



Victor Strandell

Moottorivarustelun prosessikuvaus Avesco Oy:lle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

18.12.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Victor Strandell
Otsikko:	Moottorivarustelun prosessikuvaus Avesco Oy:lle
Sivumäärä:	21 sivua + 1 liite
Aika:	18.12.2023
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine:	Autosähkötekniikka
Ohjaajat:	Sales Manager Juha Kaartinen, Avesco Oy Lehtori Heikki Parviainen, Metropolia AMK

Tämä opinnäytetyö käsittelee Avesco Oy:n teollisuusmoottorimyynnin varusteluprosessia ja -toimintaa keskittyen erityisesti varustelutyön vaiheisiin. Avesco Oy on Caterpillar-tuotemerkin edustaja Suomessa, ja yrityksen teollisuusmoottorit palvelevat laajaa asiakaskuntaa, kuten laitevalmistajia ja konepajoja.

Työn tavoitteena on dokumentoida moottoreiden varusteluprosessin vaiheet ja luoda yhtenäinen prosessimalli. Teollisuusmoottoreiden varustelua ohjaavat asiakkaiden tarpeet, ja työssä dokumentoidaan ne työmenetelmät ja prosessit, jotka ovat olleet osittain dokumentoimatta. Moottorit räätälöidään asiakkaan tarpeiden mukaan, ja varusteluprosessiin kuuluu muun muassa tilattujen varusteiden asennus, osien kokoaminen ja moottorin ohjausyksikön konfigurointi.

Opinnäytetyössä käsitellään myös moottorin päästö- ja teholuokkia. Moottorin päästöluokka määritetään kohdemaan lainsäädännön perusteella. Yleisimmät päästöluokat ovat EU StageV ja US EPA Tier4 Final Non-road. Teholuokan valinta on tärkeää, jotta moottori palvelee asiakasta tyydyttävästi koko elinkaarensa ajan.

Varusteluprosessiin liittyen asiakkaalla on mahdollisuus valita moottoriin erilaisia varusteita ja ominaisuuksia, kuten vauhtipyörän koko, käynnistyslaitteen tyyppi ja sähköjärjestelmän jännite. Moottorin tilaamiseksi asiakkaalle tehdään 3D-malli, joka visualisoi valitut varusteet. Tämän jälkeen siirrytään hinta- ja toimitusneuvotteluihin ennen tilauksen lopullista vahvistamista.

Opinnäytetyö dokumentoi Avesco Oy:n teollisuusmoottorien varusteluprosessia tavoitteena systematisoida varustelun dokumentointi tulevaisuudessa. Samalla työ antaa yleiskuvan teollisuusmoottorien käyttökohteista sekä päästö- ja teholuokista. Työn tuloksena syntyi myös vain tilaajan käyttöön tarkoitettu liite, jossa prosessi kuvataan yksityiskohtaisesti.

Avainsanat: Moottorivarustelu, teollisuusmoottori, prosessikuvaus

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Victor Strandell
Title: Creating a process description for equipment process of industrial engines at Avesco Oy
Number of Pages: 21 pages + 1 appendix
Date: 18 December 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electrical Engineering
Supervisors: Juha Kaartinen, Sales Manager, Avesco Oy
Heikki Parviainen, Lecturer, Metropolia UAS

This thesis addresses the process of equipping industrial engines at Avesco Oy. The thesis also briefly addresses the sales process, where the engine and its equipment are selected, according to the customer's needs. Avesco Oy represents the Caterpillar brand in Finland, and their industrial engines serve a diverse customer base, including equipment manufacturers and workshops. Industrial engines can also be used in backup power systems and generators. Generally, the engines run on diesel oil, are exposed to challenging environmental conditions, but still designed for longevity and reliability.

The objective of the thesis is to document the stages of the engine equipment process and create a unified process model. The thesis aims to document the work methods and processes that have been partially undocumented until now. Engines are customized according to customer requirements, and the equipment process includes the installation of ordered accessories, assembly of components, and configuration of the engine control unit.

The thesis also addresses the emission classes and power classes of the engines. The emission class of an engine is determined based on the legislation of the destination country, with common emissions limits being defined according to EU StageV and US EPA Tier4 Final Non-road emissions classes. The selection of the power rating is also crucial in ensuring that the engine satisfactorily serves the customer throughout its lifecycle. Customers could choose various accessories and features for the engine, such as the size of the flywheel, type of starter, and voltage of the electrical system. Before new engine models are ordered, a 3D model is created for the customer, visualizing the selected accessories. Negotiations on price and delivery terms take place before the final confirmation of the order.

In summary, the thesis documents the equipment process of Avesco Oy's industrial engines, aiming to systematize equipment documentation for the future. It also provides an overview of the applications, emission classes, and power classes of industrial engines. As a result of the thesis, a highly detailed process description has been written as appendix to the thesis, which is only for internal use at Avesco Oy.

Keywords: Industrial engine, engine equipment, process description

Sisällysluettelo

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Teollisuusmoottori	2
2.1	Energianlähteet	3
2.2	Moottorityypit ja sovellukset	3
3	Teollisuusmoottorin varustelu	4
3.1	Prosessivaiheet ennen moottorin varustelua	4
3.2	Teollisuusmoottorin Päästöluokka	5
3.3	Teollisuusmoottorin Teholuokka	6
3.4	Moottorin varusteet ja ominaisuudet	8
3.5	Moottorin mallinnus ja tilaus	13
3.6	Vakiokokoonpanot sekä IOPU moottorit	14
3.7	Prosessikuvaus tilausta edeltäville työvaiheille	15
4	Moottorivarustelun työvaiheet	15
4.1	Moottorin vastaanotto ja varastointi moottorivarusteluun	15
4.2	Varusteiden asennus	16
4.3	Moottorin konfiguraatio	17
4.4	Moottorin lähetys asiakkaalle	18
4.5	Mallimoottorin työvaiheet	18
5	Yhteenveto ja päätelmät	18
	Lähteet	20
	Liite 1. Moottorivarustelun prosessikuvaus (vain työn tilaajan käyttöön)	

Lyhenteet

- HVO: *Hydrotreated Vegetable Oil*. Vetykäsitelty kasviöljy. Uusitutuva polttoaine, jota voidaan käyttää dieselmootoreissa.
- Cat: Caterpillarin yleisesti käytetty lyhenne. Cat® ja Caterpillar® ovat rekisteröityjä tuotemerkkejä.
- Feature: Ominaisuus tai varuste.
- EPA: *Environmental Protection Agency*. Yhdysvaltain liittovaltion viranomainen, jonka tehtävänä on suojella ja ylläpitää ympäristön terveyttä. Valvoo myös lainsäädännön noudattamista.
- CARB: *California Air Resources Board*. Kalifornian osavaltion viranomainen, joka mm. määrittää moottoreiden päästörajoja. Tavoitteena ilmanlaadun parantaminen.
- Rating: Teholuokka.
- IOPU: *Industry Open Power Unit*. Nimike valmiiksi rakennetulle moottorille.
- SIS: *Service Information Portal*. Caterpillarin tietokanta, josta löytyy mm. räjäytyskuvat sekä korjausohjeet.
- SAE: *Society of Automotive Engineers*. Yhdysvaltalainen autoalan standardisointijärjestö
- CAN: *Controller Area Network*. Viestintäverkko, jota käytetään ajoneuvoissa, koneissa ja teollisuuslaitteissa.
- PWM: *Pulse Width Modulation*. Pulssinleveysmodulaatio.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on dokumentoida Avesco Oy:n teollisuusmoottorimyynnin varustelun toimintaa ja varustelutyön vaiheita. Työssä tarkastellaan myös myyntiprosessin ja tavarantoimituksen vaiheita, koska moottoreiden varustelutarve syntyy jo myyntivaiheessa. Teollisuusmoottoreiden varustelua ovat toimineen samat kokeneet asentajat jo hyvin pitkän ajan, mutta heidän kehittämänsä työmenetelmät sekä prosessit ovat jääneet osittain dokumentoimatta. Insinööriyön tavoite on saada tätä hiljaista tietoa dokumentoitua ja luoda yhtenäinen prosessimalli, jonka mukaan moottoreiden työvaiheet kirjataan myös tulevaisuudessa.

Avesco Oy on Caterpillar-tuotemerkin edustaja Suomessa. Amerikkalaisen Caterpillar-yhtiön tuotevalikoima on hyvin laaja, ja tunnetuimmat tuotteet ovat todennäköisesti maarakennuskoneet, kuten puskutraktorit ja kaivinkoneet. Caterpillar myy myös valmistamiaan dieselmoottoreita mm. teollisuus-, varavoima- ja merikäyttöön. Avesco Oy:n päätoimipiste sijaitsee Keravalla, jossa yhtiöllä on erillinen varustelu- sekä logistiikkayksikkö teollisuusmoottoreita varten.

Caterpillar-teollisuusmoottoreita myydään Suomessa usealle aktiivisille laitevalmistajille. Merkittävä osa moottoreista menee suomalaisen konepajateollisuuden kautta vientiin. Ison volyymin moottorimallit tilataan pitkälti asiakkaan tarpeiden mukaisilla varusteilla eli ns. optioilla varustettuna suoraan tehtaalta. Pieniä muutostarpeita saattaa silti esiintyä, ja moottoreiden mukana toimitetaan usein myös muita osia kuten asennustarvikkeita, osana moottoritoimitusta. Myös mahdolliset kuljetusvauriot voidaan korjata Keravan varustelussa.

Teollisuusmoottorin varusteluprosessissa moottori räätälöidään asiakkaan tarpeiden mukaan. Perusmoottori varustellaan asiakkaan tilaamalla varusteilla ja ominaisuuksilla, kootaan irrallaan lähetettävät osat, yhdistetään mahdolliset varaosana tilatut lisäosat ja moottorin ohjauksyksikkö konfiguroidaan asiakkaan määrittämällä tavalla.

Opinnäytetyö suoritettiin keräämällä tietoa Avesco Oy:n henkilöstöltä heidän tavallisina työpäivinä, sekä tutustumalla mm. itse varustelutyöhön. Haastateltavana oli sekä moottorimyynnissä että varastelussa työskenteleviä henkilöitä. Kirjoittaja itse työskentelee Avesco Oy:llä teollisuusmoottoreiden applikaatioinsinöörinä, ja työssä kertynyttä kokemusta ja tietoa hyödynnettiin myös tässä insinööriyössä. Insinööriyön tuloksena varusteluprosessin työvaiheita on kuvattu yksityiskohtia myöten erillisessä liitteessä. Liite on vain tilaajan sisäistä käyttöä varten.

2 Teollisuusmoottori

2.1 Teollisuusmoottoreista yleisesti

Teollisuusmoottori on pääsääntöisesti dieselöljyä käyttävä moottori, joka on suunniteltu käytettäväksi erilaisissa työkonesovelluksissa. Suomessa tyypilliset käyttökohteet ovat konepajojen suunnittelemat mobiilit laitteet, kuten kaivosteollisuuden laitteet, esimerkiksi poralaitteet, kivimurskat ja seulat. Muita tyypillisiä sovelluksia ovat mm. maansiirtokoneet, metsäkoneet sekä taajama- ja maatalustraktorit. Teollisuusmoottoreita voidaan käyttää myös esimerkiksi pumpuissa ja generaattoreissa. Suomessa generaattorisovellukset ovat tyypillisesti varavoimajärjestelmiä esimerkiksi tehtaissa, datakeskuksissa tai sairaaloissa, sillä Suomessa on melko vakaa ja kustannustehokas sähköverkosto. Dieselmoottorin käyttö ei siten yleensä ole verkkovirtaan nähden taloudellisesti kannattavaa pitkäjaksoisesti.

Teollisuusmoottori on tyypillisesti melko matalavirtteinen ja on siten iskutilavuudeltaan melko iso, jotta tehotavoite voidaan saavuttaa rasittamatta moottorin komponentteja liikaa. Moottorit pyritään pitämään matalavirtteisinä, sillä teollisuusmoottori on suunniteltu olemaan varsin pitkäikäinen ja uuden moottorin tulisi kestää 10000–20000 tuntia, ennen kuin moottori pitää vaihtaa tai peruskunnostaa. Kuten mainittu, teollisuusmoottoreita käytetään paljon varavoima- tai viikajärjestelmänä, kuten varapumppuna esimerkiksi tehtaassa, joten moottoreiden pitää lisäksi olla erityisen varmatoimisia. Tämän lisäksi moottorit, joita

käytetään esimerkiksi kaivosteollisuuden sovelluksessa, altistuvat erittäin haastaville ympäristöolosuhteille.

Teollisuusmoottorille, joka ei toimi osana varajärjestelmää, on tyypillistä toimia elinkaarensa aikana hyvin korkealla kuormitusasteella. Keskimääräinen käyttöteho voi olla jopa 90 prosenttia maksimitehoon nähden.

2.2 Energianlähteet

Tavallisin energianlähde on EN590-standardin mukainen dieselpolttoaine. Eri-tyyppiset uusiutuvat energianlähteet, kuten EN 15940 -standardin mukainen vetikäsitelty kasviöljy, jota kutsutaan tavallisesti HVO:ksi, ovat nostaneet suosiotaan viime vuosina [Neste renewable Diesel Handbook. 2020]. Teollisuusmoottori voi myös hyödyntää maa- eli metaanikaasua energianlähteenä. On myös olemassa teollisuusmoottoreita, jotka voivat toimia kaasun sekä dieselöljyn yhdistelmällä. Kaasumoottorit ovat muualla maailmassa yleisimpiä, sillä kaasua syntyy sivutuotteena monessa teollisuuden prosessissa. Nämä kaasumoottorit ovat yleensä teollisuusmoottorina verrattain isoja ja tehokkaita, 1–10 megawatin moottoreita. Varsinkin pienet teollisuusmoottorit saattavat myös hyödyntää ajoneuvobensiiniä energianlähteenään. (Gasoline And Diesel Industrial Engines 1996.)

2.3 Moottorityypit ja sovellukset

Caterpillarin teollisuusmoottorit vaihtelevat iskutilavuudeltaan 0,5 litrasta jopa 300 litraan asti [Industrial Diesel Engines.] Tehon tuotto näillä moottoreilla vaihtelee kymmenestä kilowatista noin viiteen megawattiin. Pienet moottorit ovat yleensä vapaasti hengittäviä ja verrattain matalaviritteisiä. Tyypillinen käyttökohde voisi olla esimerkiksi pihatraktori, etukuormaaja tai generaattori. Kaasukäyttöisinä näitä moottoreita voidaan käyttää esimerkiksi trukeissa. Tällöin voimansiirto on yleensä toteutettu hydraulikalla, ja moottori pyörittää siten hydraulipumppua.

Keskikokoisia, iskuutilavuudeltaan 7–32-litraisia teollisuusmoottoreita voidaan hyödyntää hyvin monipuolisesti erilaisissa teollisuuden sovelluksissa. Tehotuotto on yleensä 30 kilowatista 700 kilowattiin. Tämän kokoluokan moottoreita käytetään hyvin laajasti eri teollisuuden aloilla, kuten valmistuksessa, kaivosteollisuudessa, energiatuotannossa ja niin edelleen. Moottorit toimivat teholähteenä yleensä hydraulipumpulle, generaattorille tai kompressorille. Tällaiset keskikokoiset moottorit sopivat hyvin tyypillisiin mobiileihin eli liikuteltaviin teollisuuskoneisiin, kuten maansiirtokoneisiin.

Isot, iskuutilavuudeltaan 32 litraa tai isommat teollisuusmoottorit ovat Suomessa verrattain harvinaisia. Iso teollisuusmoottori kuluttaa niin paljon energiaa, että verkkovirran hyödyntäminen energianlähteenä luo merkittävän taloudellisen hyödyn. Tästä syystä tyypillisiä käyttökohteita ovat esimerkiksi varavoimalat tai muut varajärjestelmät, kuten palopumput. Lisäksi Suomessa dieselveureissa käytetään suuria teollisuusmoottoreita.

3 Teollisuusmoottorin varustelu

Kuten edellisessä luvussa kävi ilmi, teollisuusmoottorit soveltuvat monipuolisesti erilaisiin käyttötarkoituksiin ja ympäristöihin. Tämän vuoksi moottoreita pitää räätälöidä hyvin monipuolisesti sovelluksen mukaan. Tätä kutsutaan teollisuusmoottorin varusteluksi.

3.1 Prosessivaiheet ennen moottorin varustelua

Moottorin räätälöintitarve määritetään jo kauan ennen ensimmäistä tilausta tai toimitusta. Amerikkalaisvalmisteisten Caterpillar-moottoreiden räätälöintimahdollisuudet ovat hyvin laajat, ja laitevalmistaja pystyy valitsemaan haluamansa *featuret* ja optiot eli moottorin ominaisuudet ja varusteet laitteensa tarpeiden mukaan. Teollisuusmoottoreita myydään esimerkiksi kivimurskaimiin ja poravaunuihin, ja niiden vaaditut ominaisuudet ja varusteet vaihtelevat merkittävästi laitteen tyyppin ja kohdemaan mukaan. Laitteet ovat pääsääntöisesti liikuteltavia, ja käyttävät esimerkiksi tela-alustaa, mikä asettaa rajoituksia sekä koon että

painon suhteen. Pääsääntöisesti laitteet mitoitetaan niin, että ne voidaan kuljettaa maanteitse ilman kuljetuksen erikoisjärjestelyjä.

3.2 Teollisuusmoottorin päästöluokka

Avescon henkilökunnan kokemusten perusteella moottorin tilauksen suunnittelussa ensimmäinen ja keskeisin päätös on määrittää moottorin pakokaasujen päästöluokka, jota ohjaa käytännössä moottorin kohdemaan lainsäädäntö. Yleisimmät käytössä olevat päästöluokat ovat tällä hetkellä Euroopassa ja Yhdysvalloissa voimassa olevat EU StageV- ja US EPA Tier4 Final Non-road -päästömääräykset sekä EU StageIIIA- ja US EPA Tier 3 Non-road -päästömääräykset. Nykyään moottorit ovat usein kaksoisertifioituja, mikä tarkoittaa, että ne täyttävät sekä Euroopan EU StageV-, että Yhdysvaltain EPA Tier 4 Final -määräykset. Toisinaan käytössä voi olla myös EU StageIIIA- ja US EPA Tier 3 -päästöluokan moottoreita, vaikka ne ovatkin vanhemman ja sallivamman standardin mukaisia.

Lyhyesti voidaan eri päästöluokkien moottoreista toteaa, että EPA Tier 4 Final / EU stage V moottoreissa on pakokaasujen jälkikäsittelylaitteisto, jossa on hapettava katalysaattori, dieselhiukkassuodatin sekä selektiivinen katalyyttinen konvertteri (niin sanottu SCR-katalysaattori), joka toimii urealiuoksen avulla [EU Nonroad Engines: Stage V standards.] Joissain malleissa on tämän lisäksi pakokaasujen kierrätysjärjestelmä eli EGR-järjestelmä. Esimerkiksi EU stage V -päästörajat ovat määritetty viimeksi EU-asetuksessa 2016/1628 (Liikkuviin työ-koneisiin tarkoitettujen polttomoottoreiden kaasu- ja hiukkaspäästöjen raja-arvoihin ja tyyppihyväksyntään liittyvistä vaatimuksista. 2016.)

Avescon henkilökunnan kokemusten perusteella US EPA Tier 3- ja EU StageIIIA-päästöluokan moottoreissa ei käytännössä ole pakokaasujen jälkikäsittelylaitteistoa. Niissä vähäiset päästörajat täyttyvät pääosin EGR-järjestelmää hyödyntäen tai nykyään jopa pelkästään paloreaktion ja -ajoituksen optimoinnilla. Tarkemmat päästörajoitukset löytyvät Environmental Protection Agency

(EPA) -verkkosivuilta. (Nonroad Compression-Ignition Engines: Exhaust Emission Standards.)

Vaikka EPA:n määräykset ovat alun perin voimassa Yhdysvalloissa, monet muut maat ovat omaksuneet samat tai vastaavat päästöstandardit omassa lainsäädännössään. Tämä on johtanut siihen, että EPA:n päästoluokat, kuten Tier 3 ja Tier 4 Final, ovat muodostuneet globaaleiksi standardeiksi monissa teollisuusmaissa, kuten esimerkiksi Brasiliassa. [Brazil: Nonroad Diesel Engines.] Sama ilmiö on toistumassa tällä hetkellä EU stage V -päästoluokan kohdalla. Esimerkiksi Turkissa on hiljaitain astunut voimaan lainsäädäntö, joka vaatii uuden teollisuusmoottorin toimimaan EU stage V -päästölukituksen asettamien rajojen puitteissa [Turkey: Nonroad diesel engines.] Tämä globaali soveltaminen auttaa moottorivalmistajia ja käyttäjiä varmistamaan yhtenäiset ympäristöstandardit ja toimintaperiaatteet maailmanlaajuisesti.

3.3 Teollisuusmoottorin teholuokka

Kun päästoluokka on määritetty, seuraava vaihe on määrittää moottorin tehoasetus. Yhdelle moottorin kokoonpanolle voi olla tarjolla yhdestä viiteen eri tehoasetusta. Tehoasetus määrittää samalla, millaisella keskikuormituksella moottori voi toimia koko elinkaarensa ajan. Tämä vaihe antaa asiakkaille mahdollisuuden valita moottorin tehon tarkasti sovellustensa tarpeiden mukaiseksi.

Tehoasetukset ovat Caterpillarilla nimetty kirjaimilla A:sta E:hen. Jokaiselle kategorialle on määritetty rajat keskikuormalle sekä hetkelliselle huippukuormalle, nämä raja-arvot ilmoitetaan yleensä prosentteina moottorin maksimitehosta ja käyttöajasta. A-kuormitusrajan moottoria saa yleensä käyttää jatkuvasti 100 %:n kuormalla. Vastaavasti E-kuormituksen moottoria saa rasittaa 100 % korkeintaan 5 % käyttöajasta, ja keskikuorman pitää olla alle 40 %. Oikean tehoasetuksen valitseminen on kriittistä, jotta moottori voisi palvella loppukäyttäjää tyydyttävästi koko elinkaaren ajan. Väärä tehoasetus saattaa vaikuttaa myös takuuehtoihin.

Kun uutta teollisuusmoottorin sovellusta suunnitellaan, on hyvin tärkeätä varmistaa, ettei sovellukseen valita ylitehokasta moottoria. Tämä korostuu moottoreissa, joissa on kehittynyt jälkikäsitteilylaitteisto, sillä jälkikäsitteilylaitteisto vaatii tietyn lämpökuorman toimiakseen pitkässä jaksossa suunnitellusti. Sekä hiukkassuodatin että varsinkin SCR-katalysaattori vaativat tietyn lämpötilan toimiakseen suunnitellun mukaisesti. Kuten kuvasta 1 voi nähdä, SCR-katalysaattori on jälkikäsitteilylaitteiston viimeinen osa, ja pakokaasun on oltava hieman moottorimallista ja sijoituksesta riippuen noin 220 °C, kun pakokaasu virtaa SCR-katalysaattorin sisääntuloon. Tämä on SCR-katalysaattoriin ruiskutettavan urealiuoksen höyrystymisen kannalta tärkeää. Muussa tapauksessa on riskinä, että SCR-katalysaattoriin ruiskutettava urealiuos kristallisoituu ja muodostaa tukkeuman laitteistoon. Myös hiukkassuodattimen kannalta on tärkeää, että pakokaasujen lämpötila on tarpeeksi korkea, jotta suodattimeen kertynyt noki voi palata suunnitellusti. Minimikuormitus pakokaasun lämpötilan osalta vaihtelee hieman sovelluksesta ja moottorista riippuen, mutta noin 30 prosentin keskikuormaa voidaan pitää hyvänä ”nyrkkisääntönä”.

Vaikka moottorissa ei olisi jälkikäsitteilylaitteistoa eikä suoranaisesti vaurioituisi liian pienestä keskikuormasta, ylimitoitettu moottori saattaa esimerkiksi kuluttaa polttoainetta turhaan, sillä teollisuusmoottorin hyötysuhde on optimoitu isommalle keskikuormalle. Äärimmäisissä tapauksissa moottori voisi olla niin ylimitoitettu, että moottorin jäähdytysneste ei saavuta suunniteltua käyntilämpötilaa, joka on yleensä 82 astetta.

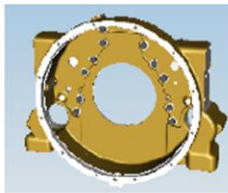
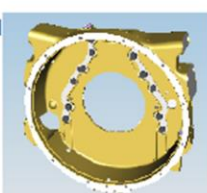
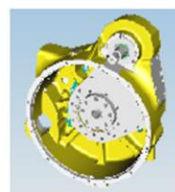


Kuva 1. Teollisuusmoottorin Cat C4.4 ACERT Tier 4 Final jälkikäsittelylaitteisto. Vasemmalla takana oleva isompi pönttö on jälkikäsittelylaitteiston SCR-katalyysaattori. (C4.4 Industrial diesel engine.)

3.4 Moottorin varusteet ja ominaisuudet

Kun moottorin päästö- ja teholuokka on päätetty, voidaan määrittää teollisuusmoottorin varsinaiset varusteet, kuten ominaisuudet ja fyysiset osat. Näitä kutsutaan myös optioiksi. Samalla asiakkaalla on mahdollisuus valita mukaan Caterpillarin moottoritoimiukseen lisäosia, joita tarvitaan moottorin integrointiin eli moottorin asennukseen asiakkaan laitteeseen.

Optioina on esimerkiksi vauhtipyörän sekä vauhtipyöräkotelon koko (SAE A tai SAE B jne.). Vauhtipyöräkoteloon voidaan valita PTO-optio eli SAE-standardin mukainen universaali kiinnityskohta apulaitteelle, kuten pienelle hydraulipumpulle. Kuva 2 on kuvakaappaus myyntimateriaalista, jossa näkyy osan Cat C13-moottorin vaihtopyörän kotelon vaihtoehdoista.

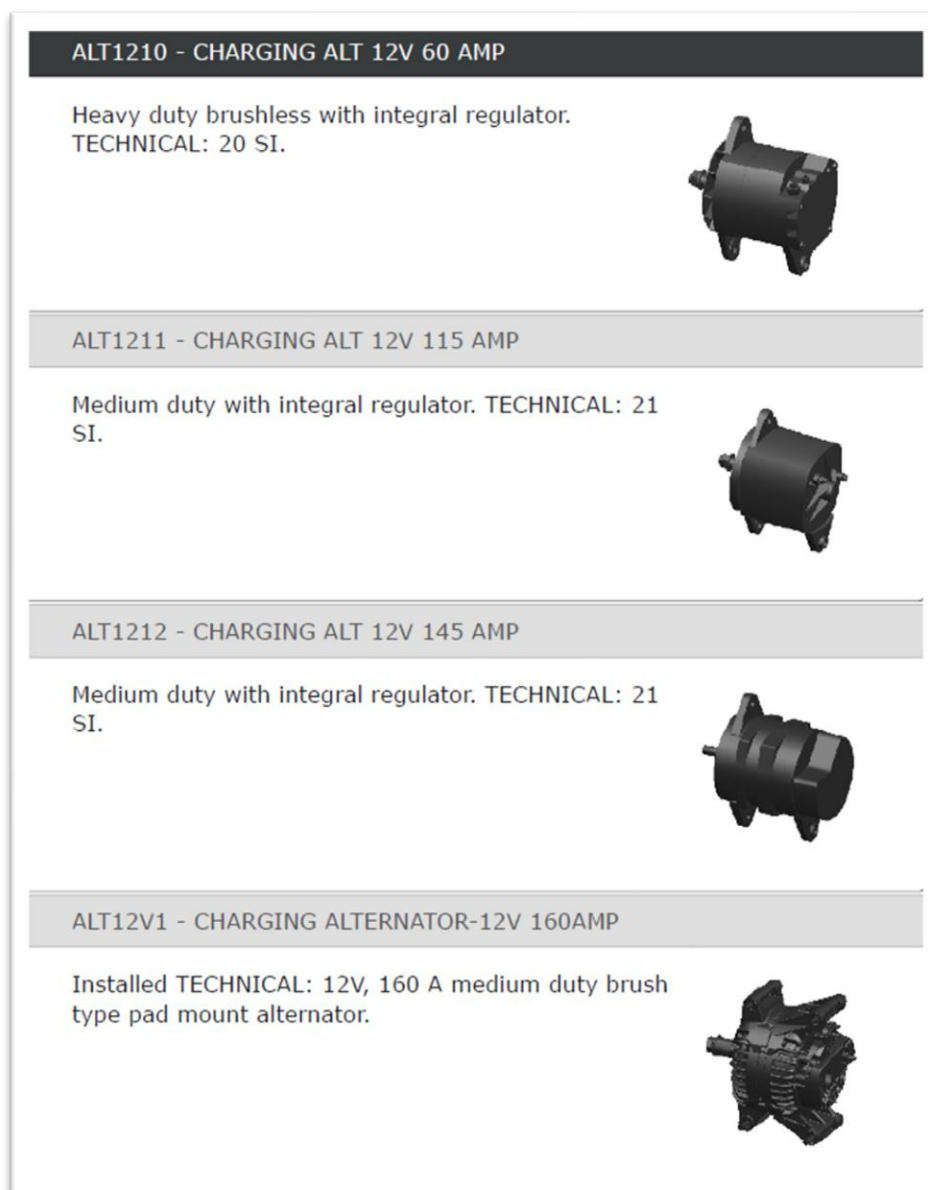
<p>FLYHG09 - FLY. HSG SAE NO. 1 CAST IRN 09</p>	<p>SAE No. 1 cast iron housing. Contains parallel vertical side mounting pads and lower horizontal mounting pads. Also provides LH and RH starter bore locations. REQUIRES: Flywheel Adapter or Flywheel or flywheel fastener group. FOR USE WITH: LH and/or RH Starter, Customer supplied wet transmission. NOTE: Allison transmission.</p>	
<p>FLYHG11 - FLYWHEEL HOUSING, SAE NO. 1</p>	<p>SAE No. 1 aluminum 10 degree slant pads. Single LH starter mounting. REQUIRES: Flywheel adapter or flywheel or flywheel fastener group. FOR USE WITH: LH starter, Customer-supplied dry transmission.</p>	
<p>PTOR000 - REAR POWER TAKEOFF</p>	<p>Rear facing on SAE No. 1 flywheel housing at 1:00 o'clock position. Includes output shaft compatible with Spicer 1350 and 1410 series flanges. Operates at 1.3 times engine speed and at engine rotation. Includes Crankshaft seal for dry housing. Includes aluminum flywheel housing. Single LH starter mounting. TECHNICAL: Flange torque capacity 250 lb-ft. REQUIRES: Flywheel adapter or flywheel or Fastener FAST000. FOR USE WITH: LH Starter. CANNOT BE USED WITH: Remote Tertiary Fuel Lines TFFTRR1</p>	

Kuva 2. Ote Cat C13 Tier 3 -moottorin vauhtipyöräkotelon vaihtoehtoista (Cat C13 Visual Price List 2018).

Teollisuusmoottorit voidaan tilata joko 12:n tai 24 voltin nimellisjännitteen järjestelmällä. Euroopassa 24 V on yleisempi, kun taas Amerikan markkinoilla 12 V on suosittu. 12 V:n järjestelmän haittapuolena on varsin iso virtamäärä esimerkiksi moottorin käynnistyksen yhteydessä, joten virtakaapeleiden pitää olla varsin paksut, ja siten ne ovat myös kalliimmat. Vaikka kaapelit on mitoitettu oikein, vastushäviöt ovat merkittävät.

Samalle moottorimallille on saatavana lähes aina useampi eri koon ja tyyppin lauri, suljettu tai tuuletettu malli sekä eri ampeerimääriä että nimellisjännitteitä.

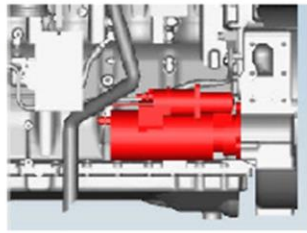
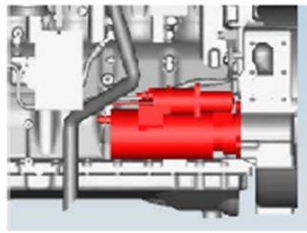
Kuva numero 3 on kuvakaappaus myyntimateriaalista, jossa näkyy osan Cat C13 -moottorin laturin vaihtoehtoista.



Kuva 3. Ote Cat C13 Tier 3 -moottorin laturin vaihtoehtoista (Cat C13 Visual Price List 2018).

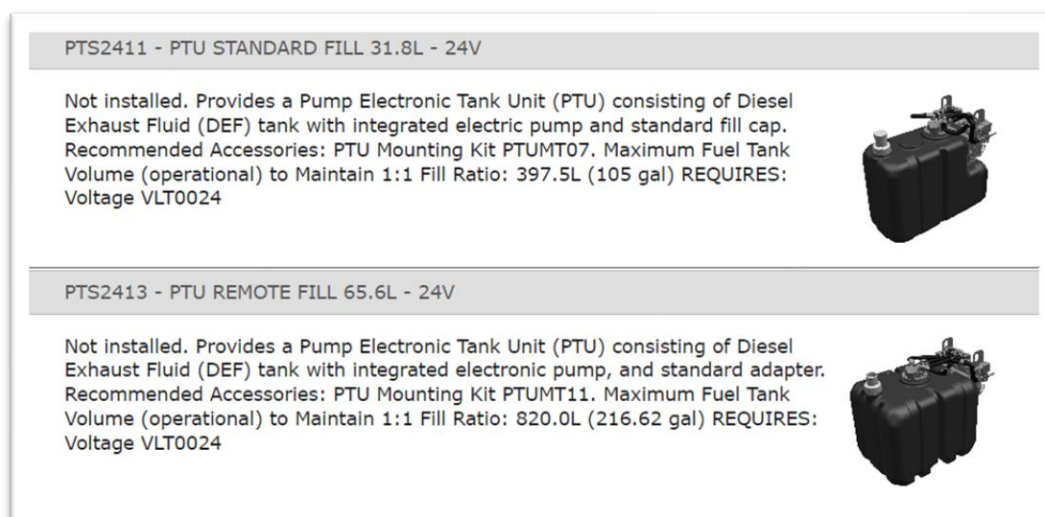
Samalle moottorimallille on saatavana useampi eri käynnistyslaite ja muitten varusteitten mukaan käynnistyslaitteen voi asentaa joko moottorin oikealle tai vasemmalle puolelle. Joihinkin moottorimalleihin voidaan myös valita kahdet käynnistyslaitteet, jos esimerkiksi moottoria käytetään kylmissä olosuhteissa. Niissä

moottorin käynnistykseen tarvitaan erityisen paljon tehoa käynnistyslaitteilta. Kuva 4 on kuvakaappaus myyntimateriaalista, jossa näkyy osan Cat C13 -moottorin käynnistyslaitteen vaihtoehtoista.

<p>ELSM123 - ELEC START MTR 12V</p> <p>Left hand. TECHNICAL: 42MT Starter, Starting aid recommended below 0 C (32 F). CANNOT BE USED WITH: Dual rear power takeoff, or rear power takeoff PTOR000</p>	
<p>ELSM124 - ELECTRIC STARTING MOTOR 12 V</p> <p>Right hand. TECHNICAL: 42MT Starter, Starting aid recommended below 0 C (32 F). REQUIRES: Flywheel Housing FLYHG08, FLYGH09, or dual rear power takeoff. CANNOT BE USED WITH: Engine mounted coolant conditioner or Transmission cooler, or Oil filter OILFLT0.</p>	

Kuva 4. Ote Cat C13 Tier 3 -moottorin käynnistyslaitteen vaihtoehtoista (Cat C13 Visual Price List 2018).

Ureanesteen säiliöitä eli niin sanottuja PETU-säiliöitä (*Pump Electric Tank Unit* eli sähköinen urealiuoksen tankki- ja pumppuyksikkö) on useita eri kokoja ja varustettuna sekä kiinteällä että irrallisella täyttöputken kaulalla. Tankin koko pitää mitoittaa sitten, että yksi täyttö riittää vähintään yhden täyden polttoainetankin käytön verran. Urealiusta kuluu kahdesta kymmeneen prosenttiin polttoainekulutukseen nähden moottorimallin mukaan. Mm. urealiuoksen syöttöletkujen pituudet pitää myös määrittää tilauksen yhteydessä laitteen rakenteesta riippuen. Kuva 5 on kuvakaappaus myyntimateriaalista, jossa näkyy osan Cat C9.3B stageV -moottorin PETU-säiliön vaihtoehtoja



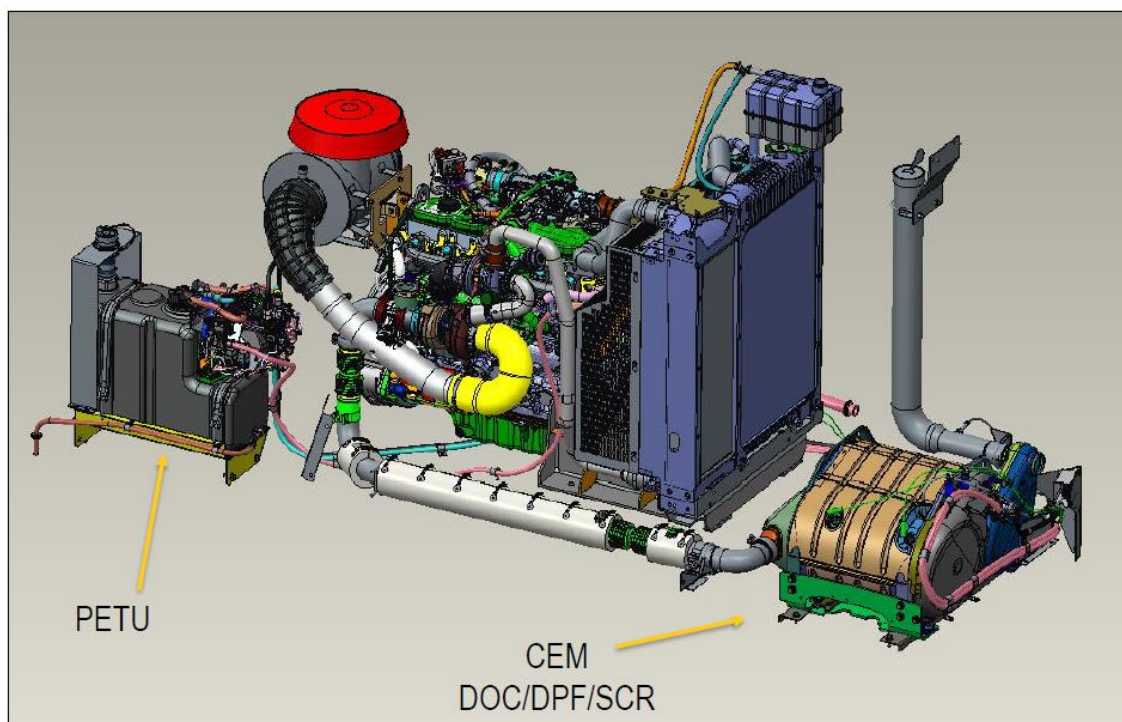
Kuva 5. Ote Cat C9.3B stage V:n urealiuoksen tankin vaihtoehtoista (Cat C9.3B stage V Visual Price List 2018).

Tämän lisäksi asiakas voi päättää, haluaako moottorille esimerkiksi Catin jäähdyttimen, tuulettimen siivikon tai välijäähdyttimen, tuleeko moottoriin tehdasasennettu vai irrallinen pakokaasujen jälkikäsittelylaitteisto ja mitä antureita halutaan moottoritoimitukseen mukaan. Tyypilliset moottorin mukana toimitettavat anturit ovat esimerkiksi WIF-anturi (*Water In Fuel Sensor* eli polttoaineen esisuodattimen pohjaan asennettava vettä tunnistava anturi) tai jäähdyttimen paisuntasäiliöön asennettava jäähdytysnesteen pinnan tasoanturi.

Monet laitteiden valmistajat yleensä hankkivat osan oheiskomponenteista, kuten ilmansuodattimet, jäähdyttimet ja niihin liittyvät letkut ja putket sekä pakoputkistot, omilta toimittajiltaan, sillä tehdastoimitetut osat saattavat olla esimerkiksi materiaaliltaan tai kooltaan hankalat integroida niiden laitteisiin. Laitteiden moottoriritilat ovat usein hyvin kompaktit, minkä vuoksi tyypillisesti mm. moottorin imu- ja ahtoilman putkistot ovat usein laitevalmistajien 3D-mallituksen avulla itse suunniteltavia ja valmistetaan silikonista juuri 3D-mallin mukaan. Myös moottorin elektroniikan yhdistäminen laitteen omaan elektroniikkaan vaatii komponentteja, jotka laitevalmistaja pääsääntöisesti hankkii itse.

3.5 Moottorin mallinnus ja tilaus

Kun varusteet on vahvistettu, asiakkaalle tehdään yleensä 3D-malli moottorista, jossa näkyvät kaikki ne valitut vaihtoehdot, jotka hän haluaa moottoriinsa tilata. Kuva 6 on kuvakaappaus 3D-mallinnusohjelmasta, jossa näkyy 3D-malli Cat C7.1 stageV -moottorin 3D-malli. Mikäli moottori näyttää 3D-mallinnuksen jälkeen edelleen sopivan asiakkaan laitteeseen, voidaan prosessissa edetä hintaja toimitusneuvottelujen kautta tilausvaiheeseen. Tässä vaiheessa moottorille ja varusteille luodaan oma *Build List number* eli tunnusnumero juuri tälle moottorija varusteyhdistelmälle. Tätä kutsutaan myöhemmin myös varustelistaksi. Jokainen varuste muodostuu yhdestä tai useammasta tuotenumeroista. Caterpillarin tuotenumeroitten hierarkiassa kukin tuotenumero voidaan edelleen "purkaa" pienempiin osiin, kuten priikkaan tai mutteriin. Lopullisessa tilauksessa saattaa olla optioita kahdestakymmenestä jopa kuuteenkymmeneen, ja tuotenumeroita on kymmeniä tuhansia.



Kuva 6. 3D-malli Cat C7.1 stage V -moottorista jälkikäsittelylaitteistoineen (Cat C7.1 Stage V engine).

Suurien tilausmäärien *Build List*it tilataan mahdollisimman pitkälle varusteltuna jo tehtaalta. Moottoriin voidaan myös tilata lisävarusteita, joita ei välttämättä saada Caterpillarilta tai kyseiseltä moottoritehtaalta. Nämä voidaan kuitenkin asentaa tai lisätä toimitukseen Keravan varustelussa.

Haittapuolista mainittakoon, että toimitusajat saattavat olla pidemmät, kun moottorin tilaa tehtaalta valmiiksi räätälöitynä, mutta tämä koskee lähinnä ensimmäisiä, uusia *Build List* -statuksella tilattuja moottoreita. Nämä lisäävät myös hallinnollisia työtehtäviä liittyen varustelutojien tunnuksien luontiin ja ylläpitoon.

3.6 Vakiokokoonpanot sekä IOPU-moottorit

Mikäli laitteen valmistusvolyymit ovat pieniä, on yleensä kustannustehokkaampaa käyttää valmista Caterpillarin standardisoitua varustelusta eli vakiokokoonpanoa. Moottori räätälöidään tarvittaessa asiakkaan valittujen optioiden perusteella paikallisesti Keravan moottorivarustelussa.

Caterpillarin IOPU (*Industry Open Power Unit*) -moottorit ovat valmiiksi rakennettuja moottoreita apulaitteineen ja jäähdyttimien ja on sellaisenaan jo tyyppihyväksytty ja/tai päästösertifioitu. Näihin asiakas rakentaa itse käytännössä pelkästään suojat tai katteet, moottorin ohjausjärjestelmän ja polttoainetankin. Kuva 7 esittää Cat C13B IOPU -moottorin, jossa näkyy mm. moottorin päälle asennettu jälkikäsitteilylaitteisto. Avescon henkilökunnan kokemuksen perusteella asiakkaat hankkivat usein ohjausjärjestelmän muualta kuin Caterpillarilta. Markkinoilla toimii useampia ohjauspaneelien moottorivalmistajasta riippumattomia valmistajia, joiden paneelit on helppo kytkeä moottorijärjestelmään. Tietoliikenne tapahtuu SAE J1939 -standardin mukaisen CAN-väylän kautta. Paneelien valmistajia ovat Caterpillarin lisäksi esimerkiksi DeepSea ja ComAp.



Kuva 7. Caterpillar C13B stage V:n IOPU-moottori (Cat 13B Industry Open Power Unit).

3.7 Prosessikuvaus tilausta edeltäville työvaiheille

Liitteen 1 ensimmäisessä osiossa käydään seikkaperäisesti läpi työvaiheita, jotka tapahtuvat ennen moottorin tilausta ja toimitusta. Liite on toimitettu vain työn tilaajan käyttöön.

4 Moottorivarustelun työvaiheet

4.1 Moottorin vastaanotto ja varastointi moottorivarusteluun

Moottoreiden vastaanotto rahdista on alkupiste teollisuusmoottorivarusteluprosessissa. Avesco Oy:n Keravan toimipisteessä toimii yhteistyökumppani, joka vastaa toimipisteen logistiikasta. Yhteistyökumppanin tehtäviin kuuluu moottoreiden nostaminen kontista tai rekkakyydistä varasto- ja varusteluhallin sisään. Moottorivarustelun henkilökunta siirtää moottorit vastaanotosta eteenpäin. Saapuvien moottoreiden määrän ja kunnan tarkistaminen on tärkeää, sillä

jälkikäteen tehtyjä huomioita huolintayhtiölle ei välttämättä hyväksytä. Pienet ”piilovauriot” saattavat tosin tulla ilmi vasta, kun moottori tuodaan varastointipaikastaan varusteluun ja moottorista puretaan suojamuovit tai -pahvit, mutta tapauksia ilmenee onneksi harvoin. Pääsääntöisesti moottoria säilytetään joitain päiviä tai viikkoja Keravan varustelussa.

Moottoreiden tilauksia ja toimituksia käsitellään Avescon sisäisessä järjestelmässä. Järjestelmään luodusta tietokannasta näkee mm. tehtaalta tulossa olevat tilaukset, asiakkaiden Avescolta tehdyt tilaukset ja myös tilauksiin ja toimituksiin liittyvät päivämäärät.

Kun asiakkaan tilauksen toimituspäivä lähenee, varustelun henkilökunta varmistaa, että moottori sekä kaikki tarvittavat osat, varusteet ja muut materiaalit, joita tarvitaan moottorin varusteluun ja toimitukseen, ovat saatavana. Avescolla on Keravalla varaosavarasto, jossa on varastoituna kymmeniä tuhansia nimikettä. Tästä varastosta osia voidaan toimittaa varusteluun hyvinkin nopeasti. Mikäli tuotetta ei ole Keravalla, tuotteet joudutaan tilaamaan Caterpillarilta. Tällöin tilaus saapuu noin 1–30 päivän kuluttua riippuen siitä, mistä varastosta tuote tulee ja millä kuljetusmuodolla se tuodaan.

4.2 Varusteiden asennus

Kun asiakkaan tilaaman moottorin toimituspäivä lähenee ja tarvittavat lisäosat on tilattu ja saapuneet, moottori voidaan tuoda varastopaikastaan varusteluun. Moottoreihin asennettavien varusteet ja osat pitää asentaa Caterpillarin ohjeiden mukaisesti. Ohjeet löytyvät Caterpillarin SIS2-tietokannasta, josta on myös mobiilisovellus. Tietokanta on maksullinen. Jokainen osa tulee luonnollisesti kiinnittää huolellisesti ja varmistaa niiden oikea sijoittelu ja toimivuus.

Moottori tilataan lähtökohtaisesti tehtaalta varusteltuna mahdollisimman tarkkaan asiakkaan tilauksen mukaan, mutta jossain tapauksissa moottoriin tehdään vielä lisäyksiä tai muutoksia komponentteihin Keravan varustelussa.

Kun moottori otetaan varustelussa työn alle, puretaan moottorista mahdolliset kuljetuslaatikot ja suojat ja moottori tarkastetaan huolellisesti kuljetusvaurioiden varalta. Tämän jälkeen moottoriin suoritetaan tarvittavat muutostyöt. Mikäli moottori on kaikilta osin valmiiksi varusteltu jo tehtaalla, muutos- tai varustelutyötä ei tarvitse varsinaisesti tehdä. Moottori pitää kuitenkin huolellisesti tarkistaa ja varmistaa, että se vastaa tilattua tuotetta. Esimerkiksi vauhtipyörän kuljetussuoja pitää osittain purkaa ja varmistaa, että moottoriin on asennettu oikeanlainen vauhtipyörä. Oikeasta kokoonpanosta löytyy valokuvat Avescon palvelimelta. Valokuvat on otettu ensimmäisestä toimitetusta moottorista ja tulevia moottoreita voidaan verrata ensimmäisen moottorin kuviin.

Tämän jälkeen moottorin mukana toimitettu varustelaatikko, joka sisältää kaikki irrallaan toimitettavat osat ja varusteet, avataan ja laatikon sisältö nostetaan ulos laatikosta lattialle. Tarkistuslistan avulla käydään läpi, että laatikko sisältää kaiken toimitukseen kuuluvat osat. Kun tarkistuslistan jokainen rivi on kuitattu, tarkistuslappu allekirjoitetaan ja laitetaan varustelaatikkoon.

4.3 Moottorin konfiguraatio

Viimeisenä vaiheena ennen moottorin lähetysvalmisteluja on moottorin ohjausyksikön konfigurointi. Asiakas määrittää konfiguroitavat asetukset usein yhteistyössä Avescon applikaatioinsinöörin kanssa. Konfiguraatiossa määritetään esimerkiksi, millä nimellistehoasetuksella moottori toimii (kaikissa malleissa ei välttämättä ole useampaa vaihtoehtoa). Myös moottorin ohjaukseen liittyviä asetuksia määritellään konfiguraatiossa. Konfiguraatiossa tulee määrittää esimerkiksi, miten tehopyynnin tieto välitetään moottorille (esim. pwm-signaali, 0–5 V:n signaali tai viestikomento J1939 CAN-väylän kautta) tai minkä tyyppinen jäähdytysnesteen anturi moottoriin kytketään (esim. *normally open* tai *normally closed*). Moottori konfiguroidaan Caterpillarin diagnostiikkaohjelmiston *Cat Electronic Technicianin* avulla.

4.4 Moottorin lähetys asiakkaalle

Valmiit moottorit pakataan kuljetusta varten ja yleensä moottoreihin kiinnitetään kollilaput sekä laput, joista ilmenee asiakkaan sisäiset nimiketunnukset. Moottorin viedään huolintayhtiön toimesta aikanaan asiakkaalle, pääsääntöisesti asiakkaan kokoonpanotehtaille.

4.5 Mallimoottorin työvaiheet

Liitteessä nro 1, joka on toimitettu vain työn tilaajan käyttöön, käydään seikka-peräisesti läpi mallimoottorin valmisteluja sekä työvaiheita moottorivarustelussa.

5 Yhteenveto ja päätelmät

Tässä opinnäytetyössä on tarkasteltu Avesco Oy:n teollisuusmoottorimyynnin varustelupajan toimintaa ja varustelutyön vaiheita. Työn tavoitteena oli dokumentoida toiminnan nykytila ja luoda yhtenäinen prosessimalli moottoreiden työvaiheiden kirjaamiseksi tulevaisuudessa. Lisäksi opinnäytetyö antaa yleiskuvan niin teollisuusmoottoreista yleisesti kuin myös moottorin tilaus- ja toimitusprosessin vaiheista ennen varustelua.

Opinnäytetyössä määriteltiin ensiksi, mikä teollisuusmoottori on, mitkä ovat teollisuusmoottoreiden yleisemmät energianlähteet ja mitkä ovat teollisuusmoottoreiden yleisemmät käyttökohteet. Teollisuusmoottori on pääasiassa dieselöljyä käyttävä moottori, suunniteltu käytettäväksi erilaisissa teollisuuden sovelluksissa, kuten kaivosteollisuuden laitteissa, pumpuissa ja generaattoreissa. Näiden moottoreiden tyypillinen piirre on pitkäikäisyys ja kyky toimia korkealla kuormitusasteella. Teollisuusmoottoreiden energianlähteinä käytetään yleisesti dieselöljyä, mutta myös uusiutuvat energianlähteet, kuten parafiiniöljy ja maakaasu, ovat nostaneet suosiotaan.

Opinnäytetyön päätavoitteena oli dokumentoida hiljaista tietoa ja luoda selkeä prosessimalli moottoreiden varustelusta. Työn avulla työn tilaaja Avesco Oy

pystyy jatkossakin pitämään toimintaansa laadukkaana ja varmistamaan moottoreiden räätälöinnin asiakkaiden tarpeiden mukaan joustavasti jatkossakin.

Yhteenvetona voin todeta, että opinnäytetyö toimii jatkossa tärkeänä osana Avescon laadunvarmistusta ja dokumentointia. Prosessimalli kattaa kaikki työvaiheet moottorin tilauksesta sen toimitukseen asti ja toimii työkaluna niin nykyisille kuin tulevillekin työntekijöille.

Lähteet

Brazil: Nonroad Diesel Engines. Verkkoaineisto. Dieselnet.com. <<https://dieselnet.com/standards/br/nonroad.php>>. Luettu 7.12.2023.

C4.4 Industrial diesel engine. 2021. Verkkoaineisto. Caterpillar INC. <https://cat.com/en_US/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-engines/15969713.html>. Luettu 16.11.2023.

C9.3B StageV Visual Price List. Markkinointiaineisto. Caterpillar INC.

C13 Visual Price List. Markkinointiaineisto. Caterpillar INC.

C13B Industrial power unit. 2019. Verkkoaineisto. Caterpillar INC. <https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-power-units/120560.html> Luettu 5.11.2023.

EU Nonroad Engines: Stage V standards. Verkkoaineisto. Dieselnet.com. <<https://dieselnet.com/standards/eu/nonroad.php#s5>>. Luettu 6.11.2023.

EU stage V. 2017. Koulutusmateriaali. Caterpillar INC.

Gasoline And Diesel Industrial Engines. 1996. US Environmental Protection Agency. 1996. <https://gaftp.epa.gov/ap42/ch03/s03/final/c03s03_oct1996.pdf>. Luettu 7.12.2023.

Industrial diesel engines. Verkkoaineisto. Caterpillar INC. <https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/industrial/industrial-diesel-engines.html>. Luettu 7.12.2023.

Liikkuviin työkoneisiin tarkoitettujen polttomoottoreiden kaasua- ja hiukkaspäästöjen raja-arvoihin ja tyyppihyväksyntään liittyvistä vaatimuksista. 2016. Euroopan parlamentti ja neuvosto. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=CELEX%3A32016R1628>>. Luettu 6.11.2023.

Neste renewable Diesel Handbook. 2020. Verkkoaineisto. Neste Oyj. <https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_renewable_diesel_handbook.pdf>. Luettu 13.11.2023.

Nonroad Compression-Ignition Engines: Exhaust Emission Standards. 2016. Verkkoaineisto. United States Environmental Protection Agency. <<https://nepis.epa.gov/Exe/ZyPDF.cgi?Dockkey=P100OA05.pdf>>. Luettu 6.11.2023.

Turkey: Nonroad diesel engines. Verkkoaineisto. Dieselnet.com.
<<https://dieselnet.com/standards/tr/nonroad.php>>. Luettu 29.11.2023.

