

Miika Haapala

Modulaarisen sähköpaketin suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikan ko

Insinöörityö

13.03.2017

Tekijä(t) Otsikko	Miika Haapala Modulaarisen sähköpaketin suunnittelu
Sivumäärä Aika	29 sivua + 7 liitettä 13.03.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Tuotetekniikka
Ohjaaja(t)	Projektipäällikkö Harri Santamala
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella modulaarisen sähköpaketin konsepti MG MGA -autoon e-DriveRetro OÜ -yritykselle. Sähköpaketin suunnittelussa pyrittiin ottamaan vaikutteita vanhojen polttomoottoreiden ulkoasusta.</p> <p>Opinnäytetyön lähtökohtana käytettiin syksyllä 2015 valmistuneen Triumph GT6 - sähköautokonversion moottorilassa sijaitsevaa akkupakettia. Sähköpaketin ensimmäinen versio valmistettiin onnistuneesti ennen rullaavan rungon julkistamista 13.10.2016.</p> <p>Lopputulokseksi opinnäytetyössä saatiin mekaanisesti toimiva sähköpaketin konsepti MG MGA -autoon, jonka suunnittelun pohjalta sähköpaketti voidaan muuntaa mihin tahansa muuhunkin autoon sopivaksi.</p>	
Avainsanat	Sähköauto, modulaarinen sähköpaketti

Author(s) Title	Miika Haapala Designing of a Modular Power Pod
Number of Pages Date	29 pages + 7 appendices 13 March 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Specialisation option	Automotive Design Engineering
Instructor(s)	Harri Santamala, Project Manager
<p>The purpose of this thesis was to design a concept for a modular power pod for a MG MGA car. The thesis was assigned by a company called e-Drive Retro OÜ. The design of the power pod tries to mimic the looks of internal combustion engines.</p> <p>The basis of this thesis was the front accumulator box of the Triumph GT6 car that was converted to an electrical vehicle in the autumn of 2015. The first version of the power pod was successfully manufactured prior to the publication of the rolling chassis on 13th in October in 2016.</p> <p>The result of this thesis was a mechanically functional power pod for the MG MGA car. Because of the modular design the power pod can be fitted into any car with slight changes.</p>	
Keywords	electric car, modular power pod

Sisällys

Lyhenteet

Alkusanat

1	Johdanto	1
2	e-DriveRetro yritys	1
2.1	Yrityksen historia	1
2.2	Yhteistyö Grips Garagen kanssa	2
3	Suunnittelu	2
3.1	Lähtökohdat	2
3.2	Valmistusmenetelmät ja materiaalit	3
3.2.1	GT6-sähköautokonversio	3
3.2.2	Hitsaus	5
3.2.3	Komposiittirakenne	6
3.2.4	Alumiiniprofiilit	9
3.3	Valmistusmenetelmien kustannuslaskelmat	10
3.3.1	Hitsauksen kustannukset	11
3.3.2	Alipaineinjektointimenetelmän kustannukset	11
3.3.3	Alumiiniprofiilimenetelmän kustannukset	12
3.4	3D-mallinnus	12
3.4.1	Mittaukset	12
3.4.2	3D-mallinnusohjelmat	13
3.5	Komponenttien sijoittelu- ja kiinnitysratkaisut	14
3.5.1	Invertteri	14
3.5.2	DC/DC-muunnin	15
3.5.3	Laturi	16
3.5.4	Muut sähkökomponentit	17
3.6	Jäähdytys	17
3.6.1	Painehäviöt	17
3.6.2	Suunnittelu	18
3.6.3	WP29-sähköpumppu	20
3.7	Suunnittelun haasteet	21
4	Valmistus	22
4.1	Tilaukset	22

4.2	Kokoonpano	23
4.3	Sähköpaketin toinen versio	24
4.4	Kehityskohteet	25
4.4.1	Suunnittelu	25
4.4.2	Sähköpaketin tiivistys	26
4.4.3	Ilmankierto	27
5	Yhteenveto ja päätelmät	27
	Lähteet	29
	Liitteet	
	Liite 1. MayTec The Profile System -luettelo	
	Liite 2. Visedo PowerMaster -luettelo	
	Liite 3 Lence DC/DC -luettelo	
	Liite 4 Brusa NLG513 -luettelo	
	Liite 5 EMP WP29 -asennusmanuaali	
	Liite 6 OptiCool-luettelo	
	Liite 7 GORE Protective Vents -asennusmanuaali	

Lyhenteet

Mk Mark. Malli.

Cam Camshaft. Nokka-akseli.

CAD Computer assisted design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.

TIC Tungsten Inert Gas Arc Welding. Kaasuhitsausprosessi.

Inc. Incorporation. Yhtiö

Alkusanat

Tämä opinnäytetyö käsittelee modulaarisen sähköpaketin suunnittelua ja valmistamista.

Opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella modulaarisen sähköpaketin konsepti e-DriveRetro OÜ -yritykselle.

Haluan kiittää työn valvojaa ja ohjaajaa Harri Santamalaa sekä Metropolian projektipäällikköä Ville Eskelistä, jolta sain arvokasta konsultaatio apua elektroniikka-komponenttien kanssa. Haluan myös kiittää konversioprojektissa mukana olleita Niko Tähkää, Ioannis Soultanista sekä Janne Haveria heidän antamastaan tuesta.

Erityisen kiitoksen ansaitsee Henry Fordin säätiö, jolta saatu apuraha mahdollisti tämän opinnäytetyön täysipäiväisen tekemisen syksyn ja talven aikana 2016.

Helsingissä 13.3.2017

Miika Haapala

1 Johdanto

Tämän opinäytetyön aiheena oli suunnitella e-DriveRetro OÜ -yritykselle modulaarisen sähköpaketin konsepti MG MGA Mk-I Twin-Cam Roadster 1959 -autoon, jonka yritys konvertoisi sähköautoksi. Sähköpaketin suunnittelussa pyrittiin saavuttamaan ajan henkeen sopiva yleisilme, jotta auto näyttäisi siltä kuin se olisi tehty sähköautoksi jo 50-luvulla. Sähköpaketin suunnittelussa otettiin vaikutteita jo sähköautoksi konvertoidun Triumph GT6 -auton etummaisesta akkulaatikosta sekä perinteisistä polttomoottoreista.

Modulaarisen sähköpaketin suunnittelu toteutettiin tässä opinäytetyössä 3D-mallinnusohjelmia käyttämällä ja sähköpaketin suunnittelussa otettiin huomioon sille asetetut vaatimukset. Sähköpaketin valmistamisesta tehtiin useampi suunnitelma, joista varteenotettavimmat valmistusmenetelmät käsitellään tässä opinäytetyössä.

Opinäytetyössä keskitytään esittelemään parhaiten yrityksen piensarjatuotantoon soveltuneen sähköpaketin suunnitelma. Opinäytetyössä käydään läpi modulaarisen sähköpaketin suunnitteluratkaisut ja pohditaan lopullisen tuotteen toimivuutta sekä esitetään parannusehdotuksia.

2 e-DriveRetro yritys

2.1 Yrityksen historia

e-DriveRetro on Michael Richardsonin 2015 alussa perustama yritys, joka valmistaa sähköautoja 1950–1970-luvun autoista joko asiakkaan toiveiden mukaan tai piensarjatuotantona. Yrityksen ensimmäinen sähköautokonversio oli vuoden 1972 Triumph GT6, joka valmistettiin vuoden 2015 aikana Metropolia Ammattikorkeakoulun projektina ja esiteltiin Senaatintorin PopUp-sähköautopäivillä 11.9.2016 [1]. Kuvassa 1 voidaan nähdä sähköautoksi konvertoitu Triumph GT6 sen julkaisupäivänä.



Kuva 1. Triumph GT6 1972 matkalla Senaatintorin PopUp-sähköautopäiville

2.2 Yhteistyö Grips Garagen kanssa

Yrityksen seuraavana tavoitteena on valmistaa piensarjatuotantona 10 kappaleen rajoitettu erä MG MGA -autoja yhteistyössä vantaalaisen yrityksen Grips Garagen kanssa [2]. Grips Garage tekee tarvittavat entisöintityöt muutettaviin autoihin ja e-DriveRetro tekee autoihin varsinaisen sähköautokonversion siirtämällä valmiiksi entisöityihin autoihin oman täyssähköautotekniikkansa.

3 Suunnittelu

3.1 Lähtökohdat

Sähköpaketin suunnittelun alussa asetettiin työn tilaajan Michael Richardsonin kanssa selkeät tavoitteet ja vaatimukset, jotka paketin tulisi täyttää. Sähköpaketin tulisi kestää auton normaaleista ajotiloista aiheutuvia värinöitä, kestää korroosiota, olla vesitiivis ja

modulaarinen. Sähköpaketin ulkomuodon tulisi myös jäljitellä osittain perinteistä polttomoottoria, jotta sähköpaketti vaikuttaisi olevan suunniteltu jo 50-luvulla.

Suunnittelu toteutettaisiin SolidWorks–3D-mallinnus ohjelmalla, jotta sähköpaketista saataisiin suoraan CAD-malli ja tarvittavat työpiirrustukset mahdollista valmistusta varten. 3D-mallista saataisiin myös alustavia kuvia yrityksen markkinointia varten, vaikka varsinainen tuote ei olisikaan vielä valmis.

Suunnittelun aikana täytyisi ottaa huomioon sähköpaketin toteutettavuus ja miettiä kaikkia mahdollia valmistusmenetelmiä ja materiaaleja. Koska projektiajoneuvon moottoritila on hyvin pieni, täytyy suunnittelussa ottaa huomioon valmistusmenetelmää valittaessa erilaisista valmistustavoista johtuvat virheet, jotka saattavat vaikuttaa sähköpaketin ulkomittoihin. Valmistusmateriaaleja valittaessa täytyy varmistaa että ne täyttävät annetut vaatimukset korroosion keston suhteen, ovat yleisesti saatavilla ja edullisia piensarjatuotantoa ajatellen.

Projektin aikatauluksi asetettiin, että sähköpaketin tulisi olla ulkoisesti ja rakenteellisesti valmis vuoden 2016 lopulla ja että sähköpaketin sisäinen suunnittelu viimeisteltäisiin vuoden 2017 alussa.

3.2 Valmistusmenetelmät ja materiaalit

Suunnittelun alussa täytyi tehdä valinta erilaisten valmistusmenetelmien joukosta mikä soveltuisi parhaiten sähköpaketin valmistukseen kun kyseessä tulisi olemaan piensarjatuotanto. Valmistusmenetelmää valittaessa tarkasteltiin jo konvertoidun GT6-auton etummaista akkupakettia, sillä MG MGA:ssa sähköpaketti sijoitettaisiin samalla tavalla polttomoottorin paikalle, kuten GT6-autossa oli tehty etummaisen akkupaketin kanssa.

3.2.1 GT6-sähköautokonversio

GT6-sähköautokonversiossa etummainen akkupaketti on valmistettu alumiinilevyistä, jotka on leikattu ja hitsattu haluttuun muotoon, minkä jälkeen rakennetta on vahvistettu hitsaamalla alumiiniprofiileja laatikon sivuille ja pohjaan. Akkulaatikko on kiinnitetty kiinteästi GT6:n runkoon kahden teräspalkin väliin M6-pulteilla.

Korroosionesto on akkulaatikossa hoidettu jauhemaalaamalla laatikko ja sen kansi, kun laatikko on saatu hitsattua valmiiksi. Akkulaatikon kansi kiinnitty varsinaiseen akkulaatikkoon M6-pulteilla ja muttereilla. Pultit tulevat läpi akkulaatikon ympärille hitsatuista alumiiniprofiileista, jotka muodastavat tiivistyspinnan. Akkulaatikosta on tehty tiivis laittamalla kannen ja laatikon väliin tiivistenauhaa, joka estää kosteuden ja veden pääsyn akkulaatikkoon.

Akkulaatikko on toiminut GT6-autossa muuten hyvin, mutta akkukennojen jäähtyksen suhteen on ollut ongelmia, sillä ilma ei pääse kiertämään akkulaatikossa tarpeeksi. Ilmajäähtyesteisten akkukennojen jäähtytystä olisi täytynyt ajatella enemmän akkulaatikkoon suunniteltaessa, mutta akkulaatikon valmistus ei ole myöskään ollut ongelmatonta. Akkulaatikko ei ole täysin mittatarkka, sillä se on valmistettu hitsaamalla, jolloin alumiini pääsee aina elämään. Mittatarkkuutta heikentää myös se, että alumiinilevyjen leikkaamiseen on käytetty levyleikkuria ja osittain rälläkkää, jolloin mittatarkkuus saattaa heittää useita millijä. Kaikki akkumoduuleiden kiinnitystä varten tehdyt reiät on porattu laatikon valmistamisen jälkeen porakoneella, minkä vuoksi reiät eivät ole mittatarkkoja. Kuvassa 2 voidaan nähdä GT6-sähköautokonversion etummainen akkupaketti valmistusvaiheessa.



Kuva 2. GT6-sähköautokonversion etummainen akkupaketti valmistusvaiheessa

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tarkemmin muutamaa vartenotettavaa vaihtoehtoa, joista lopulta valittiin varsinainen valmistustapa. Valmistusmenetelmien kustannuslaskelmat on esitetty myös omassa luvussaan.

3.2.2 Hitsaus

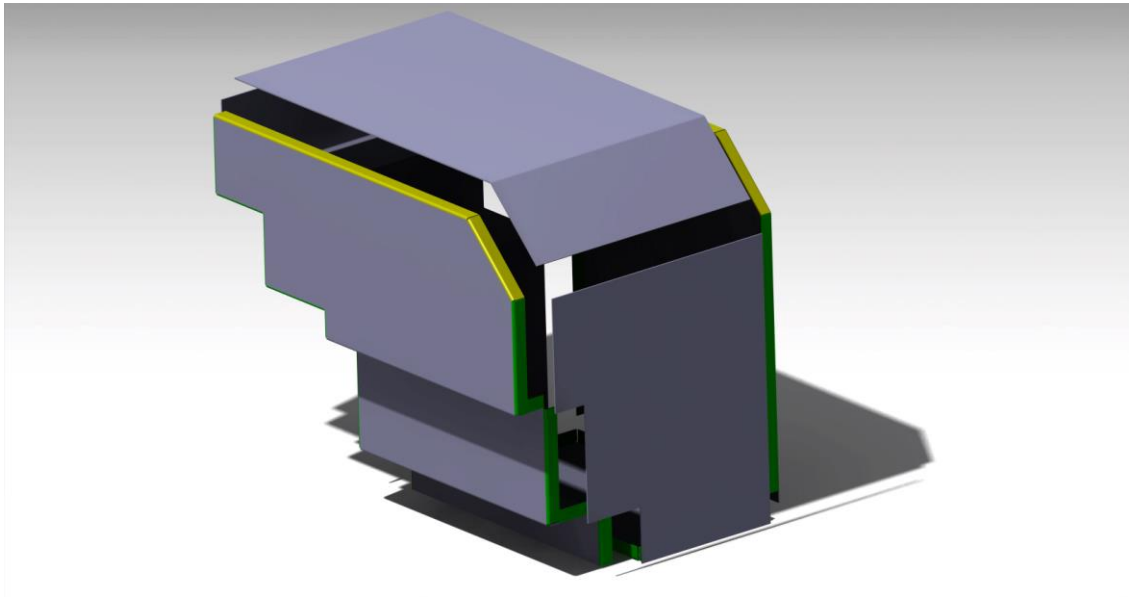
Sähköpaketin valmistamista hitsaamalla harkittiin GT6-auton etummaisen akkupaketin tomivuuden pohjalta, mutta ideasta kuitenkin luovuttiin. Hitsaamalla sähköpaketista olisi saatu helposti tiivis kokonaisuus ja mittatarkkuutta olisi saatu parannettua huomattavasti tilaamalla laserleikatut levyt, joista sähköpaketti olisi hitsattu kokoon.

Materiaalina levyissä olisi käytetty 2 mm:n vahvuista alumiinia, joka olisi ollut riittävän luja ja kestävä materiaali käytettäväksi sähköpaketissa. Alumiini kestää myös niin hyvin korroosiota jo valmiiksi ettei sitä tarvitsisi välttämättä suojata. Kuitenkin sähköpaketti olisi voitu asiakkaan toiveiden mukaan joko pinnoittaa jauhemaalaamalla tai eloksoimalla korroosion keston vahvistamiseksi. Eloksoimalla voidaan paksuntaa keinotekoisesti alumiinin pinnalle muodostuvan korroosiolta suojaavan kerroksen paksuutta elektrolyysin avulla. [3, s. 208 - 209]

Hitsausmenetelminä sähköpaketin valmistamisessa voitaisiin käyttää joko TIG-hitsausta tai pistehitsausta, jotka soveltuvat hyvin alumiinin hitsaukseen. TIG-hitsaus on yleisesti käytetty kaasukaarihitsausprosessi, jossa valokaaren avulla sulatetaan lisäainetta hitsisulaan, joka yhdistää hitsattavat kappaleet toisiinsa. Lisäainetta tuodaan käsinhitsauksessa toisella kädellä hitsisulaan, jolloin saadaan aikaan hitsisauma. TIG-hitsausta voidaan tehdä myös ilman lisäainetta, mutta tämä täytyy ottaa huomioon hitsattavia kappaleita suunniteltaessa. [4]

Pistehitsaus on vastushitsausmenetelmä, jossa vastuslämmön avulla liitetään toisiinsa puristetut työkappaleet yhteen. Vastuslämpö saadaan aikaan, kun kuljetetaan sähkövirtaa vastuksena olevien työkappaleiden kosketuskohtien läpi, jolloin kappaleet alkavat sulaa ja pehmetä kosketuskohdasta. Prosessin aikana kappaleita puristetaan yhteen, jolloin sulaneet ja pehmenneet kosketuskohdat yhteenliittyvät toisiinsa. [5]

Hitsaamalla valmistettavasta sähköpaketista tehtiin kuvan 3 mukainen luonnos ja sen perusteella alustava suunnitelma, miten sähköpaketti valmistettaisiin. Sähköpakettiin tulisi kuusi laserleikattua ja valmiiksi kantattua levyä, jotka voitaisiin hitsata joko TIG- tai pistehitsaus menetelmällä. Kuvassa 3 vihreällä värillä erotetut kanttaukset suunniteltiin hitsattavaksi kiinni, ja keltaisella merkityt kanttaukset ovat sähköpaketin kannen kiinnittämistä varten.



Kuva 3. Hitsausmenetelmällä valmistettavan sähköpaketin räjäytyskuva

Yritys olisi tarvinnut vähintään kaksi työntekijää valmistamaan sähköpaketteja, toinen olisi suorittanut vaativan hitsaustyön ja toinen työntekijä olisi koonnut valmiiksi hitsattuja paketteja. Ongelmia olisi myös voinut tulla sähköpaketin kokoamisvaiheessa, sillä MG MGA:n moottoritila on todella pieni, jolloin sähköpaketin täytyy olla kompakti. Kooltaan suurien elektroniikkakomponenttien, sähköjohtojen ja jäähdytysletkujen asentamisesta olisi saattanut tulla haastavaa. Sähköpaketista ei myöskään olisi saanut hitsaamisen menetelmällä helposti muokattavaa ratkaisua, vaan kaikkiin tuleviin autoihin olisi tarvinnut suunnitella täysin uusi sähköpaketti.

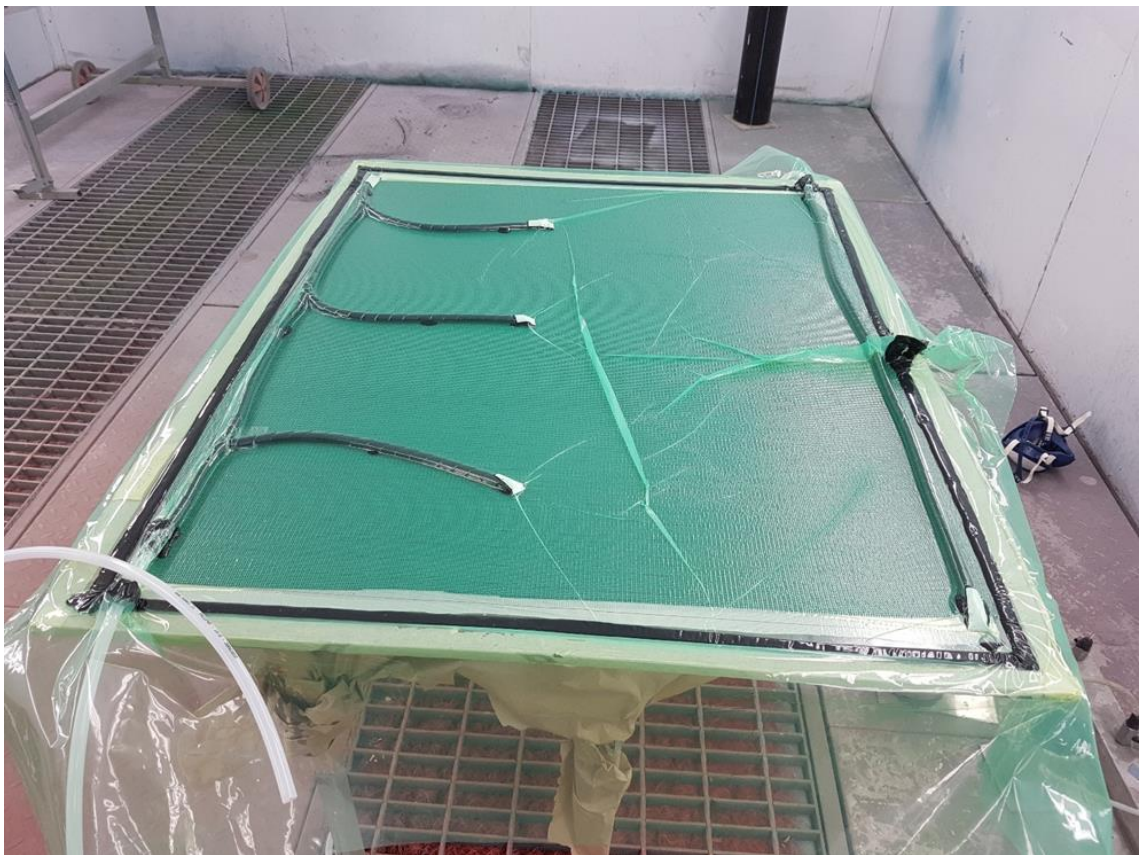
3.2.3 Komposiittirakenne

Sähköpaketin valmistus komposiittimateriaaleista oli myös yksi vartenotettavista vaihtoehtoista. Erilaisia komposiittimateriaaleja ja valmistustapoja on tänä päivänä

useita, mutta parhaiten tällaisen keskikokoisen kappaleen valmistamiseen soveltuisi alipaineinjektointimenetelmä.

Alipaineinjektointimenetelmässä käytetään yleensä muottia, jonka toinen puoli on jätetty avoimeksi ja muotin toinen puoli suljetaan alipainesäkillä tai joustavalla muotilla. Muottiin asetellaan lujitemateriaali sekä tarvittavat hartsinjohdinverkot sekä alipaineletkut. Tämän jälkeen muotin toinen puoli suljetaan alipainesäkillä/joustavalla muotilla, jonka jälkeen hartsi imetään lujittamateriaaleihin alipaineen avulla. [6]

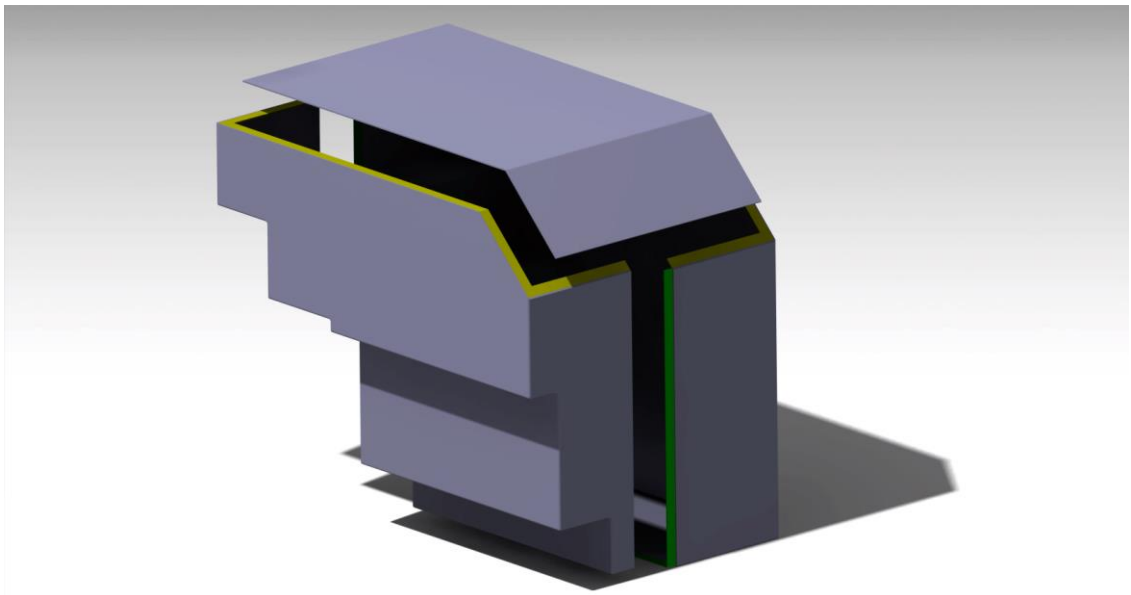
Kuvassa 4 on tehty komposiittilevyä käyttämällä lujitemateriaalina hiilikuitua ja aramidia. Muottina levyn valmistuksessa on käytetty lasilevyä, jolloin vain levyn toisesta puolesta tulee sileä ja toiseen jää jäljet hartsinjohtoverkosta ja letkuista. Vasemmalla puolella kuvassa 4 näkyvät letkut, joiden kautta hartsi imetään muottiin, ja oikealla puolella näkyy letku, jolla muottiin imetään alipaine.



Kuva 4. Alipaineinjektointi lasilevyllä

Sähköpaketille tehtiin suunnitelma, miten se valmistettaisiin alipaineinjektiomenetelmällä hiilikuidusta. Sähköpaketti olisi järkevin toteuttaa kolmella muotilla, joista kaksi muodostaisi sähköpaketin rungon ja kolmas toimisi sähköpaketin kantena. Suunnitelmasta tehtiin kuvan 5 mukainen luonnos, jossa voidaan nähdä, miten sähköpaketti on jaettu osiin.

Sähköpaketin rungon puoliskot olisi helppo liittää toisiinsa valmistamisen jälkeen epoksipohjaisella liimalla tai laminoimalla puoliskot toisiinsa paketin sisäpuolelta. Tätä varten kuvassa 5 oikealla olevaan puoliskoon on suunniteltu kuvassa vihreällä värillä korostettu laippa, joka helpottaisi puoliskojen liittämistä toisiinsa. Molempiin puoliskoihin suunniteltiin myös kuvan 5 mukaisesti keltaisella korostetut laipat sähköpaketin kannen kiinnittämistä varten.

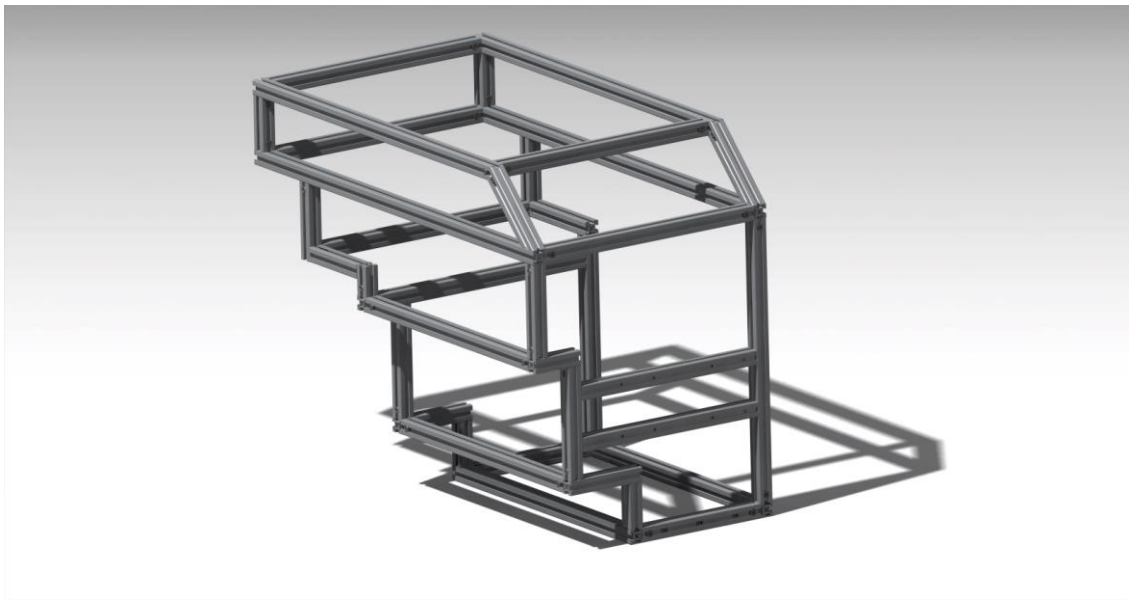


Kuva 5. Alipaineinjektoinnilla valmistettavan sähköpaketin räjäytyskuva

Alipaineinjektiomenetelmästä kuitenkin luovuttiin, koska sähköpaketin valmistus olisi vaatinut useamman muotin suunnittelua ja valmistamista, mikä olisi tullut kalliiksi miettien piensarjatuotantoa. Lisäksi alipaineinjektointi olisi vaatinut useamman henkilön palkkaamista valmistusta varten ja sähköpakettien valmistus olisi ollut melko hidasta johtuen alipaineinjektoinnin useista aikaa vievistä työvaiheista.

3.2.4 Alumiiniprofiilit

Sähköpaketti päätettiin lopulta valmistaa alumiiniprofiileista ja alumiipaneeleista, sillä alumiiniprofiileja käyttämällä sähköpaketille saataisiin vankka runko, jota pystyisi helposti muokkaamaan muuttamalla alumiiniprofiileiden pituuksia. Alumiiniprofiileita on tarjolla monelta eri valmistajalta, ja tässä opinnäytetyössä suunnittelun pohjana käytettiin MayTecin valmistamia profiileja sekä kiinnikkeitä. Kuvassa 6 voidaan nähdä, mille alumiiniprofiilirunko tulisi näyttämään.



Kuva 6. Alumiiniprofiilirunko

Alumiiniprofiili rungon valmistaminen olisi halpaa, sillä profiilit voisi tilata valmiiksi oikeisiin mittoihin leikattuna tai profiilia voisi ostaa metritavarana varastoon, jolloin profiilit voisi leikata tarpeen mukaan.

Tällöin yritykselle riittäisi yksi henkilö valmistamaan sähköpaketteja eikä kokoamiseen tarvittaisi laajaa erikoisosaamista niin kuin edellä mainituissa valmistusvaihtoehdoissa.

Alumiiniprofiilirunko peitettäisiin laserleikatuilla 2 mm:n alumiipaneeleilla, jotka voitaisiin helposti kiinnittää alumiiniprofiileiden uriin, sillä MayTec valmistaa uriin suoraan sopivia M5-kierteytettyjä kiinnikkeitä. Paneelejen ja rungon väliin täytyisi laittaa silikonipohjaista liimaa, jolloin sähköpaketista saataisiin varmasti tiivis. Tiivistyksessä voitaisiin myös käyttää suoraan uriin sopivia silikonitai kumitiivisteitä, mutta tässä

opinnäytetyössä käytetyltä alumiiniprofiilivalmistajalta MayTechiltä ei löytynyt sopivaa tuotetta tiivisteksi.

Sähköauton korkeajännitekomponenttien kiinnittäminen alumiiniprofiileihin onnistuisi helposti joko käyttämällä M5-kierteisiä kiinnikkeitä tai kierteyttämällä M6-kierteiset kiinnikepisteet suoraan alumiiniprofiileihin. Kiinnikelevyjen 3D-suunnittelusta ja kiinnitystavoista kerrotaan tämän opinnäytetyön myöhemmissä luvuissa 3.5.1, 3.5.2, 3.5.3, 3.5.4 ja 3.6.3.

Mikäli sähköpaketista haluttaisiin tehdä täysin sähköä johtamaton ja kevyempi versio, niin alumiiniprofiilien sijaan voitaisiin käyttää pultruusioprofiileita sekä vesileikattuja komposiittilevyjä.

Pultruusioprofiileilla on paremmat ympäristö- ja kemikaalikuormituksen kestäkyvyt kuin alumiiniprofiileilla, minkä lisäksi pultruusioprofiilien työvälinekustannusten pitäisi olla samaa luokkaa alumiiniprofiilien kanssa. [7]

3.3 Valmistusmenetelmien kustannuslaskelmat

Eri valmistustavoista tehtiin arviot mahdollisista valmistuskustannuksista. Laskelmia ei voi pitää täysin paikkansapitävinä, sillä laskelmissa ei ole huomioitu kaikkia mahdollisia kustannuksia vaan ainoastaan suurimmat kulut. Laskelmat perustuvat myös olettamukseen, että yrityksellä olisi tavallisimmat korjaamotyökalut ja erikoistyökalut jouduttaisiin hankkimaan valmistusmenetelmästä riippuen. Laskelmissa on kuviteltu, että autoja valmistettaisiin 10 kpl piensarjatuotantona, sillä muutoin työvälinehankinnat vääristävät laskelmia liikaa. Lisäksi laskuissa on oletettu, että yritys palkkaisi tarvittavan henkilöstön 2800 €:n kiinteällä kuukausipalkalla. Laskelmissa ei ole käytetty suoraan minkään tietyn valmistajan tai yrityksen tuotteita esimerkkinä vaan laskelmat perustuvat markkinoilla olevien tuotteiden ja palveluiden oletettuihin keskiarvoihin.

Taulukossa 1 on esitetty teoreettiset kustannukset, joita eri valmistusmenetelmistä on oletettu muodostuvan. Seuraavissa kappaleissa on eritelty tarkemmin, mistä taulukon 1 kustannukset muodostuvat.

Taulukko 1. Kustannuslaskelma taulukko

Kustannukset	TIG-hitsaus	Pistehitsaus	Alipaineinjektio	Alumiiniprofiili
Henkilöstön palkat	5600 €/kk	5600 €/kk	8400 €/kk	2800 €/kk
Työväline hankinnat	5000 €	8000 €	16 000 €	-
Materiaalikustannukset	800 €/kpl	800 €/kpl	4000 €/kpl	1300 €/kpl
Kustannukset yhteensä	18 600 €	21 600 €	64 400 €	15 800 €

3.3.1 Hitsauksen kustannukset

Hitsausmenetelmien suurimmat kulut tulisivat siitä, että yrityksen täytyisi palkata kaksi henkilöä valmistamaan sähköpaketteja. Toinen työntekijä hitsaisi paketit valmiiksi laserleikatuista ja kantatuista levyistä ja toinen työntekijä suorittaisi loppukokoonpanon. Hitsausmenetelmästä riippuen yritys joutuisi mahdollisesti hankkimaan pistehitsauslaitteen, mutta muuten kokoamiseen riittäisivät tavalliset korjaamotyökalut. Materiaalikustannukset muodostuisivat laserleikatuista ja kantatuista levyistä, sillä yrityksen ei olisi järkevä hankkia laserleikkuria ja kantauslaitetta itselleen, kun puhutaan piensarjatuotannosta.

3.3.2 Alipaineinjektointimenetelmän kustannukset

Alipaineinjektioimenetelmällä olisi näistä esitellyistä valmistusvaihtoehdoista suurimmat kokonaiskustannuskulut. Suurin osuus kustannuksista tulisi työvälinehankinnoista, sillä alipaineinjektointia varten täytyisi hankkia riittävän tehokas alipainepumppu ja valmistuttaa tarvittavat muotit. Myös materiaalikustannukset ovat alipaineinjektoinnissa vaihtoehtoista korkeimmat.

Muottien valmistus on todella kallista, sillä se vaatii paljon koneistamista, hiomista ja maalaamista, ennen kuin saadaan aikaan käyttövalmis positiivimuotti. Positiivimuotista taas saadaan valmistettua lasikuituinen negatiivimuotti, josta vasta saataisiin valmistettua sähköpaketin osia. Piensarjatuotantoa ajatellen ei olisi myöskään järkevää hankkia kallista koneistuslaitetta, sillä muotteja ei tarvitse valmistaa niin usein vaan samoja muotteja voidaan käyttää koko tuotannon ajan.

Yhden sähköpaketin valmistamiseen vaadittavien materiaalien kustannukset olisivat myös hyvin korkeat, mikäli paketti aiottaisiin valmistaa täysin hiilikuidusta alkuperäisen suunnitelman mukaan. Hiilikuitua käyttämällä sähköpaketista saataisiin kuitenkin äärimmäisen kestävä ja kevytrakenteinen. Materiaalikustannuksiin on myös sisällytetty kaikki alipaineinjektointia varten tarvittavat tarvikkeet, kuten alipainekalvo, hartsinjohtoverkko ja letkut ym. Alipaineinjektointimenetelmää varten yrityksen tarvitsisi palkata kolme työntekijää, joista kaksi valmistaisi sähköpakettien rungot alipaineinjektio menetelmällä ja suorittaisi tarvittavat viimeistelyt, jolloin kolmas työntekijä tarvittaisiin suorittamaan loppukookonpano.

3.3.3 Alumiiniprofiilimenetelmän kustannukset

Valmiiksi mittaansa leikattujen alumiiniprofiilien sekä laserleikattujen levyjen käyttö sähköpaketin valmistamisessa ei vaatisi lainkaan ylimääräisten erikoistyökalujen hankkimista, sillä pakettien kokoaminen onnistuisi tavanomaisilla korjaamotyökaluilla. Yrityksen ei myöskään tarvitsisi palkata kuin yksi työntekijä, sillä sähköpakettien valmistaminen olisi pelkkää mekaanista kokoamista. Materiaalikustannukset ovat korkeammat kuin hitsausmenetelmällä, mutta aikaa säästyy huomattavasti, kun sähköpaketteja ei tarvitse hitsata erikseen. Piensarjatuotantoa ajatellen alumiiniprofiilien ja alumiinipaneelien käyttäminen olisi näin ollen kustannustehokkain ratkaisu. Kuitenkin mikäli autoja valmistettaisiin enemmän kuin 10 kpl, täytyisi sähköpaketin valmistamista hitsaamalla uudelleen harkita, sillä se tulisi alkukustannusten jälkeen halvemmaksi.

3.4 3D-mallinnus

3.4.1 Mittaukset

MG MGA Mk-I Twin-Cam Roadster on lähtökohdiltaan hyvin pienikokoinen auto, joten sähköpaketin suunnittelussa täytyisi käyttää kaikki saatavilla oleva tila mahdollisimman harkitusti. Ennen varsinaisen sähköpaketin 3D-mallinnuksen aloittamista kohdeajoneuvolle tehtiin mittauksia rullamittaa apuna käyttäen, jotta saataisiin alkukäsitys auton rungon ja korin tuomista tilarajoitteista, jotka pitäisi ottaa huomioon pakettia suunniteltaessa.

Rungosta ja korista saatujen perusmittojen avulla voitiin sähköpaketin 3D-mallin luonnostelu aloittaa. Jotta 3D-mallista saataisiin mahdollisimman tarkka, niin rungolle suoritettiin 3D-skannaus Artec Eva -3D-skanneria käyttäen. 3D-skannerilla rungosta saatiin 3D-malli, joka tarkastettiin ja muokattiin MG MGA -auton korjausoppaasta saatujen rungon tarkistusmittojen avulla. Kuvassa 7 otetaan moottoritilan sivumittoja mallinnusta varten.



Kuva 7. MG MGA -kohdeajoneuvon mittaukset

3.4.2 3D-mallinnusohjelmat

3D-mallintamisessa käytettiin pääasiallisesti Dassault Systèmesin SolidWorks ohjelmaa aiemman käyttökokemuksen perusteella. Ohjelmasta käytettiin lähinnä part design-, sheet metal design- ja drawing-työkaluja.

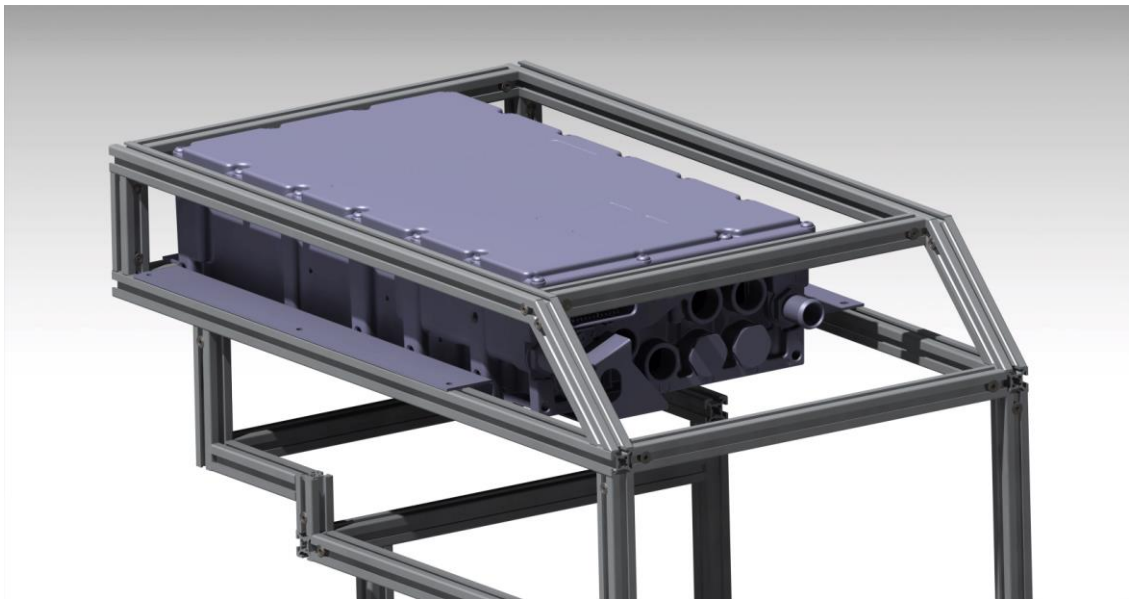
SolidWorksin lisäksi 3D-mallintamisessa hyödynnettiin alumiiniprofiilien valmistajan MayTecin omaa 3D-mallinnusohjelmaa MayCADia, jolla saatiin suoraan mallinnettua kaikki tarvittavat alumiiniprofiilit ja niiden kiinnikkeet.

3.5 Komponenttien sijoittelu- ja kiinnitysratkaisut

Seuraavissa luvuissa käsitellään tärkeimpien korkeajännitekomponenttien sijoittelua sähköpaketin sisällä ja kerrotaan, millä ratkaisuilla komponentit voisi kiinnittää alumiiniprofiileihin.

3.5.1 Invertteri

Invertterinä sähköpaketin suunnittelussa päädyttiin käyttämään Visedon valmistamaa PowerMaster PMA-M-250-A -mallia. Invertteri täytyi kokonsa vuoksi sijoittaa sähköpaketissa ylimmäksi komponentiksi, sillä invertteri vaati pituussuunnassa tilan 481,50 mm +/- 1 mm. Ottaen huomioon invertterille tulevat jäähdytysletkut ja sähköjohdot täytyi invertterin eteen jättää runsaasti tilaa, että jäähdytysletkut ja sähköjohdot mahtuvat kääntymään alaspäin. Kuvassa 8 voidaan nähdä, miten invertteri on ajateltu sijoittaa sähköpakettiin.



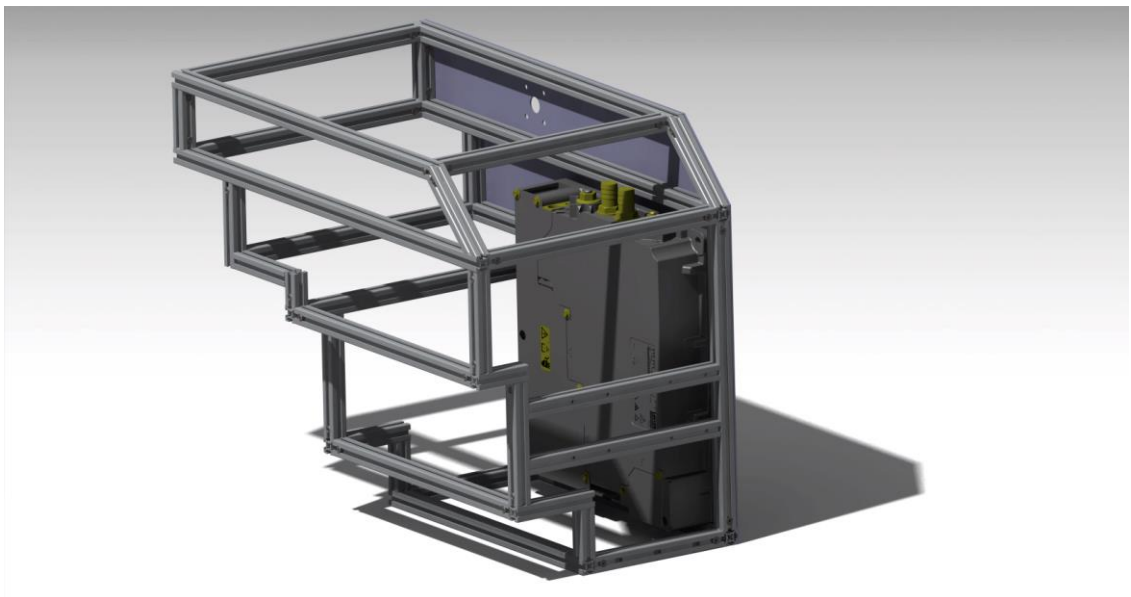
Kuva 8. Invertteri asennettuna alumiiniprofiili runkoon

Invertterin kiinnittämistä varten suunniteltiin 2 mm:n teräslevystä valmistettava kiinnityslevy, joka näkyy kuvassa 8. Kiinnityslevy olisi helpoin valmistaa laserleikkauttamalla levy, minkä jälkeen se kantattaisiin muotoonsa. Kiinnityslevy kiinnitetään alumiiniprofiili runkoon kiertetyihinkin M6-kiinnityspisteisiin yhdeksällä M6-pultilla, jotka on sijoitettu tasaisesti kaikille sivuille.

Invertteri itsessään kiinnitetään pohjastaan kiinnityslevyyn neljällä M6-pultilla, joille invertterissä itsessään on kiinnityskohdat.

3.5.2 DC/DC-muunnin

DC/DC-muunnin sijoitettiin sähköpaketissa oikeaan laitaan paketin edestä katsottuna, niin kuin kuvasta 9 voi nähdä. DC/DC-muuntimena suunnittelussa käytettiin Lenzen valmistamaa Mobile PSU -mallia. DC/DC-muunnin oli helpointa kiinnittää pystysuorassa asennossa suoraan sähköpaketin sivuun tulevaan alumiinipaneeliin, jolloin sähköpaketista saataisiin kompaktimpi. DC/DC-muunnin kiinnitettäisiin kolmella M10-pultilla, jotka tulevat paneelin ja DC/DC-muuntimen läpi kiinnittämistä varten. DC/DC-muunnin on tuettu alimpaan alumiiniprofiiliin, jolloin muuntimen paino ei ole pelkästään M10-pulttien varassa.



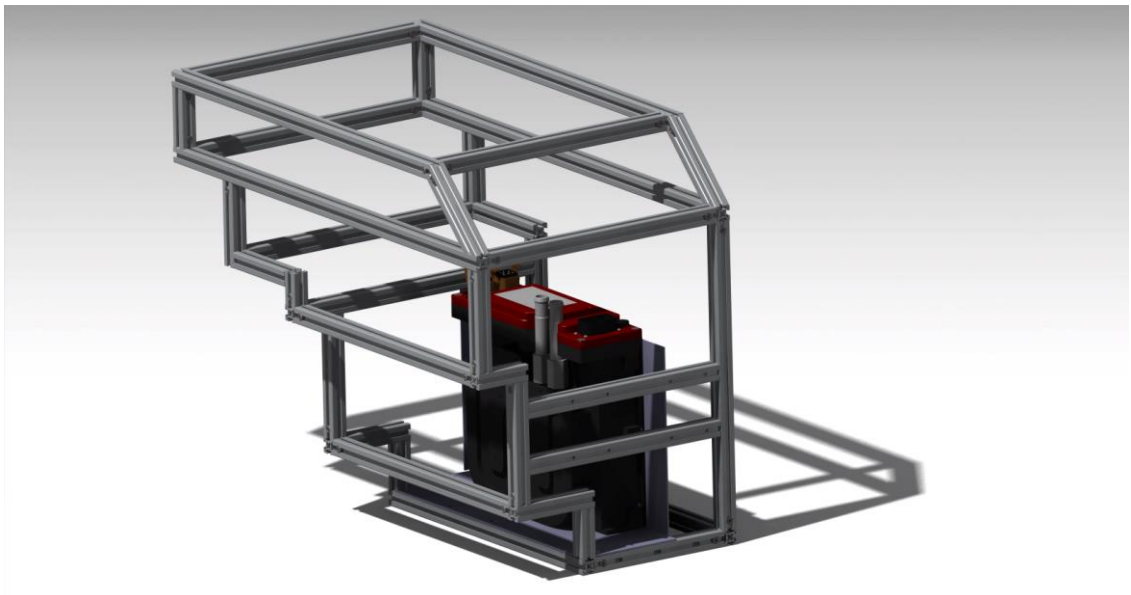
Kuva 9. DC/DC-muunnin asennettuna alumiiniprofiilirunkoon

DC/DC-muuntimen sijoittelussa täytyi ottaa huomioon, että jäähdytysletkut ja muuntimelle tulevat sähköjohdot mahtuvat kääntymään omille paikoilleen, joten invertterin ja DC/DC-muuntimen väliin oli jätettävä reilusti tilaa. Kuitenkin DC/DC-muuntimen kytkentöjen ulostulot jäävät osittain invertterin etupuolelle, jolloin ongelmia kytkentöjen kanssa ei pitäisi kokoamisvaiheessa tulla.

3.5.3 Laturi

MG MGA -kohdeajoneuvon koosta johtuen myös autoon tuleva laturi suunniteltiin asennettavaksi sähköpakettiin. Laturiksi sähköpaketin suunnittelussa valittiin Brusan valmistama NLG513-mallin vesijäähdytteinen versio. Vesijäähdytteinen versio valittiin, jotta laturi saataisiin kytkettyä samaan jäähdytysjärjestelmään muiden komponenttien kanssa. Muutoin sähköpakettiin olisi täytynyt suunnitella erillinen jäähdytysjärjestelmä ilmajäähdytteiselle laturille, mikä olisi tuonut lisää suunnittelullisia haasteita. Sähköpakettiin olisi täytynyt suunnitella ilmanottojärjestelmä, joka päästäisi viileän ilman virtaamaan tarpeeksi paketin sisässä, jotta laturi jäähtyisi tarpeeksi. Kuitenkin sähköpaketin täytyisi edelleen olla vesitiivis. Vaikka ilma kiertäisikin paketissa, niin suunnittelullisesti ei olisi ollut järkevää käyttää ilmajäähdytteistä laturia kokoonpanossa.

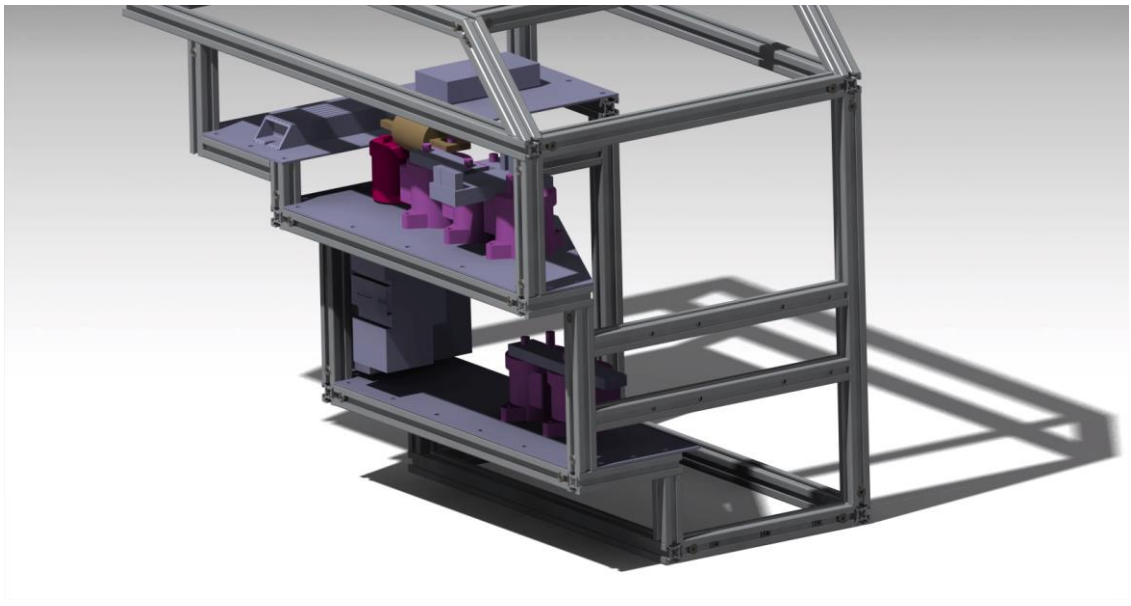
Laturille suunniteltiin oma kiinnityslevynsä, joka näkyy kuvassa 10, jotta laturi saataisiin asennettua pystysuorasti DC/DC-muuntimen viereen, sillä muuten sähköpaketissa ei olisi ollut tarpeeksi tilaa laturille. Kiinnityslevy suunniteltiin valmistettavaksi 2 mm:n laserleikatusta teräslevystä, joka kantattaisiin muotoonsa. Laturin kiinnityslevy tulee kiinni M5-pulteilla alumiiniprofiilin rungon uriin tulevilla kiinnikkeillä, ja itse laturi kiinnittyy levyyn M6-pulteilla, joille laturissa on valmiit kiinnityspisteet.



Kuva 10. Laturi asennettuna alumiiniprofiilirunkoon

3.5.4 Muut sähkökomponentit

Pienemmät korkeajännitekomponentit päädyttiin sijoittamaan hajautetusti kuvan 11 mukaisesti kolmelle 2 mm:n alumiinilevystä valmistettavalle alustalle. Alimmalle alustalle sijoitettiin CHAdeMO-pikalatauksen tarvitsemat EV200-releet sekä sähköpaketin sulakerasia. Keskimmäiselle alustalle sijoitettiin EV200- ja EV100-releet, joihin kaapelit akustolta ja CHAdeMo-pikalaturilta tulisivat. Ylimmälle alustalle sijoitettiin vastus sekä akuston varaustasoa valvova mittauslaiteyksikkö.



Kuva 11. Muut sähkökomponentit sijoitettuna alumiiniprofiilirunkoon

Pienempien korkeajännitekomponenttien sijoittelussa tuli ottaa huomioon, että komponentit mahtuvat varmasti olemaan jäähdytysletkujen ja sähköjohtojen keskellä. Sulakkeisiin tulee noin 1 cm:n vahvuiset kuparijohdot, joten sulakkeet täytyi sijoittaa siten, ettei sähköjohtoille tulisi liian suurta kaarrosta.

3.6 Jäähdytys

3.6.1 Painehäviöt

Sähköpaketin jäähdytyksen suunnittelu oli hyvin haasteellista, sillä käytössä ei ollut mitään simulaatio-ohjelmaa, jolla erilaisia jäähdytysratkaisuja olisi voitu testata

teoreettisesti simuloinnin avulla. Jäähdytysjärjestelmiä ei myöskään voitaisi testata käytännössä, sillä kyseessä on pelkkä sähköpaketin konsepti.

Pelkästään teoreettisesti laskemalla ei voida mitenkään saada luotettavaa tietoa jäähdytysjärjestelmän toimivuudesta, sillä kaikissa Bernoullin lakia soveltavissa laskuissa tehdään yksinkertaistavia oletuksia nesteen virtauksen luonteesta. Nesteen virtausta yleensä käsitellään laskuissa täysin laminaarisena ja muuttumattomana virtauksena, jossa ei tapahdu minkäänlaisia virtaushäviöitä. [8, s. 353 – 368.]

Jäähdytyksen suunnittelussa päädyttiinkin laskemaan arvio jäähdytysjärjestelmässä esiintyvistä painehäviöistä, jotka perustuvat komponenttien valmistajilta saatuihin tietoihin. Kaikille komponenteille kuten jäähdyttimelle ja sähkömoottorille ei kuitenkaan ollut mitään tietoja saatavilla, joten laskussa jouduttiin arvioimaan muiden komponenttien aiheuttamat painehäviöt. Tällöin kokonaispainehäviöiksi järjestelmässä saatiin

$$\begin{aligned} p_{\text{kokonaihäviöt}} &= p_{\text{Invertteri}} + p_{\text{DC-DC muunnin}} + p_{\text{Laturi}} + p_{\text{Muut häviöt}} \\ &= 100\text{mBar} + 100\text{mbar} + 50\text{mBar} + 150\text{mBar} = 400\text{mBar} = 0,4\text{Bar} \end{aligned}$$

Tästä voidaan päätellä jäähdytysjärjestelmän komponenteista johtuvien painehäviöiden olevan hyvin pieniä, eikä niiden pitäisi kuristaa nesteen virtausta järjestelmässä merkittävästi.

3.6.2 Suunnittelu

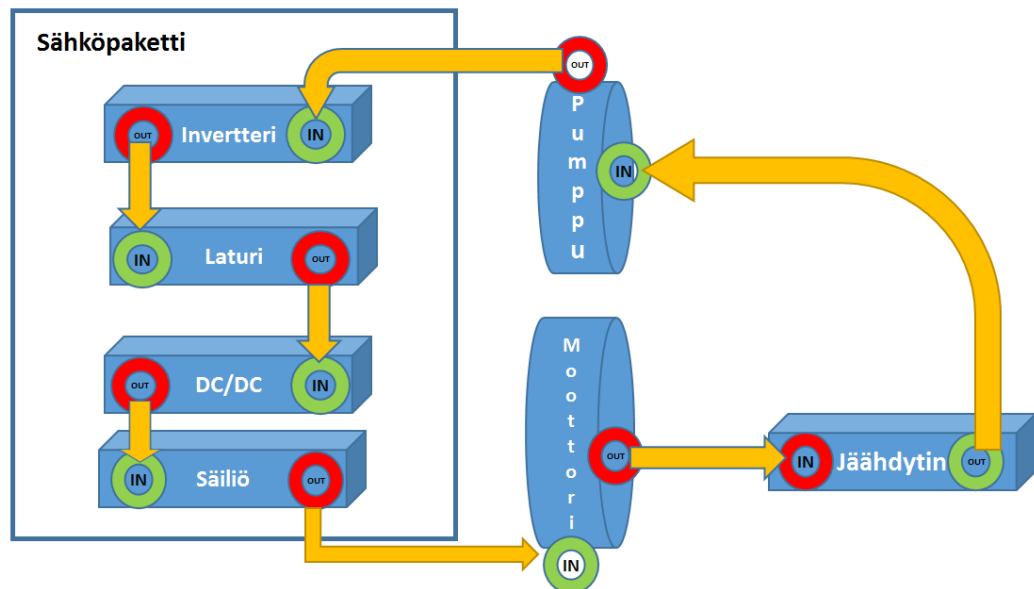
Jäähdytysjärjestelmän varsinainen suunnittelu voitiin aloittaa kun painehäviölaskelmat oli suoritettu, sillä niiden perusteella voitiin määrittää sähköpakettiin soveltuva pumppu. Pumppu haluttiin asentaa auton olemassa olevaan 12 voltin järjestelmään, sillä muutoin kohdeajoneuvon entinen sähköjärjestelmä olisi täytynyt päivittää 24 voltin järjestelmäksi.

Jäähdytysjärjestelmässä käytettäisiin jäähdytysnesteenä dielektristä öljyä perinteisen vesi-glykoliseoksen sijaan. Dielektristä öljyä käyttämällä voitaisiin sähköpaketin lisäksi jäähdyttää myös sähkömoottoria, joka tarvitsee jäähdytykseen ja voiteluun öljyä.

Lisäksi mikäli järjestelmässä tulisi ongelmia tiiveyden kanssa, niin neste, joka päätyisi valumaan korkeajännitekomponenttien päälle, ei itsessään johtaisi sähköä. Jäähdytyksessä käytettäväksi öljyksi tässä opinnäytetyössä valikoitui DSI Ventures, Inc:n valmistama OptiCool H -öljy. Pääsyyinä tähän oli alhainen kinemaattinen viskositeetti mikä OptiCool H -öljylle on 6,11 kun lämpötila on 20 °C ja öljystä tulee juoksevampaa, kun nesteen lämpötila kasvaa.

Jäähdytysjärjestelmä päädyttiin kytkemään kuvassa 12 näkyvän kytkentäkaavion mukaisesti, sillä komponenttien sijoittelun ja tilan puutteen vuoksi jäähdytysletkut pyrittiin vetämään mahdollisimman suoraan ja loogisesti. Jäähdytysletkujen tarpeeton mutkittelu sähköpaketin sisällä aiheuttaisi vain lisää painehäviöitä järjestelmään. Liiallisesti mutkittelevissa putkissa nesteen virtaus ei välttämättä ole enää laminaarista vaan saattaa muodostua turbulენტista virtausta, mikä lisää virtausvastusta. Tämän lisäksi öljy saattaa ruveta vaahtoamaan järjestelmän osissa, joissa virtaus on liian turbulენტista.

Jäähdytyksen kytkentäkaavio

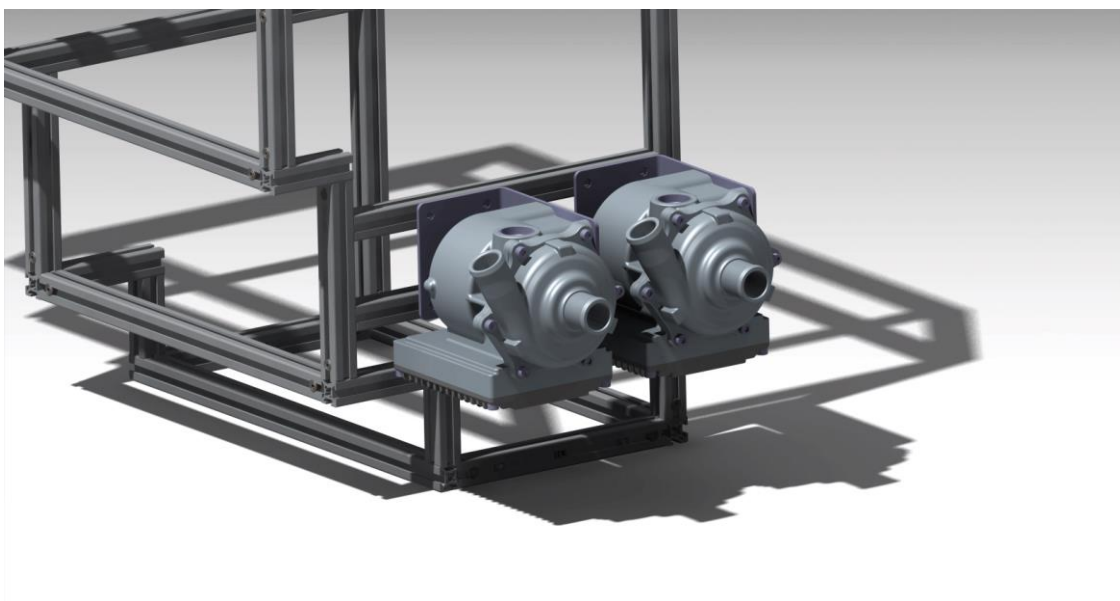


Kuva 12. Jäähdytyksen kytkentäkaavio

3.6.3 WP29-sähköpumppu

Sähköpaketin jäähdytykselle soveltuva pumppu mitoitettiin käyttämällä hyväksi kokonaispainehäviölaskelmia. Laskelmien perusteella pumppu tarkoituksella ylimitoitettiin, sillä laskelmat ovat vain suuntaa antavia ja ei haluttu että paineen tuoton kanssa ilmenisi ongelmia myöhemmin. Pumpuksi valikoitui EMP:n valmistama WP29 12 voltin järjestelmään soveltuva pumppu.

WP29-pumppua voitaisiin käyttää myös akuston jäähdytykseen, joten sähköpakettiin päätettiin integroida myös akustolle menevä pumppu. Tällöin ei tarvitsisi etsiä toisen valmistajan pumppua pelkästään akustolle ja pumppujen kiinnittämiseksi riittäisi vain yhden kiinnikkeen suunnittelu, jota voitaisiin käyttää molemmissa pumpuissa. Kuvassa 13 voidaan nähdä molempien järjestelmien pumput sekä pumpuille suunniteltu kiinnityslevy.



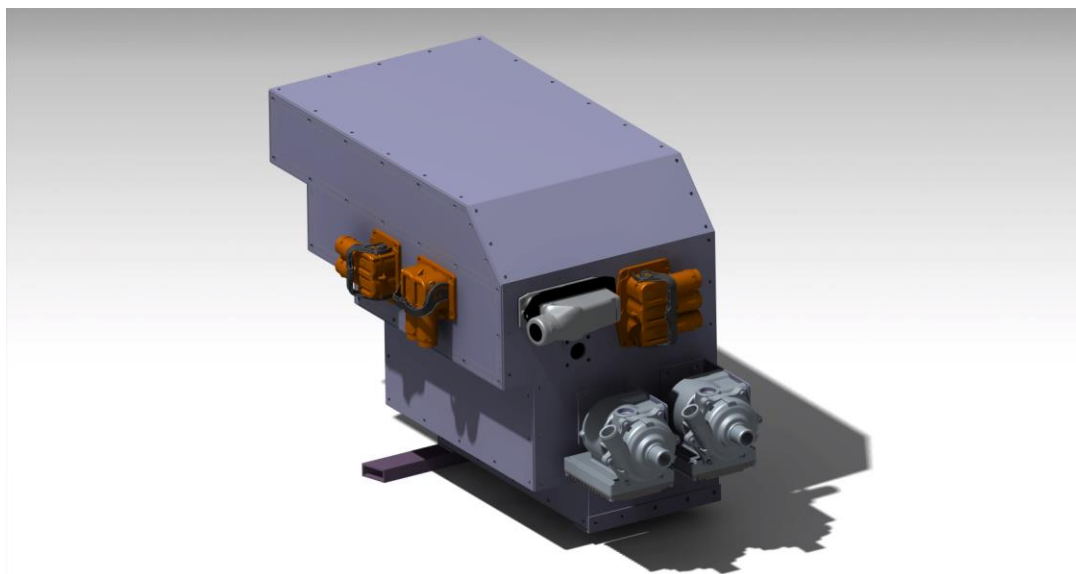
Kuva 13. Vesi ja öljypumppu asennettuna alumiiniprofiilirunkoon

Kiinnityslevy suunniteltiin valmistettavaksi 3 mm:n teräslevystä, joka laserleikattaisiin muotoonsa, minkä jälkeen levy kantattaisiin. Pumppu kiinnittyy levyyn neljällä M6-koon läpipultilla, joille pumpussa itsessään on kiinnityskohdat. Kiinnityslevy itsessään kiinnitettäisiin sähköpakettiin myös neljällä M6-koon läpipultilla.

Levyjen kiinnittämistä varten sähköpaketin alumiiniprofiilirunkoon on varta vasten suunniteltu kaksi profiilia, joihin pumpput kiinnitetään. Alumiiniprofiileihin on pumppujen kiinnittämistä varten tehty M6-kierteitys valmiiksi.

3.7 Suunnittelun haasteet

Suurimmaksi haasteeksi sähköpaketin suunnittelussa osoittautuivat projektin alussa jatkuvasti muuttuvat korkeajännitekomponentit, sillä opinnäytetyön tilannut taho ei ollut täysin varma, mitä komponentteja sähköpaketin konseptoisemisessa haluttaisiin käyttää. Tämä vaikeutti ja hidasti suunnittelutyötä huomattavasti, sillä kaikille komponenteille suunniteltiin kiinnitysratkaisut ja sähköpaketin kokoa muutettiin siten, että kaikki komponentit saatiin aseteltua sähköpaketin sisään. Kuvassa 14 voidaan nähdä sähköpaketin lopullinen 3D-malli.



Kuva 14. Lopullinen sähköpaketin 3D-malli

Sähköpaketti täytyi suunnitella hyvin kompaktiksi johtuen projektiajoneuvon pienestä koosta, mikä teki korkeajännitekomponenttien asettelusta ajoittain haastavaa. Lisäksi projektiajoneuvosta ei löytynyt valmiiksi tehtyjä CAD-malleja, joten suunnittelun aluksi MG MGA:sta täytyi tehdä 3D-malli.

Varsinaista sähköpakettia suunniteltaessa täytyi aina käyttää varmuuskertoimia, ettei mikään komponentti tai sähköpaketin osa varmasti ottaisi kiinni auton runkoon tai koriin. Tätä vaikeutti myös se, että projektiajoneuvo ei suunnitteluprosessin aikana ikinä ollut koottuna vaan kori ja runko olivat erillään kunnostusta varten.

4 Valmistus

Tämän opinnäytetyön alkuperäisenä tavoitteena oli konseptoida sähköpaketti MG MGA -autoon, mutta projektin puolivälissä yritys halusi kuitenkin valmistaa sähköpaketin tässä opinnäytetyössä esitetyllä tavalla. Aikatauluksi valmistukselle asetettiin 13.10.2016, jolloin MG MGA -sähkökonversioauto oli määrä julkistaa. Julkistamistilaisuutta varten haluttiin valmistaa ensimmäinen versio sähköpaketista, joka esiteltäisiin tilaisuudessa rullaavaan runkoon kiinnitettynä.

4.1 Tilaukset

MayTechin alumiiniprofiileja ja kiinnikkeitä myy Suomessa SKS Mekaniikka Oy, mutta yrityksen toimitusajat olivat liian pitkät ottaen huomioon projektin kiireellisen aikataulun. Alumiiniprofiilit päädyttiin tilaamaan Item Profiili Oy:sta, jonka toimitusajat olivat paljon lyhyemmät ja sen myymät profiilit vastasivat MayTechin valmistamia, joten mitään muutoksia sähköpakettiin ei tarvinnut tehdä. Alumiiniprofiilit tilattiin valmiiksi mittaansa leikattuina ajan säästämiseksi.

Alumiinipaneelit sekä kaikkien korkeajännitekomponenttien kiinnityslevyt tilattiin valmiiksi laserleikattuina ja kantattuina Keravan Teräsmiehet Oy:sta, mitä varten paneeleista ja kiinnikkeistä tehtiin tarvittavat työpiirrustukset sekä dfx-tiedostot laserleikkuria varten. Työpiirrustuksiin merkittiin kappaleiden mitat sekä tarkemmat mitat kanttauksia varten.

Korkeajännitekomponentit ja muut sähköpaketin valmistamista varten tarvittavat komponentit tilattiin suoraan niiden valmistajilta tai hankittiin paikallisesti hyvissä ajoin, sillä komponenttien toimitusajat vaihtelivat valmistajasta riippuen kahden kuukauden ja parin viikon välillä.

4.2 Kokoonpano

Sähköpaketin kokosivat ja asensivat runkoon e-DriveRetron työntekijät, eikä sähköpaketin kokoamisessa valmiiksi mittaansa leikatuista alumiiniprofiileista ja laserleikatuista paneleeista ollut mitään ongelmia. Sähköpaketti saatiin valmistettua ajoissa julkistamistilaisuutta varten ja kuvasta 15 voidaan nähdä, miltä sähköpaketti tuolloin näytti.



Kuva 15. Sähköpaketin ensimmäinen versio kiinnitettynä MG MGA:n rullaavaan runkoon

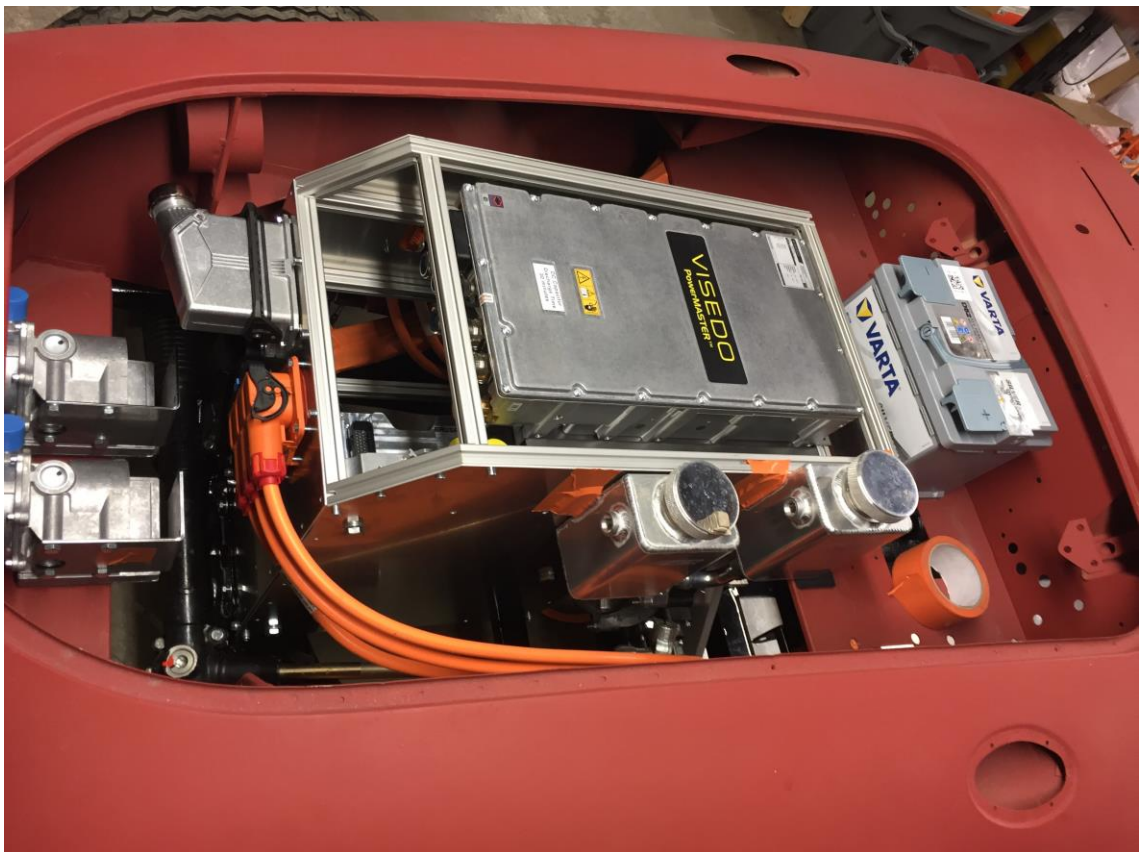
Kuitenkin sähköpaketin suhteen täytyi tehdä muutoksia vielä julkistamistilaisuuden jälkeen, sillä sähköpaketti tehtiin vain ulkoisesti valmiin näköiseksi esittelyä varten. Sisäisiä kytkentöjä ei ollut vielä suunniteltu sen tarkemmin ja pienempien komponenttien sijoittelu oli vielä kesken.

Sähköpakettia haluttiin myös madaltaa 2 cm, jotta sähköpakettiin voitaisiin suunnitella koristekansi, jolloin paketista tulisi esteettisemmän näköinen. Koristekannen suunnittelusta vastaisi teollinen muotoilija Janne Haveri, joka myös varmistaisi, että hänen suunnittelemansa kansi olisi myös toteutuskelpoinen. Jotta sähköpaketti saatiin matalammaksi täytyi korkeajännitekomponenttien järjestystä paketin sisällä hieman muuttaa ja komponentit aseteltiin tässä opinnäytetyössä aiemmin esitellyillä tavoilla.

4.3 Sähköpaketin toinen versio

Aiemmin esitetyssä kuvassa 14 voidaan nähdä sähköpaketin lopullinen 3D-malli, jota on madallettu 2 cm ensimmäiseen sähköpakettiin nähden ja sen lisäksi kuvassa voidaan nähdä liittimet korkeajännitekaapeleille ja 12 voltin järjestelmälle. Muutoksia varten täytyi tilata uudet alumiiniprofiilit ja paneelit, jotta sähköpaketista saataisiin kuvan 14 mukainen. Kaikkia profiileja ja paneeleja ei olisi tarvinnut uusia, mutta yritys halusi pitää ensimmäisen sähköpaketin esittelykappaleena markkinointia varten.

Kuvassa 16 voidaan nähdä sähköpaketin toinen versio asetettuna paikalleen, kun auton kori ja runko ovat jälleen koottuna. Kuvasta 16 voidaan nähdä, että 12 voltin järjestelmän liittimen sijoittelun kanssa on käynyt suunnitteluvirhe. 12 voltin järjestelmän liitin on liian lähellä auton koria etteivät sähköjohdot pääsisi taipumaan tarkoituksen mukaisesti. Liitintä täytyisi kääntää 180 astetta siten, että liitin osoittaisi alaspäin, jolloin asia saataisiin korjattua.



Kuva 16. Sähköpaketin toinen versio kiinnitettynä MG MGA -kohdeajoneuvoon

Myöskään sähköpaketin oikealla sivulla olevien korkeajännitekaapeleiden liittimien sijoittelu ei ole onnistunut vaan liittimet ovat liian lähellä auton koria. Kuvassa 17 voidaan nähdä, ettei toista liittintä saa edes paikalleen, sillä se on sijoitettu liian matalalle ja se ottaa kiinni auton lokasuojan.



Kuva 17. Korkeajännitekaapeleiden liittimien sijoituspaikan suunnitteluvirhe

Kuvassa 17 näkyviä liittimiä täytyisi vähintään siirtää 2 cm korkeammalle, jolloin liittimet voisi helposti kytkeä paikalleen. Jotta liittimien käyttö olisi vielä helpompaa, voitaisiin niitä samalla siirtää taaemmaksi sähköpaketissa, sillä siellä olisi enemmän tilaa, kuten kuvasta 16 voidaan nähdä.

4.4 Kehityskohteet

4.4.1 Suunnittelu

Molemmat aiemmin esitetyistä suunnitteluvirheistä johtuvat suurelta osin sähköpaketin suunnittelutavasta eivätkä siitä, että suunnittelu ei olisi ollut huolellista.

Suunnitteluvaiheessa auton kori ja runko eivät missään vaiheessa olleet koottuna vaan ne olivat erillään kunnostusta varten, jolloin oli hyvin vaikeaa määrittää auton tarkat mittasuhteet. Tästä johtuen suunnittelussa käytettiin aina varmuuskertoimia, ettei mikään varmasti ottaisi kiinni auton koriin, mutta varmuuskertoimet eivät olleet riittävät.

Jatkoa ajatellen sähköpaketin suunnittelu täytyisi suorittaa siinä vaiheessa, kun kohdejoneuvosta on poistettu vanha polttomootoritekniikka. Tällöin 3D-skannaamalla auton moottoritila saadaan paljon tarkempi käsitys auton mittasuhteista ja voidaan välttyä ongelmilta, jotka pahimmassa tapauksessa ilmenevät vasta sähköpaketin valmistusvaiheessa, kuten yllä osoitetut esimerkit osoittavat. Kuitenkin vaikka auton moottoritilalle olisikin tehty 3D-skannaus, niin silti on suositeltavaa käyttää varmuuskertoimia suunnittelun aikana.

4.4.2 Sähköpaketin tiivistys

Sähköpakettia ei opinnäytetyön kirjoittamisen hetkellä vielä tiivistetty, sillä alkuperäisen suunnitelman mukaan paneelit täytyisi liimata alumiiniprofiileihin silikonipohjaisella liimalla. Alkuvaiheessa tämä tiivistystapa ei ole paras mahdollinen, sillä paneeleja voi joutua irrottamaan useaan otteeseen tuotekehityksen aikana. Item Profiili Oy:llä ei myöskään ollut tuotevalikoimissaan profiilien uriin sopivia kumitiivisteitä, joilla silikonipohjainen liima olisi voitu korvata.

Tiivistysongelman voisi kuitenkin ratkaista muokkaamalla sähköpaketin alumiiniprofiilirunkoa. Osa sähköpaketin profiileista voitaisiin korvata osittain umpinaisilla profiileilla, jolloin umpinaisilla sivuilla saataisiin muodostettua suorat tiivistyspinnat sähköpaketin kylkiin ja kanteen. Paneelien kiinnittämistä varten osittain umpinaiset profiilit täytyisi kierteyttää M5-koon kierteille. Tiivisteinä voitaisiin tällöin käyttää 2 - 3 mm:n kumimatosta muotoonsa vesileikattuja tiivisteitä, jotka voitaisiin osittain liimata silikonipohjaista liimaa käyttäen paikalleen.

Tällöin sähköpaketin voisi avata aina tarvittaessa eikä paketin tiivistykseen tarvitsisi käyttää silikonipohjaista limaa niin paljon kuin alkuperäisessä suunnitelmassa. Kaikkien paneelien tiivistystä ei olisi kuitenkaan järkevää toteuttaa näin, vaan osa paneeleista voitaisiin liimata täysin kiinni käyttämällä silikonipohjaista liimaa alkuperäisen suunnitelman mukaisesti. Tuotekehitysvaiheessa täytyisi seurata tarkemmin, mitä paneeleja joutuu useiten irrottamaan huoltotöitä varten, ja tämän mukaan tehtäisiin

tarvittavat muutokset sähköpaketin runkoon. Käytännössä avattavat paneelit toimisivat tällöin sähköpaketin huoltoluukkuina.

4.4.3 Ilmankierto

Sähköpaketin ilmankiertoa ei suunnitteluvaiheessa huomioitu muulla tavalla kuin että sähköpaketin pohjalevyyn täytyisi tehdä pieni reikä nestevuotojen varalle. Myös paketin sisälle kerääntyvä kosteus pääsisi myös poistumaan pohjalevyssä olevan reiän kautta. Kuitenkin valmistusvaiheessa todettiin sähköpaketin tarvitsevan huohotusjärjestelmän, jotta ilma pääsee tarpeen mukaan vaihtumaan sähköpaketin sisällä.

Sähköpaketissa käytettäisiin amerikkalaisen GORE-yrityksen valmistamia venttiilejä. GOREn venttiilit mahdollistavat ilmanvaihdon sähköpaketissa, ilman että sähköpakettiin pääsee likaa tai ilmankosteutta. Kuitenkin venttiilit olisi hyvä sijoittaa sähköpaketin takaosaan, jolloin ne eivät jää näkyvälle paikalle, ja samalla myös sijainti minimoi mahdollisten vesiroiskeiden ja pölyn pääsyn venttiileihin.

5 Yhteenveto ja päätelmät

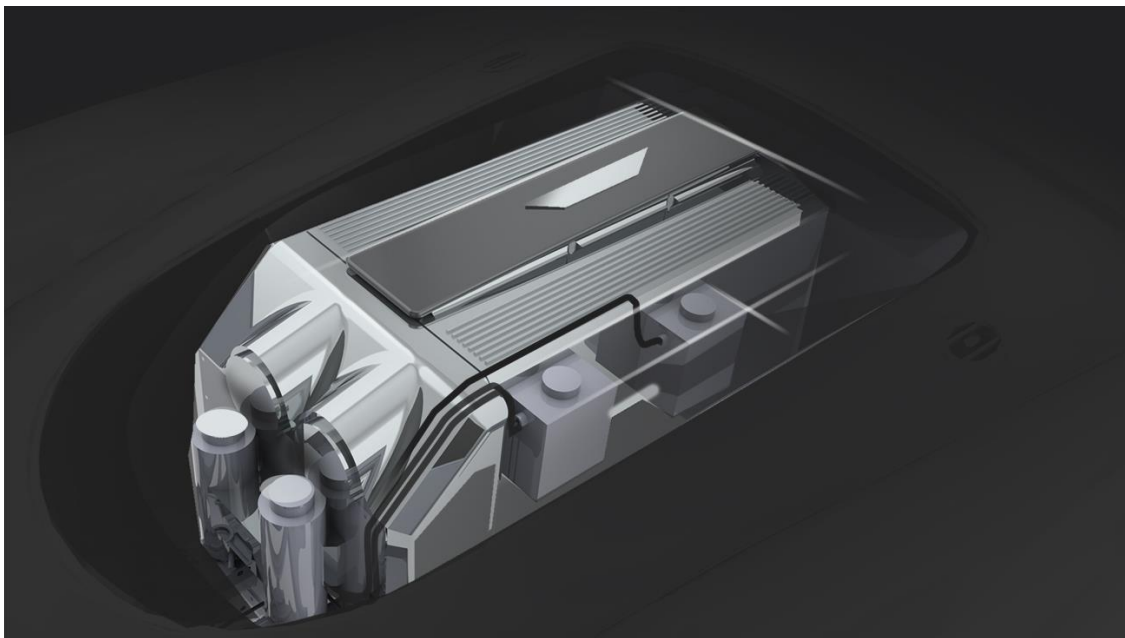
Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella modulaarisen sähköpaketin konsepti MG MGA -autoon. Vaatimuksina työlle oli, että sähköpaketin tulisi kestää auton normaaleista ajotiloista aiheutuvia värinöitä, kestää korroosiota, olla vesitiivis ja modulaarinen, minkä lisäksi sähköpaketin tulisi näyttää sille että se olisi suunniteltu jo 1950-luvulla.

Projektin alussa annettuihin tavoitteisiin päästiin ja lopputuloksena saatiin täysin toimiva sähköpaketin konsepti. Kuitenkin kun sähköpaketti päädyttiin valmistamaan niin suunnittelussa todettiin suunnittelutavasta johtuvia suunnitteluvirheitä. Suurimpana syynä suunnitteluvirheiden syntymiselle oli se, ettei projektiajoneuvo ollut suunnitteluvaiheessa koottuna vaan runko ja kori olivat erillään kunnostusta varten.

Suunnitteluvirheiltä olisi mahdollisesti välttytty, jos suunnitteluvaiheessa ajoneuvo olisi ollut kokonainen ja vain vanha polttomootoritekniikka olisi ollut jo poistettu. Kuitenkin pienillä muutoksilla sähköpaketista saataisiin täysin toimiva lopputuote, mutta tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä sähköpakettia ei saatu viimeistelyä täysin valmiiksi.

Suunnitteluvirheiden lisäksi valmistusvaiheessa havaittiin sähköpaketista myös monia kehityskohteita, joita ei olisi pelkän suunnittelun pohjalta voinut todeta. Jatkoa ajatellen yrityksen olisi hyvä sisällyttää suunnitteluprosessiinsa myös prototyypin valmistaminen, jolloin voidaan nähdä käytännössä tuotteen toimivuus. Prototyypin pohjalta voidaan pienilläkin muutoksilla parantaa tuotteen toimivuutta ja käyttömukavuutta, mikä hyödyttää niin yritystä kuin loppukäyttäjääkin.

Aiemmin tässä opinnäytetyössä esitettyjen sähköpaketin kehityskohteiden lisäksi yritys halusi tehdä sähköpaketista myös viimeistellymmän näköisen ja teollinen muotoilija Janne Haveri suunnitteli sähköpakettiin koristekannen, mutta sitä ei saatu valmiiksi tämän opinnäytetyön kirjoittamisen aikana. Kuvassa 18 voidaan kuitenkin nähdä Janne Haverin tekemä luonnostelma valmiista sähköpaketista koristekannen kanssa.

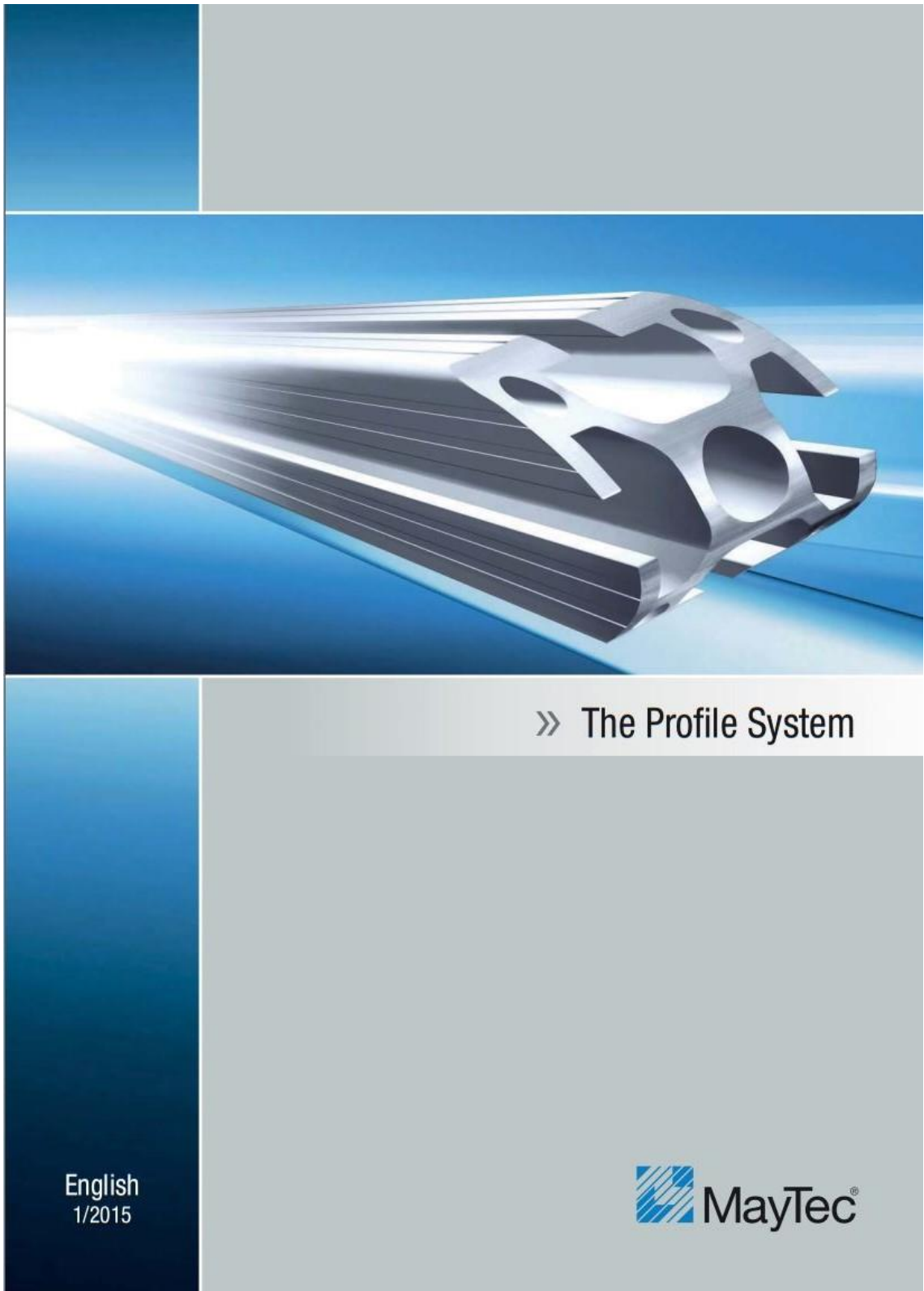


Kuva 18. Teollisenmuotoilijan Janne Haverin luonnos lopullisesta sähköpaketista

Lähteet

- 1 Mattila, Ilpo. 2015. Senaatintori täynnä sähköautoja. Verkkodokumentti. Iltalehti <http://www.iltalehti.fi/autot/2015091120333264_au.shtml>. 11.9.2015. Luettu 10.10.2016.
- 2 MGA-EV. 2016. Verkkodokumentti. e-DriveRetro. <<http://e-driveretro.com/e-performance/mga-ev/>>. 2016. Luettu 10.10.2016.
- 3 Antila, Anna-Maija, Karppinen, Maarit, Leskelä, Markku, Mölsä, Heini & Pohjakallio, Maija. 2010. Tekniikan Kemia. Helsinki: Edita.
- 4 TIG-hitsaus. 2015. Verkkodokumentti. ESAB. <<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/tig-hitsaus.cfm>>. 2015. Luettu 3.2.2017.
- 5 Vastushitsaus. 2015. Verkkodokumentti. ESAB. <<http://www.esab.fi/fi/fi/education/blog/vastushitsaus.cfm>>. 2015. Luettu 3.2.2017.
- 6 Alipaineinjektio. 2015. Verkkodokumentti. KEVRA. <<https://kevra.fi/ohjeet/alipainesakitys/>> 2015. Luettu 23.1.2016.
- 7 Pultruusioprofiilit. 2015. Verkkodokumentti. CSI. <<http://www.csi-composites.fi/pultruusioprofiilit/>> 2015. Luettu 23.1.2016.
- 8 Suvanto, Kari. 2012. Tekniikan Fysiikka 1. Helsinki: WSOY.

MayTec The Profile System -luettelo



MayTec The Profile System -luettelo



General

Profile group

16 mm, 20 mm, 30 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 60 mm

The profiles of the MayTec Profile System are divided into seven **profile groups (PG)**. They can be determined by the basic measure of each profile.

Slot

H-slot, F-slot, E-slot

In order to connect the profiles or to mount accessories the profiles have slots. The MayTec Slot System (see 1.02) distinguishes between the three slot types H-slot, F-slot and E-slot, whereas E-slot exists as **E3-slot** and **E4-slot** (3 or 4 mm wall thickness).

Symbols

Many articles (fastening elements, accessories and tools) can only be used especially for individual profile groups or slot types.

In this case these articles are marked with the corresponding symbols.



Profile group

dark symbol: suitable for the corresponding profile group

light symbol: not suitable

Slot type

dark symbol: suitable for the corresponding slot type

light symbol: not suitable

Remark

The symbol for the E-slot is used, if the article is (un)suitable for the two slot types E3 and E4.



Cut

These articles are offered with cut.



Stainless steel

These articles are made of stainless steel.



Cleanroom

These articles are suitable for the use in and around cleanrooms.



Attention!

Important notice

Abbreviations

PG **profile group**
L **light**
S **heavy**
P **plain**

e.g.: PG 30 = profile group 30 mm
profile characteristic: light type of construction
profile characteristic: heavy type of construction
profile characteristic: no ornamental slots

Special characters

<input type="checkbox"/>	Placeholder Article-No.	Example 1.41.5□□.□	identifies the articles: 1.41.5F0.1 1.41.5F0.2 1.41.5E0.1 1.41.5E0.2
--------------------------	-----------------------------------	------------------------------	---

Example	Reference
117	to catalogue page
1.41	to article number group
1.41.710.2	to single article
1.41.5□□.□	to group of articles

MayTec The Profile System -luettelo



Slot system

1.02

Cross section of slots		Core hole-Ø	Slot width	Slot depth	Wall thickness	PG
H-slot 		6.2	6.2	4.8	1.8	20
F-slot 		12.0	8.2	6.5	2.2	20 30
E3-slot 		12.0	8.2	11.5	3.0	40
E4-slot 		12.0	8.2	12.5	4.0	45 50 60

MayTec The Profile System -luettelo



Numerical key for articles

1.03

Profiles

1. 1 □ . □□□□□□ . □□□□□□	Key
1. 1 □ . □□□□□□ . □□□□□□	Core hole-Ø ¹⁾
1. 1 □ . □□□□□□ . □□□□□□	Profile width
1. 1 □ . □□□□□□ . □□□□□□	Profile height (all, but special profiles)
1. 1 □ . □□□□ R □□□ . □□□□□□	Number of degrees (round profiles)
1. 1 □ . □□□□ k t □□□ . □□□□□□	Number of edges (special profiles)
1. 1 □ . □□□□□□ . □□□□□□	Slot quantity ²⁾
1. 1 □ . □□□□□□ . □□□□□□	Contour ³⁾
1. 1 □ . □□□□□□ . □□ L	Version light
1. 1 □ . □□□□□□ . □□ S	Version heavy
1. 1 □ . □□□□□□ . □□ B	Type B
1. 1 □ . □□□□□□ . □□ L B	Version light, Type B
1. 1 □ . □□□□□□ . □□ P	Plain

- ¹⁾ 0 = 6.2 mm
- 1 = 12 mm
- ²⁾ 2-digit off 10 slots
- ³⁾ 0 = round
- 1 = Soft
- 2 = Corner
- 3 = Cubic
- 4 = Rectangle
- 5 = Pneumatic
- 7 = Angle
- 8 = Angle 45°
- 9 = Special

0

Connectors - general

1. 2 □ . □□□□□□	Key
1. 2 □ . □□□□□□	Core hole ¹⁾
1. 2 □ . □□□□□□	Profile width ²⁾
1. 2 □ . □□□□□□	Head-variant ³⁾
1. 2 □ . □□□□□□	Connection-variant ⁴⁾
1. 2 □ . □□□□ V	Stainless
1. 2 □ . □□□□ E	Ground

Special cases: Parallel-connector across and high
Profile width for cross bushing
Profile width for anchor

- ¹⁾ 0 = 6.2 mm
- 1 = 12 mm
- ²⁾ 2 = 20 mm
- 3 = 30 mm
- 4 = 40 mm
- 45 = 45 mm
- 5 = 50 mm
- 6 = 60 mm
- ³⁾ E = E-head
- F = F-head
- H = H-head
- V = Extension
- ⁴⁾ 0 = Universal / Neutral
- 1 = Standard
- 2 = Standard 90°
- 4 = Square head
- 5 = Parallel

-Oblique-hinge

1. 2 □ . □□□□□□	Key
1. 2 □ . □□ K □□□	Oblique-connector, hinge
1. 2 □ . □□□□□□	Connection-variant ¹⁾
1. 2 □ . □□□□□ V	Stainless

- ¹⁾ 1 = Standard
- 2 = Standard 90°

-Oblique-bent anchor

1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Key
1. 2 □ . □□ B □□□ / □□□□□□	Oblique-connector, bent anchor
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Connection-variant ¹⁾
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Design L/R
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Angle
1. 2 □ . □□□□□□ / □□ V □□	Stainless
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□ E	Ground

- ¹⁾ 1 = Standard
- 2 = Standard 90°

-Miter-hinge

1. 2 □ . □□□□□□	Key
1. 2 □ . □ G □□□	Miter-connector, hinge
1. 2 □ . □□□□□□	Connection-variant ¹⁾
1. 2 □ . □□□□ V	Stainless

- ¹⁾ 1 = Standard
- 2 = Standard 90°

-Miter-bent anchor

1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Key
1. 2 □ . □ G □□□ / □□□□□□	Miter-connector
1. 2 □ . □□□ B □□□ / □□□□□□	Bent design
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Connection-variant ¹⁾
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Angle
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□ V	Stainless

- ¹⁾ 1 = Standard
- 2 = Standard 90°

-Screw-type

1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Key
1. 2 □ . □ S □□□□ / □□□□□□	Screw-type-connector
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Type of anchor ¹⁾
1. 2 □ . □□□□ M □□□ / □□□□□□	Thread
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Thread-Ø
1. 2 □ . □□□□□□ / □□□□□□	Screw special length

Special cases: Screw-type connector parallel across and high
Profile width for cross bushing
Profile width for anchor

- ¹⁾ 1 = Standard
- 2 = Parallel 20 mm
- 3 = Parallel 30 mm
- 4 = Parallel 40 mm
- 5 = Parallel 50 mm

MayTec The Profile System -luettelo

MayTec Summary: Profiles

plain plain plain plain

16 16x40 16x40 16x80 16x160 16x40 16x80

L 1FLP L 1ELP 2ELP 4ELP S 1ESP 2ESP

12 # 12

20 20x20 20x40 20x10 20x30 20x30

L 2HLP 4HLP L 1FLP 1FLP 2FLP S 2HcSP 2HcSP 3HSP 4HSP 4HSP 6HLP 6HSP S 2FLP 2FLP

13 # 14 # 15

30 30x30 30x60 30x100 30x150 30x100

L 1FLP 2FLP 2FLP 3FLP 4FLP L 1FLP 1FLP 2FLP S 2FLcSP 2FLcSP 2FLcSP 3FLSP 4FLSP 2FLcSP 2FLcSP 3FLSP 4FLSP 4FLSP 6FLSP 6FLSP 8FLSP 10FLSP 8FLSP 6E 2FLSP 6E 2FLSP

16 # 17 # 18 # 19 # 18

40 40x40 40x80 40x160 80x80

L 2ELP 1ELP 2ELP 2ELP 3ELP 4ELP L 2ELP 2ELP 2ELP 2ELP L 2E 45° LP 7E 45° LP S 2ELcSP 2ELcSP 4ELSP 6ELSP 40x40 40x40° 40x45° 40x60° 40x90° 2E 45° LP 7E 45° LP 8ELSP

20/28 # 21/28 # 22 # 23 # 24/27

45 45x45 45x60 45x90 90x90

L 2ELcSP 2ELcSP 1ELP 2ELcSP 2ELcSP 3ELP 4ELP L 6ELP 6ELP S 4ELSP 6ELSP 8ELSP

28 # 29 # 30

50 60x60

L 2ELP 4ELP S 2ELSP 4ELSP

32

MayTec The Profile System -luettelo

1.04
Summary: Profiles
1.04

plain

plain

without grooves

grooves

with grooves

16	20	30	40	45	50	60	Profile group
<div style="display: flex; justify-content: space-around; font-size: 10px;"> H F E </div>							Slot type
<div style="display: flex; justify-content: center; font-size: 10px;"> plain </div>							plain

L	light	octag.	octagonal
S	heavy	c.	corner
P	plain	r.	round
B	type B	s.	soft
		a.	angle

30
F
30x30
30x50
30x60
60x60

40
E3
40x40
40x80
40x120
80x80
80x160

45
E4
45x45
45x60
45x90
90x90

50
E4
50x50
50x100
50x150
100x100

60
E4
60x60
60x90

80x120
80x160
120x120

100x120
80x160
120x120

100x200

19

23

25

31

34

35

36

37

38

39

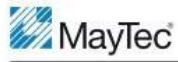
40

41

42

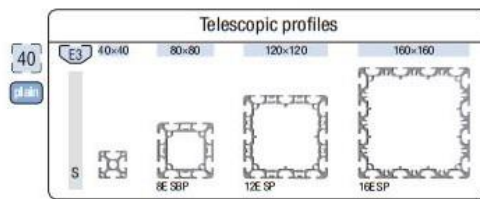
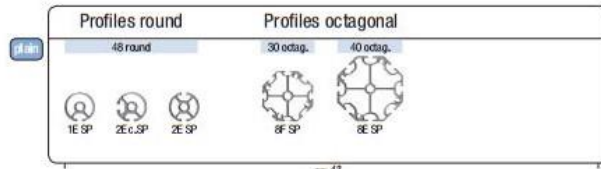
1

MayTec The Profile System -luettelo

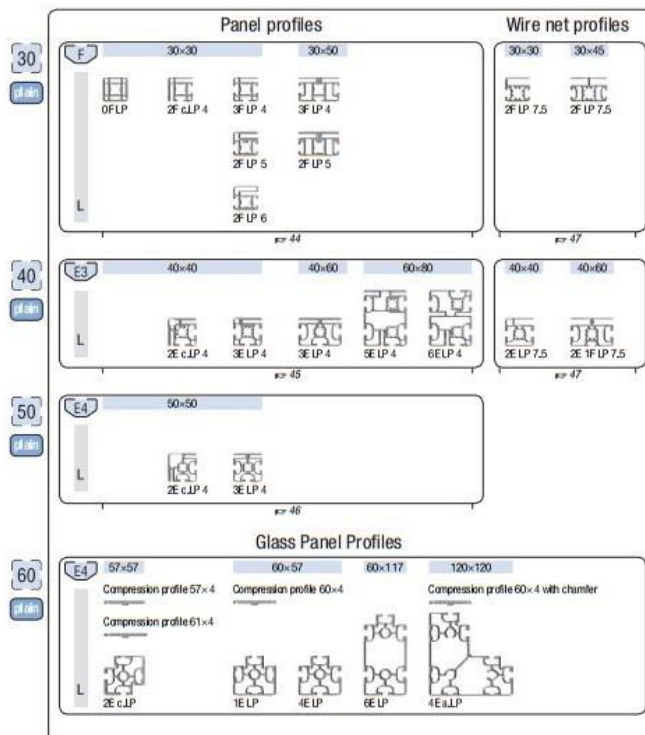


Summary: Profiles

1.04



⇒ Catalogue "The Telescopic System"



⇒ Catalogue "Glass Panel Profiles"

MayTec The Profile System -luettelo



Summary: Profiles

1.05

<p>E-trunking profiles</p>	
<p>19" profiles</p>	
<p>Tube profiles</p>	<p>Tubes</p>
<p>Profile pre-cut lids</p>	<p>Sliding profiles</p>
<p>Wire net mounting profiles</p>	<p>C-track</p>
<p>Grab handle profiles</p>	<p>U-profile</p>

1

MayTec The Profile System -luettelo



Profile group 20 mm, H-slot, P (plain)

1.10

light				
<p>core hole Ø6.2 for thread M8</p>				
Description	Profile 20x20, 4H, LP		Profile 20x40, 6H, LP	
bar, 6 m	1.10.020020.43LP.60		1.10.020040.64LP.60	
packing unit (number)	1.10.020020.43LP.61 (10)		1.10.020040.64LP.61 (10)	
moment of inertia cm ⁴	$I_x = 0.8$ $I_y = 0.8$		$I_x = 5.3$ $I_y = 1.4$	
moment of resistance cm ³	$W_x = 0.8$ $W_y = 0.8$		$W_x = 2.6$ $W_y = 1.4$	
weight kg/m	$G = 0.53$		$G = 0.9$	

heavy				
<p>core hole Ø6.2 for thread M8</p>				
Description	Profile 20x20, 4H, SP	Profile 20x40, 4H, SP	Profile 20x40, 6H, SP	
bar, 6 m	1.10.020020.43SP.60	1.10.020040.44SP.60	1.10.020040.64SP.60	
packing unit (number)	1.10.020020.43SP.61 (10)	1.10.020040.44SP.61 (10)	1.10.020040.64SP.61 (10)	
moment of inertia cm ⁴	$I_x = 0.9$ $I_y = 0.9$	$I_x = 7.0$ $I_y = 2.0$	$I_x = 6.4$ $I_y = 1.7$	
moment of resistance cm ³	$W_x = 0.9$ $W_y = 0.9$	$W_x = 3.5$ $W_y = 2.0$	$W_x = 3.2$ $W_y = 1.7$	
weight kg/m	$G = 0.62$	$G = 1.3$	$G = 1.3$	

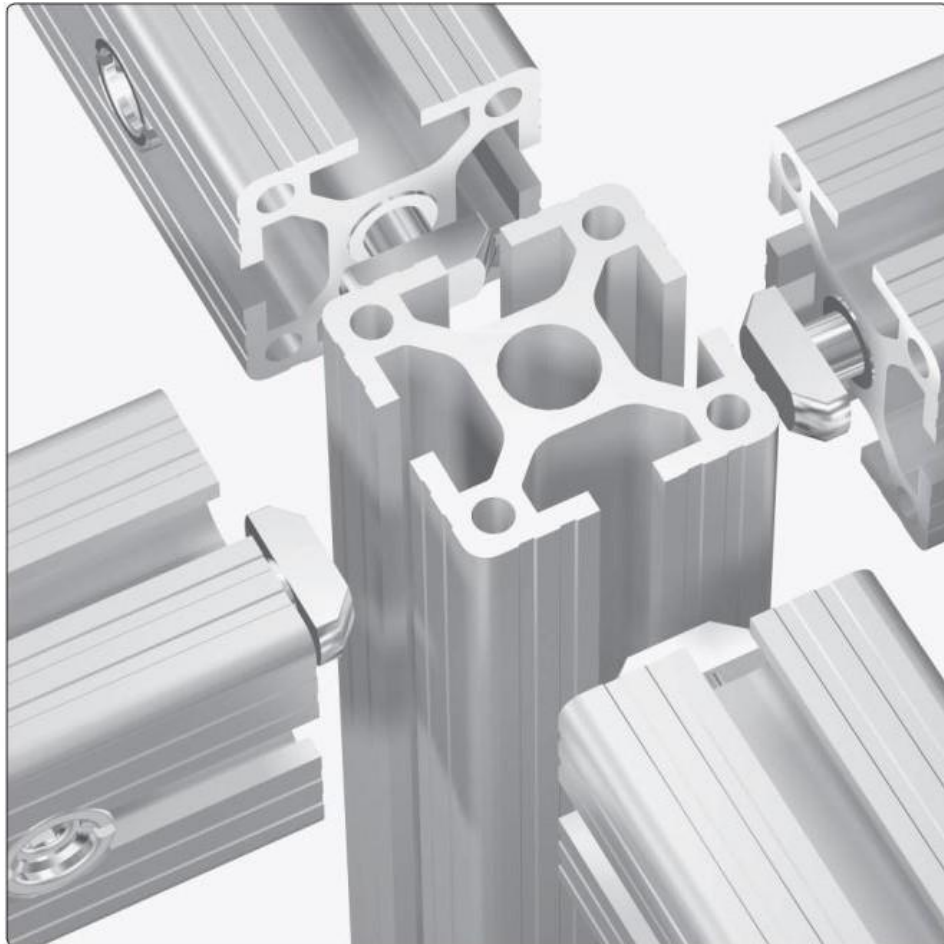
machining data → Profile machining 1.1A

MayTec The Profile System -luettelo



Connection System

1.2



2

<p>extremely strong</p> <p>efficient</p> <p>functional</p>	<p>The proven connection system! The MayTec quick-connection system allows combination of all MayTec profiles in any way imaginable. It carries same stability out after all four sides.</p>	<p>The connection allows:</p> <ul style="list-style-type: none"> • easy machining • quick assembly • innumerable (dis)assemblies <p>The connection system is:</p> <ul style="list-style-type: none"> • complete • stable • functional
--	---	---

<p>Vibration proof</p>	<p>The different direction angles of lead of thread and clamping cone prevent the loosening of the connection by vibration.</p> 
-------------------------------	---

MayTec The Profile System -luettelo



Connection System

1.2

Stability S-Class

**MayTec
Universal-Connector**

18,000N
working load

**Vibration
proof**

MayTec The Profile System -luettelo



Fastening elements

1.32

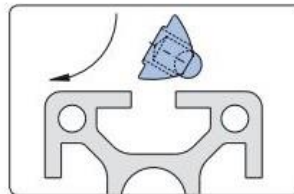
T-Nuts
for subsequent insertion,
with spring ball



Fixing with spring ball

Application

Fastening element for screw-type connections

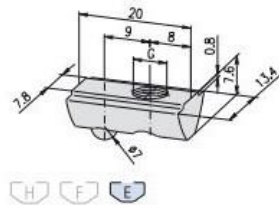


Assembly

Insert front-sided and rotate

Technical data

material: steel
surface: galvanised
max. moment of torque: $M_{A,max}$



Description	G	$M_{A,max}$	Weight	Article-No.
T-Nut for subs. insertion, w. spring ball E	M4	3.0 Nm	10.4 g	1.32.3EM4
T-Nut for subs. insertion, w. spring ball E	M5	5.0 Nm	10.2 g	1.32.3EM5
T-Nut for subs. insertion, w. spring ball E	M6	10.0 Nm	9.9 g	1.32.3EM6
T-Nut for subs. insertion, w. spring ball E	M8	26.0 Nm	9.6 g	1.32.3EM8

Visedo PowerMaster -luettelo

VISEDO
electricity in motion

Product manual Installation - Maintenance



PowerMASTER™ M-Frame

Application:
Motor/Generator Control
Active front end
Microgrid

Type:
Liquid cooled AC/DC-Inverter

Protection class:
IP 67

visedo.com

Visedo PowerMaster -luettelo

VISEDO

Product Manual PMA-M

Mechanical connections and interfaces

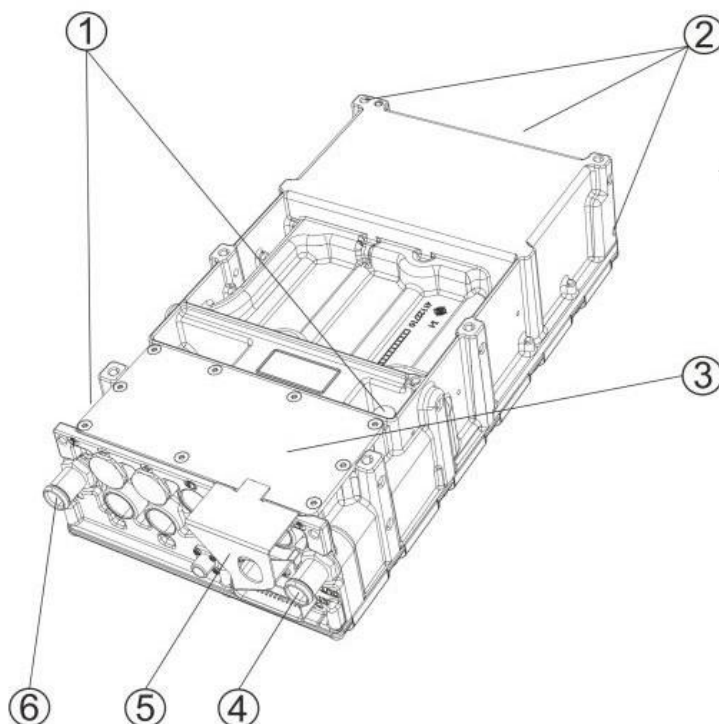


Figure 5. Mechanical connection interfaces.

Item	Description	Amount (pcs)
①	Air vents	2
②	Mounting threads. Bottom side of the device, Connection box lid side (M8 x 20 mm).	6
	Mounting threads. Long sides of the device (M8 x 22 mm).	2 x 5
	Mounting threads. Long sides of the device (M8 x 19 mm).	2 x 1
	Mounting threads. Short, back side of the device (M6 x 22 mm).	4
	X ^(*) See detailed dimension information from the product dimension drawings, http://www.visedo.com .	X ^(*)
③	Connection box lid (power terminal cover).	1
④	Liquid cooling, Out-connection (for 3/4" diameter hose).	1
⑤	Connector shield (mechanical safety feature).	1
⑥	Liquid cooling, In-connection (for 3/4" diameter hose).	1

Visedo PowerMaster -luettelo

Product Manual PMA-M

VISEDO

4. Design principles

This chapter describes design principles that must be taken into account when designing the system using the PowerMASTER™ electric device.

4.1. System design

4.1.1. Cooling

PowerMASTER™ electric devices are liquid cooled. The coolant connections (Inlet / Outlet) are suitable for a hose with internal diameter of 19 mm (e.g. from company Telle ET CORD ¾" further details at <http://www.telle.de>). It is recommended to mount the hose on the coolant connection with a hose clamp or a hose clip after the protection cap has been removed. For cooling a water/glycol mix or pure water with corrosion inhibitor should be used.



Properly operating cooling system requires, that the device is installed correctly. When connecting the cooling system, it must be ensured that appropriate cooling liquid runs freely in and out from the electric device with the coolant flow equal or higher than specified. It must be ensured that the coolant temperature at the inlet of the device is below the maximum specified temperature. **WARNING! Do not operate the device without properly dimensioned and operating cooling system.**



WARNING! Ensure that the cooling system is in use when the DC-link is powered.

Table 10. Cooling system requirements.

Cooling system properties	Specification
Cooling type	Liquid cooling
Coolant type	Water or water glycol mixture (glycol max. 50 %)
Coolant temperature	-40°...+65 °C
Coolant flow	10 l/min
Maximum operating pressure	2 bar
Pressure drop	100 mbar with 10 l/min (+25 °C coolant)

See detailed information and specifications from the product data sheets, <http://www.visedo.com>. Rated values can be found from the device rating plate.

4.1.1.1. Recommended coolants

PowerMASTER™ electric devices are designed to work properly with water based coolant. Plain water with appropriate corrosive inhibitor is acceptable, eg. water with max. 50% glycol coolant.



Ethylene glycol based Glysantin® G48® (includes also corrosion inhibitors) or similar can be used. **WARNING! Ethylene glycol is a toxic compound. Avoid exposure to the coolant.** Handle with care.

Propylene glycol based coolants, like Splash® RV&Marine antifreeze, can also be used. Propylene glycol is relatively safe compound for humans and the environment.

Visedo PowerMaster -luettelo

Product Manual PMA-M

VISEDO

4.2. Mounting

4.2.1. Supporting structure requirements

The mountings of the electric device must be secure and sufficiently rigid to prevent vibrations and mechanical failures. Necessary actions should be taken to avoid corrosion e.g. on the mounting bracket.



WARNING! Do not install the electric device near or in direct contact with easily flammable materials. The surface of the device will heat and may become hot during operation.

The supporting structure e.g. bracket for the electric device must be designed according to device's allowed mounting positions, see chapter Allowed mounting positions.

The space for the mounting must be adequate for the device itself and for the possible auxiliary components. Main dimensions of the device are shown in the figure 11. The figure shows the main dimensions only and it is for reference use.

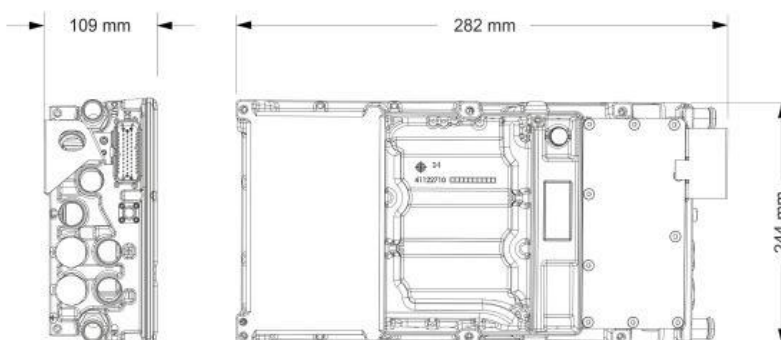


Figure 11. Main dimensions of the device.

For detailed information see product data sheets and dimension drawing, <http://www.visedo.com>.

4.2.2. Grounding



WARNING! For proper and safe operation, it is important to ensure proper grounding (earthing) of the device and follow installation instructions and guidelines for component selection presented in this manual. Don't operate the device without correctly attached protective earth conductor. The grounding cable must be sufficient to carry the maximum supply fault current which normally will be limited by the fuses or Miniature Circuit Breaker (MCB). Suitably rated fuses or MCB should be fitted in the mains supply to the inverter, according to local legislation and recommendations.

Lence DC/DC -luettelo

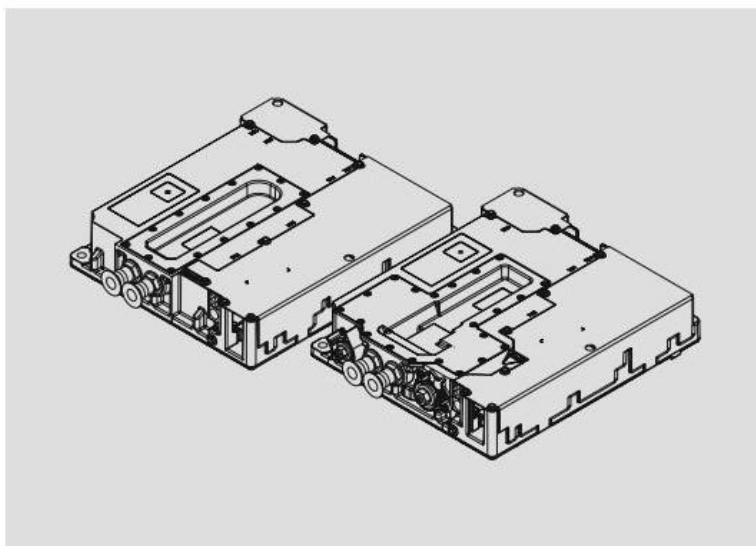
ED5MDAG
13473426



Mobile Drive

Hardware Manual

MOBILE



EMDxGxxxxxxxx

MOBILE DCU
MOBILE PSU
MOBILE DCU PSU

Lence DC/DC -luettelo

Technical data 4 Water cooling

4.3 Water cooling

The devices of the MOBILE product platform are provided with an integrated water cooler. For cooling the devices, a connection to vehicle-typical cooling circuits has to be established.

	[]	DCU	PSU, DCU PSU
Connection of suction and pressure hoses		DN 19 (internal)	
Fastening/securing the hoses		Suitable hose clips	
Liquid volume	l	0.09	0.16
Composition of the cooling fluid			
Water	%	50	
Ethylene glycol	%	50	
Flow direction			
in case of vertical installation		from the lower to the higher connection	
in case of lying or pending installation		Not relevant	
Flow rate			
typical	l/min	15	
Pressure in the cooling system			
typical	bar	1	
maximum	bar	< 2.0	
Decrease in pressure			
typical	mbar	80	
maximum	mbar	100	
Permissible temperatures of the cooling fluid			
minimum	°C	30 Switch-on temperature for coolant pump: +30 °C	
typical	°C	55	
maximum	°C	65	
Permissible temperatures of the cooling fluid, short-time for < 300 s, observe derating!			
minimum	°C	-40	
maximum, short-time for < 300 s	°C	85	
Temperature difference at the cooler	K	0.7	

Deviating data of the Basic version:

	[]	DCU	PSU, DCU PSU
Permissible temperatures of the cooling fluid			
minimum	°C	30 Switch-on temperature for coolant pump: +30 °C	
typical	°C	50	
maximum	°C	55	

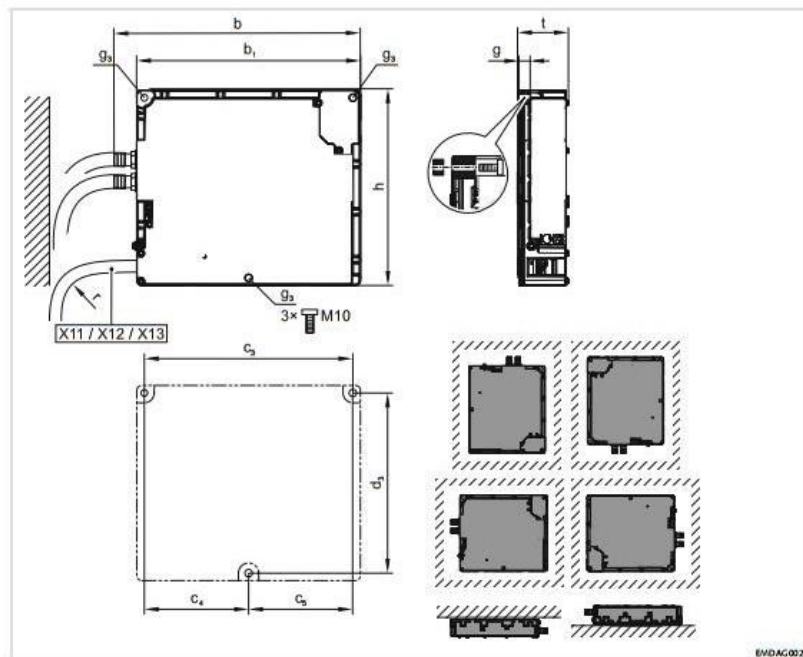
Lence DC/DC -luettelo

5 Installation Mechanical installation

5.3 Mechanical installation

The mounting material must ensure a durable mechanical connection. The fixing points are dimensioned for:

- ▶ M10 cheese head screw, hexagon socket, according to DIN 912/ISO 4762
- ▶ M10 cheese head screw, torx, according to ISO 14579



	h	b	t	b ₁	c ₃	c ₄	c ₅	d ₃	g	g ₃	r	█
	[mm]											[kg]
EMDxG1...												7.3
EMDxG2...	310	391	81	355	331	177.5	153.5	286	20.7	11	106	7.4
EMDxG3...												8.6
EMDxG4...												8.7

Lence DC/DC -luettelo

Installation
Water cooling

5

5.4 Water cooling

For operating the Mobile devices, a working water cooling is required.

Operation without water cooling is not permissible and destroys the devices.

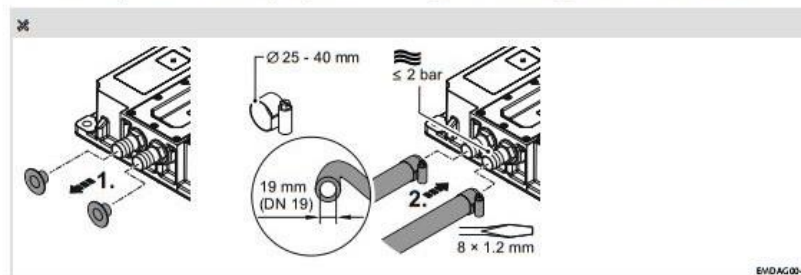
A subsequent loosening or tightening of the screws in the cooling cover is not permissible. The water cooler is mounted in the factory and checked for tightness.

The water cooling has to be dimensioned according the technical data (□ 35).

How to connect a proper cooling:

- ▶ Remove the protective caps from the adaptors (delivery status).
- ▶ Connect suction and pressure hoses.
- ▶ Fix and secure the hoses with suitable clips.
- ▶ Fill and vent water cooling.

Prior to every switch-on, the proper functioning of the cooling needs to be ensured.



Brusa NLG513 -luettelo



BRUSA

NLG513 - On - Board - Charger

Long - standing proven /unreached versatility

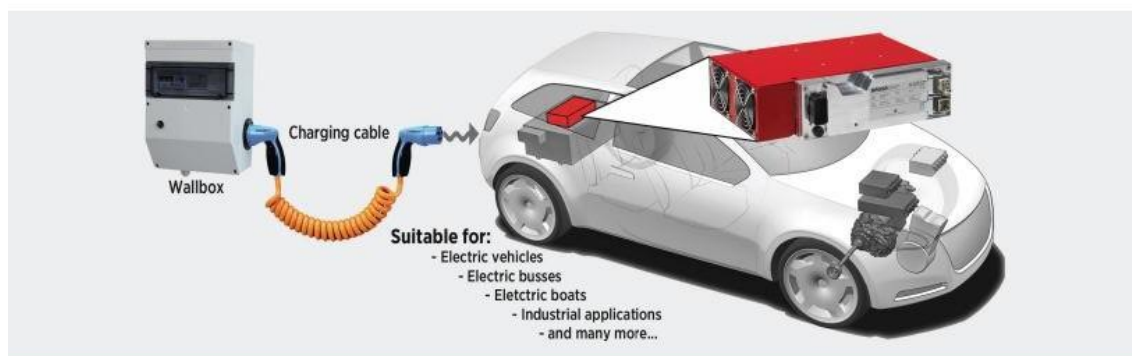


Technical features

- Very compact and lightweight
- High efficiency up to 93%
- Resonant switching - topology ensures very low switching losses and excellent EMC - behavior
- Specifically designed for on - board use in electric vehicles
- Upon request, already programmed for your specific battery

Safe and flexible

- Galvanic insulation between mains and HV - battery, whereby optimal personal protection is ensured
- Water - or aircooled version available
- Individually programmable
- Covers a large battery -voltage range
- Automatic or CAN - controlled charging mode
- Scalable use by parallel connection of several NLG513 (enables higher charging power up to 22 kW)
- Intrinsically safe against short circuit, idling, polarity reversal and overvoltage



www.brusa.biz

BRUSA Elektronik AG
Neudorf 14
CH-9466 Sennwald
+41 81 758 19 00
info@brusa.biz

Brusa NLG513 -luettelo

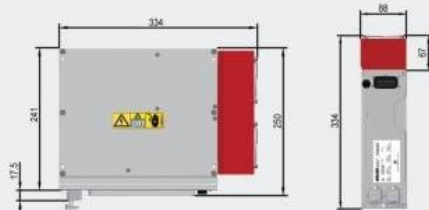


BRUSA

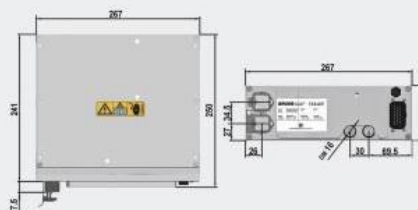
Specifications NLG513

AC Input	NLG513 air	NLG513 water	
Min. input voltage	100	100	V
Max. input voltage	264	264	V
Min. input frequency	48	48	Hz
Max. input frequency	62	62	Hz
Max. input current**	16	16	A
Max. input power (by input current** = 16 A)	3'680	3'680	W
Power factor	>0.99	>0.99	---
DC Output	NLG513 air	NLG513 water	
Max. charging power	3'300	3'300	W
Voltage range	200 - 520	200 - 520	V
Charging voltage accuracy	±1	±1	%
Max. charging current	12.5	12.5	A
Charging current accuracy	±2	±2	%
Max. charging current - ripple (100 %, fr = 2 fn (100 / 120 Hz))	12.5	12.5	A
Efficiency (P = P _{out} / P _{in})	93	93	%
Mechanical data and cooling system	NLG513 air	NLG513 water	
Weight (without coolant)	6.3	6.2	kg
Coolant quantity in device	---	-0.3	l
Coolant flow rate	---	4-6	l/min
Pressure drop @ 5l/min, T _{coolant} = 25°C	---	50	mbar
Ambient temperature range (storage)	-40 to +85	-40 to +85	°C
Ambient temperature range (operation)	-25 to +70	-25 to +70	°C
Coolant temperature range for full power	-20 to +40	-20 to +60	°C
IP - protection	IP54	IP65	---
Safety - and protection features	NLG513 air	NLG513 water	
Insulation testing (AC input / DC output)	2	2	kV
Mains input overvoltage protection	264	264	V
Insulation resistance (initial) min.	2	2	>GΩ

Dimensions NLG513 aircooled



Dimensions NLG513 watercooled



BRUSA / DS-2014 / NLG513

www.brusa.biz

BRUSA Elektronik AG
Neudorf 14
CH-9466 Sennwald
+41 81 758 19 00
info@brusa.biz

EMP WP29 -asennusmanuaali



WP29 and WP32 Electric Water Pump Installation Manual and Installation Approval Documentation



This manual is effective for aftermarket and OEM installations of the following part and serial numbers:

Base Part Number
1030085xxx
1030002xxx

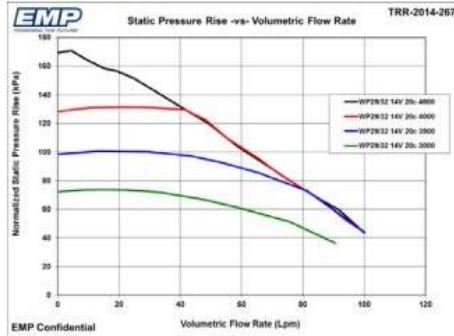
Rev	Rev By	Date	Description of Change	Approved By
C	BF	10/30/13	Revisions	ECN3149
D	RJ	05/07/15	Revisions	ECN3597
E	JRB	1/14/16	Revisions	ECN4039

EMP WP29 -asennusmanuaali

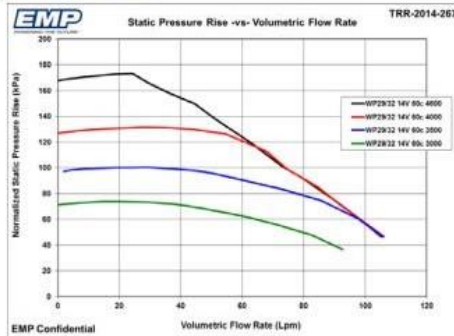


Performance

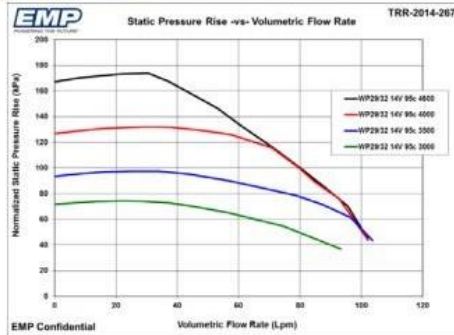
12V Pump (14V Supply) Flow at 20°C



12V Pump (14V Supply) Flow at 60°C



12V Pump (14V Supply) Flow at 95°C



EMP WP29 -asennusmanuaali



Limitations

Pump Limitations

Temperatures

Table 1: Temperature Limitations

Maximum Fluid and Ambient Operating Temp	203°F (95°C)*
Minimum Fluid and Ambient Operating Temp	-40°F (-40°C)
Maximum Ambient Storage Temp	257°F (125°C)
Minimum Ambient Storage Temp	-40°F (-40°C)

* If the intended application fluid temperature exceeds 95°C, installation must be reviewed and approved by EMP to ensure warranty coverage. See Appendix A for the Installation Approval checklist.

NOTE: *Over-temperature Protection* - If the internal electronics operating temperature exceeds 266°F (130°C) the pump will shut off and stay off until the temperature drops to 257°F (125°C). At 95°C fluid temperature the pump controller is operating near the 130°C electronics temperature threshold.

Vibration

Vibration exceeding the EMPTS009 profile can shorten pump life, potentially leading to PCB and motor shaft failures. If you are unsure of your vibration profile for a given installation please contact EMP to ensure warranty coverage.

Environment

Environment cleanliness is crucial to pump life. The WP29 and WP32 are certified with an IP67 rating but debris collection in the weep pocket can lead to premature seal failure (See figure below). Shielding may be required to ensure debris does not enter the weep hole. If you have any questions regarding your installation contact EMP to ensure warranty coverage.

Debris in weep-hole region



Orientation

Each pump part number has a specified and approved orientation. If the pump is not properly installed several failure modes could potentially result. Please reference the Pump Orientation section of this document for installation guidelines. If you have any questions regarding pump orientation please contact EMP to ensure warranty coverage.

EMP WP29 -asennusmanuaali



Pressure Levels

Inlet and Outlet Pressures

Inlet Pressure/Configuration

- The WP29 and WP32 pumps must maintain an inlet pressure greater than -5 psi (-35kPa gauge) at the set WP29 and WP32 operating speed under all operating conditions

WP29 and WP32 Cavitation Test

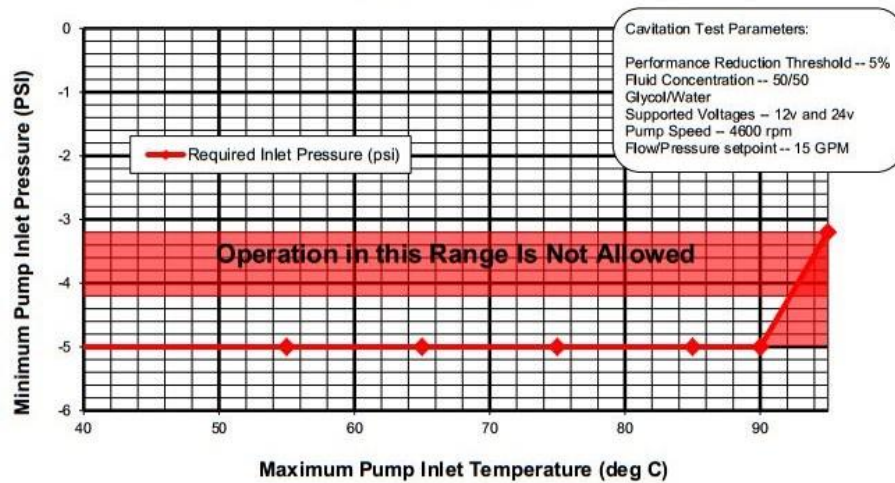


Figure 1

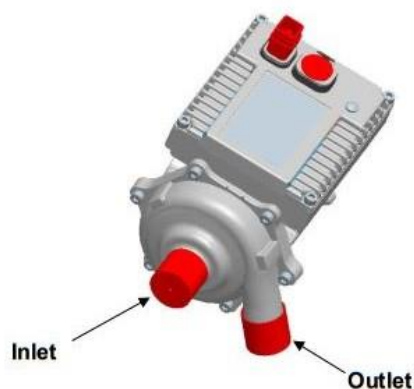
- If the application has low outlet restriction, the pump is current limited and may not be able to reach the anticipated pump speed. This speed limitation is a result of the motor controller protecting the electronics from a condition where excessive heat may build up in the controller.
- The maximum pump outlet pressure (gauge) must not exceed 50 psi. This includes the static system pressure and the pump rise. Pressure above 50 psi can cause damage to the mechanical water seal.

EMP WP29 -asennusmanuaali



Plumbing

Plumbing



Recommended Plumbing

Pump Inlet must be plumbed using 25mm (1.0 inch) diameter hose and/or thin walled tubing from the fluid supply to the pump inlet.

A restriction in the inlet plumbing is allowed as long as the flow diameter is not less than 17mm (0.75 inch) and does not exceed 25mm (1.0 inch) in length.

Deviations from the Recommended Plumbing must meet the Inlet Requirements and be approved by EMP Engineering. Please contact EMP customer service for installation review.

Mounting Screws

Mounting screws used should be M8 x 1.25 screws (qty=4). These must have a minimum thread engagement of 0.50 inch (12.7 mm) and be tightened to a torque of **15 ft-lb (20N-m)**.

CAUTION: The mounting holes are tapped to a depth of 0.59 inches (15mm). Be aware of the bracket thickness when selecting the fastener length to ensure that the fastener will not bottom out in the pump housing.

Hose Clamps

When making the inlet and outlet hose connections to the pump it is strongly recommended to use SAE20CT worm drive type hose clamps. Torque worm drive clamps to 45 in-lbs per SAE J1508. Spring type clamps are not recommended.

EMP WP29 -asennusmanuaali

**Electrical****Wiring****Wire Sizing**

- For complete connector body sealing the ignition wire should be 16ga minimum and the power and ground wires should be 12ga minimum
- Wire jacket diameter must be compatible with seal requirements

Recommended Wiring Practices

- Wiring or electrical harness must not rub on sharp edges.
- The electrical harness should not be stressed at connections (see Figure below)



Wires pulling on connectors can compromise the connector body seal and possibly create a water intrusion event

- The voltage drop between the battery and the pump should not exceed 5% of the rated battery voltage. This should be verified at the pump's maximum current draw. Wiring or electrical harness must not rub or make contact with a hot surface. There should be 5" minimum clearance from the exhaust.
- Wiring or electrical harness should be supported at least every 18" to 20".
- To avoid possible fire or shock, do not pinch any wiring or electrical harnesses.

- Incorporate Drip Loops into wiring designs (see Figure below). The pump connectors are environmentally sealed. However, good wire management can help ensure a good seal over the life of the product



Wire routing provides a path for water to flow down into connector



Drip loop collects water and sheds it away from connectors

- The use of Dielectric Grease such as Dow Corning DC-4 is acceptable as long as the connection is mated directly after grease application to prevent dirt from being captured by the grease

EMP WP29 -asennusmanuaali



Installation

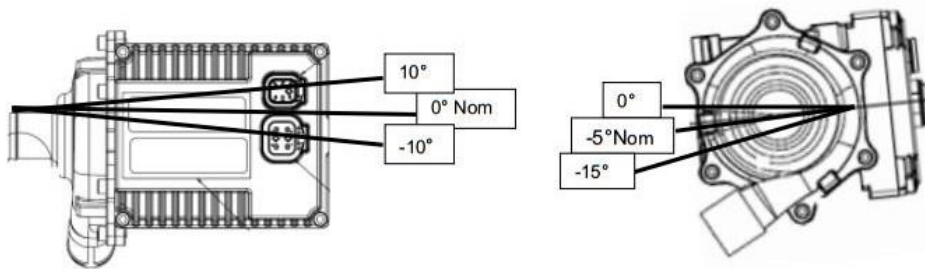
Installation

Orientation Specific

For orientation specific pumps, acceptable pump orientations are tied to the individual pump part numbers. The part number includes the motor stator for the appropriate voltage, the controller circuit board, and the vent port configuration.

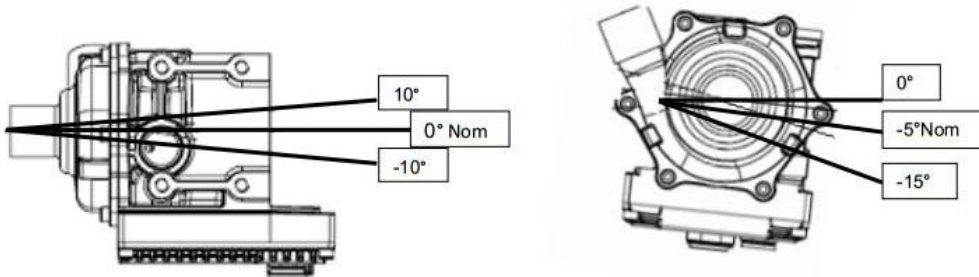
Vertical Controller Orientation

Part numbers for this orientation include:
1030002275, 1030002278, 1030002280, 1030002283, 1030002285, 1030002287, 1030085013, 1030085016, 1030085018, 1030085019, 1030085021, 1030085023



Horizontal Controller Orientation

Part numbers for this orientation include:
1030002276, 1030002277, 1030002279, 1030002284, 1030002286, 1030002288, 1030085014, 1030085015, 1030085017, 1030085020, 1030085022, 1030085024



EMP WP29 -asennusmanuaali



Installation

Dual Orientation

Part Numbers Include: 1030002225, 1030002228, 1030002229, 1030002230, 1030002231, 1030002232, 1030002237, 1030002247 thru 1030002251, and 1030085001 thru 1030085012

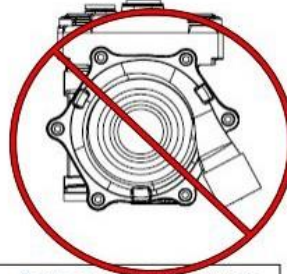
The Dual Orientation pumps cannot be mounted at any arbitrary angle (i.e. 45 degrees off axis). Standard Service pumps can use either the Vertical or Horizontal Orientations listed on the previous page.

Incorrect Pump Orientation and Reasons

The WP29 and WP32 contain a mechanical seal; 0.1cubic centimeters per hour may weep past the seal as a part of normal operation. To properly collect the weepage pump orientation is important. Too steep of an angle will not allow the fluid to collect in the weep pocket and evaporate off and the pump may appear to be leaking when in fact it is operating as designed. An incorrect mounting angle may also result in too much fluid being retained in the weep pocket resulting in bearing contamination and reduced service life.



Not Acceptable Orientation
No Weep Collection



Not Acceptable Orientation
Water in Connectors

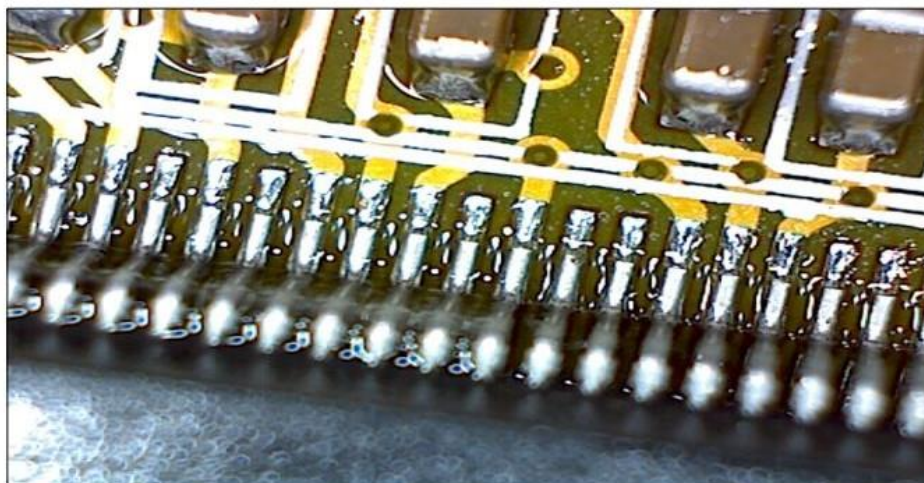


Not Acceptable Orientation
Seal Life



Not Acceptable Orientation
Bearing Life

OptiCool-luettelo



OptiCool® Heat Transfer Fluids

*Dielectric Cooling Solutions for Electronics, Automotive,
Aerospace and Robotics Applications*

DSI

DSI Ventures, Inc.

1320 Commerce Street
Tyler, TX 75702 USA
903-526-7577
TECH@dsiventures.com
www.dsiventures.com

OptiCool-luettelo

OptiCool® Heat Transfer Fluids

Advances in electronic motor and circuit design has focused interest on efficient cooling solutions. But beyond cooling efficiency, other characteristics of a heat transfer fluid also have to be considered, such as the fluid's impact on the environment and worker health. The choice of the right dielectric cooling fluid has never been more important.

The next generation of technology can be cooled effectively and inexpensively with OptiCool® Fluids.

OptiCool Fluids are safe, proven and efficient solutions for high tech cooling applications.

OptiCool® Fluids deliver proven cooling performance. OptiCool Fluids are more than 98% biodegradable and are non-toxic, non-halogenated and don't deplete ozone. They're designed for 40 years of useful life and compatibility with system components.

OptiCool Fluids are used to cool electronic circuitry, high power vacuum tubes, in pressure compensation, underwater hydraulics, and automotive drivetrain motors. With five different fluids, each is tailored to solve the problems of special application.

DSI OptiCool Fluids are a family of low viscosity synthetic hydrocarbon dielectric heat transfer fluids. They're made for liquid-phase temperature control in specialty applications such as:

- Cooling and lubricating electric drivetrain motors
- Cooling power vacuum tubes in RF transmission equipment
- Immersion cooling of electrical circuitry
- Undersea pressure compensation and water displacement
- Ceramics poling

There are five different OptiCool Fluids, each made to attend to the special requirements of different applications. Each OptiCool Fluid has excellent electrical characteristics, oxidation stability and materials compatibility, along with years of maintenance-free performance.



OptiCool-luettelo

Characteristics of OptiCool Fluids

	OptiCool	OptiCool PH5	OptiCool-H	OptiCool-A	OptiCool-872552
Special Characteristics	Good heat transfer, material compatibility	Higher flash point while maintains low viscosity	Excellent biodegradation characteristics	Excellent oxidation resistance and stability; long useful life.	Extremely low pour points; excellent low temperature fluidity
Applications	Electronics cooling, vacuum tubes, VHF and RF transmission equipment	Electronics cooling and industrial process heat and cooling	Underwater hydraulics, ROV control, electrical insulation and heat transfer	Automotive electrical insulation, heat transfer and hydraulics	Aerospace and military applications requiring conformance with MIL Spec 87252
Composition	Isoparaffin	Hydroisomerized Paraffin	Hydroisomerized Paraffin	Synthetic PAO	Synthetic PAO
Useful Temperature Range	-35 – 180 °C	-12 – 200 C	-50 – 200 °C	-52 – 250°C	-61 – 250 °C
Color:	Clear	Clear	Clear	Clear	Clear
Viscosity, cSt,					
100 C	2.64	1.80	1.40	2.00	1.70
40 C	9.84	5.72	3.70	6.40	5.00
Pour Point, °C	-39	-12	-55	-57	-66
Flash Point, °C	185	151	135	147	160
Density, g/cc @ 16 C.	0.831	.855	0.825	0.799	0.798
Thermal Conductivity, W/m*K					
0 °C	0.1395	0.1389	0.1370	0.1381	0.1381
40 °C	0.1372	0.1363	0.1346	0.1358	0.1358
100 °C	0.1338	0.1333	0.1344	0.1323	0.1323
Specific Heat, J/g*K					
0 °C	2.053	2.054	2.055	2.054	2.054
40 °C	2.203	2.203	2.206	2.205	2.205
100 °C	2.428	2.430	2.432	2.430	2.430
Coefficient of Thermal Expansion, volume/°C	0.00065	0.00065	0.0007	0.000647	0.000673

OptiCool-luettelo

Viscosity-Temperature Relationships for OptiCool Fluids Kinematic Viscosity, cSt.

Temperature, C.	OptiCool	OptiCool PH5	OptiCool-H	OptiCool-A	OptiCool-872552
150 C	1.40	1.01	***	1.13	0.99
140 C	1.56	1.12	***	1.24	1.04
130 C	1.75	1.25	1.01	1.38	1.20
120 C	1.99	1.40	1.12	1.55	1.34
110 C	2.27	1.58	1.25	1.75	1.50
100 C	2.64	1.80	1.40	2.00	1.70
90 C	3.11	2.08	1.59	2.31	1.95
80 C	3.72	2.44	1.82	2.72	2.27
70 C	4.56	2.91	2.11	3.25	2.27
60 C	5.72	3.55	2.49	3.97	3.22
50 C	7.37	4.43	3.00	4.97	3.96
40 C	9.84	5.71	3.70	6.40	5.00
30 C	13.7	7.59	4.68	8.53	6.52
20 C	20.0	10.6	6.11	11.9	8.82
10 C	31.1	15.8	8.31	17.0	12.5
0 C	52.2	24.3	11.9	27.2	18.8
-10 C	96.4	41.3	18.1	46.1	30.4
-20 C	200.7	***	29.6	86.7	53.9
-30 C	486.2	***	53.7	185.4	107.5
-40 C	***	***	110.5	468.0	249.3
-50 C	***	***	268.5	1463.0	702.0
-60 C	***	***	***	***	2547.2

Safety and Environmental Fate: OptiCool Fluids are non-toxic, biodegradable, and non-corrosive. They are non-volatile and have virtually no smell. They have very low flammability, with high flash and fire points.

OptiCool Fluids are highly biodegradable - In standard tests, they biodegrade more than 98% in 28 days.

Unlike halogenated heat transfer fluids:

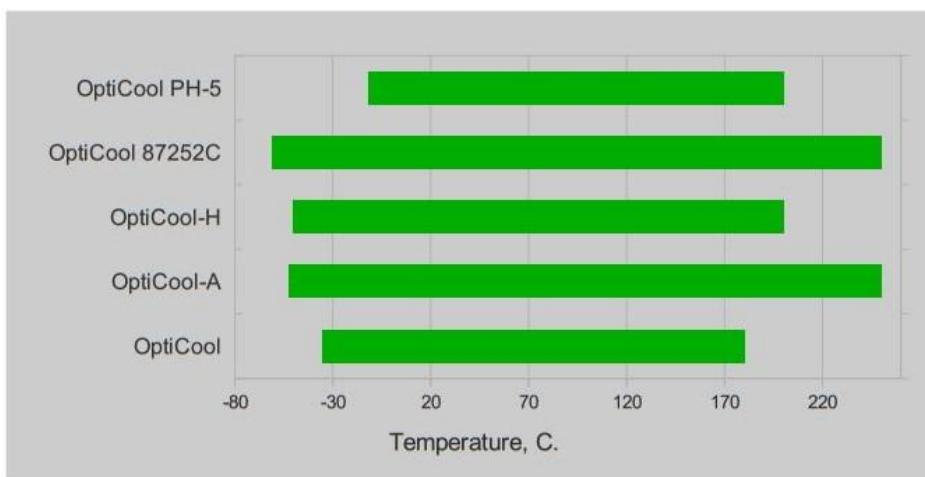
- OptiCool Fluids have Zero Ozone Depletion Potential (ODP).
- OptiCool Fluids have Zero Global Warming Potential.
- OptiCool Fluids have Zero Greenhouse Gas Emission Potential.
- OptiCool Fluids don't cause health or skin problems with workers.
- OptiCool Fluids are biodegradable.
- OptiCool Fluids are non-toxic to marine and animal life.

Although accidental spills of OptiCool Fluids to the environment should be cleaned in accordance with applicable guidelines, OptiCool Fluids biodegrade easily and demonstrate no long term threat to the environment. In case of any spill, DSI

OptiCool-luettelo

recommends the application of proper recovery, recycling and/or disposal procedures.

Applicable Temperature Range for OptiCool Fluids



Material Compatibility

In 12 years of use in challenging and demanding applications, DSI OptiCool Fluids have been proven to be compatible with a wide variety of materials used in electronic circuitry and heat transfer systems. OptiCool Fluids are compatible with circuit board and component materials. OptiCool Fluids are less aggressive to these components than are other oils, solvents, or heat transfer chemicals. OptiCool Fluids are compatible with most gasket materials and with a wide variety of plastic insulations and phenolic, epoxy and formaldehyde resins.

DSI Technical Assistance:

DSI has over 20 years' experience in helping our customers with their special applications for dielectric cooling fluids. We are recognized worldwide as experts in solving challenging problems. We work with industry standards groups to make sure that our R&D efforts stay ahead of changing industry needs.

This experience is part of the service that's available to DSI customers. Call us any time for help with selection and application of heat transfer fluids for your application.

GORE Protective Vents -asennusmanuaali



Protective Vents

Installation and Handling Guidelines

Screw-In Vents Part Series: PMF100318, PMF100319, PMF100320, PMF100321, PMF100391, PMF100392, PMF100519, PMF100520, PMF100444

GORE® Protective Vents are designed to protect in the harshest environments while quickly and effectively equalizing the pressure in sealed enclosures. To maximize the performance of the vent for the lifetime of your product, please follow the handling and installation recommendations provided.

HANDLING GUIDELINES

- Avoid direct contact with GORE™ Membrane.
- Do not remove vent cap.
- Do not over-tighten.
- It is recommended to use the following torque wrench sizes for installation:

Plastic molded parts	16 mm socket or wrench
Metal vent	18 mm wrench
Recommended force	0.6 – 0.8 Nm (0.44 – 0.59 lbf-ft)

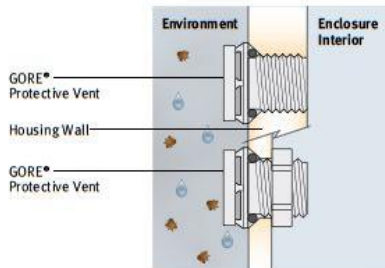
INSTALLATION GUIDELINES

1. Preparation

Make sure mounting surface is clean and free of oils, particles and other contaminants. Isopropyl alcohol can be used to clean the mounting surface if needed. Ensure the surface is dry prior to installation.

2. Positioning

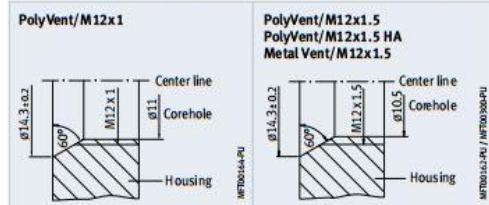
For best performance, vents should be mounted on a flat, vertical surface where liquids or other contaminants will not pool. (See diagram below for mounting recommendation). Gore molded parts are designed for mounting to the exterior housing wall.



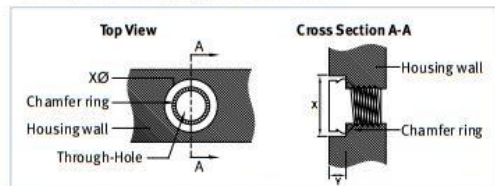
The Gore proprietary membrane is constructed of ePTFE and allows for the free passage of gases and vapors while at the same time preventing liquid and particulates from entering the housing.

Recommended Housing Geometry

All dimensions are in mm



To prevent unintentional damage, the vent may be recessed into the surface of the housing, as shown below:



Other means of protection are possible and may also be used.

Recommended Recess Dimensions by Part

Part Description	PolyVent M12x1	PolyVent M12x1.5 / M12x1.5 HA	Metal Vent / M12x1.5
Part Number	PMF100318 PMF100319	PMF100320 PMF100321 PMF100391 PMF100392 PMF100519 PMF100520	PMF100444
X dimension	22 mm (0.866")	22 mm (0.866")	24 mm (0.945")
Y dimension	9 mm (0.354")	8 mm (0.315")	15 mm (0.590")

3. Installation

To insert into the housing, make sure that the threads have proper engagement and screw into the housing. If using a socket to tighten vent to surface, ensure socket is fully engaged with the vent housing before tightening.

4. Final Inspection

Look over the part to ensure that the vent is properly seated.

GORE Protective Vents -asennusmanuaali



Protective Vents

Installation and
Handling Guidelines

INSTALLATION SUMMARY

Part Description	PolyVent M12x1	PolyVent M12x1.5/ M12x1.5 HA	Metal Vent M12x1.5*
Part Number	PMF100318 PMF100319	PMF100320 PMF100321 PMF100391 PMF100392 PMF100519 PMF100520	PMF100444
Through Hole (Bulkhead Mounting) Installation			
Through Hole (± 0.2 mm)	NA	12.2 mm (Ø.472")	12.2 mm (Ø.472")
Counter Nut	NA	M10510-009	M10510-008
Part Number	NA	M10510-009	M10510-008
Chamfer Specifications for O-Ring Seal			
Angle	60 degrees		
OD for Wall Thickness > 3 mm	14.3 mm (0.562")		
OD for Wall Thickness < 3 mm	13.8 mm (0.543")		
Torque Specification	0.6 – 0.8 Nm (0.44 – 0.59 lbf-ft)		
Other Useful Information			
Thread Angle	60 degrees		
Major OD	12.0 mm (0.472")		

* Note: If using the Metal Vent PMF100444 at temperatures below -20°C, mechanical protection for the vent is recommended (e.g. protective ring).

STORAGE RECOMMENDATIONS

Store in the original packaging in a clean and dry environment.

CONTACT US

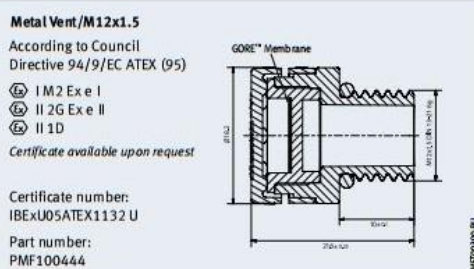
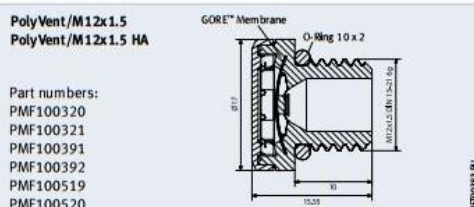
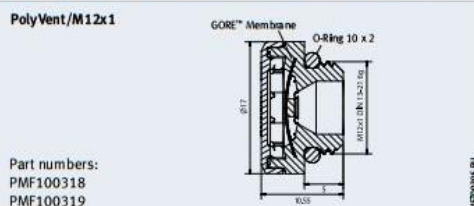
For additional assistance, please contact a Gore representative.

Australia	61.2.9473.6800	Mexico	52.81.8288.1281
Benelux	49.89.4612.2211	Scandinavia	46.31.706.7800
China	86.21.5172.8299	Singapore	65.6733.2882
France	33.1.5695.6565	South America	55.11.5502.7800
Germany	49.89.4612.2211	Spain	34.93.480.6900
India	91.22.6768.7000	Taiwan	886.2.2173.7799
Italy	39.045.6209.240	United Kingdom	44.1506.460123
Japan	81.3.6746.2572	USA	1.410.392.4440
Korea	82.2.393.3411		

W. L. GORE & ASSOCIATES, INC.
401 Airport Road • Elkton, MD 21921 • USA
Phone: 410.392.4440 (USA) • Toll free: 800.455.4684
Fax: 410.506.8749 • Email: protectivevents@wlgore.com
gore.com/protectivevents

CROSS SECTION

All dimensions are in mm unless otherwise specified



Tolerances: DIN 16901/130 unless otherwise specified

FOR INDUSTRIAL USE ONLY. Not for use in food, drug, cosmetic or medical device manufacturing, processing, or packaging operations.

All technical information and advice given here is based on Gore's previous experiences and/or test results. Gore gives this information to the best of its knowledge, but assumes no legal responsibility. Customers are asked to check the suitability and usability in the specific application, since the performance of the product can only be judged when all necessary operating data are available. The above information is subject to change and is not to be used for specification purposes.

Gore's terms and conditions of sale apply to the sale of the products by Gore.

GORE and designs are trademarks of W. L. Gore & Associates.
© 2012 W. L. Gore & Associates, Inc.

