

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2021

Marko Salminen

NFA-1- JA NFA-2- HYLKYSÄILIÖIDEN POLYUREAPINNOITUS



Marko Salminen

NFA-1- JA NFA-2-HYLKYSÄILIÖIDEN POLYUREAPINNOITUS

Opinnäytetyön tavoitteena oli pinnoittaa kaksi kappaletta Neste Oyj:n hylkysäiliötä polyurealla ja määrittää pinnoitusmateriaalin sopivuus muihin toimeksiantajan samankaltaisiin kohteisiin.

Hylkysäiliöt sijaitsevat liuotintuotteiden varastointiin käytettävässä kallioon louhitussa luolassa ja toimivat sen viemärisäiliöinä. Hylkysäiliöiden seinämien materiaali oli korroosion vaikutuksesta syöplynyt niin ohueksi, että hiekkapuhalluksen jälkeen vaipasta ja pohjasta havaittiin useita reikiä ja repeytymiä. Säiliöiden uusiminen olisi vaatinut merkittäviä muutoksia putkilinjoihin ja muutostyöt olisivat aiheuttaneet liuotintuotteiden lastaukseen vaikuttavan seisokin.

Tilassa, jossa säiliöt sijaitsevat, on paloturvallisuusriski suorittaa tulitöitä, joten paikkaamista uudella materiaalilla ei voitu suorittaa. Polyureapinnoitteen avulla saavutettiin olosuhteet kestävä pinta, ja paksun kalvon avulla onnistuttiin tasoittamaan korroosion aiheuttamat syöplymät ja luomaan säiliöiden seinämiin lisää kulutus pintaa.

Säiliöiden pinnoittaminen ja sen kestävydestä pidemmällä aikavälillä saatu tieto mahdollistaa polyurean käyttömahdollisuuksien kartoittamisen muissa samankaltaisissa vaikeasti huollettavissa kohteissa.

ASIASANAT:

polyurea, pinnoite, pinnoitustyö, hylkysäiliö, kunnossapito, korroosio

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Mechanical Engineering

2021 | 42 pages

Marko Salminen

POLYUREA COATING OF NFA-1 AND NFA-2 WASTE TANKS

The objective of this thesis was to coat two of the Neste Corporation's waste tanks with polyurea and map the suitability of the coating material for other similar objects of the client.

The waste tanks are located in a cave mined into a rock that is used to store solvent products and act as the cave's sewer tanks. The material used in the waste tanks had corroded so thin due to corrosion, that after sandblasting, several holes and tears were observed in the jacket and bottom. Renovating of the tanks would have required significant changes to the pipelines and the modifications would have caused a downtime affecting the loading of solvent products.

There is a fire safety hazard in the space where the tanks are located, so patching with new material could not be performed. The polyurea coating achieved a conditions-resistant surface and thick coating managed to even out the corrosion and creating more tread on the walls of the tanks.

The coating of the tanks and the information about its durability in the longer term makes possible to map the use of polyurea in other similar difficult-to-maintain sites.

KEYWORDS:

polyurea, waste tank, coating, maintenance, corrosion

SISÄLTÖ

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 TERÄSRAKENTEIDEN KORROOSIONESTO	9
2.1 Teräsrakenteiden korroosio	9
2.2 Suunnittelu	11
2.3 Materiaalien valinta	13
2.4 Pinnoittaminen	14
2.4.1 Pinnoitusmenetelmät	14
2.4.2 Maalausjärjestelmät	15
2.4.3 Esikäsittely	17
2.4.4 Esikäsittelyasteet	19
2.4.5 Maalit	21
2.4.6 Maalausmenetelmät	23
2.5 Kunnossapito	24
3 POLYUREA	26
3.1 Ominaisuudet	26
3.2 Käyttökohteet	27
3.3 Teknopur	27
4 HYLKYSÄILIÖPROJEKTI	30
4.1 NFA-1 ja NFA-2	30
4.1.1 Lähtötilanne	30
4.1.2 Materiaalit	31
4.2 Varastoitavat tuotteet	32
4.2.1 Hiilivedyt	32
4.2.2 Liuottimet	33
4.3 Pinnoitustyö	34
4.3.1 Työturvallisuus	34
4.3.2 Säiliöiden erotus, tyhjennys ja pesu	35
4.3.3 Hiekkapuhaltaminen	36
4.3.4 Polyureapinnoitus	37

4.3.5 Pinnoituksen tarkastaminen ja erotusten purkaminen	39
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	40
LÄHTEET	41

KUVAT

Kuva 1. Vesi- ja likakertymien estäminen rakenteellisilla ratkaisuilla (SFS käsikirja 68-1, 2004, 64).	12
Kuva 2. Liitoksen syntyvät aukot (SFS käsikirja 68-1 2004, 66).	12
Kuva 3. Hitsausaumojen suunnittelu (SFS käsikirja 68-1 2004, 66).	13
Kuva 4. ISO 8503-1- ja ISO 8503-2-standardin mukaiset pintaprofiilivertailukappaleet (Teknos Oy 2013, 21).	21
Kuva 5. Säiliöiden päällä kulkevat putkistot vaikeuttavat huomattavasti säiliöiden kunnossapitoa. Vasemmanpuoleisessa kuvassa säiliö NFA-2 ja oikeanpuoleisessa kuvassa NFA-1.	30
Kuva 6. NFA-2-säiliön avattu kulkuaukko. Jo kulkuaukolta voidaan havaita säiliön sisäpuolista korroosiota.	35
Kuva 7. NFA-2-säiliö tyhjennyksen jälkeen ennen pesua (vasemmalla) ja sen jälkeen (oikealla).	36
Kuva 8. NFA-2-säiliöstä paljastuneet repeämät.	36
Kuva 9. NFA-2-säiliöstä paljastuneet reiät.	37
Kuva 10. PMC PHX-2 -kaksikomponenttiruisku.	37
Kuva 11. PMC AP-2 -kaksikomponenttiruiskutuspistooli.	38
Kuva 12. NFA-2 (vas.) ja NFA-1 (oik.) polyureapinnoitettuna.	39
Kuva 13. Elcometer 236 -läpilyöntimittari.	39

KUVIOT

Kuvio 1. Galvaaninen potentiaalisarja eri metalleille ja metalliseoksille merivedessä (Korroosiokäsikirja 2006, 32).	10
Kuvio 2. Korroosioparin kaavio, kun a) anodi ja katodi ovat eri metalleja b) anodi ja katodi ovat samassa metallissa (Korroosiokäsikirja 2006, 30).	11
Kuvio 3. Raudan yksinkertaistettu Pourbaix-diagrammi 25-asteisessa vedessä. a) Faasien tasapainoalueet b) Korroosio (C1, C2) passiivinen (P) ja immuunisuusalueet (I) (Korroosiokäsikirja 2006, 50).	14
Kuvio 4. Kunnossapidon jako (Opetushallitus)	24
Kuvio 5. Puhtaan polyurean rakenne.	26
Kuvio 6. Hiilivetyjen jaottelu sidosten mukaan (Chem Libretexts 2019).	32

TAULUKOT

Taulukko 1. ISO 12944-2-standardin määrittämät rakenteiden rasitusluokat (Sfs-en iso 12944-2 2017, 10).	16
Taulukko 2. ISO 12944-2-Standardin määrittämät rakenteiden rasitusluokat upotetuille rakenteille (Sfs-en iso 12944-2 2017, 11).	16
Taulukko 3. ISO 12944-1-standardin määrittämät maalauksen kestävyysluokat (Teknos Oy 2013, 11).	17
Taulukko 4. ISO 12944-5 taulukko C.2, maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasitusluokkaan C2 (SFS-EN ISO 12944-5, 20)	17
Taulukko 5. Pinnan esikäsitteilyn standardiesikäsitteilyasteet (SFS käsikirja 68-1 2004, 96).	20
Taulukko 6. Teknopur pinnoitteiden ominaisuuksia (Teknos Oy 2020).	28
Taulukko 7. Teknopur 300–800 kemikaalikestävyys	28
Taulukko 8. Hylkysäiliöiden seinämäpaksuusmittausten tulokset.	31

KÄYTETYT LYHENTEET JA SANASTO

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
ISO	International Organization for Standardization. Kansainvälinen standardisointijärjestö.
Korroosio	Metallin ominaisuuksien muutos ympäröivien olosuhteiden vaikutuksesta.
Hylkysäiliö	Viemärisäiliö. Nesteen Naantalın jalostamon liuotinluolassa olevat säiliöt, joihin pumpataan kondensoitunut vesi, sekä näytteenottoaikkujen viemäriinjat. Hylkysäiliöistä seos pumpataan Nesteen jätevesilaitokselle jatkokäsitteltäväksi.
NFA	Nesteen Naantalın jalostamon tupavuoren säiliöalueeseen kuuluvien prosessisäiliöiden tunnus.
Hiiliteräs	Rautaseos, jonka hiilipitoisuus enintään 2,11 %. Voidaan jakaa rakenne- ja työkaluteräksiin.
Liuotin	Aine, johon jokin muu aine voi liueta. Liuotinluolassa varastoidut tuotteet ovat hiilivetyliuottimia, joita käytetään yleisesti puhdistuksessa ja kemianteollisuuden raaka-aineena.
Polyurea	Kova ja venyvä elastomeeripinnoite. Käytetään yleisesti vesieristyksessä ja kovan kulutuksen kohteissa.
PUR	Polyuretaanimaali.
AK	Alkydimaali.
AY	Akryylimaali.
PVC	Vinyylimaali.
EP	Epoksimaali.
Shot, Grit	Suihkupuhdistuksessa käytettävien rakeiden muodon ilmaisevat termit. Shot tarkoittaa pyöreää rautaa. Grit tarkoittaa särmikästä rautaa.
pH	Liuksen happamuusasteen ilmaisemiseen käytetty asteikko.
Teknopur	Teknos Oy valmistama polyureapinnoite valmiste.

1 JOHDANTO

Naantalin jalostamo on Suomen ensimmäinen öljyjalostamo, joka käynnistettiin 1957. Ennen jalostamotoiminnan aloittamista alueella toimi Tupavuoren säiliöalue sekä kalliovarastot. Hylkysäiliöt sijaitsevat nykyisin jalostamon liuotintuotteiden varastointitilan lattialla viemärisäiliöinä. Hylkysäiliöiden alkuperästä ei ole varmuutta. Ainoat dokumentoinnit liittyvät 1980-luvulla sekä 2000-luvun alussa tehtyihin pesuihin. Vuoden 2020 helmikuussa säiliöt avattiin, pestiin ja mitattiin seinämien paksuudet seinistä ja katosta. Mitauksista ilmenneiden syöpymien vuoksi opinnäytetyön pinnoitustyö päätettiin toteuttaa sopivana ajankohtana.

Hylkysäiliöihin johdetaan liuotinluolana tunnetun kalliovaraston lattiavedet, liuottimien varastosäiliöiden vesitysvedet liuottimien näyteenotosta viemäriin ja päätyneet liuotinaineet. Säiliöiden kunnostaminen takaa luolan viemäristön toiminnan ja luolan käytettävyyden. Uusimisen yhteydessä jouduttaisiin putkilinjoja suunnittelemaan ja toteuttamaan uudelleen, joka johtaa liuotinlastaustoiminnan pysäyttämiseen töiden ajaksi.

Polyurea on 1980-luvulta asti käytössä ollut elastomeeri. Venyvää ja kovaa kalvoa voidaan käyttää monissa eri käyttökohteissa, joissa tarvitaan hyvää mekaanisen kulutuksen kestoja. Kemikaalikestävyyden myötä polyureaa voidaan käyttää myös putkistoissa ja säiliöissä sisäpuolisena pinnoitteena. Ruiskutuksen jälkeen pinnoite kovettuu sekunneissa ja on täysin kuivunut vuorokaudessa. Jopa kymmenkertainen kalvonpaksuus perinteisiin maaleihin verrattuna tuo kestävästä kulutuspinnoitusta.

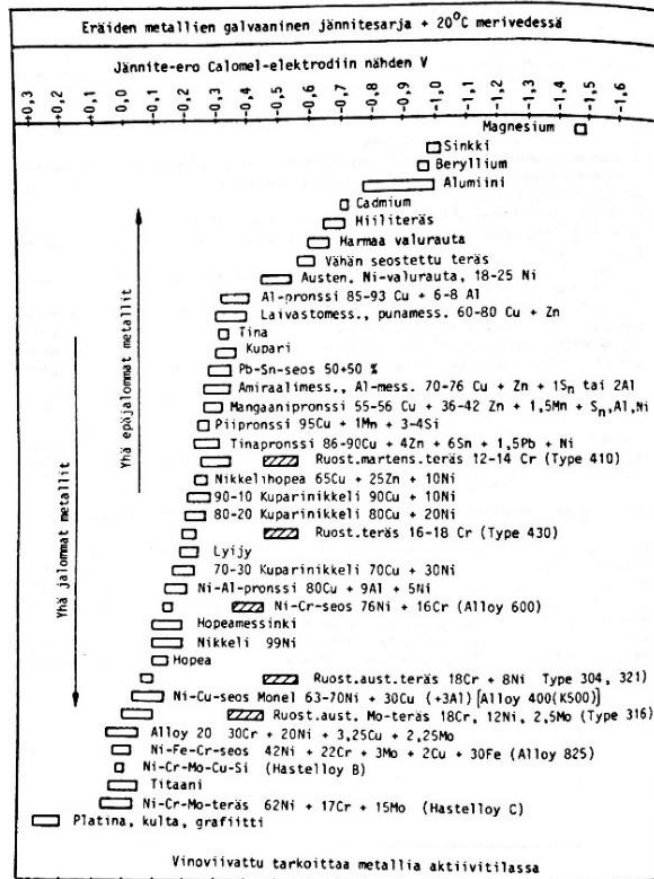
Opinnäytetyön tavoitteena on pinnoittaa hylkysäiliöt polyurealla ja pidentää siten niiden käyttöikä ilman tulitöitä vaativaa kunnossapitoa. Säiliöiden pinnoitustyön lopputuloksen pohjalta tutkitaan pinnoitemateriaalin käyttömahdollisuuksia muissa sovelluskohteissa jalostamo-olosuhteissa.

2 TERÄSRAKENTEIDEN KORROOSIONESTO

Kansainvälinen standardisointijärjestö (ISO, International Organization for Standardization) määrittelee korroosion metallin ja sen ympäristön fysiokemiallisena reaktiona, jossa metallin ominaisuudet muuttuvat ja voi siten aiheuttaa rakenteen tai sen ympäristön toiminnan heikentymisen. Reaktio on usein sähkökemiallinen, eli sisältää vähintään yhden anodisen sekä katodisen reaktion. (Sfs-en iso 8044 2020, 6, 8.)

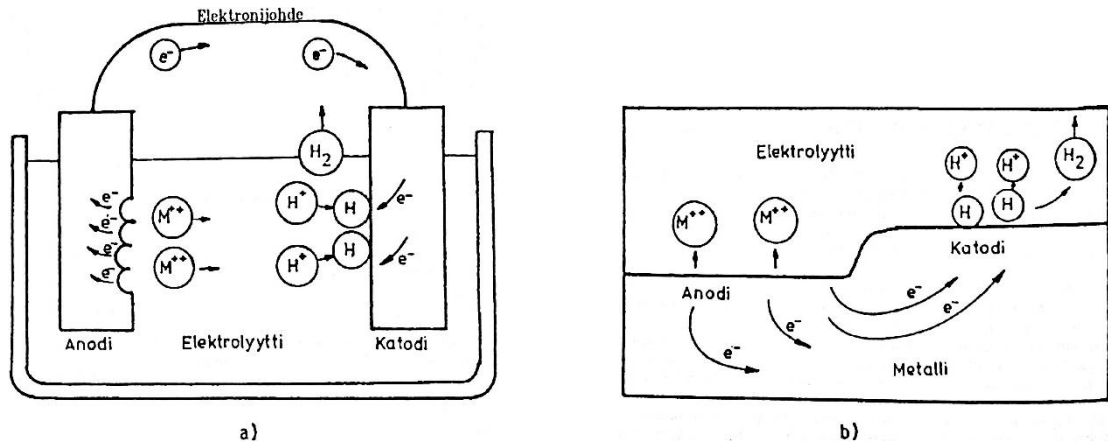
2.1 Teräsrakenteiden korroosio

Metallien sähkökemiallinen korroosio perustuu kahden eri elektrodin (anodi ja katodi), eli korroosioparin välille syntyvään suljettuun virtapiiriin. Anodi ja katodi voivat muodostua saman metallin kahteen eri pinnan osaan, tai kahden eri metallin välille muodostaen galvanisen parin. Suljetun virtapiirin muodostumiseksi tarvitaan elektrodien lisäksi elektrolyytin muodostama ionijohde ja metallinen elektronijohde. Jos kyseessä on vain yksi metalli, toimii se elektronijohteena. Korroosioparin muodostumiseksi tarvitaan potentiaaliero. Metallien ja niiden seoksien potentiaaliero voidaan ilmaista jalousasteen mukaan. Jalousaste on materiaalin vapaaenergian määrä jossain elektrolyytissä mitattuna. Siihen vaikuttaa materiaalin ominaisuuksien lisäksi elektrolyyttiliuoksen ominaisuudet. Galvaanisessa potentiaalisarjassa (kuvio 1) metallit ja niiden seokset järjestetään potentiaali, eli jännite-eron mukaan. Galvaanisessa potentiaali- eli jännitesarjassa ilmoitetaan missä elektrolyytissä mittaukset on suoritettu sekä mitä ainetta on käytetty toisena elektrodina. Esimerkiksi kuviossa 1 mitattavat metallit on upotettu 20-asteiseen meriveteen calomelin toimiessa elektrodiparina. (Korroosiokäsikirja 2006, 29, 31.)



Kuvio 1. Galvaaninen potentiaalisarja eri metalleille ja metalliseoksille merivedessä (Korroosiokäsikirja 2006, 32).

Korroosiopari muodostuu jalousasteen perusteella galvaanisen potentiaalisarjan mukaisesti. Hiiliteräksen (-0,65V) ja sinkin (-0,97V) merivedessä muodostamassa galvaanisessa parissa (kuvio 2a) anodi syntyy jalousasteeltaan matalampaan sinkkiin. Anodissa tapahtuu hapettumisreaktio, jossa metalli liukenee elektrolyyttiin luovuttaen elektroneja katodiseen reaktioon. Jalousasteeltaan korkeampaan hiiliteräkseen syntyy katodi. Anodilta vapautuneet elektronit siirtyvät elektronijohdinta pitkin katodille, jossa tapahtuu katodinen eli pelkistysreaktio. Pelkistysreaktiossa metallin liukenemisessä vapautuneet elektronit reagoivat elektrolyyttiin liuenneen hapen, tai positiivisten vetyionien kanssa. Saman metallin sisällä anodi ja katodi muodostuvat eri potentiaalissa oleviin metallin kohtiin (kuvio 2b), jolloin syynä voivat olla metallissa olevat koostumuserot, rakenteen valmistuksessa tai ulkoisesta rasituksesta syntyneet sisäiset jännitteet, tai elektrolyytin koostumuserot. Anodin ja katodin koko vaikuttavat korroosion nopeuteen. Mitä suurempi katodi on pinta-alaltaan anodiin nähden, sitä nopeammin syöpymistä tapahtuu suuren pelkistymisalan vuoksi. (Korroosiokäsikirja, 2006, 22, 28.)

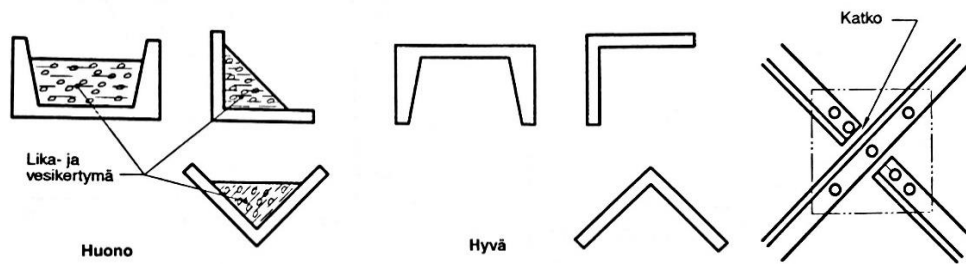


Kuvio 2. Korroosioparin kaavio, kun a) anodi ja katodi ovat eri metalleja b) anodi ja katodi ovat samassa metallissa (Korroosiokäsikirja 2006, 30).

Sähkökemiallisen korroosion käyttäytyminen on tärkeää ottaa huomioon rakenteiden suunnittelussa, valmistuksessa ja kunnossapidossa. Suunnittelemalla ja toteuttamalla teräsrakenteet minimoimaan korroosion edellyttämät olosuhteet, voidaan käyttöikä nostaa huomattavasti. Galvaanisia pareja ja jalousasteiden tietämystä käytetään korroosionestossa hyväksi suojaamalla rakenteissa olevia metalleja epäjalommilla ”uhrimetalleilla”. Aiemmin mainittu galvaaninen pari hiiliteräs ja sinkki ovat esimerkkinä uhrimetallin käytöstä. Epäotollisissa olosuhteissa, kuten upotusrasituksessa hiiliteräsrakenteita voidaan suojata kiinnittämällä rakenteeseen sinkkikatodi, joka syöpyy hiiliteräksen sijaan.

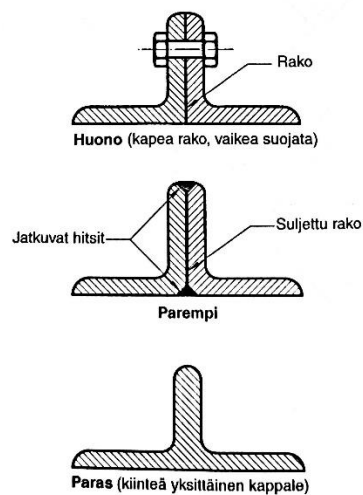
2.2 Suunnittelu

Korroosioneston sisällyttäminen rakennesuunnitteluun on rakenteen kestävyysnäkökulmasta olennaista. Käyttöikänsä maksimoimiseksi on huomioitava sijoituspaikan olosuhteet ja mihin käyttötarkoitukseen ne tulevat. Rakenteen jäädessä osittain tai kokonaan näkyviin, tulee myös ulkonäön merkitys käytännöllisyyden lisäksi kartoittaa tapauskohtaisesti. Korroosiorasitukselle altistuvien pintojen minimoiminen ja luokse päästävyys varmistaminen huoltotoimenpiteiden suorittamiseksi auttaa rakenteen kunnan ylläpitämistä. Vesi- ja likaloukut ovat korroosiorasituksen muotoja, jotka voidaan estää yksinkertaisilla rakenteellisilla ratkaisuilla (kuva 1). Pinnan epätasaisuudet, kuten limitykset ja terävät kulmat voivat loukkujen tavoin kerätä likaa ja kosteutta, mutta ne voivat myös aiheuttaa poikkeamia pinnankäsittelyssä (kuva 3). (SFS käsikirja 68-1 2004, 48, 50.)

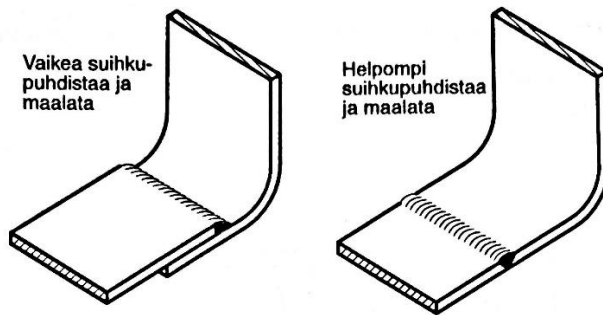


Kuva 1. Vesi- ja likakertymien estäminen rakenteellisilla ratkaisuilla (SFS käsikirja 68-1, 2004, 64).

Liitokset ovat rakenteiden heikoimpia kohtia niihin helposti jäävien rakojen vuoksi. Liitoksiin jäävät aukot keräävät kosteutta ja avaavat siten tien korroosiolle. Liitoksissa esiintyvä korrosio voidaan välttää käyttämällä mahdollisimman paljon yhtenäistä materiaalia ja minimoida liitokset rakenteesta (kuva 2). Rakenteen vaatiessa liitoksia, yhtenäisellä hitsausaumalla, tai leveämmät aukot täyteaineella sekä pitkillä yhtenäisillä hitsausaumoilla ehkäistään rakojen syntyminen. Pulttiliitoksia tulisi välttää rakojen tukkimisen vaikeuden vuoksi. Limitysten teko hitsausaumoiissa ei ole suositeltavaa, rakenteeseen syntyvien epäsäännöllisyyksien vuoksi (kuva 3), jotka voivat aiheuttaa korroosiota. (SFS käsikirja 68-1 2004, 50.)



Kuva 2. Liitoksen syntyvät aukot (SFS käsikirja 68-1 2004, 66).

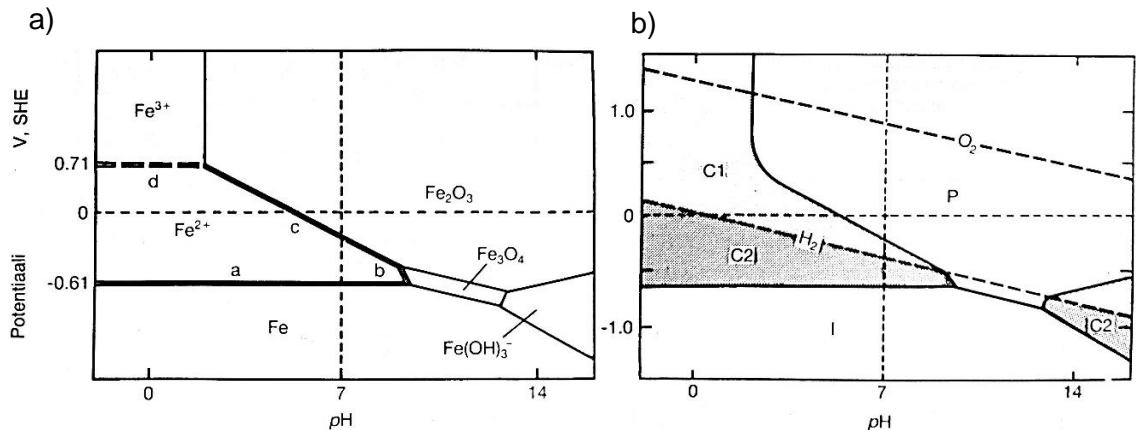


Kuva 3. Hitsausseamujen suunnittelu (SFS käsikirja 68-1 2004, 66).

2.3 Materiaalien valinta

Suurin osa rakenteissa käytetyistä materiaaleista on raudan ja hiilen seoksia, kuten hiiliäteräksiä tai niukkaseoksia teräksiä. Suosion taustalla ovat halpa hinta ja laaja ominaisuuksien kirjo. Näitä materiaaleja on helppo muokata sekä hitsata, mutta raudan termodynaaminen epästabiilius aiheuttaa melko huonon korroosionkestävyyden. (Korroosio-käsikirja 2006, 443.)

Termodynaaminen stabiilius määrittää kuinka altis metalli tai metalliseos on korroosiolle ympäristössään. Potentiaali-pH- eli Pourbaix-diagrammilla (kuvio 3) voidaan esittää materiaalin stabiilius termodynaamisten tasapainopiirroksien avulla. Tasapainopiirroksissa esitetään pääsääntöisesti metallin ja 25-asteisen veden kuvaaja, josta nähdään metallin potentiaalin ja elektrolyytin pH-arvon avulla metallin korroosioalttiisuusalueet (kuvio 3b). Metallin on termodynaamisesti stabiili immuunialueella ja metallioksidit ovat stabiileja passiivisuusalueella. Passiivisella alueella metallin liukeneminen riippuu muodostuvien oksidien rakenteesta ja ominaisuuksista. Raudan passiivialueella muodostuu kahta oksidia, hematiittia (Fe_2O_3) ja magnetiittia (Fe_3O_4) (kuvio 3a). Hematiitin passiivisuusalueella on pistekorroosion vaara, joten syöpymistä voi tapahtua myös korroosioalueen ulkopuolella. Korroosioalueella metalli on epästabiili ja voi liueta veteen kahden (Fe^{2+}) tai kolmen (Fe^{3+}) arvoisena kationina. (Korroosio-käsikirja 2006, 46–50.)



Kuvio 3. Raudan yksinkertaistettu Pourbaix-diagrammi 25-asteisessä vedessä. a) Faasien tasapainoalueet b) Korrosio (C1, C2) passiivinen (P) ja immuunisuusalueet (I) (Korroosiokäsikirja 2006, 50).

2.4 Pinnoittaminen

Pinnoituksessa pinnalle levitetään peittävä kalvo tai kalvoja, joilla on korroosiolta suojaavia ominaisuuksia. Tällaista korroosiolta suojaavaksi tarkoitettua pinnoitetta kutsutaan suoja-pinnoiteyhdistelmäksi. Pinnoitettavan rakenteen suunniteltu käyttöikä kannattaa huomioida jo suunnitteluvaiheessa, jolloin voidaan valita käyttötarkoitukseen sopivin pinnoitusmenetelmä. Suoja-pinnoiteyhdistelmän kestävyys, eli arvioitu aika ensimmäiseen huomattavaan kunnossapitotoimenpiteeseen, on usein lyhyempi, kuin pinnoitettavan rakenteen suunniteltu käyttöikä. (SFS käsikirja 68-1 2004, 14.)

2.4.1 Pinnoitusmenetelmät

Eri menetelmät voidaan jakaa pinnoitteessa käytetyn rakenneaineen mukaan metallisiin, muihin epäorgaanisiin ja orgaanisiin rakenneaineisiin. Metallisina pinnoitteina käytetään esimerkiksi sinkkiä, alumiinia, kromia, nikkeliä, jalometalleja ja metalliseoksia. Metallipinnoitteiden käyttötarkoituksiin kuuluvat kulutus-, korrosio- ja hapettumissuojan muodostamisen lisäksi muun muassa liukupinnan aikaansaanti, tartuntapintana toiminimen ja korjauskerroksen valmistaminen. Muita epäorgaanisia pinnoitteita ovat anodisointi, emalointi, keraamiset pinnoitteet, muuraus, laatoitus, betonointi ja laastit. (Korroosiokäsikirja 2006, 585–586.)

Orgaanisia pinnoitteita ovat esimerkiksi maalit, bitumi, erilaiset muovipinnoitteet, kumit ja yhdistelmäpinnoitteet. Maalit ovat nestemäisiä tai jauhemaisia aineita, jotka maalityypin mukaisesti levitettynä muodostavat kiinteän pinnan, joka tarttuu pinnoitettavaan pintaan. Bitumipinnoituksessa kuuma juokseva bitumi levitetään pinnalle ja jäähtyneenä se muodostaa suojaavan pinnan. Muovipinnoitteet voidaan jakaa lujitettuihin muovipinnoitteisiin ja kestonuovipinnoitteisiin. Yleisimmin käytetty lujitemateriaali on lasikuitu. Kestonuovipinnoitteita voidaan käyttää joko mekaanisesti kiinnitettävänä tai liimattavina levyinä, kutistettavina kappaleina tai ruiskutettavana pinnoitteena. (Korroosiokäsikirja 2006, 677, 713, 721.)

2.4.2 Maalausjärjestelmät

Maalausjärjestelmällä tarkoitetaan maalattavan pinnan, sen esikäsittelyn ja maalin kokonaisuutta. Maalausjärjestelmässä voi olla yksi tai useampia maali, joita kerrostetaan, kunnes saadaan haluttu kalvon paksuus. Maalausjärjestelmän valinnassa kartoitetaan aluksi suojausvaatimukset, jotka valitun suojamaaliyhdistelmän tulee täyttää. Sijoiuskohteen olosuhteita kuvataan standardissa ISO-12944-2 määritettyjen korroosiovaikutusluokkien avulla (taulukko 1, 2) (Teknos Oy 2013, 30.)

Korroosio- vaikutus- luokka	Painohäviö pinta-alayksikköä kohden/paksuushäviö (ensimmäisen altistusvuoden jälkeen)				Esimerkkejä tyypillisistä ympäristöistä (vain opastava)	
	Matalahiilinen teräs		Sinkki		Ulkona	Sisällä
	Paino- häviö g/m ²	Paksuus- häviö µm	Paino- häviö g/m ²	Paksuus- häviö µm		
C1 hyvin lievä	≤ 10	≤ 1,3	≤ 0,7	≤ 0,1	-	Lämmitetyt rakennukset, joissa puhdaat ilmatilat, esim. toimistot, kaupat, koulut, hotellit
C2 lievä	> 10...200	> 1,3...25	> 0,7...5	> 0,1...0,7	Ilmatilat, joissa epäpuhtauksien määrä alhainen: enimmäkseen maaseutualueita	Lämmittämättömät rakennukset, joissa voi esiintyä kondensoitu- mista, esim. varastot, urheiluhallit
C3 kohtalainen	> 200...400	> 25...50	> 5...15	> 0,7...2,1	Kaupunki- ja teollisuusilmatilat, joissa kohtalainen rikkidioksidikuormi- tus, rannikkoalueet, joilla alhainen suolapitoisuus	Tuotantotilat, joissa on korkea kosteus ja hieman epäpuhtauksia ilmassa, esim. elintarviketehtaat, pesulat, panimot, meijerit
C4 ankara	> 400...650	> 50...80	> 15...30	> 2,1...4,2	Teollisuusalueet ja rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus on kohtalainen	Kemialliset tehtaat, uima-altaat, rannikolla sijaitsevat telakat ja veneistämöt
C5 hyvin ankara	> 650... 1 500	> 80...200	> 30...60	> 4,2...8,4	Teollisuusalueet, joilla kosteus korkea ja ilmatila syövyttävä sekä rannikkoalueet, joilla suolapitoisuus korkea	Rakennukset tai alueet, joilla lähes jatkuvaa kondensoitumista ja saasteiden määrä korkea
CX äärimmäinen	> 1 500... 5 500	> 200... 700	> 60...180	> 8,4...25	Offshore-alueet, joilla suolapitoisuus korkea ja teollisuusalueet, joilla kosteus on äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä sekä subtrooppiset ja trooppiset ilmastot	Teollisuusalueet, joilla kosteus äärimmäinen ja ilmatila syövyttävä

HUOM. Korroosiovaikutusluokissa käytetyt häviöarvot ovat yhtäpitävät standardin ISO 9223 arvojen kanssa.

Taulukko 1. ISO 12944-2-standardin määrittämät rakenteiden rasisusluokat (Sfs-en iso 12944-2 2017, 10).

Korroosiovaikutusluokkien määrittäminen perustuu standardikoekappaleiden altistamiseen eri olosuhteille (taulukko 1). Koekappaleiden paino- ja paksuushäviöt vuoden altistumisjakson ajalta osoittavat kyseessä olevan rasisusluokan. Sisätilojen rasisusluokat ovat yleisesti C1 ja C2, jos kosteutta lukuun ottamatta kohteessa ei ole korroosiota lisääviä tekijöitä. Ulkona vallitsevat yleisesti rasisusluokat C2–C5 ja CX.

Luokka	Ympäristö	Esimerkkejä ympäristöstä ja rakenteista
Im1	Makea vesi	Jokirakenteet, vesivoimalat
Im2	Meri- tai murtovesi	Upotetut rakenteet ilman katodista suojausta (esim. satama-alueen rakenteet kuten patoluukut, sulkulaitteet, laiturit)
Im3	Maaperä	Maanalaiset säiliöt, teräsmaalut, teräsputket
Im4	Meri- tai murtovesi	Upotetut rakenteet katodisuojauskella (esim. offshore-rakenteet)

HUOM. Korroosiovaikutusluokalle Im1 ja Im3 voidaan käyttää katodisuojausta testattavan maaliyhdistelmän kanssa.

Taulukko 2. ISO 12944-2-Standardin määrittämät rakenteiden rasisusluokat upotetuille rakenteille (Sfs-en iso 12944-2 2017, 11).

Rasisusluokkaa valittaessa tarkastellaan kohteen välittömässä läheisyydessä mahdollisesti olevia korroosiota lisääviä tekijöitä. Rasisusluokan kartoittamisen jälkeen pinnoitteelle määritetään haluttu kestoikä (taulukko 3). (Teknos Oy 2013, 30.)

Maalauksen kestävyys	
2–5 vuotta	L (low)–alhainen
5–5 vuotta	M (medium)–kohtalainen
15–25 vuotta	H (high)–korkea
Yli 25 vuotta	VH (very high)–erittäin korkea

Taulukko 3. ISO 12944-1-standardin määrittämät maalauksen kestävyysluokat (Teknos Oy 2013, 11).

Standardissa ISO 12944-5 yleisimmät suojamaaliyhdistelmät on sijoitettu taulukoihin C.1 – C.6, D.1, E.1 rasisitusluokille C2–C5 ja upotusrasisitusluokille Im1 – Im4 (taulukko 4). Standardista löytyvät suojamaalit voidaan merkitä nimeämällä ensin käytetty standardi ja sen jälkeen käytetty taulukko ja suojamaaliyhdistelmän numero, esimerkiksi SFS-EN ISO 12944-5/C2.06. Suomessa standardin mukainen merkintä täydennetään suluissa maalityypillä, kokonaiskalvon paksuudella ja kerrosmäärällä. Esimerkiksi SFS-EN ISO 12944-5/C2.06 (EP/PUR 180/2). Mikäli maaliyhdistelmä ei löydy standardin taulukoista, voidaan maaliyhdistelmä merkitä ilman viittausta standardiin. (Teknos Oy 2013, 29.)

Yhdis- tel- män nro	Pohjuste				Seuraavat kalvot	Maaliyhdistelmä		Kestävyys			
	Sideai- ne- tyyppi	Poh- ja- maa- li- tyyppi	Kalvojen luku- määrä	NDFT µm	Sideai- ne- tyyppi	Kalvojen luku- määrä	NDFT µm	l	m	h	vh
C2.01	AK, AY	sek.	1	40...80	AK, AY	1...2	80	X			
C2.02	AK, AY	sek.	1	40...100	AK, AY	1...2	100	X	X		
C2.03	AK, AY	sek.	1	60...160	AK, AY	1...2	160	X	X	X	
C2.04	AK, AY	sek.	1	60...80	AK, AY	2...3	200	X	X	X	X
C2.05	EP, PUR, ESI	sek.	1	60...120	EP, PUR, AY	1...2	120	X	X	X	
C2.06	EP, PUR, ESI	sek.	1	80...100	EP, PUR, AY	2	180	X	X	X	X
C2.07	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60	—	1	60	X	X	X	
C2.08	EP, PUR, ESI	Zn (R)	1	60... 80	EP, PUR, AY	2	160	X	X	X	X

Taulukko 4. ISO 12944-5 taulukko C.2, maaliyhdistelmät hiiliteräkselle korroosiorasisitusluokkaan C2 (SFS-EN ISO 12944-5, 20)

2.4.3 Esikäsitely

Käyttökohteen mukaan valitun pinnoiteyhdistelmän perusteella määritetään oikea esikäsitelymenetelmä. Esikäsitelyn tavoitteena on poistaa käsiteltävästä pinnasta epäpuhtaudet ja saavuttaa pinnanlaatu johon pohjamaali tai pinnoite tarttuu halutusti (SFS käsikirja 68-1 2004, 82). Oikean menetelmän valintaan vaikuttavat esimerkiksi (Teknos Oy 2013, 18)

- suoritushälytykset

- pinnan kunto
- esikäsitteilyn laatuasteen vaatimukset
- esikäsitteilyn laajuus
- taloudellinen näkökulma
- erityisvaatimukset.

Suoritusmahdollisuuteen vaikuttaa suoritetaanko maalaus siihen suunnitelluissa tiloissa vai kentällä valmiin rakenteen luona. Pinnoitustyötä suoritettaessa rakenteen luona on turvallisuustekijät arvioitava etukäteen. Huoltomaalauksessa pinnoitettavan rakenteen kunto vaikuttaa mikä esikäsitteilyn laatuaste ja laajuus tulee olla, jotta varmistutaan tyydyttävästä pinnoiteyhdistelmän tartunnasta. Esikäsitteilykustannusten ollessa usein verrannollisia saatuun pinnan laatuun ja puhtausasteeseen, voidaan valita joko oikea esikäsitteilyaste pinnoiteyhdistelmän mukaan, tai pinnoiteyhdistelmä esikäsitteilyasteen mukaan. (SFS käsikirja 68-1 2004, 83–84.)

Haluttu esikäsitteilyaste saavutetaan käyttämällä oikeaa esikäsitteilymenetelmää. Vieraat aineet ja epäpuhtaudet, kuten öljy, rasva ja lika, saadaan poistetuksi suihkupuhdistamalla pinta makealla vedellä ja käyttämällä pinta-aktiivisia puhdistusaineita eli detergenttejä tai orgaanisia luottimia. Detergenttien käytön jälkeen pinta täytyy huuhdella puhtaalla makealla vedellä. (SFS käsikirja 68-1 2004, 84, 86.)

Metallissa olevat epäsäännöllisyydet, kuten ruoste ja valssihilse poistetaan mekaanisesti käsin, koneellisesti tai suihkupuhdistamalla rakeiden avulla. Käsin esikäsiteltäessä käytetään yleisesti teräsharjoja, lastoja ja hiomavälineitä. Käyttökohteita ovat kohdat, joihin ei päästä käsiksi koneiden kanssa, esimerkiksi ahtauden vuoksi. Koneellisessa esikäsitteilyssä käytetään pyöriviä teräsharjoja tai hiomalaitteita. Pintaan muodostuvia epäsäännöllisyyksiä, kuten uurteita tai lovia, tulee varoa käytettäessä koneellisia hiomavälineitä. Koneellista esikäsitteilyä käytetään, kun halutaan välttää raesuihkupuhdistuksessa syntyvää pölyä ja hioma-aineiden jäänteitä. (SFS käsikirja 68-1 2004, 86.)

Suihkupuhdistus voidaan jakaa kuivaan, kosteaan ja märkään raesuihkupuhallukseen, sen mukaan johdetaanko puhdistusrakeiden sekaan vettä vai ei. Kuivassa raesuihkupuhdistuksessa käytetään siipipyöriä tai rullia, jotka sinkoavat puhdistusrakeet puhdistettavalle alueelle, tai rakeet voidaan johtaa ilmavirtaan, josta suuttimen kautta ne suunnataan puhdistettavalle pinnalle. Kosteaa raesuihkupuhdistus toimii paineilma-avusteisen raesuihkupuhdistuksen tapaan, mutta ennen suutinta ilman ja rakeiden seokseen lisätään hyvin pieni määrä yleensä puhdasta makeaa vettä sitomaan pölyä. Märässä

raesuihkupuhdistuksessa lisätään enemmän vettä ja saadaan paineilma-puhdistusrae-vesi-seos, joka suunnataan puhdistettavalle alueelle. (SFS käsikirja 68-1 2004, 86–88.)

Muita esikäsitteilymenetelmiä ovat esimerkiksi höyry, kemialliseen reaktioon perustuvat puhdistuskeinot, maalinpoistoaineiden käyttö, happopeittaus ja liekkipuhdistus. Höyryä voidaan käyttää joko sellaisenaan poistamaan öljyä tai rasvaa, tai siihen voidaan lisätä detergenttejä. Pinta tulee huuhdella makealla vedellä detergenttien käytön jälkeen. Kemialliseen reaktioon perustuvat puhdistustavat, kuten fosfointi ja kromatointi, tekevät kuuma- ja sähkösinkityille sekä sherardoiduille pinnoille sopivan tartuntapinnan maalille. Maalinpoistossa vanhat pinnoitteet poistetaan pinnoitetyypin mukaan joko liuotepohjaisella (orgaaniset pinnoitteet), tai alkalipohjaisella (saippuoituvat pinnoitteet) tahnalla. Tahnojen käyttö on usein järkevää vain pienille alueille, jonka jälkeen käytetään muuta esikäsitteilymenetelmää jatkopuhdistukseen. Happopeittauksessa maalattava pinta upotetaan inhiboituun happoon, joka irrottaa valssihilsettä ja ruostetta. Peittausta suoritetaan yleisesti vain tehdasolosuhteissa. Liekkipuhdistuksessa asetyleeni-happiliekin avulla poistetaan valssihilsettä ja ruostetta. Liekkikäsitteilyn jälkeen pinta käsitellään koneellisesti teräsharjalla ja lopuksi poistetaan epäpuhtaudet ennen pinnoittamista. (SFS käsikirja 68-1 2004, 86, 90.)

2.4.4 Esikäsitteilyasteet

Pinnan esikäsitteily voidaan jakaa täydelliseen ja osittaiseen pinnan esikäsitteilyyn. Täydellisessä esikäsitteilyssä koko pinta puhdistetaan, kunnes lopputuloksena on puhdasta terästä. Osittaisessa esikäsitteilyssä jätetään ehjä maali- tai metallipinnoite käsittelemättä. Pinnoiteyhdisteille annetut pinnan vaatimukset perustuvat standardin SFS-ISO 8501-1 esikäsitteilyasteisiin (taulukko 5), joiden avulla saavutetaan tyydyttävä lopputulos. (SFS käsikirja 68-1 2004, 90.)

Standardi esikäsitteilyaste ¹⁾	Esikäsitteilymenetelmä	Esikäsitteilyjen pintojen olennaiset ominaisuudet
Sa 1	Suihkupuhdistus	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu.
Sa 2		Suurin osa valssihilsestä, ruosteesta, maalipinnoitteesta ja vieraasta aineesta on poistettu. Jäljellejäävien epäpuhtauksien on oltavatiukasti kiinni alustassa.
Sa 2½		Valssihilse, ruoste, maalipinnoitteet ja vieräs aine on poistettu. Jäljelläolevien epäpuhtausjäämien tulee näkyä ainoastaan lievänä täplien tai raitojen muotoisena värjäntymisenä.
Sa 3		Valssihilse, ruoste, maalipinnoitteet ja vieras aine on poistettu. Pinnan oltava kauttaaltaan metallin värinen.
St 2	Puhdistus käsityökaluilla tai koneellisesti	Irtonainen valssihilse, ruoste, maalipinnoitteet ja vieras aine poistettu.
St 3		Irtonainen valssihilse, ruoste, maalipinnoitteet ja vieras aine on poistettu. Pinta käsitellään selkeästi huolellisemmin, kuin esikäsitteilyasteessa St 2, tuloksena metallialustan mukainen hohde.
Fl	Liekkipuhdistus	Irtonainen valssihilse, ruoste ja maalipinnoitteet sekä vieras aine on poistettu. Jäljellä olevien epäpuhtausjäämien tulee näkyä ainoastaan lievänä pinnan värjäntymisenä (eri värien sävyjä).
Be	Happopeittäus	Valssihilse, ruoste ja maalipinnoitejäämät on poistettu täydellisesti. Maalipinnoitteet on poistettava sopivalla menetelmällä ennen peittäystä.
1) Käytetyt lyhenteet: Sa = suihkupuhdistus (ISO 8501-1) St = puhdistus käsityökaluilla tai koneellisesti (ISO 8501-1) Fl = liekkipuhdistus Be = happopeittäus		

Taulukko 5. Pinnan esikäsitteily standardiesikäsitteilyasteet (SFS käsikirja 68-1 2004, 96).

Osittaisen esikäsitteily vastaavat asteet ovat paikallinen suihkupuhdistus (P Sa), paikallinen puhdistus käsi- tai konetyökaluilla (P St) ja paikallinen koneellinen hionta (P Ma). Standardin ulkopuolisista esikäsitteilyasteista voidaan sopia erikseen. Tällöin verrataan esikäsitteilyastetta edustavaan pintaan tai pinnan osiin. Vertauskohteina käytettävät pinnat tulee suojata ulkoisilta olosuhteilta tai niistä on otettava pintaa esikäsitteilyastetta edustavat valokuvattava. (SFS käsikirja 68-1 2004, 90.)

Suihkupuhdistetun pinnan yhteydessä arvioidaan rakeen pintaan jättämä profiili. Pinta-profiililla tarkoitetaan puhdistetun pinnan mikrokarheutta, joka ilmoitetaan pinnan epä-säännöllisyyksien ”huippujen” suhteena ”laaksoihin”. Karheustyypit jaetaan pyöreään (S, shot) ja särmikkääseen (G, grit) riippuen käytetystä raetyypistä (kuva 4). Pinnan epäta-saisuuksia arvioidaan visuaalisen tarkastuksen ja kosketustarkastuksen avulla. Standardi ISO 8503-2 määrittää pintaprofiilitestauskappaleiden vaatimukset pyöreälle ja särmikkäälle rakeelle. Vertailukappale on jaettu neljään eri karheusasteen osa-alueeseen. Standardi 8503-1 luokittelee profiilin hienoksi, jos pinta on osa-alueiden 1 ja 2 väliltä, keskikarheaan profiilin ollessa osa-alueiden 2 ja 3 väliltä ja karheaan profiilin ollessa osa-alueiden 3 ja 4 välillä.



a) Särmikkäällä rakeilla suihkupuhdistettu teräksinen vertailukappale "G".			b) Pyöreillä rakeilla suihkupuhdistettu teräksinen vertailukappale "S".		
Osa-alue	Karheuden nimellisarvo, $\overline{Ry5}$	Suurin sallittu poikkeama	Osa-alue	Karheuden nimellisarvo, $\overline{Ry5}$	Suurin sallittu poikkeama
1	25 μm	3 μm	1	25 μm	3 μm
2	60 μm	10 μm	2	40 μm	5 μm
3	100 μm	15 μm	3	70 μm	10 μm
4	150 μm	20 μm	4	100 μm	15 μm

Kuva 4. ISO 8503-1- ja ISO 8503-2-standardin mukaiset pintaprofiilivertailukappaleet (Teknos Oy 2013, 21).

2.4.5 Maalit

Maalit koostuvat pääsääntöisesti sideaineesta, pigmentistä, täyteaineesta, liuotteesta ja apuaineesta. Suurin osa maalin ominaisuuksista, kuten kuivumistapa, tartuntakyky, lujuus, kestävyys ja kuivumistapa määräytyvät sideaineen mukaan. Maalit jaetaan kuivumistavan mukaan palautettaviin (reversible) ja palautumattomiin (irreversible) maaleihin. Palautuvissa maaleissa sideaine on jo valmis polymeeri, jossa kalvon muodostumisessa ei tapahdu kemiallista reaktiota, vaan molekyylit tarttuvat toisiinsa liuottimen haihtuessa tai sulatetun kalvon jäähtyessä. Maalit voidaan palauttaa juokseviksi lisäämällä kalvoon alkuperäistä liuotinta. Esimerkkejä palautuvista maaleista ovat akryyli- (AY) ja vinyyli-maalit (PVC). Molempia maaleja käytetään niin pohja- kuin pintamaalina. (Teknos Oy 2013, 25–26.)

Palautumattomat maalit jaetaan ilmakeivuvuuiin, vesiohenteisiin dispersio- ja kemiallisesti kuivuvuuiin maaleihin. Kemiallisesti kuivuvia maaleja ovat muun muassa kaksikomponenttimaalit, kosteuskovettuvat maalit ja uunikovetteiset maalit. Tämän tyypin maalien kuivuminen alkaa mahdollisten liuottimien haihtumisella, jonka jälkeen joko tapahtuu jokin kemiallinen reaktio tai sideainepartikkelit sulautuvat yhteen. Maalikalvoa ei voida enää kuivumisen jälkeen liuottaa alkuperäiseen liuottimeen. (Teknos Oy 2013, 26–28.)

Ilmakeivuvuissa maaleissa kuivuminen tapahtuu hapettumisen seurauksena. Maalikalvon liuottimen tai veden haihduttua sideaineena toimiva öljy reagoi hapen kanssa ja kalvo kovettuu. Hapettuminen voi tapahtua vielä 0-asteen lämpötilassa, mutta reaktionopeus on silloin hidas. Ilmakeivuvia maaleja ovat esimerkiksi alkydimaalit (AK), joiden sideaineena toimii alkydi-, epoksi-, tai uretaanihartsit. Vesiohenteisissa dispersiomaaleissa sideaineena toimiva polymeeri on sekoittuneena veteen pieninä 0,05–0,25µm palloina. Veden haihduttua polymeeripallot sulautuvat toisiinsa ja maalikalvo kovettuu. (Teknos Oy 2013, 26–27.)

Kemiallisesti kuivuvuissa maaleissa maalikalvo muodostuu lakkahartsin verkottumisessa. Kaksikomponenttisissa maaleissa verkottumisreaktio tapahtuu perus- ja koveteosien välillä tapahtuvassa reaktiossa. Kosteuskovettuvuissa maaleissa kemiallinen reaktio tapahtuu sideaineen ja ilmankosteuden välillä. Poltto- ja jauhemaaleissa kemiallinen reaktio vaatii korkean noin +120–+200-asteen lämpötilan. Polttomaaleissa sideaineen reagoi itsensä kanssa. Jauhemaaleissa uuni sulattaa maalin kalvoksi. (Teknos Oy 2013, 27–28.)

2.4.6 Maalausmenetelmät

Tavallisimpia maalausmenetelmät ovat ruiskumaalaus, sively, telaus ja kastomaalaus. Oikeaoppisella maalin levityksellä on suuri vaikutus maalipinnan kestävytyteen. Maalausmenetelmää valittaessa tulee huomioida muun muassa maalauspaikka, mitä ja kuinka paljon maalataan, millä maalataan, oikeiden levitysvälineiden valinta, sekä turvallisuus- ja ympäristökäsit. (Teknos Oy 2013, 31.)

Ruiskumaalaus on yleisin menetelmä suurien kohteiden maalauksessa. Ruiskumaalautyyppejä ovat matalapaineinen hajotusilmaruiskutus, korkeapaineruiskutus, ilma-avusteinen korkeapaineruiskutus, sähköstaattinen ruiskutus ja kaksikomponenttiruiskutus. (SFS käsikirja 68-1 2004, 206.) Hajotusilmaruiskutuksessa maali syötetään hydraulisesti tai pienellä ylipaineella suuttimeen, jossa se hajotetaan eripuolilta suunnatulla paineilmalla. Paineilman suuntaa muuttamalla voidaan muokata hajontakuviota. Menetelmä edellyttää paineilmaa ja maalin ohentamista halutun hajonnan saamiseksi. Ohennettu maali ei sovellu paksujen kalvojen levitykseen, ja paineilma voi estää maalin pääsemisen ahtaisiin muotoihin. Matalapaineruiskutuksella saadaan korkeatasoinen lopputulos. (Teknos Oy 2013, 31.)

Korkeapaineruiskutuksessa maali johdetaan suuttimeen 120–250 bar paineella, jossa se hajoaa sumuksi paine-eron vuoksi. Kun ruiskutuksessa ei tarvita paineilmaa, pääsee maali leviämään ahtaisiinkin paikkoihin vastuksettomasti. Ruiskutusaine saadaan aikaan korkeapainepumpulla. Ilma-avusteisessa korkeapaineruiskutuksessa suuttimeen ohjataan paineilmaa, jolloin saadaan muokattua maaliumun hajontaa ja parannettua maalauksen lopputulosta. (Teknos Oy 2013, 32.)

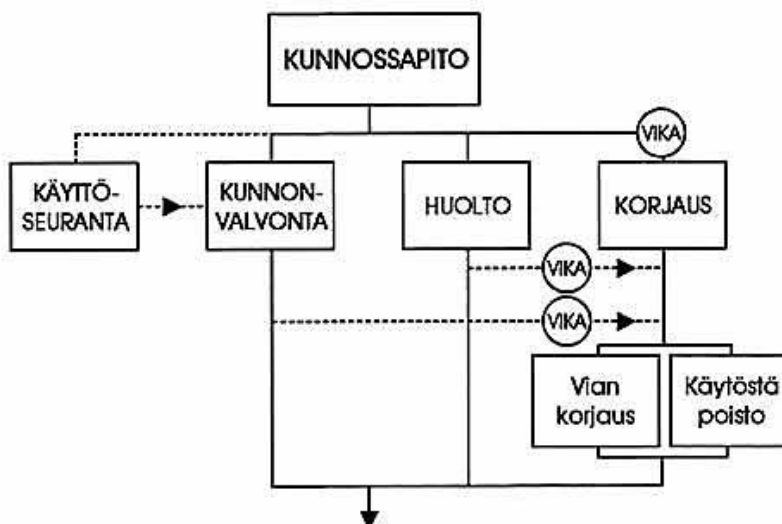
Sähköstaattisessa ruiskutuksessa märkä- tai jauhemaa ja pinnan välille luodaan 60–100 kV tasajännite. Maali hajotetaan suuttimessa käyttäen korkeapainetta tai hajotusilmaa. Sumutuessaan maali saa sähkökentässä varauksen ja pyrkii maadoitetulle pinnalle. Kaksikomponenttiruiskutuksessa perusosa ja koveteosa reagoivat niin nopeasti keskenään, että ne pumpataan omista säiliöistään ja sekoitetaan vasta ruiskutuspistoolissa tai suuttimen jälkeen. (Teknos Oy 2013, 35.)

Sivellinmaalauksessa maali levitetään siveltimellä maalattavalle pinnalle. Menetelmällä saadaan hyvä tunkeutuma pinnan huokosiin. Haittapuolia ovat hitaus, hinta, sekä suurilla pinnoilla tasaisen pinnan vaikea saavutettavuus. Telamaalauksessa nopeus kasvaa,

mutta se soveltuu lähinnä tasaisten levy pintojen pintamaalaukseen, joissa ei ole monimutkaisia muotoja. Kastomaalauksessa maalattava kappale upotetaan maalialtaaseen, jossa se saa noin 30 µm maalikerroksen. Menetelmä soveltuu sarjatuotannon käyttöön sen nopean levitystavan ja pienen maalihukan vuoksi. Sähkökastomaalauksessa maalattavaan kappaleeseen johdetaan tasavirtaa. Kappaleesta muodostuu elektrodi, altaan toimiessa sen parina. Sähköstaattisen ruiskutuksen omaisesti maali saa varauksen ja hakeutuu maalattavaan kappaleeseen. (Teknos Oy 2013, 31, 37.)

2.5 Kunnossapito

Asennettujen laitteiden ja rakenteiden huoltoa kutsutaan kunnossapidoksi. Kunnossapidon avulla havaitaan ja ennaltaehkäistään viat ja korjataan tapahtuneet vahingot. Mahdollisen vian ehkäisemiseksi tehtyjä toimenpiteitä, kuten käytön seuranta ja kunnonvalvonta, kutsutaan ehkäiseväksi kunnossapidoksi. Käytön seurannassa pyritään havaitsemaan muutokset laitteissa tai rakenteissa ennen varsinaista laite- tai rakennerikkoa. Käytön seuranta toimii yhteistyössä kunnonvalvonnan kanssa. Kunnonvalvonnassa kohteelle tehdään käyttöseurannan havaintojen tai määrätyn huoltovälin mukaan tarkastuksia ja mittauksia. Tarkastusten ja mittausten tuloksia verrataan aiempiin mittauksiin, tai normaaliarvoihin, jolloin havaitaan poikkeamat ja vikatilanteet ennen kuin niistä aiheutuu yllättäviä vikaantumisia, tai muutoksia kohteen käyttöön.



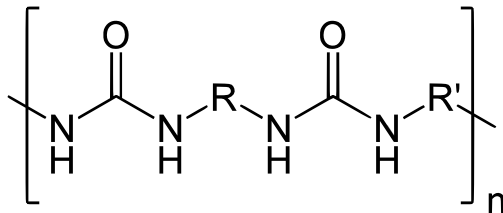
Kuvio 4. Kunnossapidon jako (Opetushallitus)

Vikatilanteessa tai ehkäisevässä kunnossapidossa tehdyn havainnon perusteella aloitetaan korjaavan kunnossapidon toimenpiteet. Korjauksen laajuus arvioidaan löydetyn vian tai mittaustulosten perusteella, jonka jälkeen laaditaan korjaussuunnitelma tai päädytään poistamaan kohde käytöstä. Käytöstä poistoon vaikuttaa korjattavan kohteen ikä, kunto ja käytön tarve. Kohde voidaan poistaa käytöstä sen ollessa laskennallisen toiminta-ajan päässä, tai jos siinä ilmennyt vika on niin suuri, että ei ole taloudellisesti järkeä suorittaa korjaustoimenpiteitä.

Pinnoitteiden kunnossapidossa pintojen kunto tarkistetaan ja tarkastustulosten perusteella päätetään, tarvitseeko kohde täydellisen vai osittaisen uudelleen pinnoittamisen. Laajuuden kartoittamisen jälkeen valitaan kohteeseen oikea esikäsitteilyaste ja pinnoite (SFS käsikirja 68-1 2004, 124). Pinnoitteen valintaan vaikuttaa laajuuden lisäksi kohteen sijainti ja suunniteltu käyttöikä ja niiden muodostamat taloudelliset vaatimukset. (Teknos Oy 2013, 30.)

3 POLYUREA

Ensimmäiset polyureat kehitettiin 1980-luvun alussa autoteollisuuden käyttöön. Näitä nopeasti reagoivia, lujia ja iskunkestäviä yhdisteitä käytettiin aluksi vain kalliissa RIM (Reaction Injection Molding, reaktiovalu) prosesseissa auton korin osien valmistukseen. 1980-luvun lopussa markkinoille saapuivat ensimmäiset ruiskutettavat polyureapinnoitteet. Tämä mahdollisti monikomponenttipinnoitteiden levittämisen käyttäen halvempia, kannettavia laitteita. Nykyisin polyurean käyttökohteiden määrä on suuri sen nopean levittämisen ja kuivumisen, sekä ominaisuuksien vuoksi. (PDA Europe 2019.)



Kuvio 5. Puhtaan polyurean rakenne.

3.1 Ominaisuudet

Polyureaa saadaan syntetisoimalla joko aromaattinen tai alifaattinen isosyanaatti ja polyamiini. Isosyanaatti antaa polyurealle sen kovuuden ja amiinin matala lasittumislämpötila tekee siitä joustavan (Roshdy George Barsoum 2015, 5). Polyuretaani on polyurean tapaan isosyanaattipohjainen pinnoite, mutta siinä amiinin sijaan toisena reagoivana komponenttina toimii hydroksyyliypäätteinen yhdiste. Fyysisiltä ominaisuuksiltaan polyurealla on parempi lämpö- ja hydrolyyttinen stabiilius, se ei siis ole herkkä kosteudelle tai lämpötilan muutoksille (PDA Europe 2019). UV-valo kellastaa polyureapinnoitetta, joten mikäli tarvitaan värinsä säilyttävä pinta, tulee pinnoite maalata esimerkiksi polyuretaanimaalilla.

Isosyanaatin ja amiinin välisen nopean reaktion takia pinnoite levitetään kaksikomponenttisena kuumaruiskutuslaitteiston avulla. Komponentit johdetaan 70–80-asteisena lämmitettyjä letkuja pitkin suuttimeen. Pinnoitetta ruiskutetaan tavallisesti noin 500–3000 µm (Teknos Oy, 2020a). Levitetty polyurea on kosketuskuiva jo kymmenessä sekun-

nissa ja kestää kävelyä noin minuutti levityksen jälkeen (Coatings.fi). Pinnoite on kuivunut täysin 24 tunnissa ja kestää upotusrasituksen 1–3 vuorokauden kuluttua levittämisestä (Teknos Oy 2020b).

Polyureapinnoite kestää hyvin mekaanista rasitusta. Hiertymien ja iskujen lisäksi pinnoitteelle annetaan parhaimmillaan jopa 800 %:n nimellisvenymä (Teknos Oy 2020). Joustavuus pysyy Suomenkin olosuhteissa, sen säilyttäessä elastisuutensa jopa -40-asteessa. Ominaisuuksiensa avulla polyurea on hyvä lisä korroosionestoon suojaten rakennetta, tai yli maalattua suojamaalia. Levitystavan avulla pinnasta saadaan saumaton ja vedenpitävä. Polyurea on osittain kemikaalinkestävä kestäen suurinta osaa liuottimista ja hapoista. Kemikaalinkestävyyttä voidaan parantaa käyttämällä jälkipinnoitteita.

3.2 Käyttökohteet

Polyurea on laajasti käytetty pinnoitusmenetelmä lyhyen kuivumisajan ja hyvän mekaanisen kestävyuden vuoksi. Teollisuuden käyttökohteita ovat muun muassa putkistojen, säiliöiden ja altaiden pinnoitukset pinnoitteen hyvän veden- ja kemiallisen kestävyuden vuoksi. Elastisuuden ja lujuuden vuoksi se mukautuu pinnoitetun rakenteen mukana eikä halkeile tai menetä ominaisuuksiaan. Hyvän iskunkestävyyden ansiosta sitä voidaan käyttää raskaskoneistossa, esimerkiksi kuorma-autojen lavoissa ja lastauslaitteiden kauhoissa. Mekaanisen kulutuskestävyyden ja paksun ruiskutuskerroksen avulla polyurea kestää pinnoitteena kevyestä liikenteestä raskaan liikenteen kulkuväyliin. (PDA Europe 2019.)

Saumattomuuden ja helpon levittämisen vuoksi sitä käytetään kattojen vesieristeenä ja pinnoitteena. Monimutkaiset läpiviennit ja muut epäsäännöllisyydet saadaan tehokkaasti eristettyä ilman vuotavia saumakohtia. Polyurea on paloturvallinen vaihtoehto seinä, lattia ja kattorakenteita pinnoittaessa, koska se ei tarvitse tulitöitä. Tarjolla on myös polyureapinnoitteita, joita voidaan käyttää paloluokituksen vaatimissa kohteissa. (Teknos Oy 2020.)

3.3 Teknopur

Teknopur on Teknos Oy:n valmistama polyureapinnoitesarja, joka sisältää erilaisiin sovelluksiin sopivia pinnoitteita. Puhdasta polyureatekniikkaa käyttäviä pinnoitteita ovat

Teknopur 300 ja sen variaatiot. Teknopur 400 perustuu modifioituun polyureateknologiaan, joka on kustannustehokkaampi vaihtoehto puhtaalle polyureatekniikalle.

Property	Standard	Unit	TEKNOPUR 300-800	TEKNOPUR 320-800	TEKNOPUR 340 FR	TEKNOPUR 360-800	TEKNOPUR 400-800
Gel time		s	5	10-15	5	30-45	10-15
Hardness (24h, Shore A/D)	ISO 868		98/52	90/40	98/60	97/51	91/35
Tensile strength	ISO 527-2	MPa	20	17	14	12	15
Elongation	ISO 527-2	%	380	420	300	410	400
Nominal Elongation	ISO 527-2	%	600	800	350	650	500
Tear strength	ISO 34-1:2015 C	N/mm	65	55	75	50	30
Impact resistance, RT	ISO 6272-2	kg*cm	>200		>200	>200	>200
Impact resistance, -20°C	ISO 6272-2	kg*cm	>200	>200		>200	>200
Taber abrasion, H22, 1000 g, 1000 r	ISO 7784-2	mg	40	28	30	71	25
Water vapor permeability	ISO 7783	g/m ² /day	11	22	6	11	12
Water absorption	65°C / 10 d	%	2	6		7	6

Taulukko 6. Teknopur pinnoitteiden ominaisuuksia (Teknos Oy 2020).

Teknopur 300 -polyureapinnoite perustuu puhtaaseen polyureateknologiaan, jolla saavutetaan saumaton pinta, ja joka kestää hyvin niin mekaanista kuin kemiallistakin kuormitusta (taulukko 6, taulukko 7). Geeliytymisaika vaihtelee pinnoitteen mukaan viidestä sekunnista noin 45 sekuntiin. Pitempi geeliytymisaika helpottaa ruiskutusta, ja edesauttaa tasaisemman pinnan muodostumista. Vesieristykseen ja pinnoitukseen soveltuva Teknopur 320 ja tasaisemmille pintavaatimuksille soveltuva Teknopur 360 geeliytyvät hitaasti ja pystyvät venymään enemmän, kun taas Teknopur 300 ja Teknopur 340 FR kestävät mekaanista ja kemiallista kulutusta paremmin. Teknopur 340 täyttää pohjoismaisen CEN TS 1187 -testi 2-palotestin vaatimukset kaikilla palamattomilla sekä määrätyillä palavilla materiaaleilla. (Teknos Oy 2020.)

TEKNOPUR 300–800: EXCELLENT CHEMICAL RESISTANCE

Chemical resistance @ +23°C if not otherwise noted	Standard	Minimum durability without major changes
Distilled water	ISO 2812-1	3+ years
Sea water	ISO 2812-1	3+ years
NaOH 50%	ISO 2812-1	2+ year
Ammonia 20%	ISO 2812-1	2+ year
Sulphuric acid 20%	ISO 2812-1	2+ year
Acetic acid 10%	ISO 2812-1	1+ year
Hydrochloric acid HCl 10%	ISO 2812-1	2+ year

Taulukko 7. Teknopur 300–800 kemikaalikestävyys

Teknopur 400 on puhtaiden polyureapinnoitteiden tapaan kaksikomponenttinen elastomeeripinnoite. Se käyttää samaa koveteainetta kuin Teknopur 300 -sarjan pinnoitteet. Ominaisuuksiltaan ja käyttökohteiltaan se muistuttaa Teknopur 320 -pinnoitetta. Modifi-

oitu polyurea on kustannustehokas vaihtoehto vesieristykseen ja kattojen ja betonirakenteiden pinnoitukseen. Teknopur 400 ei tuki ruiskutuspuistoolia niin usein, kuin puhdas polyurea. Modifioitua polyureaa löytyy puhtaasta teknologiaa useammassa sävyissä. (Teknos Oy.)

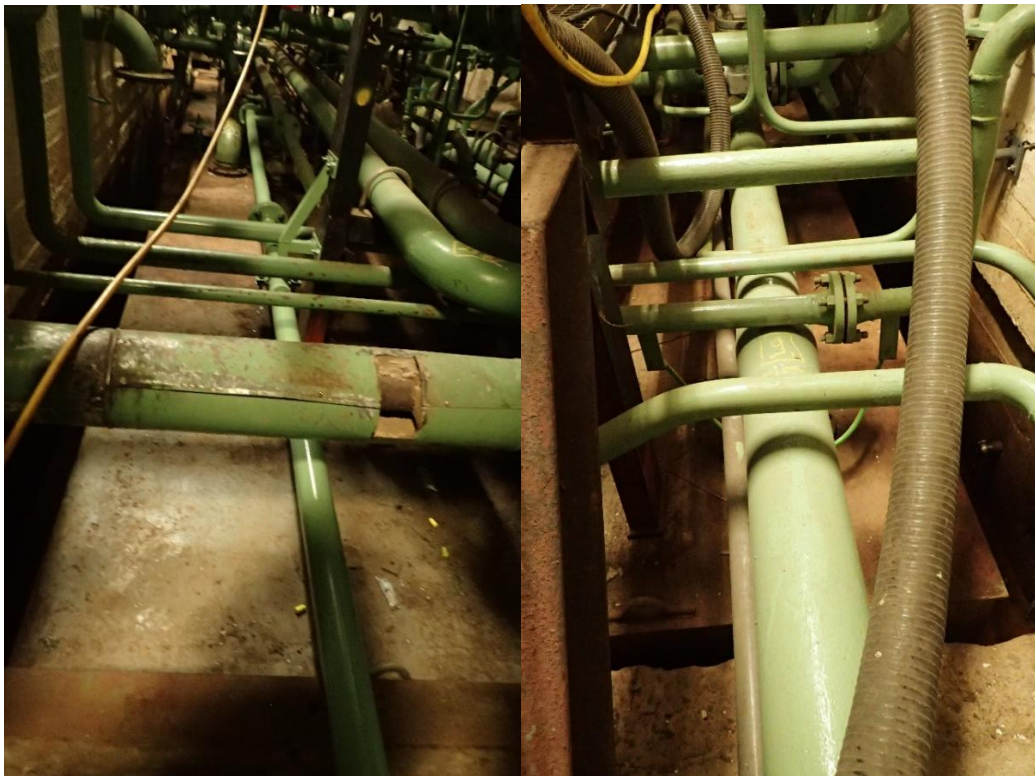
Teknopur Sealer -pohjamaalia suositellaan käyttämään pinnoitettavilla pinnoilla. Pohjamaalin tarkoituksena on tehdä tarttumispinnasta sellainen, että pinnoite tarttuu halutusti. Hyvä ja tasainen pinnoitteen tartunta ehkäisee irtoamista ja pidentää pinnoiteyhdistelmän elinikää. Polyureapinnoitteen pinta haalistuu UV-valossa, vaikuttamatta kuitenkaan sen muihin ominaisuuksiin. Jälkipinnoitteiden avulla pinnasta saadaan haalistumaton, sekä olosuhteiden sitä vaatiessa myös parannettua esimerkiksi kemiallista kestävyyttä.

4 HYLKYSÄILIÖPROJEKTI

4.1 NFA-1- ja NFA-2- hylkysäiliöt

4.1.1 Lähtötilanne

Vuoden 2020 helmi-maaliskuussa liuotinluolaan rakennettiin uusi viemäri- linja on yhteydessä hylkysäiliöihin, joten rakennustöiden vuoksi luolanpuoleinen viemä- risäiliö avattiin. Koska toinen säiliöistä oli pakko avata, päätettiin tilaisuuden myötä avata, pestä ja tarkastaa kumpikin säiliö. Operointi tyhjensi pumpulla säiliöt niin tyhjiksi kuin mahdollista. Molemmat hylkysäiliöt erotettiin venttiilierotuksella. Venttiilierotuksessa lin- jaa ei sokeoida, eli suljeta laippaliitoksen väliin asennettavalla metallilevyllä. Venttiilier- otuksen hyvä puoli on sen nopeus, mutta se ei ole yhtä varma kuin sokeointi. Venttiilin on mahdollista jäädä vuotamaan, jos se ei sulkeudu oikein. Vuodon syynä voi olla esimer- kiksi lika, joka estää tiivistepintojen oikean toiminnan, tai rikkoutunut sulkumekanismi.



Kuva 5. Säiliöiden päällä kulkevat putkistot vaikeuttavat huomattavasti säiliöiden kun- nossapitoa. Vasemmanpuoleisessa kuvassa säiliö NFA-2 ja oikeanpuoleisessa kuvassa NFA-1.

Erotuksen jälkeen säiliöt avattiin, jolloin havaittiin säiliöissä olevan vielä noin 30 cm ruostesakkaa ja sen päällä noin 10 cm liuotinta. Säiliöihin jäänyt sisältö tyhjennettiin imuautolla. Erotustavan vuoksi säiliöihin ei voitu mennä sisälle turvallisuusriskin vuoksi, joten sisäpuolisia tarkastuksia ei voitu suorittaa. Luukuilta tehtyjen visuaalisten tarkastusten avulla havaittiin huomattavaa korroosiota kummassakin säiliössä. Kummankin säiliön vaippa sekä katto tarkastettiin ulkopuolelta:

	Vaippa (mm)	Katto (mm)
NFA-1	3,7–5,1	4,7–5,1
NFA-2	3,7–5,2	4,1–5,3

Taulukko 8. Hylkysäiliöiden seinämäpaksuusmittausten tulokset.

Säiliöiden ahtaan sijainnin ja asennon toisiinsa nähden vuoksi NFA-1-säiliön luolan puoleista päätyä, eikä NFA-2 ulko-oven puolesta päätyä saatu mitattua. Säiliöiden katto on syöpynyt vähemmän, kuin säiliöiden vaippa (taulukko 8). Visuaalisesta tarkastuksesta säiliön sisällä havaittiin vaipan syöpymän olevan suurempaa säiliön alaosassa. Säiliön pohjaa ei pystytty mittaamaan, koska säiliöt sijaitsevat luolan pohjalla putkiston alla. Tarkastustulosten pohjalta voidaan olettaa sisäpuolisen korroosion olevan suurinta juuri säiliön pohjassa. Myös ulkopuolinen korroosio on todennäköisesti huomattavaa säiliöiden pohjassa, koska ne ovat luolan pohjalla, jossa on lähes aina vettä.

4.1.2 Materiaalit

Viemärisäiliöt on valmistettu hiiliteräksestä tai niukkaseoksisesta teräksestä. Varmuutta materiaalista ei ole, koska säiliöistä ei ole aikaisempaa dokumentointia. Nesteen säiliöiden valmistuksessa käytetyt materiaalit valitaan standardin SFS-EN 14015 kohdan 6 mukaan. Standardissa esitetään vähimmäisvaatimukset käytetylle materiaalille ja vähimmäislämpötila, jossa sitä voidaan käyttää. Lisäksi esitetään Charpyn V-lovikokeessa käytettävä iskuenergia. Käytetyistä materiaaleista tulee löytyä standardin SFS-EN 10204 mukainen materiaalitodistus.

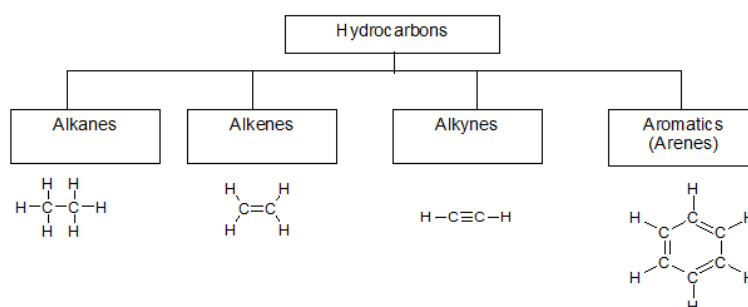
Säiliöt ovat suoraan betonilattian päällä usean putkilinjan alapuolella, joten säiliöiden pohjat sekä vaippojen alareunat ovat osittain upotusrasituksessa lattialle kertyvän veden ja mahdollisen liuottimen vuoksi. Säiliöiden sijaitessa lattialla, maan ja ilman lämpötilaero voi aiheuttaa niille korroosiorasitetta. Putkilinjojen vuoksi luokse päästävyys on vajaavaista, eikä säiliöitä pysty siirtämään huoltotoimenpiteitä varten. Muusta järjestelmästä

erotettuna säiliöiden sisäpuolisen huollon voi suorittaa. Säiliöiden eristäminen maasta ja upotusrasituksen poistaminen keventäisi niiden korroosiorasituskuormaa ja pidentäisi käyttöikä. Säiliöiden sijainti ja käyttötarkoitus estävät olosuhteiden parantamisen.

4.2 Varastoitavat tuotteet

4.2.1 Hiilivedyt

Hiilivedyt ovat orgaanisia yhdisteitä, jotka sisältävät vain hiiltä ja vetyä. Atomit kiinnittyvät toisiinsa kovalenttisilla sidoksilla. Hiilivedyt voidaan jakaa tyydyttyneisiin ja tyydyttymättömiin sidoksiin hiiliatomien välisten sidosten mukaan. Tyydyttyneissä hiilivedyissä, alkaaneissa, hiilien välillä on vain yksinkertaisia sidoksia. Alkeenit ja alkyynit ovat tyydyttymättömiä hiilivetyjä (kuvio 6). Alkeeneissa hiiliatomien välillä on vähintään yksi kaksoissidos ja alkyneissa atomien välillä on vähintään yksi kolmoissidos. (Kaila et al. 2009, 36, 41.)



Kuvio 6. Hiilivetyjen jaottelu sidosten mukaan (Chem Libretexts 2019).

Rengasrakenteinen hiilirunko tuo etuliitteen syklo-. Bentseeni on kuuden hiiliatomin rengasmaisen hiilivety, jossa joka toinen hiiliatomien välinen sidos on kaksoissidos. Bentseenirenkaan sisältämiä yhdisteitä kutsutaan aromaattisiksi yhdisteiksi. Öljynjalostuksen tuotteet ovat kaikki hiilivetyjohdannaisia. (Kaila et al. 2009, 40.)

Melkein kaikkia eri hiilivetyjä esiintyy luonnossa, kuten esimerkiksi maakaasussa ja raakaöljyssä. Raakaöljy on öljyn jalostuksessa käytettävä raaka-aine, josta saadaan jalostuksen eri vaiheissa erilaatuisia öljytuotteita (Chen 2020). Neste Oyj:n öljynjalostamoiden tuotevalikoimaan sisältyy (Neste Oyj 2020b).

- dieselpolttoaineet

- lento- ja laivaliikenteen polttoaineet
- kevyet ja raskaat polttoöljyt
- perusöljyt
- bensiinikomponentit
- erikoispolttoaineet
- liuottimet
- nestekaasut
- bitumit.

Opinnäytetyön säiliöihin kerätään luolan lattialle kondensoituneen veden, sekä varastosäiliöiden liuotintuotteiden sekoitusta. Jokaisella säiliöllä on tuotteen laadun tarkastusta varten näytteenottoaikat, jotka yhdistyvät hylkysäiliöihin laskevaan viemäriin.

4.2.2 Liuottimet

Nesteen Naantalin jalostamo tuottaa erilaisia Nessol-liuotinvalmisteita, joiden ominaisuudet sopeutuvat eri käyttötarkoituksiin. Vähäaromaattiset ja aromaattittomat, sekä valopetroli ovat kirkkaita, kun taas liuotinpesuaineina käytettävät emulgoivat liuottimet ja painovärien pesuaineet voivat olla väriltään hieman kellertäviä tai ruskeahkoja. Liuottimet kulkevat rikinpoistoyksikön läpi missä tuotteista saadaan poistettua rikki lähes kokonaan. Erilaisia tuotettuja liuotintyyppisiä ovat: (Neste Oyj 2017a.)

- Vähäaromaattiset hiilivetyliuottimet
- Aromaattivapaat hiilivetyliuottimet
- Emulgoituvat hiilivetyliuottimet
- Painovärien pesuaineet
- Muut (Valopetroli, isopropanoli).

Liuotinluolan varastosäiliöissä varastoidaan aromaattittomiin hiilivetyliuottimiin luokiteltuja NESD40, NESD60, NESD80, NESD100, NESD100P, NESD100+ tuotteita. Aromaattittomien liuottimien lisäksi hylkysäiliöön keräytyy petroliluokkaista ODOKER:ia (odourless kerosene). Tuotenimikkeiden perässä oleva numero viittaa liuottimen leimahduspisteeseen. Leimahduspisteellä tarkoitetaan lämpötilaa, jossa näyte höyrystyy normaalissa ilmanpaineessa niin runsaasti, että se saa ilman kanssa aikaan ulkoisella sytytyksellä syttyvän seoksen. Viemärisäiliöistä otetun pH-testin tulokseksi saatiin 7,5.

4.3 Pinnoitustyö

Opinnäytetyön viemärisäiliöiden tapauksessa polyurea on hyvä kunnossapidon vaihtoehto. Säiliöt ovat syöpyneet upotusrasituksen vuoksi osittain huomattavasti (taulukko 8), joten polyurean paksu kerrospaksuus toimii paikka-aineena syöpyneisiin kohtiin ja kulumuspintana pinnoitettavalle alueelle. Saumaton pinta suojaa jäljellä olevaa materiaalia li-säkorroosiolta ja tekee säiliöistä tiiviit. Kemikaalinkestävyys on tärkeää säiliöihin johdettavan liuottimen vuoksi. Tulityötön pinnoitus mahdollistaa turvallisen levityksen liuotinuolun olosuhteissa. Viemärisäiliöiden pinnoitustyö jakautui viiteen työvaiheeseen

- Säiliöiden erottaminen ja tyhjennys ja pesu
- Hiekkapuhaltaminen
- Polyureapinnoitus
- Pinnoituksen tarkastus
- Erotusten purkaminen.

4.3.1 Työturvallisuus

Nesteen arvojen mukaisesti turvallisuus on tärkein osa suoritettavaa työtehtävää. Työn luonteen poiketessa normaalista kunnossapidosta järjestettiin ennen töiden aloittamista työn riskien arviointi (TRA) palaveri, johon osallistuivat kaikkien projektissa työskentelevien tahojen edustajat sekä Nesteen palokunnan edustaja. TRA järjestetään, jotta kaikki työvaiheiden aikana mahdolliset vaarat voidaan huomioida ja ennakoida niiden välttämiseksi.

Säiliöiden sisäpuolisiin töihin on haettava yleisen työluvan lisäksi säiliötyölupa ja varmistettava mittauksilla säiliön sisäilman happipitoisuus ja vaarallisten aineiden pitoisuus. Mittaustulosten ja työtilassa käsiteltyjen aineiden perusteella määritellään käytettävät henkilösuojaimet. Säiliötyöluvan yhteydestä löytyy säiliötodistus, johon kirjataan mittaushetken tulokset. Säiliötodistuksesta voidaan tarkistaa, onko säiliössä turvallista työskennellä.

Teknopur pinnoitetta levitettäessä tuli käyttää yleisten henkilösuojainten lisäksi kasvosuojainta ja suoja-pukua. Mahdollisen tapaturman varalta kulkuaukkojen yläpuolelle asennettiin kolmijalat. Kolmijalkoihin kiinnitettiin nostolaite, jolla tajuton henkilö voitaisiin nostaa ulos säiliöstä tapaturman sattuessa.

4.3.2 Säiliöiden erotus, tyhjennys ja pesu

Ennen muiden työvaiheiden suorittamista säiliöt erotettiin muusta järjestelmästä erotussuunnitelman mukaisesti. Työn aikana tuotteiden päätyminen säiliöihin estetään sokeoimalla yhteydessä olevat linjat lähimmästä laippaliitoksesta tai muusta sokeoitavasta kohdasta. Erotuksen vuoksi normaalisti säiliöihin johdetut vesi ja liuottimet tyhjenetään uuteen viemäriin ja asennetun yhteen kautta tarvittaessa. Luolan lattiavedet keräävä betoniallas tyhjenetään niin ikään tarvittaessa.



Kuva 6. NFA-2-säiliön avattu kulkuaukko. Jo kulkuaukolta voidaan havaita säiliön sisäpuolista korroosiota.

Erotuksen jälkeen säiliöiden kulkuluukut avattiin ja säiliöt tyhjennettiin imuauton avulla (kuva 6). Vaikean työskentelytilan vuoksi osa säiliöiden päällä kulkevan hoitotason ritoilöistä poistettiin kulun helpottamiseksi. Pesu suoritettiin säiliöpesurin avulla, jolloin kenenkään ei tarvinnut työskennellä säiliöiden sisällä. Pesun avulla Säiliöiden pohjista paljastui jokin aikaisempi pinnoite, joka oli rikkoutunut useista kohdista kummastakin säiliöstä (kuva 7).



Kuva 7. NFA-2-säiliö tyhjennyksen jälkeen ennen pesua (vasemmalla) ja sen jälkeen (oikealla).

4.3.3 Hiekkapuhaltaminen

Säiliöt hiekkapuhallettiin valmistajan suosittelemaan esikäsitteilyasteeseen Sa 2,5. Suihkupuhdistusrakeena käytettiin särmikästä raetta ja lopputuloksen pintaprofiilin tuli olla vähintään karhea, vertailukappaleen ”G” asteikolla 3–4.



Kuva 8. NFA-2-säiliöstä paljastuneet repeämät.

Säiliöiden suihkupuhdistuksen jälkeen puhdistusrakeet imuroitiin. NFA-2 pohjasta ja vaipasta paljastui viisi kappaletta läpisyöpyneitä reikiä ja kaksi halkeamaa (kuva 8, kuva 9). Halkeamat olivat noin viisi senttimetriä pitkiä ja leveimmillään noin viisi millimetriä leveitä. Halkeamat ja reiät paikattiin synteettisellä metallitahnalla, jotta koko säiliö pystyttiin pohjustamaan tasaisesti pohjamaalilla.



Kuva 9. NFA-2-säiliöstä paljastuneet reiät.

4.3.4 Polyureapinnoitus

Viemärisäiliöiden pinnoitusmateriaaliksi valikoitui Teknoksen Teknopur 300–800 valmiste. Valintaan vaikutti tuotteen käyttökohteeseen sopivat ominaisuudet ja jalostamalla muita pinnoitustöitä suorittavan yrityksen aikaisempi kokemus tuotteesta. Laadun varmistamiseksi pinnoitettavan pinnan tulee olla kuiva ja kuivumisaikana lämpötilan on oltava yli -10 °C ja pinnan yli 3 °C kastepisteen yläpuolella. Ilman suhteellinen kosteus saa olla korkeintaan 90 %.



Kuva 10. PMC PHX-2 -kaksikomponenttiruisku.

Pinnoitustyön kalustona käytettiin lämmityksellä varustettua PMC PHX-2 -kaksikomponenttiruiskua (kuva 10) ja PMC AP-2 -pistoolia (kuva 11). Komponentit lämmitettiin

+75°C–+85°C ja letkut lämmitettiin samaan lämpötilaan. Pinnoitteen lämpötila oli suuttimessa noin 70 °C. Komponentit sekoittuivat pistoolin päässä olevassa pienessä kammissa juuri ennen suutinta, josta sekoittunut pinnoite ruiskutetaan ulos. Ruiskutusaine oli 150–160 bar. Komponenttien sekoitussuhteen tuli olla 1:1, ja se varmistettiin syöttöpumppujen painetta ja komponenttien kulutusta seuraamalla. Pistoolin liipaisimesta päästettäessä paineilma puhdistaa kammion, jolloin pistoolin tukkiutumista ei ole vaaraa. Ruiskutuksen jälkeen pistooli täytetään vaseliinilla varastointia varten.



Kuva 11. PMC AP-2 -kaksikomponenttiruiskutuspuistooli.

Kahden viemärisäiliön pinnoitukseen kului laitteiston valmistelu mukaan lukien noin kolme tuntia. Ahtaasta tilasta huolimatta pinnoitus onnistui ongelmitta (kuva 12). Polyureaa ruiskutettiin yhteensä 5000 µm kalvo, johon kului yhteensä noin 350–400 litraa pinnoiteainetta. Vain säiliöiden sisäpinnat pinnoitettiin. Kulunut aika ja pinnoitteen määrä ovat yhtenäisiä suunniteltujen resurssien kanssa.



Kuva 12. NFA-2 (vas.) ja NFA-1 (oik.) polyureapinnoitettuna.

4.3.5 Pinnoituksen tarkastaminen ja erotusten purkaminen

Nesteen tarkastusorganisaation ohjeistuksella säiliöön suoritettiin visuaalinen tarkistus, jossa seulottiin pinta poikkeamien löytämiseksi ja tasaisen lopputuloksen varmistamiseksi. Mahdollisia kalvontarkastusmenetelmiä ovat kalvonpaksuusmittaus ja läpilyöntitarkastus (kuva 13). Kalvonpaksuusmittaukseen tarvittavalla mittausvälillä varustettua välineistöä ei ollut saatavilla pinnoituksen aikana. Läpilyöntitarkastuksessa pinnoite tarkastetaan haravoimalla pinta johtimella, johon on säädetty oikea jännite kalvonpaksuudelle. Mikäli johtimen ja rakenteen välillä kulkee virta, kalvossa on poikkeama.



Kuva 13. Elcometer 236 -läpilyöntimittari.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Polyurea on hylkysäiliöiden kaltaisiin kohteisiin sopiva pinnoitusmateriaali, jolla voidaan elvyttää ja antaa lisää käyttövuosia suhteellisen huonossakin kunnossa oleville rakenteille. Kemikaalikestävyytensä avulla polyureaa voitaisiin käyttää jalostamo-olosuhteissa läsnä olevien hiilivetyjen kanssa. Palavien nesteiden varastoinnissa vaadittavat viranomaistarkastukset kuitenkin asettavat esteitä polyurean käyttöön. Yleinen kalvonpaksuus 500–3000 µm estää pinnoitteen alaisten rakennemateriaalien mittaukset ja mahdollisten kunnossapitotoimenpiteiden suorittaminen on hankalaa. Kalvon kovuuden ja elastisuuden vuoksi hiekkapuhaltaminen tai mekaaninen poistaminen on haastavaa. Pinnoitteen alla havaittua poikkeamaa ei välttämättä pystytä korjaamaan ilman koko pinnoitteen uusimista.

Varteenotettavia käyttökohteita jalostamoympäristössä ovat viranomaistarkastusten ulkopuolella olevat hylkysäiliöiden kaltaiset säiliöt sekä esimerkiksi jätevesien käsittelyssä käytettävät hapetusaltaat. Laboratoriotestien avulla voidaan jälleenmyyjältä selvittää pinnoitteen kestävyys käyttökohteen mukaisten kemikaalien kanssa. Varastoinnin lisäksi pinnoitetta voitaisiin käyttää korjaamon tapaisten työtilojen lattiapinnoissa, joissa pintaan saattaa kohdistua ajoittain kovia iskuja ja voimia. Yleiset käyttökohteet kuten kulkuväylät ja vesieristykset ovat mahdollisia käyttökohteita.

Polyurean ja maalaamisen kustannuserot syntyvät pinnoitemateriaalien kalvonpaksuudesta. Epoksi- ja polyuretaanimaalien noin 300 µm on vain 10 % polyurean jopa 3000 µm kalvonpaksuudesta, jolloin myös kustannukset ovat huomattavasti korkeammat. Paksu pinnoite tuo paremman kestävyuden ja laajemmat käyttömahdollisuudet. Jalostamoalueella toimivan pinnoiteurakoitsijan jo olemassa olevilla välineillä ei materiaalien lisäksi synny laitteiston vuokrauskustannuksia. Opinnäytetyössä toteutetun pinnoituksen pidemmän aikavälin tarkastelulla saadaan konkreettisia tuloksia polyurean käytettävyydestä Nesteen kaltaisen jalostamon olosuhteissa. Teoreettinen käyttökelpoisuus on mahdollista, mutta käytännön tulokset ovat nähtävissä hylkysäiliöistä vasta pidemmän tarkastelujakson jälkeen.

LÄHTEET

Barsoum, R. 2015. Elastomeric polymers with high rate sensitivity.

Chemistry Libretext 2019. 2.8: Hydrocarbons. Viitattu 24.9.2020 https://chem.libretexts.org/Courses/Sacramento_City_College/SCC%3A_Chem_420_-_Organic_Chemistry_I/Text/02%3A_Structure_and_Properties_of_Organic_Molecules/2.08%3A_Hydrocarbons

Chen, J. 2020. Oil refinery. Investopedia. Viitattu 18.9.2020 <https://www.investopedia.com/terms/o/oil-refinery.asp>

Coatings.fi. Polyureapinnoite. Viitattu 18.9.2020 <http://www.coatings.fi/polyureapinnoite/>

Kunnossapitoyhdistys ry. Korroosiokäsikirja 2006. Kunnossapidon julkaisusarja, n:o 12.

Kaila, Meriläinen, Ojala, Pihko 2009. Reaktio: Ihmisen ja elinympäristön kemia.

Neste Oyj 2017a. Nessel-liuottimet. Puhtaat hiilivetyliuottimet teollisuuden tarpeisiin. Viitattu 8.1.2021 https://www.neste.fi/sites/neste.fi/files/Neste_Nessel-liuottimet_tuotesite_WEB.pdf

Neste Oyj 2020b. Öljytuotteet. Viitattu 18.9.2020 <https://www.neste.fi/node/11252>

Opetushallitus. Kunnossapidon jako. Viitattu 26.11.2020 http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet_2-1_kunnossapidon_kasitteet_ja_maaritelmat.html

PDA Europe 2019. Polyurea elastomers. Viitattu 16.10.2020 <https://pda-europe.org/wordpress/wp-content/uploads/2019/05/PDA-Europe-brochure-2019-Final.pdf>

SFS-EN ISO 8044. Metallien ja metalliseosten korroosio. Termit ja määrittelyt.

SFS-EN ISO 12944-1. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 1: Yleistä.

SFS-EN ISO 12944-2. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu.

SFS-EN ISO 12944-5. Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 5 Suojamaaliyhdistelmät.

SFS-KÄSIKIRJA 68-1 2004. Metallien korroosionestomaalaus. Osa 1: Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä 2004.

Teknos Oy 2013. Korroosionestomaalauksen käsikirja.

Teknos Oy 2020a. TEKNOPUR 300–800 Tuoteseloste. Viitattu 18.9.2020 https://www.teknos.com/document/tds/FI_300-800_8.pdf

Teknos Oy 2020b. TEKNOPUR polyurea coatings. Viitattu 18.9.2020 <https://www.teknos.com/globalassets/teknos.com/industrial-coatings/downloads/brochures/metal-wet-paint-brochures/teknos-polyurea-coatings-brochure.pdf>