkseen ja sen vaurioitumisen mahdollisuuksiin. Yksi tapa varmistaa käsittelykammiossa työskentelevien henkilöiden perehtyneisyys on rajata tila kulunvalvonnan avuin omaksi työalueeksi, johon vain erillisen perehdytyksen saneilla henkilöillä on oikeus kulkea. Perehdytyksessä tulisi antaa tietoutta tilassa käytettävien ruostumattomien teräksien ominaisuuksista, korroosiomekanismeista ja vaurioherkkyydestä. Perehdytysmateriaalissa tärkeä painopiste olisi tilassa sallittujen työkalujen ja suojausmenetelmien tietous. Perehdytyksen tueksi on laadittu alustava ohjekortti (liite 2). Varsinaisen kulunvalvontajärjestelmän toteutukseen ei tässä opinnäytetyössä oteta kantaa, mutta järjestelmän tulisi tukea yksilökohtaista kulunvalvontaa. Kulunvalvonta tulisi toteuttaa tavalla, joka ei estä rakennusvaiheen aikaisten haalausten suorittamista. Työskentelyalueen yksilökohtainen rajaus olisi hyvä suorittaa käsittelykammion seinärakenteiden betonoinnin jälkeen, jolloin jo valmiit rakenteet toimivat osaltaan tilan rajauksena. Työntekijät tulisi kuitenkin perehdyttää jo ennen työvaiheita, jotka sisältävät käsittelykammion ruostumattomien teräsrakenteiden käsittelyä.

5 RUOSTUMATTOMAN TERÄKSEN PUHDISTUSMENETELMÄT

Käsittelykammion vuorauslevyrakennetta koskevan toteutuseritelmän mukaan valmiin tilan ruostumattomien rakenteiden puhdistus suoritetaan erillisen suunnitelman mukaan. Toteutuseritelmä kuitenkin velvoittaa, että koko rakennusvaiheen aikana pitää säilyttää teräksen pinnan hyvä korroosionkestävyys. (Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019, 13-14.) Erilaisten suojausmenetelmien avuin pyritään siihen, että vuorauslevypinnat ja muut ruostumattomat rakenteet pysyisivät mahdollisimman puhtaina rakennusvaiheen aikana eikä pintoja tarvitsisi puhdistaa ennen tilan valmistumista. Kuitenkin mahdollisuus pintojen likaantumiseen ja mahdolliselle vaurioitumiselle on olemassa. Näin ollen on tärkeää tuntee myös ruostumattomalle teräkselle soveltuvat pintoja vaurioittamattomat puhdistusmenetelmät. Tässä opinnäytetyössä ei oteta kantaa hitsaustyön aikaisiin hitsaussaumojen käsittely- ja puhdistusmenetelmiin.

5.1 Puhdistusmenetelmien määrittäminen

Ruostumaton teräs säilyttää korroosionkestävyytensä, jos teräksen pinta on puhdas ja ympäristöolosuhteet mahdollistavat ruostumattomalle teräkselle ominaisen passiivikalvon muodostumisen. Ruostumattoman teräksen pintaan kerääntyvä lika voi johtaa syövyttävien aineiden määrän lisääntymiseen, mikä lopulta murtaa passiivikalvon ja mahdollistaa eri korroosionmuotojen syntymisen. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 2.) Ruostumattoman teräksen puhdistusmenetelmiä määriteltäessä on tehtävä ero huoltopuhdistuksen ja korjaavan puhdistuksen välille. Huoltopuhdistus on lian ja epäpuhtauksien poistamista muuten ehjältä ruostumattomalta teräspinnalta, kun taas korjaava puhdistus on näkyvien värjäytymien poistamista itse ruostumattomasta teräksestä. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 15.) Käsittelykammion rakennusaikaiset puhdistukset pyritään tekemään huoltopuhdistuksina välittömästi epäpuhtauksia havaittaessa, ettei korjaaviin puhdistusmenetelmiin olisi tarvetta. Huoltopuhdistuksessa käytetään tavallisesti neutraaleja tai emäksisiä aineita, kun taas korjaava puhdistus suoritetaan happoja sisältävien aineiden avulla (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 15).

5.2 Huoltopuhdistusmenetelmät ja käytettävät välineet

Huoltopuhdistukseksi soveltuva tyypillinen puhdistusohje pinnanlaadultaan 2B ruostumattomalle teräkselle on normaali vedellä ja saippualla tai ruostumattomalle teräkselle soveltuvalla puhdistusaineella tapahtuva pesu. Lisäksi puhdistamiseen voidaan myös käyttää viisi prosentista ammoniakkiliuosta. Puhdistuksessa on tärkeää huomioida se, ettei puhdistusaine saa sisältää tai muodostaa ruostumattomalle teräkselle haitallisia klorideja. (Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus 2006, 15.)

Mahdolliset rakennusaikana tulleet öljy- ja rasvatahrat poistetaan alkoholipitoisilla tuotteilla, kuten denaturoidulla sprillä, isopropyylialkoholilla ja muilla liuottimilla kuten asetonilla, jotka eivät aiheuta korroosiovaaraa ruostumattomille teräspinnoille. Rasvanpoistoon soveltuva on myös saatavilla emäksisiä aineita, joissa on lisättyä tensidejä. Rasvanpoistossa on käytettävä teräspintaa naarmuttamatonta pyyhintäliinaa. Öljy- ja rasvatahrojen levittämistä on varottava ja pinta puhdistettava, kunnes kaikki osittain liuenneet öljy- ja rasvatahrat on poistettu. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 17.)

Ruostumattomalle teräspinnalle pinttyneen lian poistoon voi apuna käyttää pehmeitä nailonharjoja tai nailonista valmistettuja tyynyjä sekä painepesua. Tavalliselle hiiliteräspinnalle tarkoitettuja hankaustyynyjä, trasselia tai teräsharjoja ei tule käyttää. Pinnan naarmuttamisen lisäksi kyseiset työvälineet voivat jättää hiiliteräsjäämiä ruostumattoman teräksen pinnalle, joka voi johtaa myöhemmin pinnan korroosioon. Ruostumattomien materiaalien puhdistusvälineet tulee olla puhtaita, eikä niitä aikaisemmin ole saanut käyttää hiiliteräspintojen puhdistukseen. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 18-19.)

5.3 Korjauspuhdistusmenetelmät

Ruostumattomalla teräksellä on korkealaatuinen korroosionkestävyys, mutta yksittäisiä värjäytymiä ja paikallista korroosiota voi silti esiintyä. Rakennustyömaalla vaurioiden taustalla on yleensä rautahiukkaset tai ruostumattoman teräspinnan puhdistuk-

sen puute. Rautahiukkaset ovat peräisin tavallisesti hiiliterästen leikkauksesta, hitsauksesta tai hiomisesta ruostumattoman teräksen lähellä tai muilta pinnoilta virtaavasta ruosteisesta vedestä. Puhdistuksen laiminlyönti johtaa taas kloridien tai muiden syövyttävien aineiden korkeaan pitoisuuteen teräksen pinnalla, joka saattaa ylittää valitun ruostumattoman teräslajin korroosionkestävyyden ja käynnistää korroosion. Ruostumattomien teräspintojen ruskeahkot värjäntymät ovat yleensä merkkejä alkavasta korroosiosta. Näissä tapauksissa näkyvien tahrojen poistaminen ei normaaleilla huoltopuhdistustoimenpiteillä enää välttämättä riitä, jolloin korjaava puhdistus on pakollinen. Korjaavalla puhdistuksella on peittaava ja/tai passivoiva vaikutus. Korjaavassa puhdistuksessa käytettävät happamat puhdistustuotteet liuottavat korroosiotuotteet kokonaan ja turvallisesti vahingoittamatta kuitenkaan ruostumatonta terästä. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 15.)

Betonoinnista aiheutuneet sementtiroiskeet voidaan poistaa ruostumattoman teräksen pinnoilta mieluiten lämpimällä liuoksella, jossa on 10-15% fosforihappoa. Ruostumattoman teräspinnan neutralointi tapahtuu laimennetulla ammoniakilla ja vesihuuhtelulla. Sementtiroiskeiden puhdistukseen soveltuvia tuotteita saa alan erikoisliikkeistä. Rakennustyömaalla yleisesti laastin ja sementin poistoon käytettävät aineet sisältävät suolahappoa, mikä on erityisen haitallista ruostumattomille teräspinnoille. Suolahappoja sisältävien aineiden käyttö on ehdottomasti kiellettyä ja jos niitä pääsee kosketuksiin ruostumattomien teräspintojen kanssa, tulee pinta huuhdella runsaalla vedellä mahdollisimman pian. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 13.)

Ruostumattoman teräksen rautakontaminaatio voi syntyä lähellä tehtävien työvaiheiden kuten hiiliterästen hitsauksen, leikkauksen, porauksen ja hiomisen aiheuttamana. Kontaminaatio voi syntyä myös työkalujen, rakenneterästen ja rakennustelineiden kosketuksesta. Rautakontaminaatiosta aiheutuva korroosio etenee nopeasti, mikäli kosketusta on saatavilla. Tämän takia rautakontaminaatio tulee välittömästi puhdistaa. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 13.)

Rautakontaminaatiolle suositellaan värjäytymien vakavuudesta riippuvaa asteittaista lähestyvää puhdistusmenetelmää. Lievien värjäntymien poistoon riittää yleensä kalsiumkarbonaatteja ja tensidejä sisältävät puhdistusvaahdot. Tuoreet hiiliteräsjämmät ja

-pöly voidaan poistaa saturoidulla oksaalihappoliuoksella, joka levitetään pehmeällä liinalla. Oksaalihappoliuoksen pitäisi muutaman minuutin vaikutusajan jälkeen syövyttää pois rautahiukkaset jättämättä naarmuja ja vaurioittamatta ruostumattoman teräksen pintaa. Kohtuulliset ruostetahrat voidaan poistaa ruostumattomalle teräkselle soveltuvilla fosforihappopuhdistusaineilla tai oikeassa suhteessa laimennetulla typpihapolla. Suuremmat rautakontaminaation aiheuttamat ruostetahrat poistetaan joko peittaamalla tai passivoimalla, jotka voidaan suorittaa huolellisen rasvanpoiston jälkeen. Peittauksessa yleensä typpihapon tai fluorivetyhapon seoksella poistetaan ohut metallikerros ruostumattoman teräksen pinnalta. Passivoinnilla tarkoitetaan taas ruostumattoman teräksen passiivikalvon laadun ja paksuuden parantamista typpihapon avulla. Korjaaviin puhdistusmenetelmiin käytettävien happamien puhdistusaineiden käytössä korostuu valmistajan ohjeiden noudattaminen, niin että käytettävä työmenetelmä on turvallinen ja asiaankuuluvaa ympäristönsuojelulainsäädäntöä noudattava. (Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus 2011, 13-14.)

6 TYÖSKENTELYOHJEEN LAADINTA

Työskentelyohje laadittiin kapselointilaitos projektissa yleisesti hyväksytyyn dokumenttipohjaan. Työskentelyohje tarkastettiin tilaajan (Posiva) ja palveluntuottajan (Skanska) toimesta. Varsinaisen asiakirjan laatijan lisäksi on dokumentille nimetty tarkastajat ja hyväksyjät. Nämä tiedot löytyvät työskentelyohjeen kansilehdeltä allekirjoituksineen.

Työskentelyohje alkaa aihealueen rajauksella ja määrittelee selkeästi tarkoituksen, mitä varten työskentelyohje on laadittu. Käsittelykammion tilan rakennusvaiheen työvaiheet on kirjattu lyhyeksi kappaleeksi, jonka avulla on helppo täsmentää aihealueen rajausta ja tarkastaa nopeasti, mitä rakennusvaiheen tilaa kyseinen työskentelyohje käsittelee.

Teräslevyvuoraukseen liittyvien asiakirjojen listaus on myös kirjattu omaksi kappaleeksi, josta voi tarkistaa nopealla silmäyksellä työvaihetta ohjeistavat asiakirjat. Työturvallisuuteen, riskien hallintaan ja jätteiden käsittelyyn on työkohteelle luotu omat

täsmennetyt asiakirjat, joihin tarkentavat viittaukset löytyvät myös työskentelyohjeen osana.

Käsittelykammion tilassa käytettävän ruostumattoman terästyypin ominaisuudet ja vaurioherkkyys eri mahdollisine korroosimuotoineen on myös tiivistetysti kirjattu erilliseksi kappaleeksi. Työvaiheen materiaalit on myös jaoteltu kahteen kategoriaan. Lopulliseen rakenteeseen jääviin pysyviin materiaaleihin (esim. metallirakenteet) ja työn aikana käytettäviin väliaikaisiin materiaaleihin (esim. puhdistusaineet ja suojausmateriaalit). Eri materiaaliryhmien vastaanottoon ja tarkastukseen liittyvät projekti-kohtaiset toimenpiteet on myös kirjattu viittauksen avulla osaksi työskentelyohjetta. Rakennusvaiheen työnaikaisten materiaalien valintaan on otettu kantaa erillisessä kappaleessa.

Työskentelyohjeen laadinnassa on käytetty työvaihepohjaista jaottelutapaa työsuorituksia ohjeistettaessa. Tämä jaottelutapa ei rajaa esimerkiksi nostotöitä kuljetukseen liittyviin ja muissa työvaiheissa tehtäviin nostotöihin. Työskentelyohje pyrkii siis antamaan kaikkiin nostotöihin sovellettavissa olevat rakennusvaiheen aikaiset ohjeet ruostumattomien materiaalien käsittelyssä. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjeistusta voidaan soveltaa missä tahansa rakennusvaiheen aikana eikä se ole sidottu esimerkiksi kuljetukseen tai muottien asennukseen. Työnsuoritus on jaoteltu työolosuhteiden hallintaan, kuljetuksiin, nosto- ja haalaustöihin, varastointiin, raudoitustyöhön, muottien valmistukseen ja telinetöihin, joihin on sisällytetty myös holvin tukitornien pystytys.

Työskentelyohje sisältää tiivistetyn kappaleen ruostumattoman teräsmateriaalin puhdistusmenetelmistä, joita voidaan soveltaa käsittelykammion rakennusvaiheen aikana. Painopiste on kiinnitetty ruostumattomien materiaalien huoltopuhdistusmenetelmiin.

Työkohteen kulunvalvontaa ja työntekijöiden perehdytykseen liittyvät asiat ovat kirjattu erillisiksi kappaleiksi. Työskentelyohjeen lopussa on kerrottu työohjeen ylläpitoon ja päivittämiseen liittyvät asiat. Näissä ei ole poikkeavuutta työmaan määräykseen.

Vastaavanlaista rakennusmateriaalikohtaista työskentelyohjetta ei ollut laadittu aikaisemmin työmaalla rakennusvaiheen aikana. Laatimani työskentelyohje (liite 1) on palveluntuottajan (Skanska) ja tilaajan (Posiva) välistä luottamuksellista ja salassa pidettävää materiaalia ja siksi sitä ei julkaista opinnäytetyön osana.

7 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli laatia toimeksiantajan toiveiden mukainen työskentelyohje käsittelykammion ruostumattomien teräsmateriaalien käsittelyyn ja suojaukseen. Työskentelyohjeen laadinnan tueksi tuli hakea tietoutta ruostumattomista teräsmateriaaleista ja niiden vauriomekanismeista, joista minulla opinnäytetyön alussa oli yllättävän vähän tietoa.

Epätietoisuus materiaalista lisäsi kiinnostusta aihetta kohtaan ja suurin osa opinnäytetyön laadinnassa meni uusien asioiden opiskeluun ja tiedon hakemiseen. Painotin opinnäytetyötä käsittelykammion rakennusvaiheen työvaiheiden kuvauksiin siten, että ruostumattomien materiaalien suojaukseen liittyvät asiat olisivat työvaihekohtaisesti mahdollisimman tarkasti selitetty. Tämä osaltaan mahdollistaa opinnäytetyön laajalaisen hyödyntämisen muissa rakennushankkeissa.

Ruostumatonta terästä käytetään käsittelykammion tilassa pääasiallisesti sisätilan pintamateriaalina sen pitkäaikaiskestävyyden ja sen hyvän puhdistettavuuden ansiosta. Ruostumaton teräs on hankintahinnaltaan kallista, mutta sen käyttö on yleistynyt pitkäaikaiskestävyyden ja hyvän korroosionkestävyyden ansiosta. Ruostumatonta terästä käytetään nykyään yhä enemmän esimerkiksi rakennusten julkisivuissa ja omakotitalorakentamisessa. Tästä syystä opinnäytetyöni keskeinen materiaali ruostumaton teräs ja siitä kerrottu teoriapohjainen tieto on ajankohtainen tämän hetken rakentamisessa.

Haastavuuden opinnäytetyöhön toi se, ettei mitään käsittelykammion työvaiheen osaa ja siitä tehtäviä mallinnuksia saanut kuvittaa. Salassapidollisista syistä tuli asiat käydä läpi tekstimuodossa ja pyrkiä tuomaan lukijalle mahdollisimman tarkka kuva työvaiheiden yksityiskohdista. Varsinaisen työskentelyohjeen laadinnasta haastavan teki se,

että ohjeistus piti tarkastuttaa monella eri henkilöllä. Työskentelyohjeesta tuli laatia yksityiskohtainen käsittelykammion rakentamisvaiheen ajaksi, mutta joka mahdollistaisi eri työvaiheiden aikaisen sovellettavuuden. Kaiken kaikkiaan opinnäytetyö oli mielenkiintoinen ja haasteellinen projekti.

LÄHTEET

Arkkitehtonisen ruostumattoman teräksen puhdistus. 2011. Belgia: Euro Inox. Viitattu 18.4.2020. https://www.worldstainless.org/Files/issf/non-image-files/PDF/Euro_Inox/Cleaning_FI.pdf

Inoxmare www-sivut 2020. Viitattu 15.5.2020. <https://blog.inoxmare.com/eng/2017/03/09/how-to-prevent-the-galvanic-corrosion/>

Kunnossapito menestystekijä www-sivut. Viitattu 8.3.2020. <http://www03.edu.fi/op-pimateriaalit/kunnossapito/index.html>

Kyröläinen, A. & Lukkari, J. 1999. Ruostumattomat teräkset ja niiden hitsaus. Helsinki: Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

Käsikirja- Ruostumattomien terästen käyttö kantavissa rakenteissa (neljäs painos). 2017. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry. Viitattu 8.3.2020. <http://www.steel-stainless.org/media/1455/fi-kaesikirja-ruostumattomien-teraesten-kaeyttoe-rakenteissa-4painos.pdf>

Käsittelykammion vuorauslevyrakenne toteutuseritelmä 27.11.2019. Viitattu 25.2.2020. (Salainen)

Matilainen, J., Parviainen, M., Havas, T., Hiitelä, E. & Hultin S. 6/2010. Ohutlevytuotteiden suunnittelijan käsikirja. Helsinki: Teknologiainfo Teknova Oy.

Posiva Oy:n www-sivut. Viitattu 20.2.2020. <http://www.posiva.fi/>

Ruostumattomasta teräksestä valmistettujen rakennuskomponenttien asennus. 2006. Belgia: Euro Inox. Viitattu 15.3.2020. http://www.cedinox.es/opencms901/export/sites/cedinox/.galleries/publicaciones-tecnicas/ErectionInstallation_FI.pdf

SFS-EN 10027-2. Terästen nimikejärjestelmät. Osa 2: Numeerinen järjestelmä. (EN 10027-2:2015). 2015. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 10.5.2020. <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 10088-1. Ruostumattomat teräkset. Osa 1: Ruostumattomien terästen luettelo. (EN 10088-1:2014). 2014. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 10.5.2020. <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 10088-2. Ruostumattomat teräkset. Osa 2: Yleiseen käyttöön tarkoitettut korroosionkestävät levyt ja nauhat. Tekniset toimitusehdot (EN 10088-2:2014). 2014. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 6.3.2020. <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 1090-2. Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset. (SFS-EN 1090-2:2018). 2018. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 14.3.2020. <https://online.sfs.fi>

SFS-EN 1993-1-4. Eurocode 3. Teräsrakenteiden suunnittelu. Osa 1-4: Yleiset säännöt. Ruostumattomia teräksiä koskevat lisäsäännöt (EN 1993-1-4:2006). 2006. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 10.5.2020. <https://online.sfs.fi>

Skanskan www-sivut. Viitattu 23.2.2020. <https://www.skanska.fi/>

Teräs kosketuksissa muiden materiaalien kanssa – Korroosionkestävyys. 2015. Viitattu 31.3.2020. http://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/152/89718ce/teras_kosketuksissa_muiden_materiaalien_kanssa_1703_2015.pdf

Victaulic www-sivut 2020. Viitattu 16.5.2020. <https://de.victaulic.com/blog/ductile-iron-couplings-for-stainless-steel-pipes/>

LIITE 1

Työskentelyohje käsittelykammio kapselointilaitos (Salainen)

Liite 1 sisältää palveluntuottajan (Skanska) ja tilaajan (Posiva) välistä luottamuksellista tietoa

Ohjekortti ruostumattomien teräsmateriaalien käsittelyyn	
Muottien esivalmistus	
1	Ruostumattomien teräsmateriaalien pintavirheiden tarkastukset.
2	Hiiliterästen ja ruostumattomien teräsmateriaalien valmistuksen eriyttäminen, jotta vältetään hiiliteräspartikkelien tarttumiselta ruostumattomien teräsmateriaalien pintaan.
3	Pelkästään ruostumattomalle teräkselle tarkoitettujen työkalujen käyttäminen. (CrNi- teräksiset, kromatu ja alumiiniset)
4	Kiinnikkeiden käytössä on huomioitava galvaanisen korroosioriskin mahdollisuus. RST-kiinnikkeiden käyttö suositeltavaa.
5	Levy pintojen likaantumista tulee välttää (öljyt, kemikaalit ja rasvatahrat). Puhdistettava oikeanlaisin menetelmin havaittaessa.
6	Merkintäkynien käyttö ruostumattomilla teräspinoilla on kielletty (kloridit ja sulfidit). Suojakalvon päälle tehtävät merkinnät hyväksytään.
7	Suojakalvojen käyttö ruostumattomilla teräspinoilla suositeltavaa. Ne estävät vierasuostetta, liikaantumista ja naarmuja tehokkaasti. HUOM. Suojakalvon mahdollisten liima-aineiden soveltuvuus varmistettava toimittajalta.
Kuljetukset	
1	Ennen kuormausta varmistettava kuljetustilan puhtaus silmämääräisesti ja puhdistettava havaittaessa epäpuhtauksia (harjaus).
2	Tiivis suojaus maantiesuolaa ja epäpuhtauksia varten kuljetuksen ajaksi (puu tai muovi).
Varastointi	
1	Ruostumattomat teräsmateriaalit tulee säilyttää irrallisena työmaan muiden teräsmateriaalien käsittelyltä.
2	Kosteassa ja kloridipitoisessa ulkoilmassa varastoinnin välttäminen. (maaperäkosteus ja kondensoituminen)
3	Seostamattomasta teräksestä valmistettujen varastointitukien suojaaminen puusta, kumista ja muovista valmistetuilla eristeillä.
Nosto- ja haalaustyöt	
1	Ruostumattomien terästen suojaaminen suoralta kosketukselta hiiliteräkseen nostotaljoissa tai käsittelyvälineissä kuten ketjuissa, koukuissa, vanteissa, teloissa, haarukoissa tai haarukkatrukeissa käyttämällä eristäviä materiaaleja (esim. puu, kumi ja muovi).
2	Nostotöihin erityisvaatimukset ja huolellinen suunnittelu (nostoapumiesten määrän kasvatus ja ohjausnarut)
3	Nostopuomi apuna asennustarkkuuden parantamiseksi. Yhden nostopisteen nostoja vältettävä.
4	Ruostumattomien teräslevyjen ja niistä valmistettujen kokoonpanojen ylimääräistä siirtelyä tulee välttää (mekaaniset vauriot).
Raudoitus- ja betonointityöt	
1	Sääsuojauksesta ja puhtaudesta huolehdittava välttäen ruostumattomien teräspintojen hiiliteräskontaminaatio (epäpuhtaata valumavedet).
2	Mekaanisten vaurioiden ja sementtiroiskeiden estäminen valmiiden teräspintojen suojauksella (tarrasuojakalvot, kennolevyt ja suojamuovit)
3	Raudoiteterästen katkaisu ruostumattomien teräsmateriaalien lähellä on suoritettava hydraulikatkaisimen tai muun leikkaavan katkaisijan avulla, josta vapautuu ympäristöön mahdollisimman vähän hiiliteräshiukkaisia.
Pintojen puhdistus	
1	Suosittelaa rakentamisvaiheen aikaista ennaltaehkäisevää huoltopuhdistusta. Käyttöön soveltuvia ovat neutraalit ja emäksiset ruostumattomalle teräkselle soveltuvat puhdistusaineet. (ei saa sisältää tai muodostaa haitallisia klorideita)
2	Rasva- ja öljytahrojen poistoon soveltuu alkoholipitoiset tuotteet esimerkiksi sprii tai soveltuvat liuottimet kuten asetoni.
3	Puhdistusvälineinä käytetään puhtaita ruostumattomalle teräkselle soveltuvia harjoja ja sienä. Normaaleille hiiliteräksille tarkoitettujen hankaustyynyjen käyttö on ehdottomasti kielletty.
4	Suolahappoja sisältävien laastin ja sementin poistoon tarkoitettujen aineiden käyttö on kiellettyä.
5	Näkyvien värjäntymien poisto tulee suorittaa korjaavia puhdistusmenetelmiä käyttäen tapauskohtaisten ohjeiden mukaisesti. Korjauspuhdistuskeinoista yleisempiä ovat peittäminen ja passiivointi.
Laatija: Valtteri Nummelin	