



Vaasan yliopisto
UNIVERSITY OF VAASA

Jaakko Erkkilä

W3X-moottoreiden suojaus ulkosiirtojen ajaksi

Diplomityö

Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö
Diplomityö
Energia- ja informaatiotekniikan koulutusohjelma

Vaasa 2024

VAASAN YLIOPISTO**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö**

Tekijä:	Jaakko Erkkilä		
Tutkielman nimi:	W3X-moottoreiden suojaus ulkosiirtojen ajaksi		
Tutkinto:	Diplomi-insinööri		
Koulutusohjelma:	Energia- ja informaatiotekniikka		
Työn valvoja:	Anne Mäkiranta		
Työn ohjaajat:	Teemu Ovaska, Marko Myllykangas		
Valmistumisvuosi:	2024	Sivumäärä:	57

TIIVISTELMÄ:

Tämän työn tavoitteena on Wärtsilän V31, 32 ja 34 (3X) moottoreiden suojauksen kehittäminen ja parantaminen lyhyen kuljetusvälin aikana. Moottorien suojaaminen on tärkeää lian, pölyn, kosteuden ja muiden epäpuhtauksien ehkäisemiseksi. Nämä voivat johtaa moottorin maalausprosessin epäonnistumiseen tai moottorin sisäisten komponenttien kulumiseen tai vaurioitumiseen. Nykyisessä lyhyen kuljetusvälin moottorin suojaamisessa ja peitteiden kierrätysprosessissa kehitettävää on moottorin suojaamisen ohjeistuksessa ja kierrätysprosessin selkeyttämisessä. Haasteina olivat kevytpeitteiden oikean koon ja kiinnityspisteiden tunnistaminen sekä materiaalin kestävyys.

Tutkimus toteutettiin kvalitatiivista haastattelumenetelmää hyödyntäen Wärtsilän eri osalueiden asiantuntijoiden kanssa. Haastattelut toteutettiin DC-STH-kehitysosaston, DC-STH-laatuosaston, DC-STH-nostohenkilöstön sekä alihankkijoiden työnjohdon kanssa yhteistyössä. Haastattelut toteutettiin kasvokkain, Microsoft Teamsin välityksellä sekä sähköpostikyselyinä. Haastattelut pohjautuivat moottorin suojaamiseen kevytpeitteellä prosessin alkutilanteessa, menetelmien ja nykyprosessin kehityskohtiin alkutilanteissa sekä käytännön testauksen tuloksiin ja näiden analysointiin.

Työn kehityskohteita ovat moottoreiden suojaaminen ja kierrätysprosessi, peitteiden säilytyksen ja DC-STH-logistiikan selkeyttäminen sekä kierrätysprosessin optimointi. Suojaamisen kehityksellä voidaan vähentää moottoreiden pesutarvetta ja nopeuttaa tuotantoprosessia. Suojausprosessin kehittäminen vaatii useita uusien peitteiden testaamiskertoja, keskustelua eri sidosryhmien kanssa ja ohjeistusta.

Tällä työllä saavutettiin alkuperäistä parempi 3X-moottoreiden lyhyen kuljetusvälin suojausratkaisu ja selkeämpi peitteiden kierrätysprosessi Wärtsilä STH:n, Wärtsilä DCV:n ja viimeistelypartnerin välillä. Lisäksi työssä on pohdittu suojauksen ja kierrätysprosessin tulevaisuuden jatkokehitystä.

AVAINSANAT: moottori, korrosio, moottorinsuojaus, kuljetus, kevytpeite, logistiikka

UNIVERSITY OF VAASA**School of Technology and Innovations**

Author:	Jaakko Erkkilä		
Title of the Thesis:	Protection of W3X engines during external transfers		
Degree:	Master of Science in Technology		
Degree Programme:	Energy Technology		
Supervisor:	Anne Mäkiranta		
Instructors:	Teemu Ovaska & Marko Myllykangas		
Year:	2024	Pages:	57

ABSTRACT:

The aim of this study is to develop and improve of the protection of Wärtsilä s V31, V32 and V34 (3X) engines during the short transportation periods. Protecting engines is crucial to prevent dirt, dust, moisture and other contaminants, which can lead to failure in the engine painting process or the wear and damage of internal engine components. There is room for improvement in the current short distance transportation engine protection and cover recycling process, specifically in the guidance for engine protection and the clarification of the recycling process. Challenges includes identifying the correct size and attachment points for lightweight covers and the durability of the material.

The research was conducted using qualitative interview methods with experts from various Wärtsilä departments. Interviews conducted in collaboration with DC-STH development department, DC-STH quality department, DC-STH lifting personnel and subcontractor management. The interviews were carried out of face to face, via Microsoft teams, and through email surveys. The interviews focused on the initial state of the engine protection process with lightweight covers development areas of the methods and currently process at the initial stages and the results and analysis of practical training.

The development areas of this work included engine protection and the recycling process, as well as the storage of covers, clarification of DC-STH logistics, and optimization of the recycling process. Improved protection can reduce the need for the engine washing and speed up the production process. Developing the protection process requires testing several new covers, discussions with various stakeholders and guidance. The measure can be enabled Wärtsilä to achieve higher quality protection and improve customer satisfaction.

As a result of this work a better short-distance transportation protection solution for 3X engines and clearer cover recycling process between Wärtsilä STH, Wärtsilä DCV and the finishing partner were achieved. Additionally, the future development of the protection and recycling process has been considered in the study.

KEYWORDS: engine, corrosion, engine protection, transport, tarp, logistics

Sisällys

1	Johdanto	7
2	Yritysesittely	9
3	Korroosio	11
3.1	Korroosioluokitukset	11
3.2	Tasainen korroosio	12
3.3	Epätasainen korroosio	13
3.4	Korroosion esto	14
3.5	Suunnittelu	15
4	Epäpuhtauksien vaikutus polttomoottorin toimintaan	16
5	Maalattavan pinnan esikäsittely	18
5.1	Raesuihkupuhdistus	18
6	Ohjeistus	21
6.1	Ohjeen laatiminen	21
6.2	Hyvä käyttöohje	22
6.3	Turvallisuus	24
7	Lean	25
7.1	Lean-toiminnan kehittäminen	25
7.2	Hukka	26
7.3	Työturvallisuus	27
7.4	Jatkuva parantaminen	27
7.5	Työn vakiinnuttaminen	28
8	5S	29
8.1	5S-toteutustapa ja menetelmä	29
8.2	5S:n mahdolliset hyödyt ja puutteet	32
9	Tutkittavan työn esittely	33
10	Menetelmä	35
10.1	Moottorin suojaus ja välikuljetuspeitteiden kierrätys	36

10.2	Välikuljetussuojauksen kehitys	37
10.3	Kevytpeitteiden kierrätysprosessin kehitys	38
10.4	Käytännön testaus	39
11	Tulokset	41
11.1	Moottorin pesemisprosessi	41
11.2	Moottorin suojaamisen vaikutus	42
11.3	Ohjeistus moottorin suojaamiseksi välikuljetuksen aikana suojamuovilla	43
11.4	Ohjeistus moottorin suojaamiseen	44
11.5	Ohjeistus kevytpeitteiden kierrättämiseen	45
11.6	Suojapeitteiden kierrätysprosessin jatkokehitys	46
12	Pohdinta	47
12.1	Kevytpeitteiden kierrätys ja ohjeistus	47
12.2	Suojauksen kehitys ja ohjeistus	48
12.3	Suojaamisen jatkokehitys suojamuovilla ja kevytpeitteillä	48
13	Johtopäätökset	50
13.1	Suojaamisen tärkeys	50
13.2	Kevytpeitteiden kierrätysprosessi	51
13.3	Moottorin pesuprosessi	51
14	Yhteenveto	53
	Lähteet	54
	Liitteet	56
	Liite 1. Tutkimuskysymykset	56

Kuvat

Kuva 1. Moottorin suojaus asiakastoimituskuljetuksiin. (Wärtsilä, 2024).	8
Kuva 2. Rasitusluokat. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).	20
Kuva 3. 5S-menetelmä. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)	30
Kuva 4. Nykyinen kierrätysprosessikaavio STH:n ja viimeistelypartnerin välillä.	34
Kuva 5. Alkuperäinen kierrätysprosessi STH:n ja DCV:n välillä.	34
Kuva 6. Moottorin suojamuovin kierrätysprosessi.	44
Kuva 7. Kevytpeitteiden kierrätysprosessi ja vastuut.	46

Lyhenteet

STH	Wärtsilä Sustainable Technology Hub
DCV	Wärtsilä Delivery Center Vaasa
3X	Wärtsilä V31, 32 ja 34 -moottorit

1 Johdanto

Tämä diplomityö tehtiin yhteistyössä Wärtsilä Finland Oy:n kanssa. Wärtsilä on merenkulku- ja energiamarkkinoilla johtava innovatiivisen teknologian ja elinkaariratkaisujen toimittaja. Wärtsilällä on maailmanlaajuisesti yli 280 toimipistettä, 79 eri maassa (Wärtsilä, 2022). Wärtsilä halusi kehittää lyhyen kuljetusvälin suojausta ja kevytpeitteiden logistiikkaa.

Tämän tutkimustyön tarkoituksena on perehtyä ja kehittää 3X-moottoreiden suojaukseen niiden siirroissa Wärtsilän kolmen eri toimipisteen välillä Vaasan Vaskiluodossa. Näitä toimipisteitä ovat Sustainable Technology Hub (STH), Wärtsilä Delivery Center (DCV) ja viimeistelyn suorittavan alihankkijan toimitilat. Kun moottori valmistuu tuotannosta, se siirretään ensin koeajoon ja sen jälkeen se siirretään DCV:iin tai alihankkijalle viimeistelyyn. Näiden kuljetusten vuoksi on varmistettava riittävä moottorinsuojaus. Kuljetusvälin pituus on viimeistelevälle alihankkijalle noin 300 metriä ja DCV:lle noin neljä kilometriä.

Työn lähtökohtana oli tunnistetut kehitystarpeet nykyisessä moottorin suojausprosessissa ja sen ohjeistuksessa. Kevytpeitteiden tarkka sijainti ja oikea moottorikohtaisen suojapeitteen valinta ovat epäselviä. Kevytpeitteiden kokojen tunnistaminen tapahtuu värikoodattujen sidontaköysien perusteella, mutta tämä menetelmä on puutteellinen.

Moottoreiden suojaaminen lyhyiden kuljetusten aikana vaatii lisäohjeistusta, jolloin pystytään määrittämään moottoreiden kriittiset suojattavat kohdat ja millaisen suojauksen jokainen moottori vaatii kuljetukselle. Tämänhetkinen ohjeistus kattaa pelkästään moottorin suojaamisen kevytpeitteellä ja moottorin putkipäiden laipoituksen, ilman tarkempia yksityiskohtia. Lisäksi peitteen sidontapaikoille ei ole määritetty tarkkaa ohjeistusta ja kevytpeitteiden logistiikka ja varastointi ovat epäselviä.

Tutkimuksessa perehdyttiin myös puutteellisen moottorin suojustuksesta aiheutuviin riskeihin ja tästä aiheutuviin lisäkustannuksiin yritykselle. Tavoitteena oli kehittää ja optimoida välikuljetuspeitteiden käyttö siten, että yksi välikuljetuspeite sopisi useamman sylinteriluvun moottorille ja moottori suojataan laaditun uuden ohjeen mukaisesti. Tällä kehityksellä pyrittiin selkeyttämään ja vähentämään kevytpeitteiden valikoimaa.

Prosessin kehityksen ja moottorin suojaamisen tärkeyden ymmärtämiseksi käytiin keskusteluja DC-STH-laatuosaston ja DC-STH-kehitysosaston kanssa. Moottorin suojaaminen on tärkeää, jolloin moottorin maalattavat pinnat ja moottorin sisällä kriittiset pinnat pysyvät puhtaina. Tällä pystytään vähentämään moottorin pesemiseen kuluva aikaa ja varmistamaan asiakkaan vaatiman maalipinnan kestävyysluokituksen. Lisäksi moottorin sisälle joutuvien epäpuhtauksien estäminen moottorin kulumisen vuoksi on tärkeää.

Lopuksi tutkimuksessa käydään läpi tulevaisuuden kehitysehdotuksia moottorinsuojauksen ja kevytpeitteiden kierrätysprosessin ja varastoinnin parantamiseksi, jolloin moottorin suojaaminen lyhyille kuljetusväleille olisi mahdollisimman hyvää ja kevytpeitteiden logistiikka tarkkaa ja hallittua. Nämä varmistavat osaltaan moottorien sujuvan läpimenoajan tuotannossa ja vältetään ruuhkautuminen maalaus- ja viimeistelyprosessissa. Asiakastoimituksiin käytetään suojamuovia ja paksua peitettä, joilla varmistetaan suojaus kuljetuksen ajaksi (Kuva 1.).



Kuva 1. Moottorin suojaus asiakastoimituskuljetuksiin. (Wärtsilä, 2024).

2 Yritysesittely

Wärtsilä perustettiin vuonna 1834 Tohmajärven kunnassa. Alun perin yritys oli saha, jonka tilalle rakennettiin rautatehdas vuonna 1851. Saha ja rautatehdas muuttui vuonna 1907 uudeksi yritykseksi nimeltä Ab Wärtsilä Oy. Wärtsilä hankki vuonna 1935 enimmäisomistuksen yrityksestä Kone- ja Siltarakennus Oy:stä ja myöhemmin vuonna 1938 kyseinen yritys ja Turun, Pietarsaaren ja Vaasan konepajat sulautettiin osaksi Wärtsilää. (Wärtsilä, 2022)

Wärtsilän dieselmoottorin aikakausi alkoi, kun yritys solmi lisenssi sopimuksen saksalaisen Friedrich Krupp Germania Werft AG:n kanssa. Ensimmäinen dieselmoottori valmistui marraskuussa vuonna 1942 Turussa. Vuonna 1954 Wärtsilä teki päätöksen aloittaa oman dieselmoottorin suunnittelun Vaasassa ja kesäkuussa vuonna 1954 käynnistettiin Wärtsilä Vasa 14 kolmisylinterinen moottori. Ensimmäiset Wärtsilä Vasa 614 kuusisylinteriset kaupalliset moottorit myytiin Silja Linen m/s Skandia- alukselle. Wärtsilän kansainvälinen liiketoiminta alkoi vuonna 1978, kun Wärtsilä hankki 51 % NOHAB-diesel-liiketoiminnasta Boforsilta Ruotsista ja loput yrityksestä hankittiin vuonna 1984. (Wärtsilä,2022)

Wärtsilä ja Lohja fuusioituivat 1990, ja yrityksen nimeksi annettiin Metra Oy Ab. Metra määriteltiin kansainväliseksi teollisuuskonserniksi, joka painopisteet ovat rakentamiseen ja dieselmoottoritekniikkaan liittyvät toiminnot. Metra oli osana useamman yrityksen fuusioitumista vuonna 1996, Metra ja Fincantier sopivat Diesel Richerchen ja New Sulzeri Dieselin yhdistymisestä ja uuden yrityksen nimeksi tuli Wärtsilä NSD Corporation. (Wärtsilä, 2022)

Vuonna 2024 Wärtsilä työllistää yli 17 500 työntekijää, 79 maassa ja yli 240 toimipisteessä. Suomessa Wärtsilän pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja Wärtsilä Finland Oy on Wärtsilän suurin tytäryhtiö, jonka toimipisteet sijaitsevat, Helsingissä, Turussa ja Vaasassa. Lisäksi yhtiö työllistää suomessa noin 3700 työntekijää. (Wärtsilä 2024).

Nykyään Wärtsilä on maailmanlaajuisesti tunnettu yritys merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilä on nykyään keskittynyt kolmeen erilaiseen toiminta-alueeseen. Wärtsilä Energy fokusoituu hiilineutraalisuuteen, ja siihen kuuluu erilaisilla polttoaineilla toimivat sähköjärjestelmää tasapainottavat voimalaitokset, hybridiratkaisut sekä energian varastointi ja energian hallintajärjestelmä GEMS. Wärtsilä Marinen toiminta kohdistuu merenkulun alan moottoreihin, propulsiojärjestelmiin, sähköistys- ja hybridiratkaisuihin ja voimansiirtojärjestelmiin. Wärtsilä Portfolio Business -yksikkö tavoitteena kiihdyttää tuloksetekokyvyn kasvua ja vapauttaa niiden koko potentiaali muiden strategisten vaihtoehtojen ja yritysmyyntien kautta. (Wärtsilä, 2024).

3 Korroosio

Korroosio on spontaani metalliseosten ja metallien välinen kulumisilmiö, joka aiheutuu niiden ja ympäristön välisestä kemiallisesta, sähkökemiallisesta ja biokemiallisesta vuorovaikutuksesta. Ympäristön korroosiota aiheuttavia tekijöitä ovat mm. korkea paine, lämpötilat, hapot ja kloridit. Metallit ja metalliyhdisteet pyrkivät muuttumaan korroosion aikana termodynaamisesti stabiileiksi yhdisteiksi, kuten hydroksideiksi, oksideiksi ja karbonaateiksi. (Brako & Popov, 2015, s. 2).

Korroosioprosessit jaotellaan kemialliseen, biokemialliseen ja sähkökemialliseen korroosioon. Korroosion kemiallista reaktiota edellyttää, että reagoivien hiukkasten on ajaututtava kosketukseen elektronien siirtämiseksi. Termodynaamisesti reaktiota määrää sisäisen energian suhde aktivointienergiaan. Metallien syöpymistä säätelee heterogeenisten kemiallisten reaktioiden laite. Kemiallisen korroosion esimerkkejä ovat metalleja syövyttävä kanssakäyminen johtamattomien orgaanisten yhdisteiden kanssa ja korkeanlämpötilan korroosio aggressiivisten kaasujen vaikutuksesta. Biokemiallista korroosion aiheuttajia ovat maaperä, seisova vesi ja orgaaniset tuotteet, jonka aiheuttavaa mikrobitoimintaa, jotka tuottavat sulfideja, orgaanisia tai epäorgaanisia happoja aiheuttaen metallien hapettumista. (Brako & Popov, 2015, s. 2).

3.1 Korroosiluokitukset

Korroosio voidaan jaotella myös kemiallisen koostumuksen, luonteen, ympäristön ja sähkökemiallisten ominaisuuksien, lämpötilan, korroosion vaikutuksen ja iskunopeuden mukaan seuraaviin muotoihin: tasainen korroosio, pistekorroosio, galvaaninen korroosio, rakokorroosio, jännityskorroosiohalkeilu, rakeiden välinen korroosio, selektiivinen huuhtoutuminen ja eroosiokorroosio. Brako & Popov (2015) luokittelevat nämä kahteen luokkaan:

1. Silmämääräisesti havaittava korroosio, joka on tasaista korroosiota, jonka vaikutuksena on tasainen kuluminen metallin pinnasta, paikallinen korroosio,

joka ilmenee erillisillä pinta-alueilla, joka johtaa tahra- tai pistekorroosioon tai
pistekorroosioon. (Brako & Popov, 2015, s. 8–9).

2. Elektrolyytin potentiaalierojen aiheuttama galvaaninen korroosio: Eroosikorroosio
johtuu suurinopeuksissa virtauksesta, suuresta virtausnopeudesta johtuvasta
kavitaatiosta, kahden pinnan välille aiheutuva naarmu tai kuluminen, joka
aiheutuu kahden kappaleen läheisestä kosketuksesta, ympäristöhalkeilu, joka
haurastuttaa sitkeää materiaalia korroosioväsymyksen ja jännityksen,
mikrobitoiminta, joka tuottaa orgaanisia tai epäorgaanisia happoja ja sulfideja
aiheuttaen metallin hapettumisen eri metallien välillä. (Brako & Popov, 2015, s.
8–9).

3.2 Tasainen korroosio

Tasaista korroosiota tapahtuu, kun korroosiota aiheuttava aine jakautuu tasaisesti
metallin pinnalle. Korroosionmuotona tasainen korroosio on se, joka aiheuttaa
materiaalissa eniten materiaalihäviötä, jättäen jälkeensä kerrostumia ja hilsettä. (Volkan,
2014, s. 75).

Ilmastollisella korroosiolle tarkoitetaan kertynyttä kiinteää pölyä tai sakkaa, jotka ovat
hygroskooppisia ja muodostavat korroosiota aiheuttavan happaman ympäristön metallin
pinnalle. Korroosion edistymiseksi täytyy metallin pinnalla olla tietynpaksuinen vesikalvo,
liian paksu kalvo puolestaan estää korroosion pinnalta kokonaan, johtuen hapen
vähyydestä. Metallin pinnan vuorotellen kuivuminen ja kastuminen altistaa materiaalin
herkästi korroosiolle, sillä hapen liukoisuus veteen on alhainen ja veteen lionnut happi
edistää ilmastollisen korroosion etenemistä. (Volkan, 2014, s. 78).

3.3 Epätasainen korroosio

Paikallinen tai epätasainen korroosio on sähkökemiallista korroosiota, jota esiintyy syövyttävän ympäristön ominaisuuksista ja metallista riippuen.

Galvaanista korroosiota syntyy, kun kaksi erilaista koostumusta omaavaa metallia tai metalliseosta kytketään yhteen sähköisesti ja altistetaan elektrolyyteile. Eli kun metallikontakti tapahtuu jalomman ja vähemmän jalonmetallin välillä elektrolyytin kautta muodostaen suljetun piirin ja tästä syntyy galvaanista korroosiota. (Volkan, 2014, s. 78).

Rakokorroosiota ilmenee, kun metallit ovat kosketuksessa ei-metallisten aineiden kanssa esim. muovi, kumi, puu jne., jolloin näiden materiaalien väliin pääsee muodostumaan rako. Rakokorroosio on paikallista korroosiota, jotka muodostuvat rakoihin, joissa rako on riittävän leveä, jolloin neste pääsee tunkeutumaan rakoon mutta on liian kapea nesteen virtaamiseksi. Tällaista korroosiota muodostuu esimerkiksi mutterin väliin, johon kosteus pääsee tunkeutumaan, mutta ei pääse sieltä pois. Rakokorroosion estämiseksi suositellaan muttereiden ja niittien sijaan hitsausliitosta, metallien liitoskohdat tiivistettävä hitsausliitoksella. (Volkan, 2014, s. 99–102).

Pistekorroosio on yleisimmistä teräksen ja alumiinin korroosiotyypeistä. Sille tyypillistä on kapeat kuopat, joiden säde on yhtä suuri tai pienempi kuin syvyys. Esimerkikipistekorroosiota voi muodostua silloin, kun vesipisara on metallipinnalla. Tällöin vesipisaran peittämä metallipinta toimii anodina johtuen vähäisestä hapen määrästä, mikä johtaa korroosioon. Peittämätön metallipinta toimii puolestaan katodina korkean happipitoisuuden vuoksi. Anodina toimiva alue on pienempi katodiin verraten, jolloin metallia syöpyy yhä enemmän samasta kohdasta. Tällöin metallin pintaan muodostuu pieni reikä, joka johtaa pistekorroosioon. (Volkan, 2014, s. 102–106).

Eroosiokorroosioksi nimitetään mekaanisen hankauksen ja metallipinnan kulumisen yhteisvaikutusta. Eroosiokorroosiossa syövyttävän nesteen ja metallin välillä tapahtuu

liikettä, joka aiheuttaa metallipinnan mekaanista kulumista. Kun hiukkaset liikkuvat samansuuntaisesti materiaalin pinnalla, syntyy hankauskorroosiota. Eroosikorroosio tunnustetaan yleisemmin materiaalin pintaan muodostuneista urista, kouruista ja aalloista, jotka ovat seurausta mekaanisesta hankauksesta tai nesteen tai kaasun virtauksesta. Yleinen syy tämän tyyppiselle korroosiolle on nesteen turbulentti virtaus, eli turbulenttikorroosio. Nesteen sisältämät kuplat ja suspendoituneet hiukkasmaiset kiintoaineet lisäävät sen syövyttävyyttä. Tällöin korroosiota muodostuu metallin pinnalle, joka kuluu syövyttävien nesteiden suurilla nopeuksilla tapahtuvan turbulentin nesteliikkeen ja hiukkasten törmäilystä johtuvan hankaavan vaikutuksen vuoksi. Tästä johtuen pinnan oksidikalvo heikkenee, minkä jälkeen alkaa kemiallinen tai sähkökemiallinen korroosioprosessi. (Volkan, 2014, s. 108–111).

Eroosikorroosiota esiintyy pääasiallisesti laitteissa, jossa on nopeasti virtaavia nesteitä, taivutuksissa, paikoissa, jossa putken taivutus muuttuu äkillisesti ja myös mm. pumpeissa, potkureissa, venttiileissä, turbiinien siivissä. Eroosikorroosion estämiseksi suositellaankin seuraavia toimenpiteitä: 1) komponentin rakenteen muuttaminen siten, että nestemäinen turbulenssi ja törmäysvaikutus eliminoiduu, 2) kulutusta kestävätkä pinnoitteet, 3) virtausnopeuden pienentäminen sekä 4) leveämmän putken käyttö. (Volkan, 2014, s. 108–111).

3.4 Korroosion esto

Korroosion estäminen metallipinnoilla kohdistuu sinne missä korroosiota enimmäkseen tapahtuu, eli metallipinnan ja liuoksen rajapinnassa. Merkittävimmät menetelmät korroosion estämiseksi ovat oikean materiaalin valinta, asianmukainen suunnittelu, metalliseoksen koostumuksen muuttaminen, ja jos mahdollista ympäristön muuttaminen syövyttämättömäksi. Myös metalliseosten, orgaanisten inhibiittoreiden, orgaanisten tai epäorgaanisten pinnoitteiden käyttö sekä anodinen ja katodinen suojaus kuuluvat eri korroosionestomenetelmiin. Eri korroosionestomenetelmät ovat tarkoitettu erilaisille korroosiotyypeille. Tähän kuuluu materiaalin valinta, joka ei ruostu todellisessa

ympäristössä. Kun materiaalin vaihtaminen tai sen valinta on suljettu pois, ympäristön muuttamisella pyritään estämään korroosiota aiheuttavien lähtöaineiden pääsy materiaalille, esim. korroosionestoaineita käyttämällä. Materiaalin pinnoittaminen maalilla, mikä myös estää korroosiota pinnoilla. Muita korroosionestotekniikoita on tyypillisesti suunnitellut rakenteet siten, että vesi ei pääse kerääntymään metallirakenteiden pinnoille. Korroosion suojaukseen käytettävä menetelmä on valittava ympäristön, käyttöolosuhteiden ja materiaalin luonteen mukaan sen hiilipitoisuutta alentamalla (Volkan, 2014, s. 166–167).

3.5 Suunnittelu

Metallisten rakenteiden riippuu niiden rakenteellisesta suunnittelusta. Rakenteen geometrialla tulisi pyrkiä minimoimaan korroosiota aiheuttavien tuotteiden kertyminen. Rakenteen täytyy olla sellainen, että kosteus pääsee poistumaan, eikä pakkaannu rakenteisiin, sillä kosteus aiheuttaa korroosiota. Rakenteissa olevat säiliöt ja astiat täytyy olla tyhjennettävissä tarpeen mukaan kokonaan. Rakenteiden liitokset tulee olla hitsattuja niittiliitosten sijaan, jolloin vältetään liitosten väliin muodostuvaa korroosiota. Komponentti tulee suunnitella ja mahdollisesti sijoittaa niin, ettei siihen kerry kosteutta. Esimerkiksi sähkölaitteiden kosteudelle altistuvat rasiat tulee suunnitella siten, että ne ovat vesitiiviitä, eikä vesi kerääny niiden päälle. Vaikka komponentin rakenteen muoto ei kerää kosteutta, kylmien metallipintojen kohdatessa kaasuista voi muodostua kondenssivettä. Tämän vuoksi on huomioitava riittävä lämmöneristys ja ilmanvaihto. Rakenneliitoksissa, kuten ruuvi ja hitsausliitoksissa voidaan käyttää korkeampilaatuisia materiaaleja, kuin niitä ympäröivissä rakenteissa. Lisäksi ne tulee tiivistää siten, että kosteus ei pääse liitoksen läpi. (Volkan, 2014, s. 168–170).

4 Epäpuhtauksien vaikutus polttomoottorin toimintaan

Polttomoottorille ja sen toiminnalle haitallisia saasteita on maantiepöly, jota pääsee moottorin sylintereihin kuljetusten aikana ja joka näin aiheuttaa moottorin kulumista. Tämä puolestaan vähentää moottorin kestävyyttä ja toimintavarmuutta. Hieno hiekkapöly kulkeutuu öljyllä päällystetyn sylinterin seinämälle. Öljyn ja hiekan yhdistelmä muodostaa yhdessä hankaavan aineen liikkuvien komponenttien välille aiheuttaen kulumista. Kun mäntä liikkuu kohti alakuoloa, liikuttavat männänrenkaat öljyä ja epäpuhtauksia kohti öljysäiliötä. Öljysäiliöstä hiekkainen pöly kulkeutuu moottorin voitelujärjestelmään, josta hiekkainen öljy kulkeutuu polttomoottorissa öljyvoidelutuihin komponentteihin. Ylimääräistä kitkaa ja kulumista aiheutuu siten toisiaan koskettavien komponenttien välillä. Näitä komponenttien välisiä kitkapareja ovat esimerkiksi venttiilinojain ja venttiilinvartsi, ja niitä on myös nokka-akselin ja kampiakselin laakereissa. Kaikkein haitallisinta moottorille ovat pölyhiukkaset, joiden halkaisija on yhtä suuri tai suurempi, kuin öljykalvon paksuus. Tästä johtuva kuluminen on suurinta sylinterin yläpäässä, jossa mäntä saavuttaa yläkuolokohdan ja sen nopeus on pienimmillään. Samanaikaisesti öljyn viskositeetti on alhainen korkean lämpötilan vuoksi. (Dziubak & Dziubak, 2022, s. 43–44).

Edellä mainittujen kitkaparien kulumisen vuoksi moottorin teho laskee ja polttoaineen kulutus lisääntyy. Lisäksi esim. Männän ja sylinteriseinämän, välissä oleva voiteluöljyn lämpötila nousee, mikä alentaa voiteluöljyn viskositeettia. Tämä on erityisen haitallista silloin, kun männän liike on lähellä yläkuoloa, missä männän ja sylinteriseinämän välisen öljykalvon muodostumisen olosuhteet ovat heikkomat johtuen korkean lämpötilan, korkean kuormituksen ja männän matalan liikenopeuden vuoksi. Palotilaan virtaavat kuumat pakokaasut, jotka sisältävät nokihiukkasia ja muita epäpuhtauksia kulkeutuvat kampikammioon, jotka laskevat siellä olevan voiteluöljyn voitelukykyä. Männän renkaiden liike vie öljyä männän pohjan yli palotilaan. Palotilassa oleva palava öljyn lisää myrkyllisiä pakokaasuja ja lisää haitallisia päästöjä. On huomioitavaa, että pakokaasujen pääsyä tapahtuu yleisesti moottoreissa, mutta kitkaparien kulumisen

kiihtyessä tämä ilmiö kasvaa, jolloin myrkyllisten pakokaasujen lisääntyminen kasvaa.
(Dziubak & Dziubak, 2022, s. 44–45).

5 Maalattavan pinnan esikäsittely

Pinnan esikäsittelyn pääasiallinen tarkoitus on vähentää korroosiota aiheuttavien epäpuhtauksien, kuten määrää, ja taata pinnoitteen hyvä tarttuminen. Ennen maalausta puhdistettavat teräspinnat voivat olla hyvin erilaisia, ja tämä pätee erityisesti jo pinnoitettujen rakenteiden kunnossapitoon. Esikäsittelytarpeeseen vaikuttavat muun muassa rakenteen ikä ja sijainti, pinnoitteen kunto ja toimivuus, maalattavan kohteen vaurioiden laajuus, korroosioympäristö ja ankaruus sekä tulevan pinnoiteyhdistelmän vaatimukset.

Esikäsittelymenetelmän valinta riippuu halutusta esikäsittelyasteesta, joka varmistaa pinnan puhtauden ja tarvittaessa pinnankarheuden. Tällä varmistetaan, että teräspinnalle levitettävä pinnoiteyhdistelmä kiinnittyy kunnolla ja toimii odotetulla tavalla.

Öljy, rasva, lika ja kaikki vastaavat epäpuhtaudet on poistettava soveltuvalla menetelmällä, josta osapuolet ovat keskenään sopineet ennen kuin esikäsittelyä jatketaan. Lisäksi voi olla tarpeen poistaa etukäteen paksu, tiukasti kiinni oleva ruoste ja valssihilse käsin tai koneellisesti sopivalla menetelmällä. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2017)

5.1 Raesuihkupuhdistus

Hiekka- ja raepuhalluksella käsitetään rakeiden puhaltamista paineilmalla suurella nopeudella maalattavalle tai käsiteltävälle maalipinnalle. Ennen raepuhallusta täytyy puhallettava pinta puhdistaa rasvaepäpuhtauksista, jolloin epäpuhtaudet eivät likaa puhallusrakeita. Raepuhallus suoritetaan kaapissa tai puhalluskammiossa, mikä mahdollistaa rakeiden talteenoton ja uusiokäytön. (Työterveyslaitos, 2019)

Tehokkain pinnan mekaaninen esikäsittelymenetelmä on raesuihkupuhdistus. Tämä pinnan esikäsittelymenetelmä on laajalti käytössä, koska sillä on useita monikäyttöisiä ominaisuuksia, jotka ovat seuraavat Suomen Standardoimisliitto SFS ry:n (2019) mukaan

1. Raesuihkupuhdistus mahdollistaa nopean tuotannon.
2. Laitteisto voi olla siirrettävä tai kiinteä ja on muunnettavissa riippuen puhdistettavan kohteen vaatimuksista.
3. Menetelmää voi soveltaa monille teräspinnan muodoille ja tyypeille.
4. Saadaan aikaa usean tyyppisiä pintoja esim. eri pintaprofiileja ja esikäsittelyasteita.
5. Mahdollistaa eri pintavaikutusten aikaansaannin kuten, kylmävasaroinnin, puhdistuksen, karhennuksen, hierron ja tasauksen.
6. Mahdollistaa osittain vaurioituneen pinnoitteen poiston, jolloin kunnossa oleva pinnoite jää koskemattomaksi.
7. Puhdistusrakeiden hukkaroisheet mahdollistavat saavuttamattomien alueiden puhdistamisen.

Maalipinnan pitkäaikainen kesto varmistetaan teräskokoonpanoissa korroosionestoprosessin avulla. Tämä prosessi sisältää esikäsittelyn, pintakäsittelyn ja tarkastuksen. Valmistajan on organisoitava tehtaan sisäinen laadunvalvontajärjestelmä, millä valmistaja pystyy varmistamaan, että valmistusprosessi täyttää ilmoitetut laatuvaatimukset. (Suomen Standardoimisliitto SFS ry, 2019)

Metalliruiskutettavien ja maalattavien pintojen esikäsittely on tärkeää, ja se tulee tehdä SFS-EN ISO 12944-4 ja SFS 8501 standardien mukaisesti. Standardissa SFS-EN 1090-2, osiossa F.2.1. Standardi SFS-ISO 8501-3 määrittelee kolme erilaista esikäsittelyastetta pintojen käsittelemiseksi, jotta ne olisivat sopivat maalattavaksi. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).

1. **P1 kevyt esikäsittely:** Vähimmäisesikäsittely, joka on tarpeellinen ennen maalin levittämistä. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).

2. **P2 perusteellinen esikäsitely:** Tässä esikäsitelyssä suurin osa pinnan virheellisyyksistä on poistettu. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).
3. **P3 Erittäin perusteellinen esikäsitely:** Tämän esikäsitelyn jälkeen pinnalla ei saa olla merkittäviä näkyviä virheitä. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).

Pintojen esikäsitelyasteet liittyvät myös rasisusluokkiin ja odotettuun käyttöikään. Esikäsitelyasteen perusteella voidaan arvioida, kuinka kauan pinta säilyttää suojansa ennen kuin se tarvitsee uudelleenikäsitelyä. Rasisusluokat löytyvät kuvasta 2. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).

Kuvassa 2 esiintyvät rasisusluokat, jotka löytyvät standardista SFS-EN ISO 12944-2 kohdassa 5.1.1. Rasisusluokalla tarkoitetaan... rasisusluokat ovat jaettu kuuteen eri rasisusluokkaan. Luokka C1 viittaa hyvin lievään ilmastoon, C2 lievään, C3 kohtalaiseen, C4 ankaraan, C5-I erittäin ankaraan teollisuusympäristöön, ja C5-M erittäin ankaraan meri-ilmastoon. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).

Korroosioneston odotettu käyttöikä ^a	Rasisusluokka ^b	Esikäsitelyaste
> 15 vuotta	C1	P1
	C2 - C3	P2
	yli C3	P2 tai P3 jos esitetty
5... 15 vuotta	C1... C3	P1
	yli C3	P2
< 5 vuotta	C1... C4	P1
	C5... Im	P2

^{a,b} Korroosioneston odotetun käyttöiän ja rasisusluokan osalta viitataan standardeihin EN ISO 12944 ja EN ISO 14713-1.

Kuva 2. Rasisusluokat. (Teräsrakenneyhdistys, n.d.).

6 Ohjeistus

Käyttöohjeilla tarkoitetaan tekstejä, kuvia, tunnuksia ja kaavioita, joista saadaan tietoa oikeista ja turvallisista laitteen käyttötavoista. Käyttöohjeet voivat kattaa erilaisia aiheita, kuten kuljetuksen, varastoinnin, asennuksen, huollon, korjauksen ja turvallisuuden. Ohjeiden laatimisessa on tärkeää huomioida seuraavat asiat lähteen Kauppinen, Nummi & Savola (2004, s. 103) mukaan:

6.1 Ohjeen laatiminen

Ohjeiden laatimisessa on tärkeää huomioida seuraavat asiat lähteen Kauppinen, Nummi & Savola (2004, s. 103) mukaan:

- Lukijan motivointi: Ohjetta laadittaessa on tärkeää keskittyä myös siihen, että ohje on lukijaystävällinen. Toiminnallisten ohjeiden antaminen ei pelkästään riitä, vaan lukijan täytyy saada lukemaan ja ymmärtämään ohjeistus.
- Rungas kuvitus: Hyvät kuvat ja piirroksot ovat usein tehokkaampia kuin sanalliset selitykset. Laitteen osia ja niiden sijaintia laitteen ulkonäköä ja työkalujen käyttöä voidaan selventää kuvien avulla. Mikäli ohjetta lukee henkilö, joka ei täysin ymmärrä ohjeen kieltä, ovat ohjeen kuvat erityisen hyvä lisä ohjeeseen.
- Lukijalähtöinen kieli: Ohjeet täytyy laatia helposti ymmärrettäviksi, ja huomioida lukijoiden erilaiset lukutavat. Lukijan tulee löytää vaivattomasti etsimänsä tieto ohjeesta.
- Testaus: Ohjeiden testaaminen käytännössä on tärkeää, koska tätä kautta ohjeista saattaa paljastua puutteita. Ohjeeseen on myös laitettava ohjeen laatijalle itsestään selvää tietoa, mutta jonka puuttuminen saattaa aiheuttaa lukijalle epätietoisuutta.
- Tuotteen käyttöohjeiden tulee vastata lainsäädännön määrittämät vaatimukset. Kuluttajan tulee aina vaatia asianmukaiset ohjeet, sillä virheellinen ja kelvoton käyttöohje voi vaikeuttaa laitteen käyttöä tai estää sen käytön.

Puutteellisen ohjeistuksen heikkoudet ovat

1. Jäsennys on epäjohdonmukainen ja hajanainen
2. Laitteen toimintavaiheet eivät kytkeydy suoraan ja yksiselitteisesti toisiinsa
3. Laitteen käyttäjältä ja ohjeen lukijalta vaaditaan ennakkotietoa, joita hänellä ei voi olla.
4. Kieli on virheellistä ja vaikeaselkoista
5. Vieraita termejä käytetään paljon, eikä niitä selitetä.
6. Kuvat on laadittu puutteellisesti ja epäselvästi.

Yksinkertaisimmillaan ohjeet rakentuvat vaiheittaisesta opastuksesta. Laajemmat ohjekokonaisuudet laaditaan raporttimuotoon, joka sisältää, kansilehdet, sisällysluettelon, sanasto ja symboliluettelon, kirjallisuus ja hakemistoluettelon. (Kauppinen, Nummi & Savola 2004, s. 105)

Ohjeen käyttökelpoisuus määritetään siten, kuinka ohjeen lukija saadaan lukemaan ohjetta. Johdanto on ohjeen perusta. Pitkä ja monimutkainen alkuteksti on ohjeen lukijalle raskasta luettavaa ja saattaa uuvuttaa lukijan jo alkusivuilla. Liian vähäinen tieto tuotteen käytöstä saattaa tehdä ohjeesta epäselvän. (Kauppinen, Nummi & Savola 2004, s.105)

6.2 Hyvä käyttöohje

Hyvän ohjeen suunnittelemisessa yhdistyvät täsmällinen kieli ja käytännön asiantuntemus. Ohjeessa on tärkeää selventää, mitä ohje koskee ja kenelle se on tarkoitettu. Käyttöohje ei ole mainos, mutta selkeä ja hyvin laadittu ohje on iso osa tuotteen imagoa ja parhaimmillaan se voi tehostaa tuotteen myyntiä. (Kauppinen, Nummi & Savola, 2004, s. 104)

Kauppinen, Nummi & Savola (2004, s. 104) ohjeistavat, mitä tulee ottaa huomioon ennen kirjoitusta, miten ohje tulisi jäsenellä ja kirjoittaa sekä miten ohjeella pyrityn viestin välittäminen varmistetaan lukijalle:

Ennen kirjoitusta

1. Selvitä tuotteen toiminta ja rakenne.
2. Mikä on kohdeyleisö, kenelle ja mihin ohje laaditaan.
3. Mieti tyypillinen käyttötilanne.

Ohjeen jäsentely

1. Kerro laitteen normaalikäyttö
2. Mainitse rajoitukset.
3. Ennakoi mahdolliset käyttäjän ongelmat
4. Laadi johdonmukainen kokonaisuus
5. Noudata käyttäjän toimintojen aikajärjestystä

Ohjeen kirjoitus

1. Käytä selkeää ja helppoa kieltä.
2. Mainitse rajoitukset ja perustelut uudelleen.
3. Ennakoi käyttäjän ongelmat.
4. Laadi ohje johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi.
5. Pidä ohjeet käyttäjän kannalta loogisessa järjestyksessä.

Ohjeen viestin perillemenon varmistamiseksi

1. Laadi ohjeesta luonnos ja pyydä palautetta sen ymmärrettävyydestä.
2. Kokeile ohjetta käytännössä ja varmista ohjeen toimivuus.

6.3 Turvallisuus

Turvallisuuskysymyksiin on kiinnitettävä erityistä huomiota ohjetta laadittaessa. Ohjeen laatijan vastuulla on, että tekijä huomioi turvallisuuteen liittyvät näkökulmat ja näin estää vahingoittamasta laitteistoa tai aiheuttamasta käyttäjälle vahinkoa tai vaaraa. Laitteen valmistajan on noudatettava lainsäädäntöä ja on korvausvelvollinen, mikäli ohjeistus on puutteellinen. (Kauppinen, Nummi, Savola 2004, s. 106)

Ohjeiden on varoitettava lukijaa esim. laatimalla helposti ymmärrettäviä ja yksinkertaisia varoituksia. Varoitus on sijoitettava johdantoon, mikäli varoitus koskee koko ohjeistusta. Varoituksen koskiessa jotain erityistä vaihetta tai toimintoa täytyy se sijoittaa toiminnallisen ohjeen yhteyteen. (Kauppinen, Nummi, Savola 2004, s. 106)

7 Lean

Lean-toimintamalli näkyy selkeästi tuotannon jatkuvassa kehitystyössä ja sen organisoinnissa. Lean-toimintamallia käytetään yleensä tuotantovaiheessa. Tämän toimintamallin avulla pyritään luomaan yrityksen toimintaan järkevyyttä, tarkoituksenmukaisuutta ja täsmällisyyttä ottaen huomioon asiakasnäkökulman. Lean-toimintamallin ajatuksena on laatuajattelu, missä kehitetään jatkuvasti toimintaa, tuotteen laatua ja pyritään varmistamaan nämä. Tuotteen tai palvelun arvo määräytyy asiakkaan näkökulmasta sen laadun, ominaisuuksien, varmuuden ja toimitusajan mukaan. Lean-ajattelussa yrityksen sisällä fokusoidutaan niihin toimintoihin, jotka parantavat asiakaslähtöisyyttä ja tuottavat lisäarvoa asiakkaalle. Kun asiakkaan arvoa pyritään kasvattamaan kustannuksiin, varmistetaan yrityksen toimintaa myös tulevaisuudessa ja parannetaan kilpailukykyä. Lean ajattelulla tähdätään työolojen parantamiseen, antaa työntekijöille mahdollisuus osallistua kehitystyöhön, parantaa kilpailukykyä ja tehdä oikeita asioita. (Kouri 2014, s. 6–7).

7.1 Lean-toiminnan kehittäminen

Lean-toiminnassa on useita kehitysmahdollisuuksia. Tuotteen ja arvon määrittäminen katsotaan asiakkaan näkökulmasta, jolloin tiedetään mitä asiakas pitää tärkeänä ja mistä hän on valmis maksamaan, lisäksi tiedetään mitkä asiat ovat asiakkaan näkökulmasta vähemmän tärkeitä. Tällä pyritään suuntaamaan kehitystyötä oikeisiin asioihin.

Arvoketjulla pyritään määrittelemään arvoa kasvattavat toiminnot ja prosessit, joita pyritään kehittämään. Prosessit, jotka eivät ole asiakasnäkökulmasta arvokkaita poistetaan.

Materiaalien kulun optimoinnilla pyritään sijoittelemaan laitteiden ja koneiden sijainti siten, että materiaalivirta paikasta toiseen on selkeä ja lyhyt. Tähän myös liittyy välivarastojen sijainti ja koko. Varastojen kokoa pyritään pienentämään ja välimatkaa

varaston ja tuotannon välillä mahdollisuuksien mukaan lyhentämään. Osien valmistaminen todellisen tarpeen, kysynnän ja kulutuksen mukaan, jolloin tuotteiden valmistamista varastoon pystytään vähentämään. (Kouri 2014, s. 8).

Prosesseja tulee kehittää jatkuvasti poistamalla erilaisia hukkailmiöitä ja ratkaisemalla ongelmia. Jokainen työvaihe pyritään toteuttamaan mahdollisimman tehokkaasti ja laadukkaasti. Arvoketjun analysointi ja kehittäminen on usein ensimmäinen askel, kun kehitetään Lean-ajattelun mukaista toimintaa. Käytännön lähtökohdaksi voidaan ottaa tuotannon ohjausperiaatteiden ja sen layoutin uudelleen suunnittelu. (Kouri 2014, s. 6–9).

7.2 Hukka

Lean-toimintamallin johtamisessa hukan poistaminen on olennainen osa tuottavuuden parantamisen näkökulmasta. Hukalla tarkoitetaan turhaa ja arvoa lisäämätöntä työtä, jossa menetetään aikaa. Työn optimointi ja hukan jatkuva vähentäminen parantaa laatua ja lisää työn tuottavuutta. Hukat tuotannossa on jaettu kaikkiaan seitsemään ryhmään:

1. Ylituotanto, jossa tuotteita valmistetaan sen hetkistä tarvetta enemmän. Tällä tarkoitetaan suurien erien valmistamisen varastoon ja keskeneräistä tuotantoa, jotka aiheuttavat erilaisten hukkien syntyminen. Suurien määrien valmistaminen estää tuotannon epäkohtien havaitsemisen.
2. Tuotteen toimituksen viivästyminen ei tuo arvoa asiakkaalle. Esimerkiksi laitehäiriöt, materiaali puutteet ja laitevikojen aiheuttamat viivästykset.
3. Tarpeeton tuotteiden kuljettaminen eri vaiheiden välillä on vältettävä. Laaturvirheet puolestaan hukkaavat kapasiteettia ja materiaalia, mikä puolestaan vaikuttaa negatiivisesti asiakastytyvyyteen.
4. Tarpeettomat varastot lisäävät kustannuksia, piilottavat tuotannon ongelmia ja lisäävät tuotannon läpimenoaikaa.

5. Ylikäsittely tarkoittaa ylimääräisten työvaiheiden tekemistä, mikä on asiakkaan näkökulmasta turhaa.
6. Ylimääräinen ja tarpeeton liike tuotannossa, joka ei tuo lisäarvoa tuotteeseen on hukkaa. (Kouri 2014, s. 10–11)

7.3 Työturvallisuus

Kaikessa tuotannon kehitystyössä täytyy keskiössä olla aina työympäristön turvallisuuden parantaminen. Työskentelymenetelmillä ja työn ergonomialla pyritään edistämään työssä jaksamista, joka parantaa työn tuottavuutta. Jokainen puutteellinen työskentelymenetelmä tai työskentelyolosuhteesta johtuva poissaolo tai työtapaturma on hukkaa, joka vähentää tuotannon laatua. Näiden asioiden jatkuva kehittäminen on molempien työnantaja ja työntekijän etu. Turvallisuuteen ja ergonomiaan panostaminen parantaa myös työpaikan ilmapiiriä. (Kouri 2014, s. 12–13).

7.4 Jatkuva parantaminen

Lean-kehitystoiminta perustuu toiminnan systemaattiseen ja jatkuvaan parantamiseen. Jokainen työntekijä tuotannossa on vastuussa tuotteen kehitystyöstä ja toiminnan laadusta. Kehitystyö tulee tehdä yhdessä ja perehtyä esille nouseviin ongelmiin, suunnitella ratkaisut ja toteuttaa ne. Ongelmien ilmaantuessa tuleekin ne nähdä tilaisuutena parantaa laatua, työturvallisuutta ja työskentelytehokkuutta. Aikaisemmin mainittujen varastojen poistaminen ja tuotannon virtauksen muuttaminen aiheuttavat yleensä ongelmia kehityskohteita tuotannossa. Tuotannon sujuvuuden varmistamiseksi yrityksellä tulee olla valmiudet ratkaista ilmaantuvat ongelmat, jolloin tuotantoa saadaan kehitettyä. (Kouri 2014, s. 14–15).

7.5 Työn vakiinnuttaminen

Kehittäminen edellyttää menetelmien ja työtapojen vakiinnuttamista. Silloin kuin jokaisella työntekijällä on samanlaiset toimintatavat mahdollista on selvittää, miten työn toteutustapa vaikuttaa tuottavuuteen, turvallisuuteen ja tuotteen laatuun. Erilaiset työskentelytavat hankaloittavat lopputulokseen vaikuttavien tekijöiden havaitsemista. Standardoiduilla työskentelytavoilla on positiivisia vaikutuksia mm. hyvien työskentelytapojen kehittäminen tehostuu, oppiminen ja tiedon jako tehostuu, työturvallisuus paranee, työn laatu paranee, tuottavuus paranee. (Kouri 2014, s. 16).

8 5S

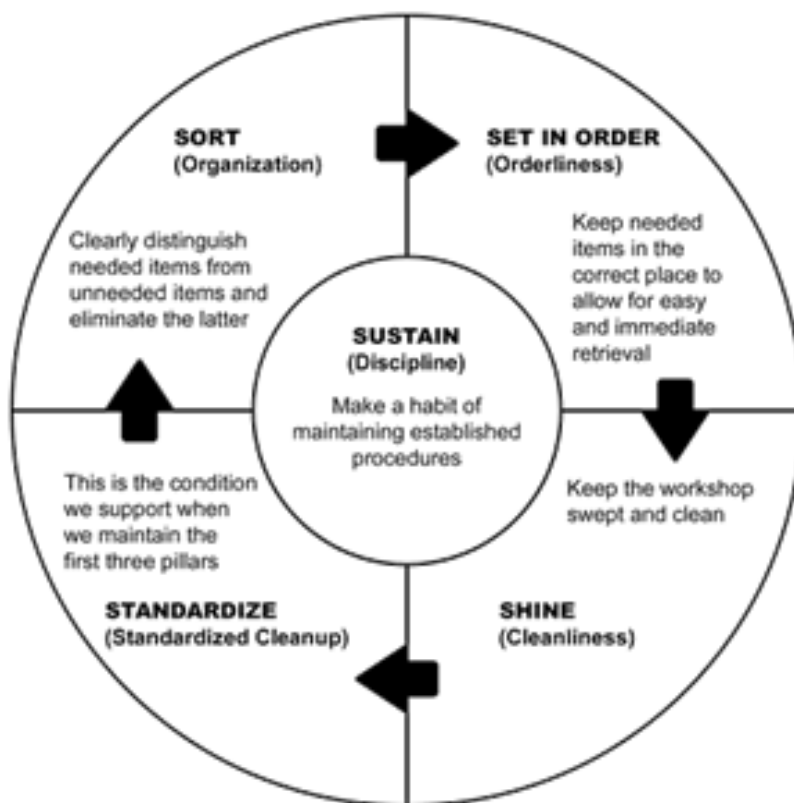
Lean 5S on järjestelmä, jonka tarkoituksena on tähdätä tuottavuuden optimointiin ylläpitämällä työpaikan järjestystä, käyttämällä visuaalisia merkintöjä johdonmukaisempien toimintatulosten saavuttamiseksi. Tämän Lean-menetelmän käyttöönotto on usein ensimmäinen askel organisaatiossa, jolla pyritään siivoamaan ja organisoimaan työpaikka sen nykyisessä kokoonpanossa. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

5S muodostuu tyypillisesti viidestä eri vaiheesta, lajittele (Sort), selkeytä (Set in order), siivoa (Shine), standardoi (Standardize) ja ylläpidä (Sustain). Tällä menetelmällä mahdollistetaan järjestelmällisen tuottavan työympäristön järjestämiseen, siivoamiseen, kehittämiseen ja ylläpitämiseen. Näistä vaiheista muodostuvat työpaikan päivittäiset rutiinit järjestyksen ja siisteyden ylläpitämiseen, jotka ovat olennainen osa yrityksen toiminnan tehokkuuden ja sujuvuuden kannalta. 5S-menetelmä edesauttaa ja kannustaa parantamaan työntekijöiden työoloja ja auttaa heitä vähentämään suunnittelematonta seisokkiaikaa, keskeneräistä tuotantoa ja hukkaa. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

5S:n käyttöönotto johtaa organisaatiossa merkittäviin tilavähennyksiin olemassa olevien toimintojen edellyttämän tilan työtilojen neliömäärässä. Se myös johtaa materiaalien ja työkalujen järjestämiseen niille värikoodein merkityille paikoille työtehtävän suorittamisen vaatimusten mukaan. 5S-toimintatapa johtaa jatkuvaan kehitykseen työympäristössä (Kuva 3). (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

8.1 5S-toteutustapa ja menetelmä

Lajittelemalla (Sort) pyritään poistamaan työpaikalta tarpeettomat esineet, joita ei tarvita tuotantotoiminnossa. Tämä tehdään arvioimalla erikseen jokaisen työkalun ja esineen tarpeellisuus tuotannon kannalta visuaalisella menetelmällä. Sen avulla



Kuva 3. 5S-menetelmä. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

tarpeettomaksi jääneet esineet merkitään punaisella merkillä ja siirretään niille määrättyyn säilytystilaan kierrätystä, hävittämistä tai uudelleenkehentämistä varten. Tällöin pystytään vapauttamaan tuotantoon arvokasta lattiapintaa ja säilytystilaa sekä poistaa esimerkiksi rikkiäiset työkalut, ylimääräiset raaka-aineet ja romu. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

Järjestämisvaihe (Set in Order) keskittyy luomaan tehokkaita säilytysratkaisuja, jolloin esineet ovat helposti löydettävissä ja käytettävissä sekä palautettavissa paikoilleen. Tämä vaihe voidaan kuitenkin tehdä vasta sitten, kun tarpeettomat tavarat on poistettu. Järjestämisen toimintatapoja ovat esim., kylttien ja tarrojen kiinnittäminen oikeiden säilytyspaikkojen merkitsemiseksi, lattioiden maalaaminen, työalueiden ja säilytyspaikkojen rajojen merkintä sekä kaappien ja modulaaristen hyllyjen asentaminen. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

Kun työalue on siivottu turhasta tavarasta ja jäljelle jääneet esineet on järjestetty omille paikoilleen, on seuraava vaihe puhdistus (Shine). Päivittäinen siivoaminen on välttämätöntä 5S toiminnan ja tämän parannuksen ylläpitämiseksi. Työympäristön puhtauden ylläpito helpottaa ja auttaa työntekijöitä havaitsemaan laitteiden toimintahäiriöt, kuten värinät, vuodot rikkoutumiset ja vääristymät, jotka voivat pahimmillaan johtaa laitevikaan ja tuotannon keskeytymiseen, mikäli niitä ei huomata. Usein organisaatiot määrittelevät tehtävät, puhtaustavoitteet, menetelmät ja työkalut ennen tämän vaiheen aloittamista. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

Seuraavaksi ensimmäisten kolmen pilarin ylläpitämiseksi luodaan yhtenäinen tapa suorittaa toimenpiteitä ja tehtäviä vakioimalla (Standardize). Tämän vakioinnin kolme vaihetta ovat 5S-työtehtävien vastuiden määrittäminen, 5S-tehtävien integrointi päivittäisiin työtehtäviin ja 5S-käytäntöjen ylläpidon tarkistaminen. Esimerkiksi työkalujen vakiointiin ovat muun muassa visuaaliset vihjeet, työnkiertotaulukot, ”viiden minuutin” 5S-aikojen aikataulut ja tarkistuslistat. Vakioinnin toinen osa on ennaltaehkäisy, eli menetelmien hajoamisen, tarpeettomien tavaroiden kertyminen, ja laitteiden likaantumisen estäminen. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

Ylläpitovaihe (Sustain) varmistaa, että uudet käytännöt pysyvät voimassa. Tämä on usein haastavin vaihe, johtuen siitä, että se vaatii pysyviä muutoksia työntekijöiden asenteissa ja käyttäytymisessä. Ilman tätä ylläpitovaihetta muiden vaiheiden avulla saavutetut vaikutukset eivät ole kestäviä. Ylläpidon työkaluja ovat kyltit ja julisteet, uutiskirjeet, taskukirjat, tiimin ja johdon tarkistukset, suoritusarvioinnit ja osastokierrokset. Organisaatiot pyrkivät vahvistamaan 5S-käytäntöjä monella eri tavalla, kunnes siitä tulee vahva osa työkalulta. Kurinalaisuus pitää 5S-syklin jatkuvasti toiminnassa ja varmistaa parannusten pysyvyyden. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

8.2 5S:n mahdolliset hyödyt ja puutteet

Ikkunoiden sekä laitteiden ja koneiden vaaleaksi maalaaminen, jotka kuuluvat puhdistusvaiheeseen (Shine), vähentävät valaistuksen energiankulutusta. Maalaus ja puhdistus auttavat työntekijöitä havaitsemaan roiskeet ja vuodot nopeammin, mikä vähentää siivoustarvetta ja siihen liittyvän jätteen määrää. Ylimääräisten esteiden poistaminen ja pääväylien merkitseminen vähentävät onnettomuusriskiä, jotka voivat aiheuttaa roiskeita ja vaarallista jätettä. Säännöllinen siivous vähentää lian kertymistä ja estää epäpuhtauksien joutumisen tuotantoprosessiin, mikä vähentää virheiden määrää. Tämä puolestaan tuo ympäristöhyötyjä, kuten energia- ja materiaalisäästöjä. 5S-menetelmällä pystytään vähentämään tarvittavaa tilaa poistamalla tarpeettomat laitteet ja tavarat ja järjestämällä jäljelle jääneet tarvikkeet, mikä saattaa vähentää tilan valaistus- ja lämmityskustannuksia. Materiaalien ja laitteiden järjestäminen helpottaa niiden löytämistä ja vähentää kulutusta. Tämä vaikuttaa siten, että työntekijät käyttävät todennäköisemmin vanhat materiaalit loppuun, ennen uusien avaamista, mikä vähentää materiaalihävikkiä. 5S:ään liittyvät visuaaliset vihjeet, kuten laminoidut ohjeet ja kyltit lisäävät työntekijöiden tietoa esimerkiksi oikeaoppisesta jätteenkäsittelystä ja -hallinnasta sekä työpaikalla olevista vaaroista ja hätätoimenpiteistä. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

Laitteiden ja koneiden jatkuva puhdistaminen lisää maalien ja puhdistusaineiden käyttöä, jotka saattavat sisältää haitallisia kemikaaleja. Tarpeettomaksi jääneiden tavaroiden hävittäminen saattaa aluksi lisätä jätteen määrää. Osa jätteistä voi olla haitallisia mikäli ympäristöhenkilöstöä ei oteta mukaan jätteen käsittelyyn, ja on mahdollista, että jätteet käsitellään tai kierrätetään väärin. (U.S. Environmental Protection Agency, 2023)

9 Tutkittavan työn esittely

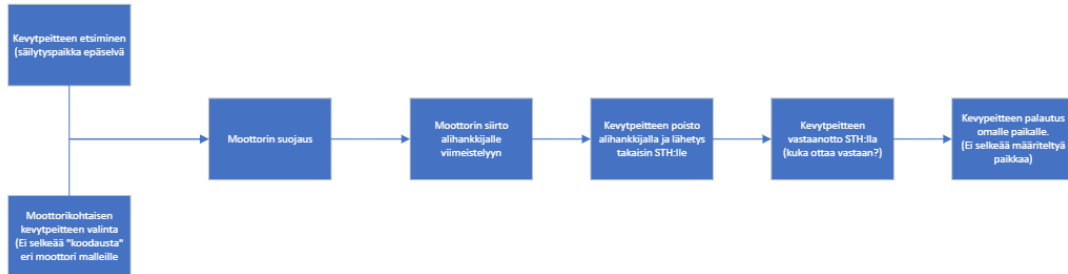
Tässä työssä perehdytään V31, V32, V34 -moottoreiden lyhyen siirtymävälin, Wärtsilä Vaskiluodon toimipisteen ja alihankkijan välisten moottorisiirtojen suojaukseen ja tähän liittyviin kehityskohtiin. Kokoonpanon jälkeen moottori siirretään koeajoon, josta se kuljetetaan alihankkijalle viimeistelyyn. Tälle välimatkalle kuljetukselle täytyy varmistaa riittävä moottorinsuojaus.

Nykyiselle moottorin suojausprosessille ja välikuljetuspeitteiden sijainnille ei ole selkeää ja tarkkaa ohjeistusta. Välikuljetuspeitteiden tarkka sijainti sekä oikean moottorikohtaisen suojapeitteen valinta on epäselvää. Välikuljetuspeitteiden kokojen tunnistaminen tapahtuu peitteiden sidontaköysien värien perustella.

Moottorin suojaaminen kuljetettavalle välille vaatii lisäohjeistusta, josta ilmenee riittävän suojauksen kriteerit ja mitkä ovat moottorin kriittiset paikat suojausta ajatellen. Moottori on suojattava, joko kokonaan tai riittäväksi havaitulla kevyemmällä suojauksella. Lisäksi on tutkittava tarvitseeko kevytpeitteen lisäksi suojaus varmistaa esimerkiksi suojamuovilla. Tällä hetkellä suojaukseen liittyvät ohjeet koskevat ainoastaan moottorin välikuljetuspeitesuojauksista ja laipoitusta, ilman tarkempia yksityiskohtia. Välikuljetuksen suojauksen sidonta tapahtuu peitteeseen kiinnitetyillä köysillä, mutta sidontaan ei ole määrättyä paikkaa eikä ohjeistusta. Moottorin kuljetus STH:lta alihankkijalle tapahtuu välikuljetuspeitteellä suojattuna, jonka jälkeen alihankkija poistaa peitteen ja lähettää peitteen lavalla takaisin STH:lle. Kevytpeitteen vastaanotossa takaisin on epäselvää, mille ovelle välikuljetuspeite toimitetaan, kuka vastaanottaa välikuljetuspeitteen ja mikä on kevytpeitteiden varastointipaikka.

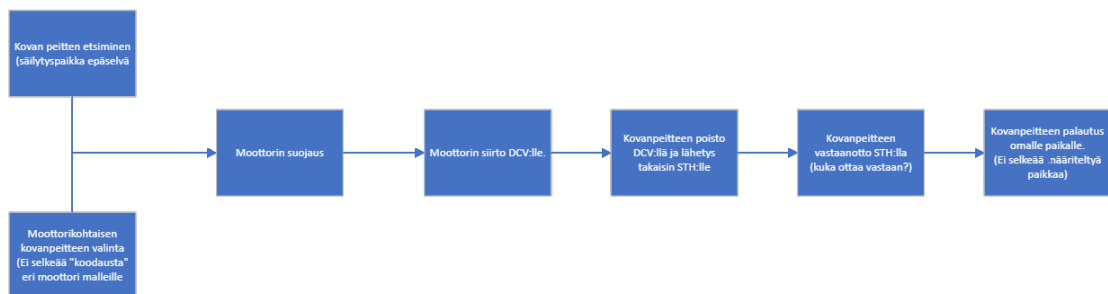
Näiden kysymysten lisäksi tutkimuksessa perehdytään ja mietitään, mitä riskejä ja lisäkustannuksia huono moottorin suojaaminen aiheuttaa yritykselle. Tutkimuksessa pyritään kehittämään sekä optimoimaan välikuljetuspeitteiden käyttöä siten, että moottorit suojataan asianmukaisella tavalla sekä yhden välikuljetuspeitteen sopivuutta useammalle sylinteriluvun moottorille, joka puolestaan selkeyttäisi ja vähentäisi

peitteiden valikoimaa. Tätä työtä varten laadittiin nykyinen kierrätysprosessikaavio STH:n ja viimeistelypartnerin välillä (Kuva 4).



Kuva 4. Nykyinen kierrätysprosessikaavio STH:n ja viimeistelypartnerin välillä.

Moottorin suojausten kierrätysprosessi STH:lta DCV:lle (Kuva 5) on muuten samanlainen verraten lähetykseen viimeistelyn alihankkijalle, mutta DCV:lle kuljetettaessa suojaukseen käytetään kovia peitteitä, johtuen pidemmästä kuljetusvälistä.



Kuva 5. Alkuperäinen kierrätysprosessi STH:n ja DCV:n välillä.

10 Menetelmä

Tässä diplomityössä Wärtsilän eri alueiden asiantuntijoita haastateltiin. Ne toteutettiin DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstön, DC-STH-laatuosaston asiantuntijoiden, alihankkijan työnjohdon ja DC-STH -logistiikan kanssa kasvokkain, etänä Microsoft Teamsia sekä sähköpostitse välitettyjä kyselyitä hyödyntäen. Haastattelut pohjautuivat kysymyksiin liittyen moottorinsuojauksen ja logistisen puolen alkutilanteeseen, nykyprosessin ja menetelmän kehityskohtiin ja käytännön harjoittelun tuloksiin ja tulosten analysointiin. Jokaiselle asiantuntijalle oli määritelty erikseen heidän osa-alueeseensa liittyvät kysymykset (Liite 1).

DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstön sekä DC-STH:n tiimin johtajien kanssa käydyissä keskusteluissa käytiin läpi tuotannon näkökulmasta moottorin suojaukseen liittyviä mahdollisia kehityskohteita ja haasteita suojauksessa, nykyisen suojausprosessin hyviä ja kehitettäviä puolia. Viimeistelyn alihankkijan työnjohdon ja asennuksen alihankkijan kanssa keskustelua käytiin kevytpeitteen poistamiseen ja peitteiden palauttamisen näkökulmasta. Lisäksi keskustelua käytiin moottorin suojaamisen vaikutuksesta pesuprosessissa. DC-STH-logistiikan henkilöstön näkemystä hyödynnettiin logistiisiin haasteisiin liittyen kevytpeitteiden vastaanottoon STH:lla ja niiden siirtoon omille paikoilleen.

DC-STH-laatuosaston kanssa käyty keskustelu toi näkökulmia siihen, että mitä huono suojaaminen voi pahimmillaan aiheuttaa maalausprosessissa ja mitä riskejä saattaa aiheutua epäpuhtauksien joutuessa moottoriin. Lisäksi toteutimme kahteen otteeseen keskustelun Wärtsilän välikuljetuspeitetöimittajan kanssa, jonka suunnittelun avulla pyrimme kehittämään etenkin kevytpeitteen kiinnittämiseen liittyviä näkökulmia.

10.1 Moottorin suojaus ja välikuljetuspeitteiden kierrätys

Moottorin siirto alkaa Wärtsilä STH:lta moottorin valmistuttua tuotannon solukokoonpanosta tai linjakokoonpanosta. Kokoonpanovaiheen jälkeen moottori siirretään odottamaan koeajoa. Koeajon jälkeen moottori siirretään valmisteltavaksi lähtevien moottoreiden ovelle. Ennen varsinaista suojausta kevytpeitteellä, moottorin putkilähdöt suojataan laipoittamalla, jolla estetään pölyn ja epäpuhtauksien joutuminen moottorin sisään kriittisiin paikkoihin. Tämän jälkeen aloitetaan moottorin suojaaminen kevytpeitteellä.

Kevytpeitteet on merkattu kokojen mukaan eri värisillä sidontaköysillä. 3X-moottoreissa kevytpeitteiden sidontaköysien väri on merkattu kolmella eri värillä valkoinen, sininen ja sinivalkoinen. Tämä värikoodaus ja kevytpeitteet koskee 3X-moottoreita. Kevytpeitteen valintaan vaikuttaa moottorin sylinterin halkaisijan koko eli, 31 tai 34 ja moottorissa oleva sylinteriluku välillä 8–20 sekä onko kyseessä pelkkä moottori vai onko moottorissa lisänä myös generaattori. Moottorikohtaisen kevytpeitteen valinnan jälkeen välikuljetuspeite nostetaan hallinostimella moottorin päälle oikeinpäin peitteen puhdaspuoli moottoriin päin ja asetetaan se tasaisesti suojaamaan moottoria. Kevytpeitteen asettaminen moottoriin oikeinpäin on tärkeää, ettei epäpuhtauksia joudu moottorin pinnalle. Kevytpeitteessä olevat sidontaköydet sidotaan asentajan parhaaksi katsomaan paikkaan varmistaen suojauksen pysyminen kuljetuksen ajaksi. Tämän jälkeen moottori siirtyy alihankkijalle viimeistelyyn. alihankkija vastaan ottaa moottorin, poistaa kevytpeitteen ja valmisteleo taittelemalla sen lavalle odottamaan takaisin kuljetusta Wärtsilä STH:lle. Viimeistely alihankkijan päivittäinen kuljetus Wärtsilään toimittaa välikuljetus kevytpeitteen takaisin vuorokauden kuluessa. Wärtsilässä välikuljetuspeite vastaanotetaan lavalla ja siirretään lähtevien moottoreiden oven läheisyyteen.

Moottorin toimituksessa DCV:lle koeajoon on toiminta STH:lla samanlainen kuin moottorin kuljetuksessa viimeistelyalihakijalle. Eroavaisuutena tässä prosessissa on se, että kevytpeitteen poiston ja viikkauksen määrittää se, mitä toimenpidettä varten

moottori on lähetetty DCV:lle. Mikäli moottori lähetetään koeajoon, vastuun peitteestä ottaa kyseinen koeajotiimi. Jos moottori on lähetetty STH:lta koeajosta DCV:lle viimeistelyyn, vastuullisia ovat viimeistelytiimi, ja jos moottori saapuu valmisteltuna maalaukseen esiviimeisteltynä, vastuu siirtyy asennuksen alihankkijalle. Kun välikuljetuspeite on viikattu ja laitettu lavalle, siihen tulostetaan ja kiinnitetään osoitetietolappu. Tämän jälkeen kuljetusten alihankkija siirtää kevytpeitteen lähetyspaikalle, josta se kuljetetaan Wärtsilän sisäisellä kuljetuksella takaisin lähtevien moottoreiden ovelle.

10.2 Välikuljetussuojauksen kehitys

DC-STH-laatuosaston kanssa käydyssä keskustelussa selvisi, että nykyisessä prosessissa Wärtsilän sisäisissä siirroissa kehityskohtana on, miten ja millä kevytpeitteellä moottori suojataan. Kevytpeitteen valinnasta ei ole tarkasti määrättyä ohjetta, jonka mukaan tämä valitaan ja jossa moottorin kriittiset kohdat suojausta ajatellen esitetään. Moottori tulisi suojata mahdollisimman tarkasti joka puolelta, jolloin mahdollisen lian kertyminen moottorin pinnoille ja epäpuhtauksien tunkeutuminen olisi mahdollisimman vähäistä. Kevytpeitteen riittävä kiinnitys ja kiinnityskohtien sijainti vaatii myös kehitettävää. Kiinnitysköydet sidotaan tällä hetkellä sattuman varaiseen paikkaan, eikä niille ole tarkasti määrättyä paikkaa tai menetelmää. Kevytpeitteen kunnon tarkastaminen ennen käyttöä on tärkeää, jolloin pahasti rikkoutuneet kevyet peitteet tulisia vaihtaa uusiin ehjiin peitteisiin. Moottorin lyhyenvälin kuljetuksille tarvitaan tarkka yksityiskohtainen DC-STH-laatuosaston kanssa määritelty suojausohjeistus. Pidemmille kuljetusväleille tulee arvioida, että tarvitaanko paksumpi asiakastoimituksiin tarkoitettu suojapeite.

Ennen moottorin maalaamista alihankkijalla moottori pestään käsipesulla, joka vie paljon aikaa. Moottorissa on useita herkkiä komponentteja, jolloin koneellinen peseminen esimerkiksi painepesurilla on mahdotonta. Myös tämän vuoksi moottorin

suojaaminen siirron ajaksi on tärkeää, jolloin voidaan mahdollisesti vähentää moottorin pesemiseen kuluva aikaa.

DC-STH-laatuosaston kanssa käytiin keskustelu siitä, mitkä yllä olevista teoriaosuuden korroosioskenaarioista saattavat olla mahdollisia puutteellisen suojaamisen takia. DC-STH-laatuosaston mukaan kaikki yllä olevat skenaariot ovat mahdollisia, mikäli suojauksessa on jotain puutteita. Kampikammion luukkujen ympäristö voi ajan myötä altistua korroosiolle, jos moottori suojataan puutteellisesti ja likaa kertyy alueille, joita ei voida maalata. Puutteellisesta suojaamisesta voi myös aiheutua se, että sateisina päivinä kosteus pääsee moottorin sellaisiin paikkoihin, mistä se ei pääse valumaan pois aiheuttaen pitkällä aikavälillä korroosiota. Eroosikorroosiota voi puolestaan aiheutua, kun hieno pöly tai likaa joutuu moottorin kriittisiin paikkoihin liikkuvien komponenttien väliin ja aiheuttaa kulumista. Lisäksi huomioitavaa on, että korroosion aiheuttamiseksi ei tarvita pelkästään vettä vaan esimerkiksi kondensoitua kosteus saattaa myös aiheuttaa korroosiota, kun se kertyy moottorin rakenteissa oleviin rakoihin.

10.3 Kevytpeitteiden kierrätysprosessin kehitys

DC-STH-kehitysosaston kanssa käydyn keskustelun myötä selvisi, että kehitettävää on myös kevytpeitteiden varastoinnissa ja siirrossa viimeistelyalihankkijalta Wärtsilä STH :lle. Kevytpeitteille ei tällä hetkellä ole tarkkaa säilytyspaikkaa, joka aiheuttaa sen, että aina ei ole tarkkaa tietoa mistä haluttua välikuljetuspeitettä etsitään. Peitteet tulisi olla niille määrättyllä paikalla selkeästi merkattuna kokojen mukaan, jolloin suojausta suorittavien henkilöiden on mahdollisimman helppo löytää jokaiselle moottorille oikeanlainen välikuljetuspeite. Moottorin kevytpeitteiden logistisella puolella on kehityskohtana nykyistä tarkempi ja täsmällisempi ohjeistus liittyen peitteiden lähetyspaikkaan ja työnjakoon. Tällä varmistetaan se, että kevytpeitteet saapuvat aina viimeistelyalihankkijalta tai DCV:ltä oikeaan vastaanottoon ja jatkuvat siitä oikeaan ennalta määrättyyn säilytyspaikkaan. Lisäksi työnjakoon liittyvällä ohjeistuksella varmistetaan se, että peitteet kulkeutuvat aina automaattisesti niille määrättyille paikoille.

10.4 Käytännön testaus

Moottorin suojausta tutkittiin ja harjoiteltiin DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstön johdolla. Tilasimme kaksi erilaista välikuljetuspeitettä, jota lähdimme testaamaan eri kokoisille moottorille, jonka pohjalta saimme havaintoja peitteen kokoon ja sidontaan liittyen. Ensimmäinen välikuljetuspeite tilattiin samanlaisella sidontamenetelmällä, kuin aikaisemmin käytetyt ja toinen välikuljetuspeite tilattiin täysin uudella sidontamenetelmällä, jossa sidontaliinoja hyödyntämällä on mahdollista toteuttaa entistä parempi sidonta moottorin päissä ja sivuilla.

Lisäksi kevytpeitteistä tehdyn matriisin avulla pyrittiin luomaan kuvaa eri kokoisista, niiden määrästä ja moottorin mitoista, jonka mukaan olisi mahdollista hahmottaa tilattavien kevytpeitteiden mittoja. Peitteissä on kokojen mukaan eriväriset kiinnitysnaurat, joiden perusteella DC-STH-logistiikka ja DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstö pystyy valitsemaan oikean kokoisien peitteen moottorille. Toisessa taulukossa on 3X-moottoreiden päämitat, jonka pohjalta pyrimme optimoimaan tilattavan kevytpeitteen oikean mitan. Mitat on laadittu moottorin pituus- ja leveysmittojen mukaan siten, että moottori olisi kokonaan peitteen alla. Leveysmitassa on huomioitu moottorin korkeus sekä sen leveys- ja pituusmitassa korkeus sekä pituus.

Nykyisistä kevytpeitteistä suoritettiin inventaario ja dokumentoitiin optimaaliset mitat ja kunto. Tämän avulla saatiin käsitys, mitä peitteitä on käytössä ja mitä tarvitaan lisää. Lisäksi karsimme käytetyt paksut asiakaskäyttöön tarkoitetut peitteet ja lähetimme ne partnerin varastoon säilytykseen. Kävimme tekemässä partnerin tiloissa inventaarion, jossa määriteltiin myös näiden peitteiden kunto, mitat ja lukumäärä. Asiakaskäyttöön tarkoitettuja paksumpia peitteitä inventaarion mukaan on 10 kpl ja lyhyen kuljetusvälin kevyempiä peitteitä yrityksessä on yhteensä 17 kappaletta, joka riittää yrityksen tarpeisiin.

Lopulta moottoreiden suojaus päädyttiin toteuttamaan suojamuovia käyttäen. Suojamuovi on muotoiltu siten, että muovi on toisesta päästä pussinmallinen, jolloin se

laitetaan turbon päähän ja muovin avoin pää tulee moottorin vapaaseen päähän tai generaattorin päähän. Tämä helpottaa suojamuovin asentamista. Pelkän moottorin päälle suojamuovi nostetaan nostorautaa hyödyntäen, jolloin suojaamiseen käytettävään suojamuoviin täytyy tehdä reiät nostoraudan vuoksi. Päädyimme tällaisissa moottoreissa ratkaisuun, että suojaus varmistetaan siten, että kevyen suojamuovin lisäksi moottorin päälle asennetaan alkuperäinen välikuljetuspeite, jolloin pystytään varmistamaan suojaamisen riittävä taso.

11 Tulokset

DC-STH-laatuosaston kanssa käydyssä keskustelussa ilmeni moottorin suojaamiseen liittyviä näkökulmia. Moottorin suojaamisessa lyhyellä kuljetusvälillä yksi pääsyy on se, että sillä pyritään estämään kosteuden joutuminen moottoriin. Talviaikaan myös suolan ja ravan joutuminen moottorin pinnoille aiheuttaa ongelmia. Kosteusvaurioiden lisäksi huonosta suojaamisesta ongelmia saattaa aiheuttaa näkymätön pöly ja hiekka. Wärtsilä STH toimipiste sijaitsee meren vieressä, joten tuuliset päivät on otettava huomioon. Sateettomina kuivina päivinä tuulen nostattama pöly lisää lian joutumisen riskiä moottorin pinnoille sekä moottorin toiminnan kannalta kriittisiin paikkoihin. Viimeistelemättömän pintamateriaalin, jota ei ole maalattu ja jonka pinnalla on pelkästään huokoinen tartuntapohjuste työllistää aikaa vievällä pesemisellä.

Lisäksi Wärtsilän on taattava riittävän hyvä maalinkestävyys asiakkaalle. Nykyisillä menetelmillä pystytään takaamaan maalin kestävyden standardoidun tason C3M. Nämä tasot kertovat maalinkestävyyden ja sen miten nopeaa maalipinnoitteet täytyy uusia. Miten vaativiin ympäristöolosuhteisiin ollaan menossa, määrittää se kyseisen maalinkestävyyden tason. Tämän standardin saavuttamiseksi moottori vaatii huolellisen putsaamisen, jolloin myös moottorin suojaaminen on tärkeässä osassa lyhyelläkin kuljetusvälillä.

11.1 Moottorin pesemisprosessi

Pölyn ja lian peseminen moottorin pinnoilta on aikaa vievää työtä, joten tämän vuoksi epäpuhtauksien minimoiminen on tärkeää. Mitä enemmän moottorin pinnoille on ajautunut pölyä ja hiekkaa sitä kauemmin moottorin peseminen ottaa aikaa ja nostaa pesun epäonnistumisen riskiä. Moottorin pesemisen onnistuminen on ensiarvoisen tärkeää moottorin maalin kestävyden kannalta, joten tässä moottorin hyvä suojaaminen lyhyelläkin kuljetusvälillä nousee merkittävään rooliin maalaamisen onnistumisen kannalta. Lisäksi hyvällä moottorin suojaamisella pystytään vähentämään

moottorin läpimenoaikaa viimeistelyprosessissa. Moottorin mahdollisimman lyhyt läpimenoaika myös takaa sen, että ei synny pullonkaulaa viimeistelyprosessissa, joka vaikuttaa moottoreiden läpimenoaikaan ja sujuvuuteen tuotannossa.

Moottorin pesemisellä on merkittävä osuus onnistuneeseen ja kestäväan maalaukseen. Epäonnistuneen maalauksen seuraus voi pahimmillaan johtaa maalin lohkeiluun ja rapistumiseen asiakkaalla. Epäpuhtauksien joutuminen vääriin paikkoihin saattaa aiheuttaa myös moottorin komponenttien kulumisen. Esimerkiksi V31- moottoreiden pumpuissa ja venttiileissä on todella pieniä välyksiä, jolloin hieno pöly jää hankaavaksi aineeksi kahden liikkuvan komponentin väliin aiheuttaen kulumista. Pienetkin likapartikkelit aiheuttavat ongelmia moottorin toiminnassa. Tämän vuoksi on tärkeää suojata putkien päät laipoittamalla ja näin estää lian pääsyn moottorin sisälle. Moottorin avonaisten putkipäiden laipoitus on tärkeä osa myös moottorin suojausprosessissa, jolla pyritään estämään epäpuhtauksien pääsemisen moottorin sisälle.

Viimeistelyalihakijajan työnjohdolle teettämän haastattelun perusteella selvisi, että moottorin pesemisprosessin suorittamiseen kuluu reilusti aikaa. Moottorin pesemisen aika kuitenkin määrittyy siitä, että miten likainen moottori on saapuessa viimeistelyalihakijajalle, mikäli moottori on öljyinen tai alusta pölyinen nostaa se merkittävästi pesemiseen kuluva aikaa. Puhuttaessa lyhyistä kuljetusväleistä aiheutuneista epäpuhtauksista, kuten tässä tapauksessa STH-alihakijajan toimipisteen välillä ja DCV-alihakijajan toimipisteen välillä, saattaa pesuaika heikon suojauksen takia kasvaa merkittävästi. Etenkin DCV:ltä tuotaessa saattaa pesuun kuluva aika kasvaa merkittävästi.

11.2 Moottorin suojaamisen vaikutus

Välikuljetuspeite on kevyt käsitellä, helppo ja nopea poistaa moottorin saapuessa maalaukseen ja viimeistelyyn. Täysin kokonaan kevytpeitteellä suojattu moottori on hyvä tapa suojata moottori, millä on todennäköisesti myös työtä vähentävä vaikutus

pesuprosessia ajatellen. Huomioitavaa kuitenkin on se, että moottorin suojaamiseen käytettävät välikuljetuspeitesuojaukset ovat materiaaliltaan helposti hajoavia ja repeäviä. Etenkin kun moottori halutaan suojata kokonaan kevytpeitteellä, on siinä otettava huomioon moottorissa olevat terävät kulmat, jotka saattavat aiheuttaa peitteen tarttumisen ja huonoimmassa tapauksessa peitteen repeämisen käyttökelvottomaksi. On huomioitava, että kevytpeitteiden oletettu elinikä ei ole runsaasta käytöstä johtuen kovin pitkä. Isokokoisen moottorin suojaavan kevytpeitteen kiinnittämisessä on oltava huolellinen, sillä tuulisina päivinä huono sidonta saattaa johtaa siihen, että välikuljetuspeite repeää ja lentää pois moottorin päältä.

11.3 Ohjeistus moottorin suojaamiseksi välikuljetuksen aikana suojamuovilla

Tämän työn tuloksena moottorin suojaamiseen liittyviin epäkohtiin luotiin selkeämpi ohjeistus, joka sisältää minkälainen suojaus tarvitaan, kun moottorin siirretään STH:lta partnerille viimeistelyyn. Kuljetukselle vaaditaan suojamuovi, jolla varmistetaan riittävä suojaaminen, poikkeuksena pelkkä moottori, jolloin nostamiselle täytyy tehdä reiät suojamuoviin nostoraudalle, suojaaminen varmistetaan kevytpeitteellä. Moottorin siirtämisessä DCV:lle koeajoon tai viimeistelyyn vaaditaan kevyt suojamuovi ja välikuljetuspeite. Lisäksi suojamuovin ja mahdollisen kevytpeitteen tulee olla toimitettuna suojattavalle moottorille päivää ennen. Tällöin suojaaminen pystytään tekemään hyvissä ajoin ennen lähetystä.

Jatkossa moottorikohtaisen peitteen valinnan ja suojamuovin valinnan toteuttaa DC-STH-asennustiimin DC-STH-asennustiimin DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstö riippuen siitä siirretäänkö moottori viimeistelyn partnerille tai DCV:lle, suojamuovin siirtämisen lähtevien moottoreiden ovelle toteuttaa Wärtsilän logistiikkapartneri, moottorin suojaamisen toteuttaa DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstö. Suojamuovin purun ja oikeaoppisen kierrätyksen hoitaa viimeistelypartneri. Vastuunjako hahmoteltuna kuvaan 6.

Aktiviteetti	DCV	Viimeistely partneri
Moottorikohtaisen kevytpeitteen valinta ja suojamuovin muovin valinta.	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö
Suojamuovin siirto moottoreiden lähetys ovelle	DC-STH logistiikka	DC-STH logistiikka
Kevytpeitteen valinta DCV kuljetuksille.	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö
Moottorin suojaus ohjeistus ehdotuksen mukaan	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö
Kevytpeitteen ja suojamuovin purku.	DC-STH viimeistelyhenkilöstö	Viimeistelypartneri
Suojamuovin siirto muovijätteeseen.	DC-STH viimeistelyhenkilöstö	Viimeistelypartneri

Kuva 6. Moottorin suojamuovin kierrätysprosessi.

11.4 Ohjeistus moottorin suojaamiseen

- Suojamuovi tulee sitoa nostorautaan suojamuovin avonaisesta päästä keskeltä suojamuovia kolmesta kohdasta nostorautaa.
- Moottorin suojaaminen tapahtuu siten, että moottori on hallin lattialla.
- Moottoria lähdetään suojaamaan turbon päästä siten, että suojamuovin päässä oleva pussi tulee turboa vasten ja vapaa pää vedetään moottorin yli toiseen päähän.
- Suojamuovi nostetaan siihen tarkoitettulla nostoraudalla koko moottorin yli, kuitenkin varoen, että muovi ei jää mihinkään kiinni ja repeä. Koko moottori tulee olla suojattuna.
- Jokaiselle moottori kokoluokalle tulee oma sille määrätty suojamuovi ja välikuljetuspeite.
- Suojamuovi nostetaan siihen tarkoitettulla nostoraudalla koko moottorin yli, kuitenkin varoen, että muovi ei jää mihinkään kiinni ja repeä. Koko moottori tulee olla suojattuna

- Muovi tulee teipata moottorin päistä tai kiertäen kuminauhalla siten, että muovin reuna osuu maahan, mutta ei roiku liikaa.

11.5 Ohjeistus kevytpeitteiden kierrättämiseen

Alkuperäiseen kierrätysprosessiin liittyviin epäkohtiin luotiin selkeä ohjeistus, jonka tarkoituksena on selventää työnjakoa pisteissä. Kun moottori lähtee Wärtsilä STH:lta suojattuna kevytpeitteellä tarkoituksena on, että välikuljetuspeite kulkeutuu takaisin automaattisesti omalle paikalleen lajiteltuna ja siististi viikattuna. Tämän prosessin tarkoitus on selkeyttää prosessia ja varmistaa vaivaton peitteen saatavuus myös tuleville ja lähteville moottoreille.

Moottorin lähtiessä DCV:lle viimeisteltäväksi, koeajoon tai suorittaa moottorin suojaamisen DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö lähtevien moottoreiden ovelle. Moottorin siirryttyä viimeistelyyn DCV:lle peitteen purun suorittaa Wärtsilän viimeistelyhenkilöstö ja viimeistelyalihakijalle sen oma henkilöstö, koeajossa peitteen purun suorittaa koeajohenkilöstö. Peitteiden poiston jälkeen peitteet tulee viikata siististi kuvan 2 mukaisesti kauluksilla varustetulle lavalle. Peitteen lavalle viikkauksen jälkeen lavan kylkeen laitetaan osoitelappu, missä tietona on Wärtsilä STH: ovi C2. DCV:llä asianmukaisen viikkaamisen ja lavojen osoitelapun asennuksen suorittaa Wärtsilän asennusalihakija ja viimeistelyalihakija. Kun välikuljetuspeite on viikattuna kauluksellisella lavalla osoitetietoineen DCV:llä, siirtää kuljetusalihakija sen lähtevän tavarán lähtöpaikalle. Viimeistelyn alihakijalla tämän siirtää peitteen viikkauksen ja lavalle viikkaamisen hoitanut taho, eli viimeistelypartnerin henkilöstö. Tämän jälkeen välikuljetuspeite siirretään Wärtsilän sisäisellä kuljetuksella Wärtsilä STH:lle määrättyyn paikkaan tavarán vastaanotto ovelle. Kun välikuljetuspeite saapuu tavarán vastaanotto ovelle, siirtää kuljetusalihakijan logistiikkahenkilöstö sen lähtevien moottoreiden ovelle.

Kuvassa 7 on ehdotus kevytpeitteiden kierrätysprosessista ja työnjaosta, joka otettiin käyttöön Wärtsilässä

Aktiviteetti	Moottorin toimitus DCV:lle viimeistelyyn.	Moottorin toimitus DCV:lle koeajoon.	Moottorin toimitus viimeistely alihankkijalle.
Välikuljetuspeitteiden varastopaikka STH:lla, lähtevien moottoreiden ovelle.			
Välikuljetuspeitteen ja suojamuovin asennus STH:lla.	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö	DC-STH asennustiimin nostohenkilöstö
Välikuljetus-suojauksen purku.	DC-STH viimeistely henkilöstö	DC-STH Koeajohenkilöstö	Viimeistely alihankkija
Välikuljetuspeitteen viikkaus lavalle lavakauluksineen.	DC-STH viimeistely henkilöstö	DC-STH viimeistely henkilöstö	Viimeistely alihankkija
Välikuljetuspeitelavan lähetys STH:lle vastaanotto ovelle.	DC-STH viimeistely henkilöstö	DC-STH viimeistely henkilöstö	Viimeistely alihankkija
Välikuljetuspeitteen toimitus STH:lle.	Sisäinen kuljetus	Sisäinen kuljetus	Sisäinen kuljetus
Välikuljetuspeitteiden toimitus varastopaikkaan STH:lla tavarain vastaanotosta lähtevien moottoreiden ovelle.	DC-STH logistiikka	DC-STH logistiikka	DC-STH logistiikka

Kuva 7. Kevytpeitteiden kierrätysprosessi ja vastuut.

11.6 Suojapeitteiden kierrätysprosessin jatkokehitys

DC-STH-logistiikan ja DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstön kanssa käydyn keskustelun perusteella jatkokehityksenä prosessille ehdotettiin, että kevytpeitteille rakennettaisiin tulevaisuudessa palosuojattu vastaanotettavien tavaroiden ovelle. Lähtevien moottoreiden oven lähistöllä on rajallisesti tilaa, jonka vuoksi peitteiden säilytys tulisi siirtää etämmälle ovelta, josta moottorit lähtevät. Peitteiden oma hylly mahdollistaisi suuremman varastointikapasiteetin peitteille ja sen, kun peitteet saapuvat takaisin STH:lle olisi ne mahdollisimman helppo ja nopea siirtää omalle paikalleen. Tämän kehityksen myötä lähtevien moottoreiden oven edustalla olisi pelkästään niin sanottu puskurivarasto, jossa säilytetään esimerkiksi seuraavan päivän tai vuorokauden välikuljetuspeite tarpeita. Tämä kuitenkin vaatii kommunikaatiota DC-STH asennustiimin nostohenkilöstön ja DC -STH, ja logistiikan välillä mikä mahdollistaa prosessin sujuvan toiminnan.

12 Pohdinta

Wärtsilän 3X-moottoreiden suojaaminen lyhyenvälin siirtokuljetuksissa oli monipuolinen ja haastava kehitysprosessi. Tässä pohdintaosuudessa mietitään moottoreiden suojaamisen tärkeyttä, siihen liittyviä haasteita ja kehityskohteita sekä kevytpeitteiden logistiseen puoleen liittyvään peitteiden kierrätykseen ja kevytpeitteiden käytön optimointiin.

12.1 Kevytpeitteiden kierrätys ja ohjeistus

Tämä luotu kevytpeitteiden kierrätysprosessiin luotuohjeistus selkeyttää ja luo organisoidumman kokonaisuuden. Ohjeistuksessa kierrätysprosessin erivaiheiden vastualueet ovat selkeästi määrittynä, joka vähentää epäselvyyksiä ja varmistaa sujuvan kierrätysprosessin STH, viimeistelyn ja DCV välillä. Prosessin etuina ovat selkeä työnjako eri toimijoiden välillä, jolloin jokaisen työvaiheen vastualueet ovat selkeästi määriteltä eri henkilöille, joka mahdollistaa sujuvan ja tehokkaan kierrätysprosessin. Selkeällä työohjeistuksella on myös työtä vähentävä vaikutus, kun ohjeistusta noudatetaan vähentää se ylimääräistä työn määrää. Mahdollisten ongelmien ilmetessä selkeän työnjaon avulla on sen ratkaiseminen helpompaa, kun tiedetään tarkasti millä vaiheella ongelma on ja tiedetään vaiheen vastuuhenkilöt. Tällöin pystytään tarkentamaan ohjeistusta kyseiselle vaiheelle. Haasteina prosessissa saattaa olla kiertoprosessin monivaiheisuus, joka saattaa lisätä mahdollisuutta epäselvyyksiin ja huonoimmassa tapauksessa hidastaa kierrätysprosessia. Alkuperäisessä kevytpeitteiden kierrätysprosessissa oli useita kehityskohtia esimerkiksi vastuunjaossa, miten kevytpeitteet tulee viikata ja millaiselle lavalle. Lisäksi prosessi vaati ohjeistuksen. Laadimme selkeän ohjeistuksen kierrätysprosessille, missä käy ilmi viikkauhje kuvineen, selkeän vastuun jaon sisältäen kevytpeitteen taittelun lavalle, lavan vastaanottajan STH:lla ja lavan varastoinnin sille kuuluvalla paikalla

12.2 Suojauksen kehitys ja ohjeistus

Suojaamiseen liittyvää kehitystyö toteutettiin tutkimalla useita kevytpeitteitä. Tavoitteena oli saada suojautua moottori kokonaisuudessaan kevytpeitteellä. Haasteita kuitenkin aiheutti kevytpeitteiden suuri koko, jolloin DC-STH-asennustiimin nostohenkilöstön oli hankala saada välikuljetuspeite ongelmitta moottorin päälle. Hallin korkeus ei ollut riittävä kevytpeitteiden käsittelyyn, jolloin välikuljetuspeite ei saanut vaivattomasti nostettua koko moottorin yli. Tämän lisäksi moottori sisältää useita teräviä kulmia, jolloin peitteen liu`uttaminen moottorin yli aiheutti kevytpeitteen tarttumisen ja tämän vuoksi kevytpeitteen repeämisen. Repeämät kevytpeitteessä heikentää merkittävästi suojaamisen laatua ja tekee kevytpeitteestä käyttökelvottoman. Yhtenä vaihtoehtona repeämisen estämiseksi tulisi pehmustaa moottorin terävät kulmat, mutta se on aikaa vievä prosessi ja lisäisi moottoreiden läpimenoaikaa. Ratkaisuksi saimme moottorin suojaamisen kevyellä suojamuovilla, joka on huomattavasti kevyempi ja helpompi käsitellä, kuin kokonaan moottorin suojaava välikuljetuspeite. Lisäksi moottorikohtaisesti suunniteltu suojamuovi suojaa moottorin saumattomasti estäen moottorin likaantumisen kuljetuksen aikana. Tämä toimintatapa soveltui hyvin moottoreihin, jotka lasketaan moottorinalustalle yhdessä generaattorin kanssa. Moottorin alustassa on nostamiseen tarkoitettut nostotapit, joita hyödyntäen moottori voidaan nostaa. Toimintatapa ei sovellu pelkkään moottoriin, jota ei laiteta moottorialustalle, sillä siinä ei ole nostotappeja. Moottorin nostaminen kuljetukseen käytettävälle lavetille ennen muovitusta aiheuttaa työturvallisuusriskin lavetin korkeuden vuoksi, jolloin moottorin suojaaminen lavetille päin on työturvallisuusriski. Vaikka saimme aikaiseksi alkuperäistä paremman ja tehokkaamman suojausmenetelmän suojapeitteillä on tämä kuitenkin väliaikainen ratkaisu.

12.3 Suojaamisen jatkokehitys suojamuovilla ja kevytpeitteillä

Moottorin suojaaminen vaatii tulevaisuudessa jatkokehitystä, eikä kevyen muovin käyttö moottorin suojaamisessa voi olla pysyvä ratkaisu. Suojaamiseen käytettävä muovi lisää

merkittävästi muovijätettä, jota täytyy pyrkiä vähentämään. Moottoreihin käytettävä suojamuovi tulisi kierrättää ja mahdollisesti uusiokäyttää yrityksessä. Suojamuovin käyttäminen moottorin suojaamisessa ei ole kannattavaa, koska suojamuovi saattaa repeytyä moottorista poistettaessa, jolloin suojamuovi on käyttökelvoton. Esimerkiksi moottoreiden suojamuovin käyttö uudelleen pakkausmuovina tai moottorimoduulien suojamuovina kuljetuksen ajaksi. Lisäksi tulevaisuudessa täytyy pyrkiä vähentämään moottorin suojaamiseen kuluva aikaa ja helpottamaan suojausprosessia. Näiden toteutettua saadaan aikaan entistä sujuvampi tuotantoprosessi.

Kehityskohtana oli myös moottorin suojaamisen ohjeistus lyhyille kuljetusväleille. Laadimme selkeän vaiheistetun ohjeistuksen moottorin suojaamiseen. Ohje laadittiin erikseen pelkälle moottorille ja moottori generaattori yhdistelmälle. Ohjeissa käydään selkeästi läpi moottorin suojaaminen, miten se täytyy toteuttaa ja mitä pitää huomioida. Tällainen kehitys vaatii selkeää ja käyttäjä ystävällistä ohjeistusta. Selkeä ja sopivan mittaisella ohjeistuksella asentajan on helppo katsoa suojaamisen huomioitavat pääkohdat. Selkeällä ohjeistuksella saadaan vähennettyä tulkinnanvaraisia asioita ja varmistetaan, että suojaus tapahtuu oikeaoppisesti ja turvallisesti.

13 Johtopäätökset

13.1 Suojaamisen tärkeys

DC-STH-laatuosaston kanssa käydyn keskustelun myötä kävi selväksi suojaamisen tärkeys lyhyilläkin kuljetusväleillä. Erityisesti, kun Wärtsilä STH:n toimipiste sijaitsee meren läheisyydessä aiheuttaa se normaalia enemmän tuulisia päiviä verraten sisämaahan. Kuivina päivinä tuulennostattama pöly kulkeutuu moottorin pinnoille ja kriittisiin paikkoihin aiheuttaen pahimmillaan teknisiä ongelmia ja moottorin maalausprosessin epäonnistumisen. Kosteilla keleillä ravan joutuminen moottorin pinnoille on merkittävä ongelma, etenkin talviaikaan suolan ja märän lumen joutuminen moottorin pinnoille. Hyvin suojatulla moottorilla siis pystytään varmistamaan se, että moottorin teknisiltä ongelmilta ja huonoimmassa tapauksessa hajoamiselta pystytään välttymään tulevaisuudessa. Hyvällä suojaamisella on myös vaikutus moottorin maalausprosessin nopeuttamiseen, joka puolestaan estää pullonkaulojen syntymisen maalauspaikoilla, jolla on myös vaikutus tuotannon sujuvuuteen, kun yrityksen tilaus kanta on korkealla. Huolellinen suojaaminen auttaa välttämään laatuongelmia ja säästää aikaa. Näin ollen tämä yksi osa-alue auttaa osaltaan varmistamaan sen, että Wärtsilä pystyy toimittamaan moottorit sovituksessa ajassa ja laadukkaan tuotteen asiakkaalle, mikä nostaa asiakastytyväisyyttä ja vähentää reklamaatioita.

Peitteiden sidonta moottoriin toteutettiin alun perin kevytpeitteissä olevilla köysillä. Köysille ei ollut ennalta määrättyä paikkaa, mikä hankaloitti peitteen kiinnitystä kuljetuksen ajaksi. Kevytpeitteet, jotka ei suojaa moottoria kokonaan tätä ongelmaa ei ollut, jolloin kiinnittäminen onnistui moottorissa oleviin kiinteisiin osiin. Tavoitteenamme oli kuitenkin moottorin suojaaminen kokonaan, jolloin moottoreiden kiinteät paikat eivät olleet näkyvillä. Kun otimme käyttöön suojamuovin päädyimme ratkaisuun, jolloin suojamuovi kiinnitettiin moottorin ympäri kiinnitettävällä kuminauhalla. Etuna tässä on, että kuminauha on joustava ratkaisu ja on uudelleen käytettävä seuraavissa moottorin suojauksissa.

13.2 Kevytpeitteiden kierrätysprosessi

Alkuperäisessä kevytpeitteiden kierrätysprosessissa oli useita kehityskohtia esimerkiksi vastuunjaossa, miten kevytpeitteet tulee viikata ja millaiselle lavalle. Lisäksi prosessi vaati ohjeistuksen. Laadimme selkeän ohjeistuksen kierrätysprosessille, missä käy ilmi viikkausohje kuvineen, selkeän vastuun jaon sisältäen kevytpeitteen taittelun lavalle, lavan vastaanottajan STH:lla ja lavan varastoinnin sille kuuluvalla paikalla.

Selkeällä peitteiden kierrätysprosessin ohjeistuksella on tärkeä rooli onnistuneessa prosessissa. Ohjeistuksen tulee olla selkeästi tulkittavissa, jolloin jokaisen prosessin osallistuvan tahon on helppo toteuttaa prosessin vaiheet oikeaoppisesti. Peitteiden viikkaaminen omille kauluksellisille lavoilleen selkeyttää peitteiden tunnistamista ja lisää työympäristön siisteyttä ja sitä kautta työturvallisuutta.

Selkeällä työnjaolla pystytään vähentämään sekaannuksia ja jokainen prosessiin osallistuva tietää tarkalleen oman tehtävänsä. Tehtävien tarkka määrittäminen nostaa työskentelyn tehokkuutta. Lisäksi kierrätysprosessin jatkuva kehittäminen ja mahdollinen ohjeistuksen päivittäminen on tarpeellista tulevaisuudessa. Näin yrityksessä saadaan toteutettua jatkossakin tehokas ja oikeaoppinen kevytpeitteiden kierrätys. Jatkokehityksenä on myös kevytpeitteiden säilyttämiseen tarvittava tila. Ajatuksena on tehdä oma säilytyspaikka kevytpeitteille vastaanotettavien tavaroiden oven eteen, jolloin peitteet pysyvät entistä paremmin järjestyksessä ja jokaisella on selkeä kuva, missä peitteet sijaitsevat.

13.3 Moottorin pesuprosessi

Tämä keskustelu avasi pesemiseen kuluvaan aikaan ja siihen liittyviä mahdollisesti pesuaikaa pidentäviä asioita. Pesemisprosessin suorittamiseen viimeistely alihankkijalla kuluu paljon aikaa. Riippuen miten likainen tai pölyinen moottori on saapuessaan viimeistelyyn voi se pidentää merkittävästi pesemiseen kuluvaan aikaan useilla tunneilla.

Moottorin saapuessa DCV:ltä pidemmän matkan vuoksi suojaamisen merkitys on suurempi pidemmän etäisyyden vuoksi. Puutteellisesta suojaamisesta johtuva moottorin likaantuminen saattaa siis kasvattaa merkittävästi moottorin pesuaikaa. Tämän vuoksi asianmukainen suojaaminen korostuu, jolloin saadaan pesemiseen kuluva aika mahdollisimman lyhyeksi, joka puolestaan jouduttaa maalausprosessin läpikäyvien moottoreiden läpimenoa.

Ennakoiva työ Wärtsilän tehtaalla vaikuttaa pesuaikaan viimeistelyalihankkijalla. Alihankkijan työnjohdolle tehdyn kyselyn perusteella nykyisellä moottorin osittaisella välikuljetuspeitesuojauksella moottorin pesemiseen kuluu aikaa useampi tunti sen koosta riippuen. Pesuaikaan vaikuttaa myös se, miten paljon moottorissa on epäpuhtauksia Wärtsilän tehtaalta lähdettäessä ennen viimeistelyalihankkijalle lähettämistä. Mikäli moottori suojattaisiin kevytpeitteellä kokonaan lyhyellä kuljetusvälillä, moottorin pesuaika lyhenisi. Samalla pystytään myös välttämään, ettei moottori- ja generaattoriyhdistelmän alustaan kertynyttä likaa tarvitse puhdistaa.

14 Yhteenveto

Kehitysprojekti Wärtsilän 3X-moottoreiden suojaamisesta lyhyen kuljetuksen aikana oli monivaiheinen, haasteellinen ja mielenkiintoinen. Tutkimuksen aikana selvisi, että lyhyillä kuljetusväleillä suojaamisen merkitys korostuu, sillä puutteellisesti suojatut moottorit altistuvat kuljetuksen aikana erilaisille ympäristötekijöille, kuten pölylle, kosteudelle ja talviaikaan suolalle. Nämä edellämainitut tekijät vaikuttavat moottorin maalausprosessin suoritusajaan viimeistelyvaiheessa. Tämän vuoksi moottoreiden suojaaminen on tärkeä osa tuotantoprosessin tehokkuuden, laadun ja sujuvuuden kannalta.

Työ nosti esiin selkeitä kehityskohteita moottorinsuojauksessa ja välikuljetuspeitteiden käytössä sekä kevytpeitteiden logistiikassa. Kehittämällä 3X-moottorisuojauksen ohjeistusta, parantamalla kevytpeitteiden varastointia saatiin selkeytettyä logistiikkaketjua toimipisteiden välillä. Selkeät ja helposti ymmärrettävät suojausprosessin ohjeistukset varmistavat sen, että 3X-moottoreiden suojaaminen on toteutettu asiaankuuluvalla tavalla. Näiden toimenpiteiden avulla voidaan saavuttaa tehokkaampi suojausmenettely, joka vähentää reklamaatoriskejä ja parantaa parhaimmillaan moottorin maalipinnanlaatua ja parhaimmillaan pidentää moottorin käyttöikä. Kevytpeitteiden kierrätysprosessia kehittämällä eri toimipisteiden välillä varmistetaan, se että suojausvaiheessa jokaiselle moottorille on saatavilla tarvittava välikuljetuspeite, lisäksi tällä tavoin pystytään vähentämään peitteisiin liittyvää hukkaa.

Tulevaisuudessa on tärkeää jatkaa 3X-moottoreiden suojauksen kehitystä lyhyille kuljetusväleille ja luoda edelleen kestävämpiä suojausratkaisuja, jotka vähentävät muovijätteen määrää ja parantavat suojaamisen laatua ja tehokkuutta. Suojausprosessin jatkuva kehittäminen on välttämätöntä tuotantoketjun sujuvuuden ja moottorilaadun varmistamiseksi.

Lähteet

Branko, N. & Popov. (2015). *Corrosion Engineering. Principles and Solved Problems*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/C2012-0-03070-0>.

Dziubak, T., & Dziubak, S. D. (2022). A study on the effect of inlet air pollution on the engine component wear and operation. *Energies*, 15(3), 1182. <https://doi.org/10.3390/en15031182>.

Kauppinen, A., Nummi, J., & Savola, T. (2004). *Tekniikan Viestintä. Kirjoittamisen ja puhumisen käsikirja*. Otava.

Kouri, I. (2009). *Lean Taskukirja*. Teknologiainfo Teknova.

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. (2017). *Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionestomaalaukset. ISO 12944*.

Suomen Standardoimisliitto SFS ry. (2019). *Pintojen valmistelu ennen pinnoitusta. Pintojen puhdistuksen menetelmät. Osa 2: Abrasiivipuhdistusmenetelmät (ISO 8504-2)*.

Teräsrakenneyhdistys (n.d.). Pintakäsittelyjaos. Noudettu osoitteesta https://www.terasrakenneyhdistys.fi/document/1/164/6eb0897/standardit_SFS_EN_1090_1_ja_SFS_EN_1090_2_pintakasittelyn.pdf

Työterveyslaitos. (2019). Rae ja hiekkapuhallus. Tietokortti kemiallisesta altistumisesta metalli- ja autoalojen työtehtävissä. Noudettu osoitteesta <https://ttk.fi/wp-content/uploads/2022/04/Rae-ja-hiekkapuhallus.pdf>.

U.S. Environmental Protection Agency (2023). Lean Thinking and Methods - 5S. Noudettu 15.5.2024 osoitteesta <https://www.epa.gov/sustainability/lean-thinking-and-methods-5s>.

Wärtsilä. (2022). Liiketoiminnat lyhyesti. Noudettu 1.8.2024 osoitteesta <https://www.wartsila.com/fi/media-fi/liiketoiminnat-lyhyesti>

Wärtsilä. (2022). News. Noudettu 6.8.2024 osoitteesta <https://www.wartsila.com/media/news/28-05-2024-wartsila-power-plant-will-provide-critical-grid-balancing-as-uk-expands-its-renewable-energy-supply-3453414>

Wärtsilä. (2022). The History of Wärtsilä. Noudettu 5.1.2024 osoitteesta <https://www.wartsila.com/about/history>.

Wärtsilä. (2022). This is Wärtsilä. Noudettu 5.1.2024 osoitteesta <https://www.wartsila.com/about/this-is-wartsila>.

Liitteet

Liite 1. Tutkimuskysymykset

1. Kuka toimittaa kevytpeitteen moottorille ja tekee suojauksen?
2. Kuka purkaa moottorin suojauksen?
3. Kuka kutsuu kuljetuksen kevytpeitteelle?
4. Millä välikuljetuspeite kuljetetaan takaisin STH:lle?
5. Kun välikuljetuspeite on laitettu valmiiksi kuljetusta varten, kuinka kauan kestää, että kevytpeite on takaisin STH:lla?
6. Minne välikuljetuspeite palautetaan STH:lla?
7. Kuka ottaa vastaan välikuljetuspeite toimituksen?
8. Minne välikuljetuspeiteet varastoidaan STH:lla?
9. Kuka vie välikuljetuspeiteet omalle paikalle?
10. Kuinka kauan yhden moottorin pesemiseen kuluu aikaa?
11. Miten kauan moottorin peseminen vie aikaa, jos moottori on kokonaan suojattuna?
12. Kuinka paljon aikaa kokonaan suojatulla moottorilla säästyy nykyprosessiin verrattuna?
13. Mitä työtä puutteellinen moottorinsuojaus aiheuttaa?
14. Onko viimeistelyalihankkijalla selkeää osoitetta, että minne peitteet lähetetään STH:lla?
15. Kuvaatteko lyhyesti tämän lähetysprosessin?
16. Kuka kuljettaa kevytpeitteen takaisin STH:lle?
17. Kuka nostaa kevytpeitteen rekasta ja siirtää STH:lle määrättyyn paikkaan?
18. Onko STH:n suunnalta määrätty varastopaikka kevytpeite palautukselle?
19. Onko nykyinen suojaus hyväksyttävissä?
20. Mitä puutteelliset suojauksesta voi aiheutua?
21. Mikä on minimivaatimus suojaukselle välikuljetuksiin? (500m)
22. Mikä on puutteellinen suojaus?