

Janne Korhonen

**MOOTTORINTESTAUSPENKIN SUUNNITTELU JA RAKENNUS**

# **MOOTTORINTESTAUSPENKIN SUUNNITTELU JA RAKENNUS**

Janne Korhonen  
Opinnäytetyö  
Kevät 2020  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

---

Tekijä: Janne Korhonen

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Moottorintestauspenkin suunnittelu ja rakennus

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Designing and Building of Test Bed for Car Engine

Työn ohjaaja: Kari Asumaniemi

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2020

Sivumäärä: 45 + 0 liitettä

---

Opinnäytetyössä suunniteltiin ja valmistettiin Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratoriolle uusi moottorintestauspenkki. Työn aikana rakennettiin Hyundain suorasuihkutteisesta ahdetusta bensiinimoottorista opetuskäyttöön uusi moottorintestauspenkki. Työssä keskityttiin moottorikehikon rakentamiseen ja moottorin ympärille tarvittavien komponenttien asennuksien tekemiseen. Moottorintestauspenkin rakennuksessa huomioitiin myös käyttöturvallisuus, jotta moottorintestauspenkkiä olisi turvallista käyttää.

Työn tilaajan kanssa sovittiin opinnäytetyön rajauksista, sillä työstä olisi tullut muuten hyvin laaja yhden henkilön toteutettavaksi. Johtosarjan muutostyöt ja moottorinohjaukseen liittyvät asennukset jäivät vielä tehtäväksi tulevaisuudessa esimerkiksi uuden opinnäytetyön aiheena.

Työn tilaajan kanssa suunnitellut asiat saatiin toteutettua toivotulla tavalla. Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi kompaktinkokoinen moottorintestauspenkki, josta tuli huomattavasti pienempi kuin vanhasta moottorintestauspenkistä, mikä oli tavoitteenakin. Uuteen moottorintestauspenkkiin rakennettiin erilliset mittauspisteet, jotta vanhassa moottorintestauspenkissä ilmenneet sähköiset toimintahäiriöt eivät toistuisi uudessa moottorintestauspenkissä. Toistuvat sähköiset mittaukset johtojen juurista ovat vahingoittaneet johtoja vanhassa testauspenkissä, koska siinä ei ole ollut käytännöllisiä mittauspisteitä.

Uuteen testauspenkkiin suunniteltiin myös valmiudet MoTeCin säädettävälle moottorinohjainlaitteelle M142, jollaista ei ollut vanhassa testauspenkissä ollenkaan. Vaikka testauspenkkiä ei vielä päässyt testaamaan käytännössä, sen toiminnalliset ratkaisut vaikuttivat käytännöllisiltä.

Moottorintestauspenkki jää Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorion käyttöön, ja valmista moottorintestauspenkkiä tullaan käyttämään opetustilanteissa. Opiskelijat voivat tutkia moottorin toimintaa, määrittää moottorin mekaanisia ja sähköisiä ominaisuuksia sekä tutustua säädettävään moottorinohjaukseen testauspenkin avulla.

---

Asiasanat: moottorintestauspenkki, MoTeC, M142, C125, LTCD, moottori, suorasuihkutus

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Mechanical engineering, Automotive Engineering

---

Author: Janne Korhonen

Title of thesis: Designing and Building of Test Bed for Car Engine

Supervisor: Kari Asumaniemi

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2020

Pages: 45 + 0 appendices

---

The purpose of the thesis was to design and build a new test bed for car engine for Oulu University of Applied Sciences. The new test bed was built from Hyundai's direct injection gasoline engine.

The thesis was curtailed because otherwise the work would have been too extensive. It was focused on building an engine frame and necessary components and their attachments around the engine. Different measurement points were built around the engine which will make taking measurements easier in the future. Operational safety was taken into account when building the test bed.

The result of the thesis was the compact-size test bed. The test bed could not be tested in practice, but its performance seemed good. The planned goals were achieved as desired.

The new test bed will remain for the use of Oulu University of Applied Sciences and will be used in a different kinds of teaching situations. Students will be able to study engine operation, adjustable engine control and determine mechanical and electrical properties using the new test bed.

---

Keywords: Test Bed for Car Engine, MoTeC, M142, C125, LTCD, engine, direct injection

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 SUUNNITELMAN TEKO	7
3 MOOTTORIN KOMPONENTTEJA	11
3.1 Akku	11
3.2 Pakoputki	11
3.3 Ahtoputki	12
3.4 Polttoainesäiliö	12
3.5 Jäähdytinjärjestelmä	12
4 MOOTTORINTESTAUSPENKIN KEHIKON RAKENNUS	15
4.1 Akkutelineen rakennus	16
4.2 Polttoainesäiliö ja -telineen rakennus	16
4.3 Jäähdytysjärjestelmä	17
4.4 Toimi- ja hallintalaitteiden kiinnitys	20
4.5 Kehikon maalaus	22
5 PAKO- JA AHTOPUTKEN RAKENNUS	25
5.1 Pakoputken rakennus	25
5.2 Ahtoputken rakennus	26
6 MOOTTORINOHJAUS JA JOHTOSARJA	28
6.1 MoTeC M142 -ohjainlaite	28
6.2 Tiedonkeruulaitteisto	29
6.3 LTCD	29
6.4 Johtosarja	30
7 MITTAUSPISTEET	33
8 KÄYTTÖTURVALLISUUS	40
9 YHTEENVETO	42
LÄHTEET	45

# 1 JOHDANTO

Olen ollut kiinnostunut pienestä pitäen ajoneuvoista ja niiden tekniikasta. Erityisesti moottoreiden toiminta, rakenne ja virittäminen ovat kiinnostaneet aina. Kiinnostus ajoneuvoihin lähti nuorena mönkijöistä, ja sitä kautta päädyin opiskelemaan auto- ja pienkoneasentajaksi. Oltuani pari vuotta työelämässä päätin jatko-opiskella ajoneuvotekniikkaa. Päädyin opiskelemaan Oulun ammattikorkeakouluun konetekniikan insinööriksi, ja suuntautumisvaihtoehdoksi valitsin auto- ja kuljetustekniikan.

Keväällä 2019 opettaja mainitsi kurssilla, että autolaboratorio tarvitsisi uuden moottorintestauspenkin vanhan tilalle. Autolaboratorion vanha moottorintestauspenkin moottori on vanhaa teknologiaa, ja moottorissa on ollut toistuvia toimintahäiriöitä.

Uuden moottorintestauspenkin rakentaminen jäi pyörimään mieleeni, ja syksyllä 2019 sovittiin uuden testauspenkin suunnittelusta ja rakentamisesta. Työ kiehtoo minua sen takia, koska siinä pääsee itse suunnittelemaan ja rakentamaan. Sovimme työn rajauksesta tilaajan kanssa jo suunnitteluvaiheessa, sillä työstä olisi tullut muuten hyvin laaja yhden henkilön toteutettavaksi. Tämän opinnäytetyön aiheena on moottorikehikon muokkaaminen tulevaa käyttötarkoitusta varten sekä moottorin pako- ja ahtoputken rakentaminen.

Työhön valittiin Hyundain 1,6 litran pakokaasu ahdettu suorasuihkutteinen bensiinimoottori, joka löytyi valmiiksi autolaboratorion varastosta. Moottoria oli aiemmin käytetty moottorijarrumittauksissa, minkä jälkeen moottori on muutaman vuoden ollut käyttämättä koulun varastossa. Moottori soveltui hyvin uuden moottorintestauspenkin rakentamiseen, koska moottorin tekniikka oli nykyaikainen ja moottori oli valmiiksi metallikehikossa kiinni, minkä ansiosta kehikkoa oli helppo muokata tulevaa käyttöä varten.

Työn tilaajana on Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorio. Arto Lehtonen on toiminut työn ohjaajana, ja laboratorioinsinööri Aimo Karjalainen on avustanut osahankinnoissa ja teknisessä tuessa.

## 2 SUUNNITELMAN TEKO

Opinnäytetyö alkoi tutkimalla vanhaa moottorintestauspenkkiä (kuva 1). Vanhan testauspenkin suurin ongelma on ollut sähköongelmat. Moottorissa on ollut paljon toimimattomuusongelmia, mikä on haitannut moottorin käyttöä opetustilanteissa. Vanhan testauspenkin moottori on 2000-luvun alkupuolella valmistetusta Skoda-merkkisestä henkilöautosta.



*KUVA 1. Vanha moottorintestauspenkki*

Moottori on ollut opetuskäytössä pitkään, ja moottorin kuntoa tutkittaessa huomio kiinnittyi ensimmäiseksi rikkiinäisiin sähköjohtoihin. Lähes kaikki moottorin johtosarjan johdot olivat vahingoittuneet vuosien aikana tehdyistä sähkömittauksista. (Kuva 2.)



*KUVA 2. Vanhan moottorintestauspenkin sähköliitin, josta ilmenee hyvin, kuinka johdot ovat vaurioituneet*

Moottorintestauspenkin rakennus voidaan jakaa eri osa-alueisiin. Moottorin kehikko on tärkein kokonaisuus moottorintestauspenkissä. Moottorin kehikkoon kiinnitetään moottori ja moottorin toiminnan kannalta tärkeät toimi- ja hallintalaitteet. Moottoriin rakennetaan pako- ja ahtoputki sekä moottorille tehdään perushuollot ja tarkastukset.

Uuden moottorintestauspenkin rakennusta suunniteltaessa keskusteltiin työn tilaajan Arto Lehtosen kanssa, mitä asioita tulisi huomioida uuden testauspenkin rakentamisessa. Yksi tärkeimmistä tavoitteista oli taata moottorin toimivuus. Vanhassa testauspenkissä ilmenneet johto-ongelmat piti saada minimoitua, jotta välttyttäisiin tulevaisuudessa mahdollisilta toimintahäiriöiltä.

Vanhan moottorintestauspenkin runkoon on rakennettu seinämä, johon oli kiinnitetty mittaristo, moottorinohjainlaite, virtalukko, sulakerasia ja diagnostiikkaliitäntä. Työn tilaajan toiveena oli, ettei vanhassa moottorintestauspenkissä ollut seinämä ratkaisua rakenneta uuden moottorintestauspenkin kehikkoon. Tarkoituksena oli päästä tekemään esteettömästi tutkimaan ja mittaamaan moottoria joka puolella moottoria.

Moottorintestauspenkin turvallinen käyttö tuli myös ottaa huomioon ja minimoida tapaturmien riskit. Uudessa testauspenkissä piti pystyä mittaamaan helposti moottorin toiminnan kannalta tärkeimpiä toimilaitteita ja antureita. Koska antureiden toimintaperiaatteet ovat erilaisia, mitattavien antureiden oli hyvä olla myös erilaisia keskenään, jotta moottorin käyttö opetustilanteissa on mahdollisimman monipuolista. Moottorista haluttiin mitata ainakin lambda-anturia, puolaa, nokka-akselin asentoanturia, kaasuläppää, lämpötilatunnistinta ja yhtä suutinta.

Sähkötöiden suunnittelu on viimeinen vaihe uuden moottorintestauspenkin rakentamisessa. Alkuperäisestä johtosarjasta voidaan muokata toimiva johtosarja tai valmistaa kokonaan uusi sopiva johtosarja. Moottorin käyttöiän kannalta mittauspisteiden rakennus on tärkeä vaihe työssä, ja niiden suunnittelu sekä valmistaminen tulee tehdä huolella.

Moottorinohjainlaitteeksi tulee MoTeCin M142, tiedonkeruulaitteistoksi MoTeCin C125 -näyttö ja lambdaohjaimeksi MoTeCin LTCD, jotta moottoriin saadaan kaksi lambda-anturia. LTCD tukee kahta lambda-anturin ohjausta samaan aikaan. Vaikka moottorintestauspenkkiä ei rakenneta toimintakuntoon, kehikkoa rakennettaessa on otettava huomioon moottorinohjainlaitteen, tiedonkeruulaitteiston ja lambdaohjaimen komponenttien asennukset ja kiinnitykset, jotta moottorintestauspenkki voidaan rakentaa tulevaisuudessa loppuun asti.

Uuden moottorintestauspenkin moottoriksi valittiin Hyundaiin 1,6-litrainen nelisylinterinen suorasuihkutteinen ahdettu bensiinimoottori vanhan Skodan moottorin tilalle. Hyundaiin moottorikoodi on G4FJ, ja tätä moottorityyppiä on käytetty 2010 – 2020 välisenä aikana valmistetuissa Hyundai- ja Kia-merkkisten henkilöautojen moottorina.

Hyundaiin moottoriin oli valmiiksi rakennettu kehikko (kuva 3), mutta tätä kehikkoa muokataan tulevaan käyttöön sopivaksi. Kehikon muokkaaminen on isoin osa opinnäytetyötä. Kehikkoon tulee saada mahtumaan kaikki moottorin toiminnan kannalta oleellimmat toiminta- ja hallintalaitteet sekä rakentaa niille asianmukaiset kiinnitykset. Kehikkoon rakennetaan jäähdyttimen kiinnitykset, jäähdyttimelle suojaritilä, polttoainetankille teline, akulle teline sekä sähkö- ja toimilaittekomponenteille kiinnitykset. Pako- ja ahtoputki valmistetaan kokonaan itse Hyundaiin moottoriin. Työn tilaajan luvalla työssä saadaan käyttää hyväksi osia vanhasta moottorintestauspenkistä.



*KUVA 3. Hyundaiin moottori ja sen kehikko ennen uuden testauspenkin rakentamisen aloittamista*

## 3 MOOTTORIN KOMPONENTTEJA

### 3.1 Akku

Akun tehtävänä on varastoida sähköenergiaa myöhempää käyttöä varten. Akun sisällä kaksi erilaista materiaalia upotetaan elektrolyyttiin, minkä jälkeen akussa tapahtuu kemiallinen reaktio, ja sen jälkeen syntyy jännite (V). Normaali akku on yleensä niin sanottu lyijy-happoakku, jossa jännite on 12 V. Akku alkaa luovuttamaan energiaa, kun akkuun liitetään plus- ja miinusnavan välille sähköllä toimiva laite. Normaalisissa käyttötilanteissa auton laturi lataa akkua auton ollessa käynnissä, mikä estää akun virran loppumisen. Latausjännite ajoneuvon ollessa käynnissä on noin 13,7 V. Autojen laturien tehot vaihtelevat 50 - 150 A:n välillä. (1.)

Kun akkua ollaan valitsemassa, voidaan yksinkertaisimmillaan laskea käytettyjen laitteiden virrankulutus yhteen (A) ja kerrotaan se käyttöajalla (h), jolloin tulokseksi saadaan tulokseksi tarvittava akkukapasiteetti ampeeritunneissa (Ah). Varmuuden vuoksi on hyvä valita akku, jonka kapasiteetti on vähintään 20 % laskettua suurempi. Akkujen valmistaja antaa akuille ampeerituntimäärän (Ah), kylmäkäynnistysvirran (CCA) ja varakapasiteetin (RC). (1.)

### 3.2 Pakoputki

Pakoputkiston tehtävänä on poistaa moottorissa palamisreaktiossa syntyvät kuumat pakokaasut pois moottorista. Pakoputken ja siihen liitettävien komponenttien tarkoituksena on vähentää moottorin päästöjä ja melua. Pakoputki koostuu pakokaasuahdetussa moottorista, pakosarjasta, kaasuturbiinista, katalysaattorista, äänenvaimentimesta ja niitä yhdistävistä putkista. (2.)

Pakosarjan tehtävänä on kerätä jokaisesta sylinteristä muodostuvat pakokaasut yhteen. Kaasuturbiini pyörii pakokaasuvirtauksen mukaan ja kehittää ahtopainetta, jolla voidaan parantaa moottorin suorituskykyä. (2.)

Katalysaattori vähentää moottorin aiheuttamia pakokaasupäästöjä. Katalysaattorin sisällä on kennosto, joka sisältää eri jalometalleja. Jalometallien ansiosta tapahtuu kemiallinen reaktio katalysaattorissa. Kemiallisen reaktion seurauksena osa palamisreaktiossa syntyvistä haitallisista epäpuhtauksista vähenee. (2.)

Äänenvaimennin sijaitsee yleensä viimeisenä pakoputkistossa, mutta pakoputkistossa voi olla useampikin äänenvaimennin. Äänenvaimennin voi esimerkiksi sijaita pakoputkiston keskivaiheilla ja loppuosassa. Äänenvaimentimen päätarkoitus on vähentää moottorista tulevaa ääntä ja johtaa haitalliset pakokaasut turvalliseen paikkaan. (2.)

### **3.3 Ahtoputki**

Ahtimen tuottama paineellinen ilma siirretään ahtoputken kautta moottorin imusarjaan, minkä avulla moottorin suorituskykyä voidaan nostaa. Ahtoputkeen voidaan myös asentaa välijäähdytin, joka viilentää ahtoilmaa moottoritehon parantamiseksi. Ahtoputken tulee olla tiivis, jotta ahtimen tuottama paine pysyy ahtoputkessa. Ahtoputken tulee kestää turbon tuottama paine, joka tyypillisesti normaaleissa henkilöautoissa on noin 0,5 - 2,0 bar. Ahtoputken paine vaihtelee moottorin ja moottorin viritystasteen mukaan. (3.) Koska tämän työn moottoriin ei kohdistu suuria kuormituksia käytön aikana, turbon tuottama paine on hyvin matala.

### **3.4 Polttoainesäiliö**

Polttoainesäiliö varastoi nestemäistä polttoainetta tankkausten välillä. Polttoainesäiliön tulee kestää polttoaineita, koska useat polttoaineet ovat liuottimia. Polttoainesäiliöt ovat nykyään muovisia, mutta vain osa muovilaadusta soveltuu polttoaineelle. Metallisten säiliöiden käyttö on vähentynyt muovisten polttoainesäiliöiden yleistyttyä. Kun metalliseen polttoainesäiliöön kerääntyy kosteutta ilmasta, metalli alkaa ruostua ja vaarana on säiliön ruostuminen puhki. Toisaalta metallinen säiliö kestää iskuja paljon paremmin, koska osuman saadessaan metalli muuttuu vain muotoaan, kun taas muovinen säiliö saattaa murtautua tai haljeta iskun voimasta. (4.)

### **3.5 Jäähdytinjärjestelmä**

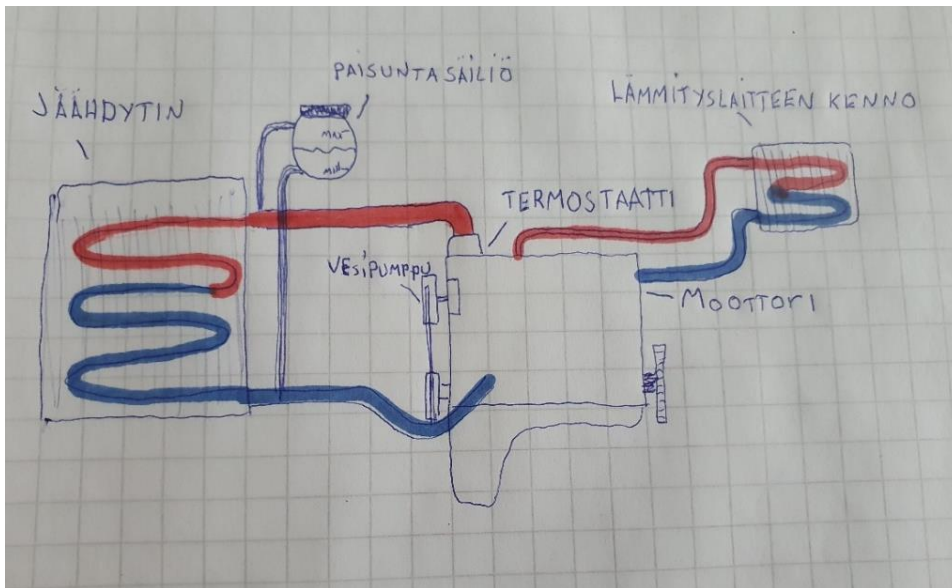
Suljetun jäähdytysjärjestelmän komponentit ovat jäähdytin, tuuletin, paisuntasäiliö ja vesipumppu. Jäähdytysjärjestelmän päätehtävänä on poistaa ylimääräinen lämpö moottorista ja pitää moottorin lämpötila lähellä tavoitelämpötilaa, joka on noin 80 - 90 °C. Polttoaineesta saatua energiaa ei voida hyödyntää 100 %, koska noin 30 % polttoaineen energiasta muuttuu lämpöenergiaksi. (5.)

Moottorissa ja lämmityslaitteenkennossa oleva jäähdytinneste alkaa lämmitä, kun moottori käynnistetään. Kun moottori saavuttaa optimaalisen lämpötilan, jäähdytysjärjestelmässä oleva termostaatti aukeaa ja kuumaa jäähdytinnestettä alkaa virrata ylavesiletkun kautta jäähdyttimen yläreunaan. Jäähdyttimessä oleva jäähdytinneste viilenee ajoviiman avulla, ja tarvittaessa flekti kytkeytyy päälle. Flekti on sähkö- tai visko-toiminen puhallin, jonka tehtävä on tarvittaessa jäähdyttää jäähdytintä esimerkiksi silloin, kun ajoneuvo käy tyhjäkäyntiä. Jäähdytyskennon jälkeen viileä jäähdytinneste palaa alavesiletkun kautta takaisin moottoriin. (5.)

Vesipumpun tehtävänä on pumpata jäähdytinnestettä, jotta jäähdytinnestettä saadaan kierrätettyä jäähdytysjärjestelmässä. Vesipumppu on lähes kaikissa nestejäähdytteisissä moottoreissa mekaaninen, ja se toimii moottorin jako- tai apulaitehihnalla. Joissakin laitteissa vesipumppu on sähkötoiminen. (5.)

Paisuntasäiliön tehtävänä on poistaa ilmakuplat järjestelmästä. Paineellisessa paisuntasäiliössä on kaksi letkulähtöä. Paisuntasäiliön yläreunasta lähtevä letku on kiinnitetty ylavesiletkuun tai jäähdyttimen yläreunaan. Paisuntasäiliön alareunasta lähtevä letkulähtö menee alavesiletkuun, jonka kautta jäähdytinneste menee takaisin jäähdytinnestekierto. (5.)

Jäähdytysjärjestelmän nestekiertoa on havainnollistettu kuvassa 4. Kuvassa punainen väri havainnollistaa lämmintä jäähdytinnestettä, joka kiertää pois päin moottorista. Sininen väri kuvassa havainnollistaa viilennettyä jäähdytinnestettä, joka palaa takaisin moottoriin.



KUVA 4. Havainnekuva moottorin jäähdytysnesteen kierrosta

## 4 MOOTTORINTESTAUSPENKIN KEHIKON RAKENNUS

Uuden moottorintestauspenkin rakentaminen alkoi valokuvaamalla lähtötilanne kattavasti ja merkkäämällä johtosarjan liittimet. Liittimien merkkäus ja dokumentointi valokuvamalla helpotti moottorin kokoamista. Seuraava toimenpide oli nostaa Hyundain moottori pois paikaltaan. Hyundain moottorin ympärille oli valmiiksi rakennettu kehikko (kuva 5). Kehikko toimi hyvänä lähtökohtana työhön, ja sen pohjalta oli hyvä alkaa rakentaa moottorintestauspenkkiä. Kehikkoon rakennettiin jäähdyttimen kiinnikkeet, polttoainetankin teline, akkuteline sekä moottorin muiden toiminta- ja hallintalaitteiden paikat ja kiinnikkeet.



*KUVA 5. Uuden moottorintestauspenkin kehikon lähtötilanne*

#### **4.1 Akkutelineen rakennus**

Akulle ja polttoainesäiliölle rakennettiin telineet kehikon alareunaan. Telineiden paikkaa mietittäessä huomioitiin muut runkorakenteeseen kiinnitettävät komponentit.

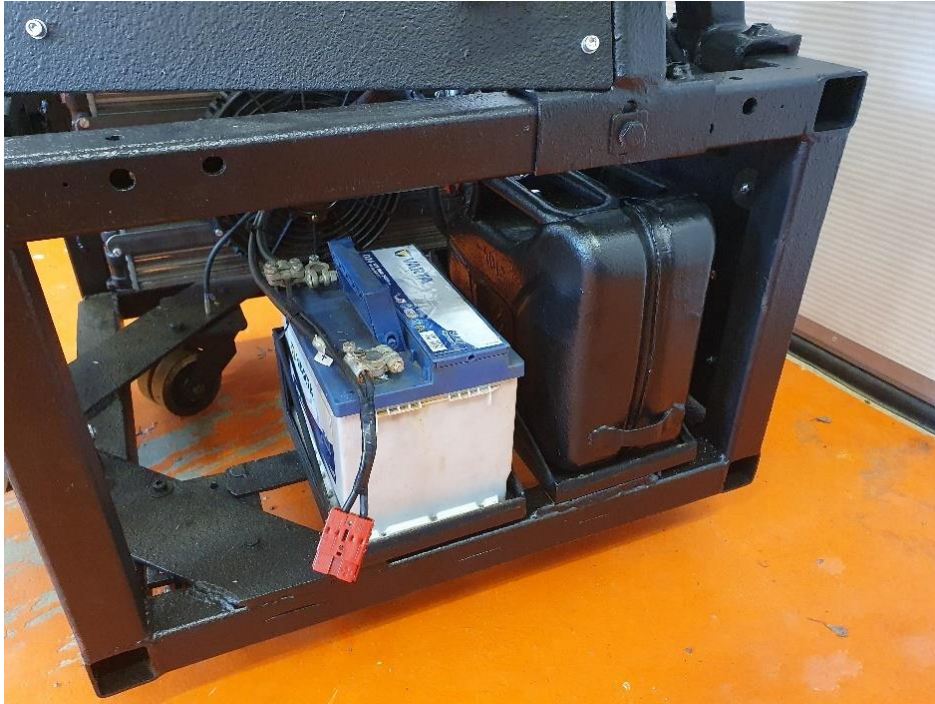
Akuksi valittiin normaali 12 V 60 Ah henkilöauton akku. Akku on kokonsa puolesta pieni, mutta tehonsa puolesta riittävän suuri. Akkutelineen mitat ovat pituussuunnassa 242 mm, leveyssuunnassa 172 mm ja korkeussuunnassa 120 mm. Telinepohja rakennettiin 25 mm kertaa 25 mm kulmaraudasta ja muut osat 20 mm leveästä lattaraudasta. Teline rakennettiin siten, että akkuun olisi helppo päästä käsiksi ja tarvittaessa nostaa se pois paikaltaan. Akkua ei kiinnitetä moottorintestauspenkin käytön aikana mitenkään telineeseen. Tähän ratkaisuun päädyttiin, koska testauspenkkiä ei kuljeteta tulevaisuudessa minnekään, eikä siihen kohdistu käytön aikana sellaisia voimia, joiden vuoksi akku pääsisi liikkumaan pois paikaltaan.

#### **4.2 Polttoainesäiliö ja -telineen rakennus**

Polttoainesäiliö otettiin vanhasta moottorintestauspenkistä, koska vanhan moottorintestauspenkin polttoainesäiliön käyttö oli paloturvallinen ja helposti sovellettavissa oleva ratkaisu uuteen moottorintestauspenkkiin. Polttoainesäiliö on helppo tankata ja nostaa pois telineestä pienen kokonsa ansiosta. Säiliö oli alun perin 10 litran Jerry-kannu, ja sen kaatosuppilosta oli muokattu valmiiksi polttoaineletkuille lähtö- ja paluulinjat. Säiliön irrottaminen käy helposti, koska Jerry-kannun kaatosuppilo pystytään irrottamaan pikakiinnityksellä.

Jerry-kannun käyttö polttoainesäiliönä on paloturvallinen ratkaisu, koska säiliö on tehty alun perinkin bensiinin säilytystä varten. Polttoainesäiliön sijoituksessa huomioitiin pakoputken sijainti, jotta polttoainesäiliö ei olisi kuumen pakoputken lähellä.

Polttoainesäiliön teline rakennettiin samalla periaatteella, kuin akkuteline. Polttoainesäiliön teline valmistettiin 25 mm kertaa 25 mm kulmaraudasta ja muut metalliosat 20 mm lattaraudasta. Telineen ääriimitat ovat pituussuunnassa 350 mm, leveyssuunnassa 165 mm ja korkeussuunnassa 250 mm. Kummatkin telineet kiinnitettiin 6 mm pulteilla moottorikehikon alaosaan. (Kuva 6.)



*KUVA 6. Uuden moottorintestauspenkin akku ja akkuteline sekä polttoainetankki ja polttoainetankin teline*

Jerry-kannun takaosaan hitsattiin vetokahva, jotta säiliö on jatkossa helpompi saada nostettua pois telineestä. Metallista polttoainesäiliötä hitsatessa on hyvin tärkeä huomioida hitsauksen turvallisuus. Polttoainesäiliössä olevat huurut saattavat syttyä hitsauksen aikana tuleen. Polttoainesäiliö tulee täyttää ennen hitsausta kokonaan vedellä, koska vesi syrjäyttää polttoainehuurut tankista. Tärkeää on myös muistaa, että polttoainesäiliön korkkia ei saa sulkea hitsauksen aikana, jotta säiliössä olevat polttoainejäämät eivät leimahda räjähdysmäisesti aiheuttaen polttoainesäiliön räjähtämisen.

### **4.3 Jäähdytysjärjestelmä**

Jäähdytinsuunnittelun kannalta oli hankalaa, että jäähdytin tuli sijoittaa moottorikehikon sisäpuolelle ja itse moottoria paljon alemmaksi. Myös jäähdyttimen valinta osoittautui yllättävän vaikeaksi, koska jäähdyttimen suurin mahdollinen koko sai olla enintään leveysuunnassa 600 mm ja korkeussuunnassa 345 mm. Etsittäessä oikeanlaista jäähdytintä internetistä haasteellisinta oli, että myytävien jäähdyttimien äärimittoja ei kerrottu ja jos mittoja löytyi, ne olivat jäähdytyskenno-osan mittoja, joista ei selvinnyt koko jäähdyttimen pituutta tai leveyttä.

Lopulta jäädyttimeksi valikoitui Volkswagen Vento -merkkisen henkilöauton jäädytin, koska sen koko oli sopiva kyseiseen työhön sekä jäädyttimen letkulähdöt olivat sopivan kokoiset. (Kuva 7.) Jäädyttimen sai lisäksi hankittua paikallisesta Motonet-myymästä.



*KUVA 7. Moottorikehikon sisäpuolelle asennettu jäädytin ja jäädytyspuhallin eli flekti*

Jäädytin on hieman alimitoitettu Hyundaiin moottoriin, mutta tästä ei tule koitumaan ongelmaa käytön aikana, koska tehokas jäädytyspuhallin eli flekti hoitaa jäähdytystä. Moottoria käytetään lisäksi vain lyhyitä aikoja kerrallaan, eikä siihen kohdistu suuria kuormituksia, koska moottorissa ei ole kiinni vaihdelaatikkkoa eikä muutakaan, mikä vastustaisi moottorin tekemää työtä.

Hyundaiin moottorin jäädytysjärjestelmässä ei ole alun perin erillistä paisuntasäiliötä. Paisuntasäiliö lisättiin järjestelmään, jotta moottorin jäädytysnestekierto voidaan varmistaa. Paisuntasäiliön lisääminen järjestelmään estää sen, että moottorin jäädytysjärjestelmään ei jää ilmaa. Paisuntasäiliö on Volkswagen Vento -merkkisestä henkilöautosta, mutta kyseistä paisuntasäiliötä löytyy monesta VAG-konsernin autosta. Paisuntasäiliön hankimme paikallisesta Motonet-myymästä.

Paisuntasäiliölle rakennettiin teline moottorinkehikkoon (kuva 9). Mietittäessä paisuntasäiliön paikkaa otettiin huomioon moottorin ja paisuntasäiliön letkulähdöt. Koska paisuntasäiliön tulee olla moottorin nestepintaa ylempänä, teline rakennettiin siten, että paisuntasäiliö tuli moottorin nestepintaa ylemmäksi. Paisuntasäiliö kiinnitettiin kahdella ruuvilla telineeseen, ja itse teline kiinnitettiin runkorakenteeseen pulteilla.



*KUVA 8. Uuden moottorintestauspenkin paisuntanestesäiliö ja sen kiinnitysteline*

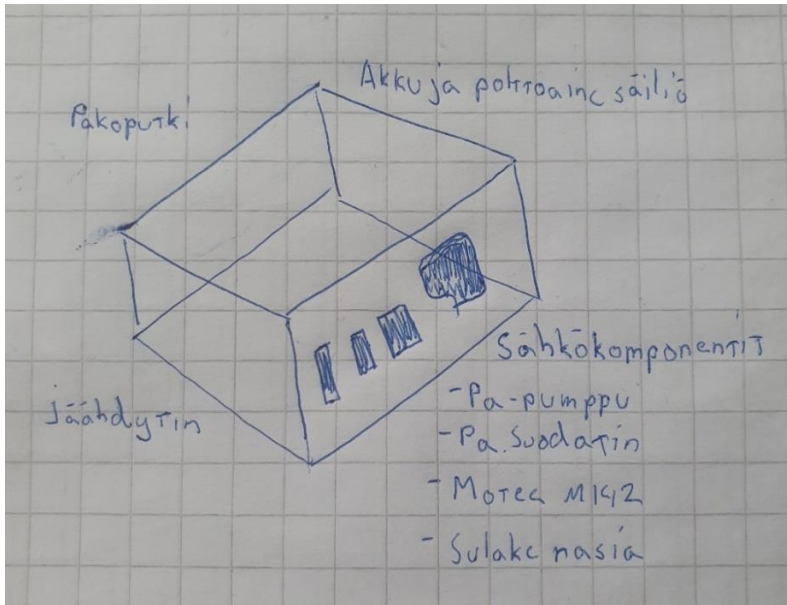
Jäähdyttimelle rakennettiin yksinkertainen suojaritilä, joka estää mahdolliset iskut ja kolhut jäähdyttimeen. Jäähdyttimen suojaritilä hitsattiin kahdesta kulmaraudasta, jotka hitsattiin lattarautaan kiinni. Suojaritilä kiinnitettiin pulteilla kehikkoon (kuva 8).



*KUVA 9. Jäähdytyn ja jäähdyttimen suojaritilä edestäpäin kuvattuna*

#### 4.4 Toimi- ja hallintalaitteiden kiinnitys

Alkuvaiheessa kokonaisuutta mietittäessä suunniteltiin ennakkoon, mihin toimi- ja hallintalaitteet kiinnitetään. Sijoituksessa huomioitiin pakoputken, jäähdyttimen, akun ja polttoainesäiliön sijainti. Moottorinkehikossa oli vain yhdellä sivulla tilaa, johon polttoainepumppu, polttoainesuodatin, sulakerasia sekä MoTeCin ohjainlaitteen kiinnityspaikat pystyttiin tekemään (kuva 10).



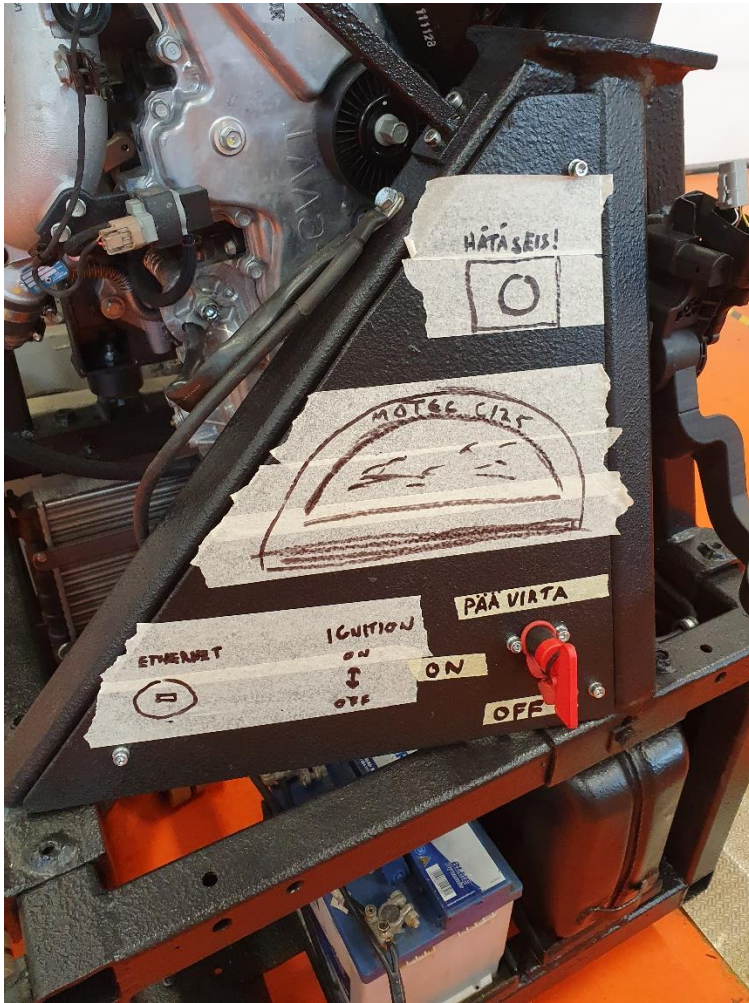
KUVA 10. Suunnitelmakuva moottorin toimintalaitteiden sijoituksesta

Moottorinkehikon sivulla olevaan aukkoon leikattiin suorakulmainen kappale polykarbonaattilevystä, johon saadaan hyvin kiinnitettyä MoTeCin M142-ohjainlaite tulevaisuudessa. Levyn tehtiin sopivan kokoinen ja -muotoinen reikä, jotta moottorin sulakerasia saadaan asennettua siihen tukevasti kiinni. Ohjainlaitteen paikka sijoitettiin näkyville ja helposti irrotettavalle paikalle, koska samaa ohjainlaitetta käytetään myös Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorion ST-Audissa. Levyyhin kiinnitettiin polttoainepumppu ja polttoainesuodatin (kuva 11).



*KUVA 11. Moottorikehikon sivulle asennetut toimilaitteet vasemmalta oikealle lueteltuna: polttoainepumppu, polttoainesuodatin, MoTeC M142 -moottoriohjain paikallaan havainnollistamiseksi ja valmis kiinnityspaikka sulakerasialle*

Mittari, Ethernet-liitin, vipukatkaisijat, starttinappi ja hätäseis-kytkimen paikat tullaan sijoittamaan mahdollisimman ylös sellaiseen paikkaan, josta niihin on helppo päästä käsiin. Päävirtakatkaisija kytkettiin valmiiksi. Moottorin ympärillä on tarkoitus pystyä työskentelemään esteettömästi, eikä erillisiä kiinnityslevyjä pystytty sen takia rakentamaan. Päädyttiin ratkaisuun, jossa moottorinkehikon päädystä olevaan kehikkorakenteeseen tehtiin kolmionmuotoinen levy hallintalaitteita varten. Polykarbonaattilevystä leikattiin sopiva palanen, joka kiinnitettiin pulteilla kehikkoon. (Kuva 12.)



*KUVA 12. Moottorin hallintalaitteiden kiinnityslevy, johon on kiinnitetty päävirtakatkaisija ja suunniteltu alustavat asennuspaikat hätäseis-painikkeelle, mittaristolle, Ethernet-kaapeli liittimelle, starttinapille ja sytytysvirtakatkaisijalle*

Kaasupoljin haluttiin sijoittaa mahdollisimman loogiseen paikkaan, josta pystyy seuraamaan esimerkiksi tiedonkeruulaitteiston tietoja samalla, kun moottoria kaasuttaa. Kaasupolkimelle valmistettiin metallilevystä kiinnityslevy, joka hitsattiin kehikon runkoon hallintalaitteiden kiinnityslevyn vierelle.

#### **4.5 Kehikon maalaus**

Kehikko maalattiin mustaksi Raptor U-Pol -lavapinnoitemaalilla. Kehikko päädyttiin maalaamaan Raptor U-Pol -maalilla, koska pinnoitteella on hyvä kulutuskestävyys. Lisäksi pinnoite kestää kolhuja, tärinöitä ja lämpöä hyvin. Normaali ruiskumaalaus tai spraymaalaus eivät olisi olleet hyviä vaihtoehtoja, koska käytössä ei ollut maalauskammiota. Maalustilan suojaus olisi myös ollut todella hankalaa. Ruisku- ja spraymaalit eivät ole niin

kulutusta kestäviä kuin Raptor U-Pol -maali, ja ne vaativat todella hyvän pohjatyön ja pohjamaalauksen, jotta lopullisesta maalauspinnoista tulisi hyvä.

Raptor U-Pol -maali maalataan suoraan metallipinnalle, joka on karhennettu 80 - 150 karheusasteen hiomapaperilla. Maalattaessa Raptor U-Pol -maalilla maali ei pölise samalla tavalla kuin ruisku- tai spraymaalauksessa, joten maalaustilaa ei tarvinnut suojata perusteellisesti. Raptor U-Pol -maalin maalaus tapahtuu alustamassaruiskulla. Maalattua maalipinnasta tulee röpelöinen, karhea ja paksu verrattuna tavalliseen maalipintaan. Kyseinen maali on hinnaltaan paljon kalliimpi kuin tavallinen ruisku- tai spraymaali. Pinnoitteen litrahinta on noin 40 €. Kehikon maalaukseen kului noin puolitoista litraa maalausvalmistaa Raptor U-Pol -maalia. (Kuva 13.)



*KUVA 13. Raptor U-Pol -maalilla maalattu maalipinta*

Jäähdyttimen suojaritilä maalattiin oranssinväriseksi. Tällä tehostevärillä haluttiin tuoda esiin hiukan Oulun ammattikorkeakoulun logossa esiintyvää värimaailmaa. Kehikkoon liisättiin myös OAMK-koneosaston mainostarra. (Kuva 14.)



*KUVA 14. Maalattu uusi moottorintestauspenkki*

## 5 PAKO- JA AHTOPUTKEN RAKENNUS

### 5.1 Pakoputken rakennus

Moottorissa oli valmiina moottorin alkuperäinen pakosarja ja pakokaasuahdin. Tehtävänä oli rakentaa pakoputki pakokaasuahdimelta eteenpäin. Valmistajan ilmoittama moottoriteho on 137 kW 186 Hv eli kyseessä on korkeasti viritetty moottori.

Pakoputken alku- ja joustokappaleen halkaisijat ovat 3 tuumaa ja loppuputken halkaisija on 2,5 tuumaa. Halkaisijan riittävän suurella läpimitalla varmistettiin, että pakoputki on riittävän virtaava. Pakoputken kokonaispituus on paljon lyhyempi kuin esimerkiksi henkilöautossa, mikä taas aiheuttaa sen, että pakoäänet nousevat. Pakoputki pyrittiin tekemään mahdollisimman pitkäksi, mutta kuitenkin niin, että se mahtuu runkorakenteen vierele.

Pakoputkeen valmistettiin myös kaksi päästömittauspaikkaa ennen ja jälkeen katalysaattorin. Näiden avulla voidaan tutkia ja mitata pakokaasupäästöjä ennen ja jälkeen katalysaattorin. Mittauspisteet ovat metalliputkea, jotka on hitsattu pakoputkeen kiinni. Kun mittauspisteitä ei käytetä, niiden päälle laitetaan silikoniletku, joka on tulpattu.

Pakoputki käärittiin koko matkalta lämpösuojanauhaan. Tämä tehostaa katalysaattorin toimintaa, joka vaatii korkean lämpötilan toimiakseen oikealla tavalla. Jollei katalysaattoria käärittäisi lämpösuojanauhaan, se ei välttämättä saavuttaisi sopivaa toimintalämpötilaa, kun moottoria käytetään tyhjäkäynnillä ilman kuormitusta. Lämpösuojanauha alentaa pakoputken pintalämpötilaa eli lämpönauha pitää lämpötilan sisäpuolella. Lämpösuojanauhan avulla katalysaattorin lämpötilaa saadaan nostettua. Lämpösuojanauha parantaa myös käyttäjäturvallisuutta, jotta välttyttäisiin palovammoilta. (Kuva 15.)



*KUVA 15. Uuden moottoritestauspenkin pakoputki, jonka ympärille on kääritty lämpösuoja-auhaa*

Katalysaattori on tarvikemallinen ja on tarkoitettu bensiinimoottorille. Äänenvaimennin on tarvikemallinen läpivirtaava Simons-merkkinen äänenvaimennin. Lambda-anturin paikkoja on kaksi, ensimmäinen lambda-anturin paikka on hitsattu pakoputken alkupäähän ja toinen paikka on hitsattu katalysaattorin jälkeen.

## **5.2 Ahtoputken rakennus**

Ahtoputken rakentamisessa hankalaa oli löytää sopivia supistuksia ja mutkakappaleita. Pakokaasuahtimelta lähtevän letkun halkaisija on 45 mm ja kaasuläpän halkaisija on 65 mm. Ahtoputki rakennettiin mahdollisimman lähelle moottoria, jotta ahtoputki saatiin kiertämään siististi moottorin päädyssä olevalta kaasuläpältä moottorin sivulla olevalle pakokaasuahtimelle. Kaasuläpältä lähtevä putki on 90 asteen mutkaputki, jonka jälkeen tulee supistuskappale, joka muuttaa 65 mm:n halkaisijan 45 mm:iin. Valmista supistusta ei löytynyt mistään, joten sopiva supistuskappale sorvattiin nylontangosta. Supistuskappaleen

jälkeen putki kiertää turbolle. Ahtoputken osat yhdistettiin lyhyillä silikoniputkillä toisiinsa, minkä jälkeen ne kiristettiin klemmareilla.

Ahtoputki päädyttiin rakentamaan metallisista pakoputken mutkakappaleista. Tarvikemalliset pakoputken mutkakappaleet ovat helppo liittää yhteen hitsaamalla, ja hankintahinta on edullinen verrattuna silikonisiin kappaleisiin. Jos ahtoputki olisi päädytty rakentamaan kokonaan silikonikappaleista, olisi niitä tarvittu ahtoputken rakennuksessa useita. Metalliputkeen oli helppo tehdä ja hitsata kiinnityskorvake, jolla putki saatiin tuettua sylinterikantta vasten. Korvako estää turhat tärinät ja sen ansiosta silikonikappaleiden ei tarvitse kannatella koko ahtoputken painoa. (Kuva 16.)



*KUVA 16. Kuvassa näkyy osa ahtoputkesta uudessa moottorintestauspenkissä; kuvassa näkyy myös ahtoputken supistuskappale, joka muuttaa 65 mm:n ahtoputken 45 mm:iin*

## 6 MOOTTORINOHJAUS JA JOHTOSARJA

Uudessa moottorintestauspenkissä tullaan käyttämään MoTeCin M142-moottorinohjainta. MoTeCin M142-ohjainlaite on käytössä myös autolaboratorion ST-Audissa. Samaa ohjainlaitetta käytetään tarpeen mukaan siinä moottorissa, jossa sitä tarvitaan. M142-ohjainlaitteen käyttöön päädyttiin, koska täysin uuden ohjainlaitteen hankintahinta on kallis ja moottorintestauspenkin käyttöaste verrattain matala, joten oman ohjainlaitteen hankintaa Hyundain moottoriin ei tässä tilanteessa tehty. Myös lambdan LTCD-ohjaus lainataan ST-Audista. MoTeCin C125-tiedonkeruulaitteisto löytyi valmiiksi autolaboratorion varastosta ja sitä pystytään hyödyntämään jatkossa uudessa moottorintestauspenkissä.

Hyundain moottorin johtosarjaan oli jo aiemmin tehty muutostyöt, jotta se on toiminut MoTeCin M182-ohjainlaitteella. M182-ohjainlaitteen liittimet ovat erilaiset, kuin M142-ohjainlaitteen liittimet. Uuteen moottorintestauspenkkiin ei tehty vielä johtosarjan muutostöitä, mutta johtosarjaa tutkittiin ja tehtiin alustavat suunnitelmat, että tulevat muutokset olisivat mahdollisimman helppo toteuttaa tulevaisuudessa.

### 6.1 MoTeC M142 -ohjainlaite

MoTeCin M1-sarjan moottorinohjainlaitteet soveltuvat harrastetason laitteista aina MM-kilpaluokan laitteisiin. MoTeCin M142-moottorinohjainlaite käy suorasuihkutteisiin diesel- ja bensiinimoottoreihin, joissa on yhdestä kahdeksaan sylinteriä. M142-ohjainlaitteella voidaan ohjata ja säätää kattavasti moottorin toimintaa sekä seurata moottorista ja muista auton antureista saatua dataa. M142-ohjainlaite sisältää hyvät säätömahdollisuudet, muokattavuuden ja monipuoliset anturointimahdollisuudet. (6, linkit Moottorihajaimet → MoTeC M142.)

MoTeCin käyttö tukee kehittyneitä tiedonkeruusovelluksia, kuten MoTeC i2 Pro, jonka avulla voidaan muuttaa asetuksia ja tehdä moottorinohjaukseen säätöjä. MoTeC-moottorinohjaimen turvaominaisuuksiin kuuluu manipuloinnin estävä mikroprosessori. (6, linkit Moottorihajaimet → MoTeC M142.)

Hyundain moottorissa olisi mahdollista käyttää myös muita MoTeCin moottorinohjainlaitteita. Myös muiden valmistajien laitteita voitaisiin käyttää, mutta Oulun ammattikorkeakoululla opetetaan MoTeC-merkkisten laitteiden ja ohjelmien käyttöä. Lisäksi työn tilaajalla Arto Lehtosella on MoTeCin laitteiden myynti- ja asennusyrittäjä AJL-Engineering Oy, joten MoTeC-merkkisen ohjainlaitteen valinta oli selvä.

MoTeCin M142-ohjainlaite sopii erinomaisesti Hyundain moottorin moottorinohjainlaitteeksi. M142-ohjainlaitteesta löytyy tarvittavat ominaisuudet, jotta Hyundain moottori saadaan toimimaan. M142-ohjainlaitteen avulla opiskelijat pääsevät harjoittelemaan säädetävän moottorinohjauksen säätämistä ja opettajat voivat järjestää erilaisia harjoitustöitä moottorinohjaukseen liittyen.

## 6.2 Tiedonkeruulaitteisto

Tiedonkeruulaitteiston asennus moottoripenkkiin ei ole välttämätön, mutta sen avulla voidaan seurata mittaushetkellä moottorin tärkeimpiä parametrejä. Mittariston ilmoittamien tietojen avulla voidaan estää esimerkiksi moottorin ylikuumentuminen.

Tiedonkeruulaitteistoksi valittiin MoTeCin C125, joka on ylimääräisenä autolaboratorion tiloissa. Siitä löytyy tarvittavat ominaisuudet, joita halutaan tulevissa mittauksissa seurata. Mittaristo voidaan liittää CAN-väylällä moottorinohjaimen, ja mittaristosta voidaan seurata reaaliajassa esimerkiksi kaasuläpänasentoa, moottorin pyörintänopeutta ja jäähdytysnesteen lämpötilaa. Mittaristo tallentaa parametrit muistiin, josta niitä voidaan tutkia jälkikäteen MoTeCin i2-ohjelmalla. Mittariston näytön ulkonäköä ja siinä näkyviä tietoja voidaan muokata omien tarpeiden mukaan. (7, linkit Products → Displays → C1 Series → C125 → Download → C125 User Manual.)

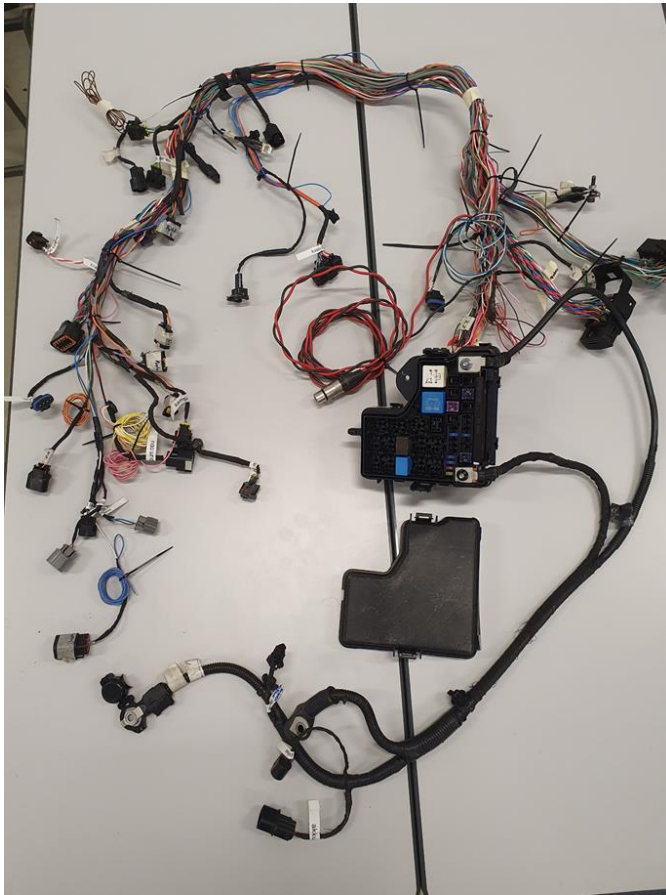
## 6.3 LTCD

LTCD on laajakaistalambda-ohjain Boschin LSU4.9-tyyppisille lambda-antureille. LTCD on MoTeCin valmistama, ja sitä käytetään M1-sarjan moottorinohjaimissa, koska kyseisen sarjan moottorinohjaimissa ei ole sisäänrakennettua laajakaistalambdan ohjausta. LTCD pystyy ohjaamaan kahta lambda-anturia yhtä aikaa. LTCD-laite kytketään CAN-väylän avulla moottorinohjaimen, ja sen avulla voidaan seurata ja säätää moottorin seossuhdetta lähemmäs ohjearvoa ( $\lambda = 1$ ). Lambdaohjain pystyy mittaamaan seossuhteen 0,65 - 1,0 välillä. Moottorinohjain tarvitsee lambdan säätöön lambda-aim-toiminnon,

jolla se pystyy säätämään moottorin seossuhteen halutuksi. LTCD-asennuksen avulla voidaan seurata moottorin lambda-arvon sekä katalysaattorin toimintaa reaaliajassa. (8, linkit Products → Lambda measurement → LTCD → Downloads → LTC LTCD LTCN User Manual.)

#### 6.4 Johtosarja

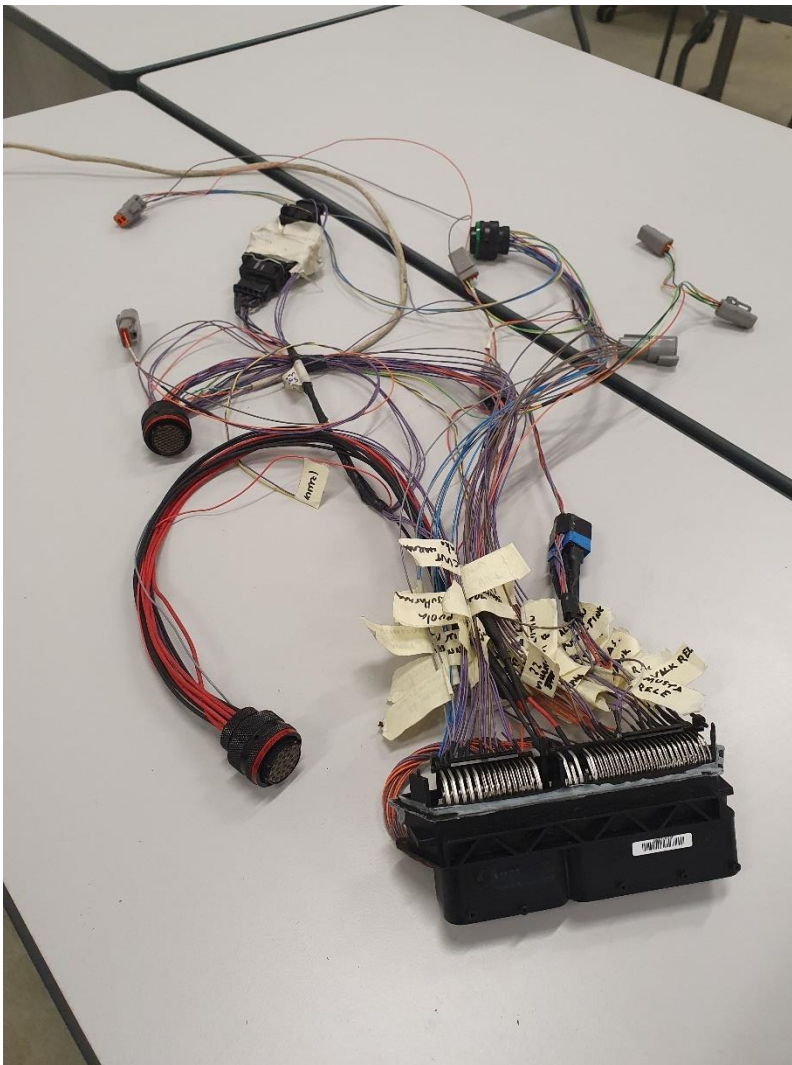
Kuvassa 17 näkyy Hyundain moottorin alkuperäinen johtosarja, jossa on antureiden ja toimilaitteiden kytkennät ja sulakerasia. Johtosarja kiertää moottorin päällä, josta liittimet yhdistetään antureihin ja toimilaitteisiin. Siitä on poistettu ylimääräiset johdot, joita ei tarvita tulevissa kytkennöissä.



*KUVA 17. Hyundain moottorin johtosarja; johtosarjassa on antureiden ja toimilaitteiden liittimet sekä sulakerasia*

Alkuperäiseen johtosarjaan oli tehty aiemmin kytkennät MoTeCin M182-ohjainlaitteelle. Moottoriin tulee MoTeCin M142-ohjainlaite, ja sen liittimet ovat erilaiset kuin aiemmat liittimet, joten liittimet joudutaan vaihtamaan. Tehtävänä oli merkitä johtosarjaan valmiiksi tarvittavat johdot, jotta tulevat kytkennät ovat helppo toteuttaa.

Alkuperäisen johtosarjan muutokset olivat tehty huolimattomasti. Osa johdoista oli katkaistu ja osaa oli jatkettu. Johtosarjasta karsittiin valmiiksi ylimääräiset johdot pois, joita ei tulla kytkemään mihinkään. Ylimääräisten johtojen poistaminen helpottaa johtojen merkitsemistä ja tulevia kytkentöjä. Johtosarjan johdot mitattiin sekä johtoihin merkittiin maalarianteipin avulla, mikä johto on mikäkin. (Kuva 18.)



*KUVA 18. Alkuperäisen johtosarjan ECU:n liitin, josta on tehty tarvittavat johdotukset MoTeCin M182-ohjainlaitteelle ja lambda LTCD-ohjaimelle; johtoihin on merkitty maalarianteippiin, mikä johto on kyseessä*

Uuden johtosarjan valmistaminen olisi hyvin laaja kokonaisuus, ja sen voisi hyvin toteuttaa esimerkiksi opinnäytetyönä. Johtosarjan valmistaminen olisi helppo suorittaa AJL-Engineering Oy:n tiloissa, josta löytyy kaikki tarvittavat työkalut ja laitteet johtosarjan valmistamiseen. Nykyinen johtosarja toimisi mallina tässä operaatiossa.

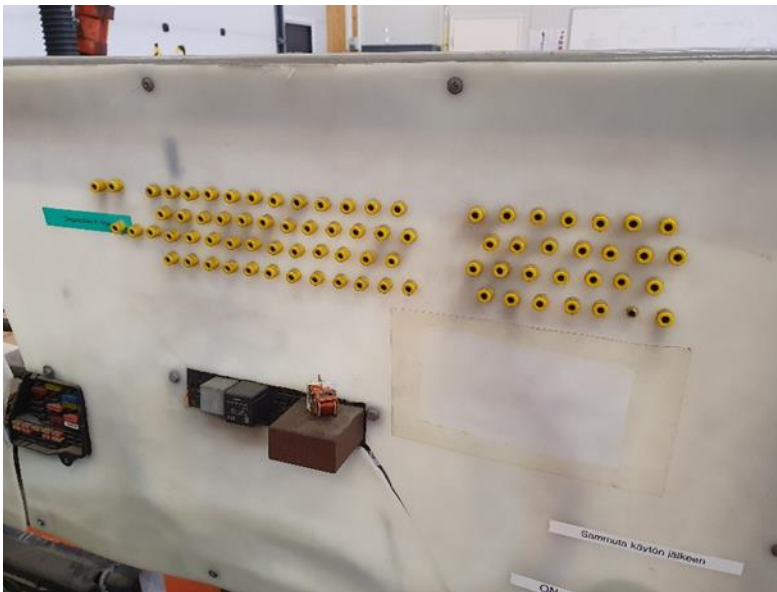
Kaikista paras lopputulos saataisiin, jos johtosarja valmistettaisiin alusta loppuun uudestaan. Tällä tavoin johtosarjasta saataisiin kaikki ylimääräinen pois, siihen pystyttäisiin tekemään mittauspisteiden kytkennät sekä johtojen pituudet oikeiksi. Ongelmaksi voi koitua kuitenkin liittimien saatavuus, sillä oikeita liittimiä on vaikea löytää. Johtosarjan valmistamiseen tarvittaisiin kaikkien antureiden ja toimilaitteiden liittimet sekä niiden pinnit. Vanhasta johtosarjasta olisi hyvä poistaa alkuperäisen ohjainlaitteen isot ECU:n naaras- ja urosliittimet.

Aiemmat johtojen yhdistämiset ovat tehty asianmukaisesti, mutta liittimien metalliset pinnit näkyvät ja heiluvat. Tässä voi olla vaarana pinnien yhteen osuminen, mikä voi aiheuttaa oikosulun ja toimintahäiriön. Liittimet pitäisi poistaa johtosarjasta, jotta toimintahäiriöiltä vältyttäisiin, ja johtosarjasta tulisi selkeämpi. Tarvittaessa myös vikatilanteita pystyttäisiin tutkimaan paremmin ja helpommin. Johtojen jatkamiseen ei ole paras ratkaisu. Jos johtoja jatkettaisiin, tulisi niiden yhdistäminen tehdä asianmukaisella tavalla.

## 7 MITTAUSPISTEET

Uusi moottorintestauspenkki pyrittiin rakentamaan mahdollisimman toimintavarmaksi, jotta vanhan testauspenkin sähköongelmilta vältyttäisiin tulevaisuudessa. Uudessa moottorintestauspenkissä on tarkoitus päästä mittaamaan moottoria ja sen toimintaa esteettömästi joka puolelta, mikä helpottaa mittausharjoituksia, ja opettajien järjestämät harjoitustyöt on helppo toteuttaa.

Vanhaan moottorintestauspenkkiin oli tehty seinä, johon oli tehty banaaniliittimen avulla diagnostiikkaliittimien kytkennät (kuva 19). Alun perin on ollut tarkoitus, että näistä mittauspisteistä mitattaisiin anturitietoja. Kuitenkin vuosien saatossa kytkentäkaaviot ovat hävinneet, ja anturi- ja toimilaitteita on mitattu sähköliittimien juuresta, mikä taas on johtanut toistuviin toimintahäiriöihin.



*KUVA 19. Vanhan moottorintestauspenkin diagnostiikkaliitin, joka on tehty banaaniliittimistä*

Työn tilaajan Arto Lehtosen kanssa keskusteltaessa tultiin siihen tulokseen, ettei vanhankaltaista kytkentätaulua tarvita uuteen testauspenkkiin. Se olisi myös isotöinen valmistaa, ja johtotöitä joutuisi tekemään paljon. Jos tämänkaltainen kytkentätaulu tehtäisiin uuteen moottorintestauspenkkiin, tilanne johtaisi samaan ongelmaan, joka oli vanhan testauspenkin kanssa ongelmana. Kytkentäkaaviota ei osattaisi lukea, vaan päädyttäisiin tekemään mittaukset liittimien juurista, mikä vahingoittaisi johtoja.

Työn tilaaja toivoi uudesta moottorintestauspenkistä pienempää ja kompaktimman kokoista verrattuna vanhan moottorintestauspenkin kokoon, ja ettei uuden testauspenkin kehikkoon rakennettaisi erillistä seinämää, jollaisessa mittauspisteet ennen olivat. Päädyttiin ratkaisuun, jossa rakennetaan erillisiä mittauspisteitä moottorin ympärille. Kun mitataan tämän kaltaisista mittauspisteistä, jotka sijaitsevat lähellä anturia, mittaaaja havainnoi paljon paremmin mitä on tekemässä ja mittaamassa, kun mittaukset päästään tekemään samalla tavalla, kuin oikeissa olosuhteissa. Mittaukset saadaan toteutettua niin, etteivät johdot vahingoitu.

Jokaiseen moottorin anturiin ja toimilaitteeseen ei ollut järkevää rakentaa erillistä mittauspistettä, koska opetustilanteissa ei tarvitse mitata moottorin kaikkien antureiden tietoja. Mittauspisteiden suunnittelussa mietittiin, mitkä ovat mittausten kannalta oleelliset ja tärkeimmät asiat, joita moottorista halutaan mitata. Suunnittelussa huomioitiin myös tulevat harjoitustyöt, jotta moottorista voitaisiin mitata kaikki harjoitustyössä tarvittavat tiedot.

Mittauspisteiksi valittiin moottorin toiminnan kannalta tärkeimmät anturit ja toimilaitteet sekä mahdollisimman monta erityyppistä anturia. Mittauspisteiksi valikoitui ykkössylinterinpuola, imunokka-asentoanturi, pakonokka-asentoanturi, MAP-anturi, lämpötilatunnistin (NTC), ykkössylinterinsuutin, nakutusanturi ja kaasuläppä.

Opinnäytetyön aikana suunniteltiin valmiiksi muutama mittauspistepaikka ja tehtiin prototyyppikappaleita, jotta mittauspisteet olisivat helppo tehdä valmiiksi sen jälkeen, kun johdosarja on tehty loppuun. Osa mittauspisteiden rungoista rakennettiin 0,80 mm paksusta rosteripeltilevystä, joihin kiinnitettäisiin banaaniliittimiä, ja mittauspisteet asennettaisiin lähelle mitattavia antureita ja toimilaitteita. Peltilevyt kiinnitettiin moottorissa olevia pultteja hyväksikäyttäen.

Kuvassa 20 mittauspisteen prototyyppi on kiinnitetty venttiilikopan päätyyn venttiilikopanpulteilla. Mittauspiste on sijoitettu mahdollisimman lähelle lämpötila tunnistinta, nokka-akselin asentotilatunnistinta ja polttoaineen ruiskupumppua, jotta mittauspisteiden kytkentä olisi mahdollisimman yksinkertainen toteuttaa.



*KUVA 20. Prototyyppi uuden moottorintestauspenkin lämpötilatunnistimen, polttoaineen ruiskupumpun ja pakonokka-akselin asentotilatunnistimen mittauspisteistä*

Kuvassa 21 mittauspisteen prototyyppi on rakennettu moottorin venttiilikopan vierelle. Mittauspiste on sijoitettu mahdollisimman lähelle mitattavia antureita ja toimilaitteita, jotta mittauspisteiden yhdistäminen olisi mahdollisimman helppoa. Mittauspiste on myös rakennettu riittävän isoksi, jotta siihen saadaan mahtumaan puolan, suuttimen ja imunokka-akselin asentoanturin mittauspisteet. Prototyyppikappale on kiinnitetty moottorin venttiilikoppaan kahdella pultilla.



*KUVA 21. Prototyyppi uuden moottorintestauspenkin puolan, suuttimen ja imunokka-akselin asentotilastunnistimen mittauspisteistä*

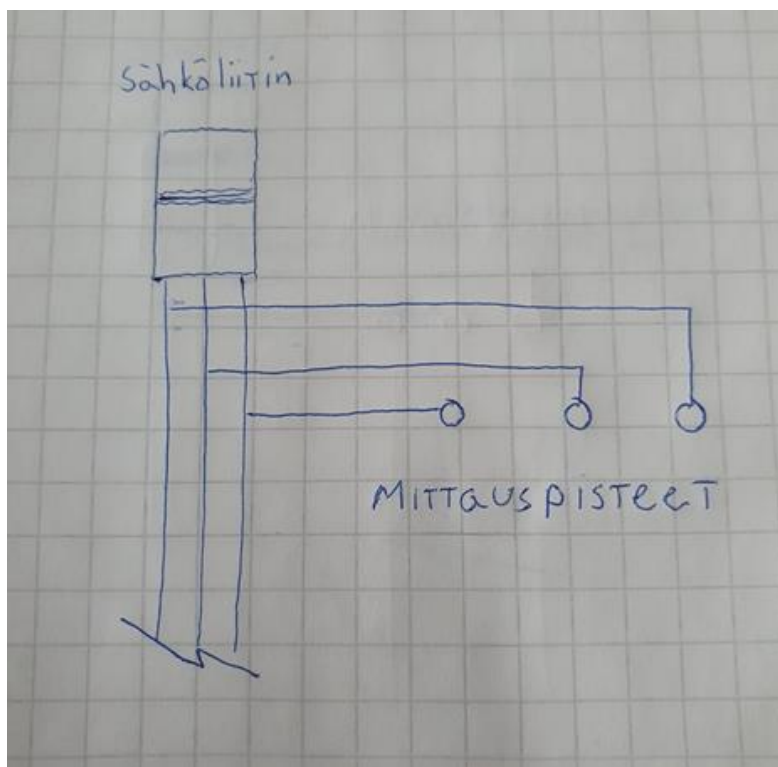
Mittauspisteisiin tullaan tekemään samanlaiset mittauspaukat banaaniliittimillä kuin vanhassa moottorintestauspenkissä. Banaaniliittimet voidaan uusiokäyttää vanhasta moottorintestauspenkistä, jotta vältetään materiaalikustannuksilta. Banaaniliittimien käyttö mittauspisteessä on helppo ja toimiva ratkaisu, koska banaaniliittimillä olevat mittaushodot ovat edullisia ja niitä löytyy autolaboratoriolta paljon. Banaanijohto on lisäksi helppo asentaa mittaushetkellä mittauspisteeseen kiinni ja kontaktista saadaan luotettava. Huono kontakti saattaa aiheuttaa mittaustuloksissa vääristymää. Banaaniliittimet pysyvät itsensä paikallaan, joten niitä ei tarvitse koko ajan pidellä paikallaan. Tämä helpottaa mitausten suorittamista ja vähentää virheiden tekemistä mittauksissa.

Mittauspisteeseen kiinnitetään vierekkäin niin monta banaaniliitintä, kuin mitattavassa anturissa on johtimia. Esimerkiksi kuvassa 22 MAP-anturin liittimessä on neljä johtoa, jolloin peltilevyyden tehdään neljä reikää banaaniliittimille. MAP-anturinliittimessä olevat johdot yhdistetään joko haaroittamalla johdot tai yhdistämällä mittauspisteet johtosarjan väliin.



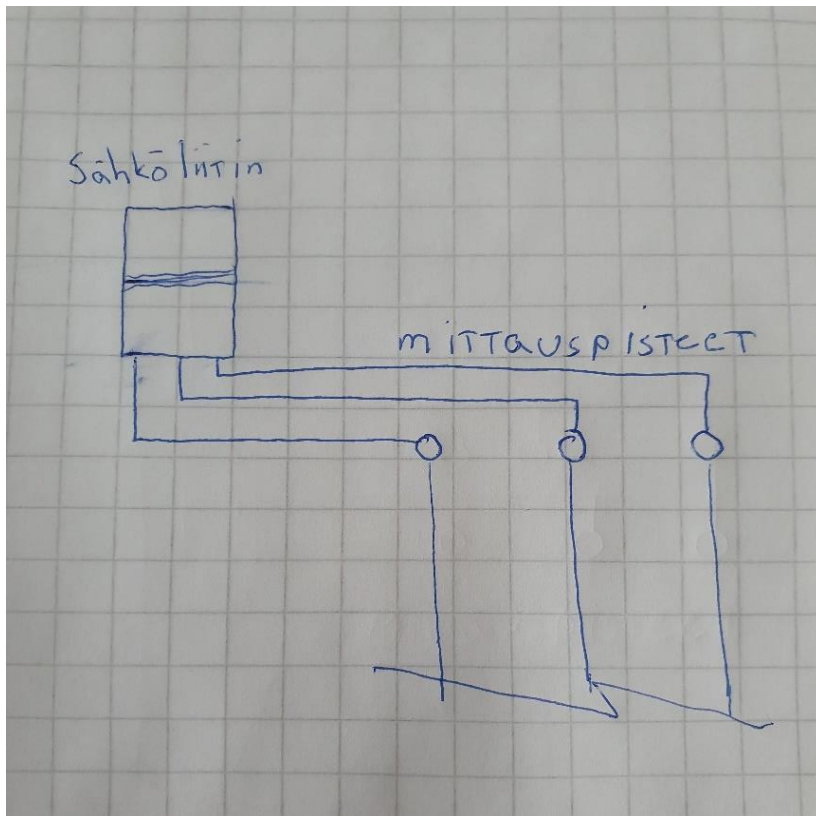
*KUVA 22. Prototyyppi uuden moottorintestauspenkin MAP-anturin mittauspisteestä; mittauspisteeseen tulee vain yhden anturin mittauspaikka ja peltilevy on kiinnitetty MAP-anturin päälle MAP-anturin pulteilla*

Mittauspisteiden kytkentä voidaan tehdä kahdella tavalla johtosarjaan. Antureiden johdot voidaan haaroittaa liittimien juuresta. Haaroittaminen on helppo toteuttaa, ja alkuperäistä johtoa ei tarvitse katkaista. Haaroittaminen tehdään tinaamalla haaroitusjohto alkuperäiseen johtimeen, jotta liitoksesta saadaan luotettava. Jokainen haaroitusjohto kytketään omaan banaaniliitimeensä, jotka ovat kiinnitetty peltilevyyn. Tämänkaltaisista mittauspisteistä voidaan mitata vastus- ja jännitemittauksia. Virtapihtimittauksia ei voida tehdä haaroitetusta johdosta, vaan ne tulisi tehdä alkuperäisestä johtimesta. (Kuva 23.)



*KUVA 23. Mittauspisteiden yhdistäminen haaroittamalla johdot alkuperäisestä johtosarjasta*

Mittauspisteet voidaan myös kytkeä katkaisemalla alkuperäinen anturille menevä johdin, ja kytkeä mittauspisteet suoraan johdon väliin, kuten kuvassa 24. Tämänkaltaisessa kytkennässä pihtivirtamittaus voidaan tehdä mittauspisteelle tulevalta tai lähtevältä johdolta. Johdot eivät kuormittuisi samalla tavalla, kuin haaroittamalla johdot. Kyseisessä kytkennässä alkuperäisen johtosarjan johtojen pituus on kuitenkin ongelma, sillä johdot ovat liian lyhyitä tällaisen kytkennän tekemiseen. Myös johtojen kontaktit ja toimintavarmuus voivat huonontua, koska väliin joudutaan tekemään ylimääräisiä kytkentöjä.



*KUVA 24. Mittauspisteiden yhdistäminen johtosarjan väliin*

Mikäli johtosarja päädytään valmistamaan kokonaan uudelleen, mittauspisteiden yhdistäminen johtosarjan ja sähköliittimen väliin olisi kuitenkin toimintavarmempi ja käyttöiän kannalta parempi verrattuna johtojen haaroittamiseen alkuperäisestä johtosarjasta. Uuden johtosarjan tekemisessä kannattaa huomioida tulevat virtapihtimittaukset ja jättää johtojen väleihin ylimääräistä väljyyttä. Tällöin virtapihti saadaan mahtumaan johtojen ympärille hyvin, kun johdot ovat tarpeeksi väljästi toisiinsa nähden. Johdot eivät myöskään vaurioidu yhtä helposti verrattuna siihen, jos johdot olisivat aivan kiinni toisissaan.

## 8 KÄYTTÖTURVALLISUUS

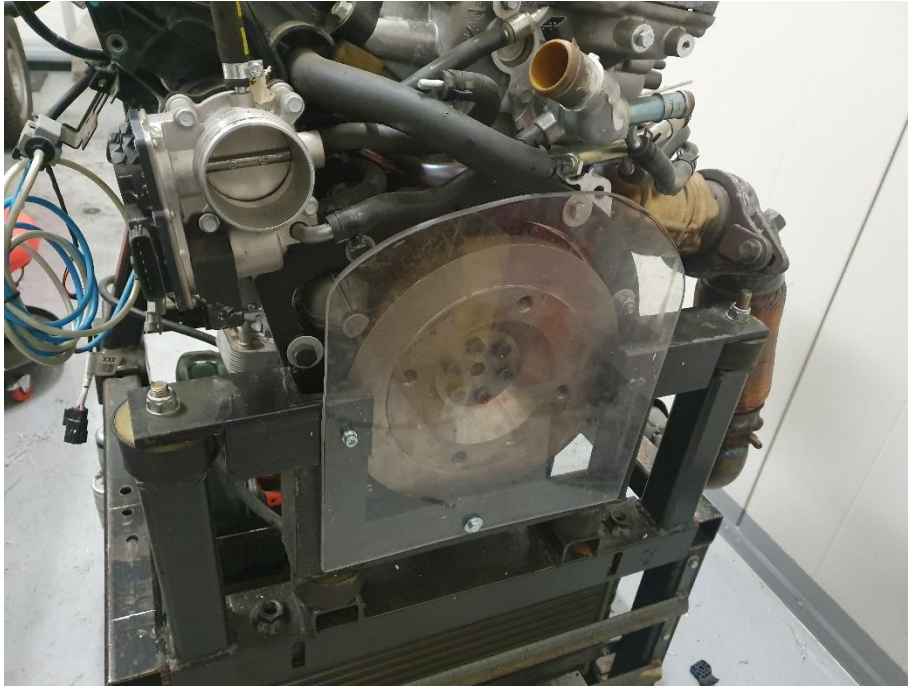
Käyttöturvallisuuden varmistaminen oli tärkein asia uuden moottorintestauspenkin rakentamisessa. Koneenkäyttäjän turvallisuus varmistettiin tarvittavilla toimenpiteillä. Kun työkennellään moottorin kanssa, on käytettävä asianmukaisia suojavaarusteita. Asianmukaiset suojavaatteet, kuulosuojaimet sekä silmäsuojat ovat pakollisia varusteita, kun tehdään moottoriin mittauksia (9, s. 75 - 79).

Sähköisiä mittauksia tehdessä on vaarana saada sähköisku, joka voi johtaa sydämen toimintahäiriöihin, tajuttomuuteen, palovammaan tai sydämen kammiovärinään (9, s. 31). Ajoneuvon sähkölaitteiden väärä käsittely voi synnyttää kipinöintiä ja lämpöä.

Moottori tuottaa polttoaineesta hiilen ja vedyn yhdisteitä, jotka ovat terveydelle haitallisia epäpuhtauksia. Korkeassa lämpötilassa happi ja typpi reagoivat keskenään, mistä syntyy myrkyllisiä typen oksideja. Pakokaasu sisältää esimerkiksi hiilimonoksidia eli häkää, typen oksideja, aldehydejä, hiilivetyjä ja paljon muita myrkyllisiä kaasuja. (9, s. 71.)

Palamattomat hiilivedyt pelkistetään katalysaattorilla. Katalysaattorin lämpötila voi nousta jopa yli 800 °C:n. Pakokaasun terveydelle haitalliset aineet pystytään torjumaan, kun huolehditaan oikeista työmenetelmistä ja varmistetaan sisäilman riittävä vaihtuminen. Moottoria käytettäessä on aina käytettävä pakokaasujen poistoimuria ja varmistettava, että se on kytketty päälle. Pakokaasuimuri kytketään pakoputken päähän siten, että koko pakoputkenpää on imurin sisällä. Lisäksi on varmistettava, että imuri ei pääse vahingossa irtotamaan kesken mittauksien. (9, s. 71.)

Moottorissa on paljon kuumia osia, joista voi aiheutua käyttäjälle palovammoja. Palovammojen estämiseksi pakoputken ympärille käärittiin lämpösuojanauhaa, joka auttaa alentamaan oleellisesti pakoputkenpinnan lämpötilaa. Moottorissa on myös liikkuvia osia, joihin käyttäjän vaatteet tai ruumiinosat voivat joutua litistykseen tai tarttua kiinni erilaisissa mittaustilanteissa. Tällaisia paikkoja ovat esimerkiksi moniurahihna ja vauhtipyörä. Vauhtipyörän eteen rakennettiin yksinkertainen suoja polykarbonaattilevystä, joka estää mahdolliset työtaturmat (kuva 25). Moniurahihnan eteen ei pystytty rakentamaan erillistä suojaa, mutta levy, johon on kiinnitetty hallintalaitteet, peittää moniurahihnan osittain.



*KUVA 25. Uuden moottorintestauspenkin vauhtipyörän suojalevy*

Pääsääntöisesti tämän työn kaltaisissa laitteissa tulee olla hätäseis-kytkentä. Hätäseis-kytkimen pitää pysäyttää laite mahdollisimman nopeasti ja tehdä laite jännitteettömäksi. Hätäseis-kytkentä tulee tehdä asianmukaisesti Aluehallintoviraston työsuojeluoppaassa määriteltyjen vaatimuksien mukaisesti. (10, s. 69.)

Vanhassa moottorintestauspenkissä ei ole ollut hätäseis-kytkentää, mutta uuteen testauspenkkiin se tullaan asentamaan, jotta laitetta on mahdollisimman turvallinen käyttää. Kytkimelle on valmiiksi suunniteltu paikka uudessa moottorin testauspenkissä, ja sen sijainti tulee olemaan käyttöpaneelin yläreunassa.

Ennen moottorintestauspenkin luovutusta opiskelijoiden käyttöön on varmistettava turvalaitteiden oikea toiminta ja tarkistettava, että moottorintestauspenkki täyttää sen hetkiset turvallisuusvaatimukset. Moottorintestauspenkkiin tulee tehdä ainakin pikakäyttöohje, jotta laitteen käyttäjä voi lukea laitteen turvallisesta käytöstä. Mahdollisesti siihen voisi tehdä myös opastusvideon, jossa näytetään, kuinka laitetta käytetään turvallisesti.

## 9 YHTEENVETO

Työssä rakennettiin Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorion tiloihin kokonaan uusi moottorintestauspenkki, jossa on uusi moottori. Autolaboratorion vanha moottorintestauspenkki on ollut pitkään viallinen, ja vanha Skodan moottori on muutenkin niin kutsuttua vanhaa teknologiaa. Työssä rakennettiin opiskelijoiden ja opettajien käyttöön nykyaikaisella moottoritekniikalla oleva moottorintestauspenkki, jossa moottoria pystytään käyttämään opetustilanteissa ja tutkimaan moottorin mekaanisia ja sähköisiä toimintoja sekä tekemään havainnointimittauksia eri moottorin osiin. Opiskelijat pääsevät myös tutustumaan säädettävään MoTeCin moottorinohjaukseen.

Moottoriksi valittiin autolaboratorion varastossa ollut Hyundai 1,6-litrainen suorasuikhteinen ahdettu bensiinimoottori, joka on niin kutsuttua uutta teknologiaa. Työn aikana Hyundai moottorin ympärillä ollutta kehikkoa muokattiin tulevaa käyttöä varten. Kehikkoon tehtiin paikka jäähdyttimelle, polttoainesäiliölle, akkutelineelle ja kiinnityspaikat sähkökomponenteille sekä muille tarvittaville komponenteille.

Suunniteltua moottorintestauspenkkiä ei tehty tässä opinnäytetyössä loppuun asti työn laajuuden takia. Työssä ei tehty johtosarjaa valmiiksi, ja mittauspisteistä valmistettiin muutama mallikappale. Vanhassa moottorintestauspenkissä ilmenneet sähköongelmat ratkaistiin erillisillä mittauspisteillä. Mittauspisteillä saatiin selkeä kokonaisuus ja moottorin käyttöänsä kannalta merkittävä parannus, kun johto ei enää jatkossa tulla rei'ittämään turhaan. Vanhassa testauspenkissä johdot olivat vahingoittuneet, koska johtojen juurista oli mitattu antureita ja toimilaitteita mittapiikeillä, jolloin johdot olivat vahingoittuneet.

Työn aikana haasteelliseksi asiaksi osoittautui jäähdyttimen valinta. Sille varattu paikka moottorinkehikossa oli pieni ja ahdas. Jäähdyttimen etsiminen oli hankalaa, koska jäähdyttimien tuotetiedoissa ei mainittu niiden äärimittoja, joita olisi tarvittu oikean jäähdyttimen löytämiseksi. Etsintään kului sen takia paljon aikaa. Jäähdyttimen sijainti aiheutti myös hankaluuksia jäähdytyksen toiminnalle, joten paisuntasäiliön lisääminen järjestelmään oli välttämätöntä. Jäähdytin asennettiin alas suojaan, koska moottorin ympärillä täytyy pystyä työskentelemään esteettömästi. Sijoittamalla jäähdytin alas minimoitiin mahdolliset työtapaturmat ja vahingot. Moottorilämpöjen kannalta ei pitäisi tulla ongelmia,

koska moottoria käytetään vain lyhyitä aikoja kerrallaan eikä moottoriin kohdistu juurikaan yhtään kuormitusta.

Työn yhtenä tärkeimpänä asiana oli varmistaa käyttäjäturvallisuus, jotta turhat vaaratilanteet voitaisiin välttää. Moottorissa on paljon kuumia osia, joista käyttäjälle voi aiheutua palovammoja. Palovammojen estämiseksi pakoputken ympärille käärittiin lämpösuojanauhaa, joka auttaa huomattavasti parantamaan käyttäjäturvallisuutta sekä edistää katalysaattorin toimintaa. Moottorissa on myös liikkuvia osia, joihin käyttäjän vaatteet tai ruumiinosat voivat litistyä tai tarttua kiinni. Vauhtipyörän eteen rakennettiin suojalevy vahinkojen estämiseksi.

Opinnäytetyön lopputuloksena syntyi kompaktinkokoinen moottorintestauspenkki, joka on huomattavasti pienikokoisempi kuin vanha moottorintestauspenkki (kuva 26). Vaikka uutta moottorintestauspenkkiä ei päässyt testaamaan käytännössä, sen toiminta vaikutti hyvältä, ja työn alussa suunnitellut asiat saatiin toteutettua.



*KUVA 26. Vasemmalla vanha, suurikokoinen moottorintestauspenkki ja oikealla uusi, pienikokoinen moottorintestauspenkki*

Kevään 2020 aikana vallinnut koronaepidemia haittasi työn loppuvaiheita, koska koulut ja kirjastot olivat poikkeustilanteen takia kiinni. Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorion henkilökunnan kanssa saatiin kuitenkin sovittua työn loppurakentamisesta poikkeusolojen vallitessa. Kirjastojen ollessa kiinni luotettavien lähteiden saaminen oli hankalaa, mutta työhön saatiin kuitenkin kerättyä lähdetietoutta. Oma työkokemukseni ja laaja koulutukseni helpottivat lisäksi opinnäytetyön raportin kirjoittamista.

Tässä opinnäytetyössä rakennettua moottorintestauspenkkiä olisi hyvä jatkaa esimerkiksi uutena opinnäytetyönä. Moottorintestauspenkki tehtäisiin toimintakuntoon valmistamalla uusi johtosarja, tekemällä moottorinohjauksen ohjelma ja rakentamalla mittauspisteet loppuun.

## LÄHTEET

1. Akun valinta. 2020. Varta. Clarios. Saatavissa: <https://www.varta-automotive.fi/fi-fi/varta-teknista-tietoa/perustietoa/akun-valinta>. Hakupäivä 26.1.2020.
2. Pakoputkisto. 2020. Wikipedia. Saatavissa: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Pakoputkisto>. Hakupäivä 30.1.2020.
3. Niskanen, Perttu 2018. T332103 Polttomoottoritekniikka1 3 op. Opintojakson oppimateriaali syksyllä 2018. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
4. Polttoainetankki. 2009. AutoWiki. Saatavissa: <http://www.autowiki.fi/index.php/Polttoainetankki>. Hakupäivä 5.2.2020.
5. Kinnunen, Joonas. Moottorin jäähdytysjärjestelmä. SlidePlayer.fi Inc. Saatavissa: <https://slideplayer.fi/slide/13853521/>. Hakupäivä 5.4.2020.
6. MoTeC Finland. 2020. MoTeC Finland. Saatavissa: <https://www.motec.fi/>. Hakupäivä 20.2.2020.
7. MoTeC Pty Ltd. 2020. MoTeC Pty Ltd. Saatavissa: <https://www.motec.com.au/home>. Hakupäivä 14.2.2020.
8. MoTeC Pty Ltd. 2020. MoTeC Pty Ltd. Saatavissa: <https://www.motec.com.au/home>. Hakupäivä 19.2.2020.
9. Autoalan työsuojeluopas. 2018. Työturvallisuuskeskus, autoalan työalatoimikunta. Saatavissa: [https://ttk.fi/files/6739/Autoalan\\_tyosuojeluopas\\_201802.pdf](https://ttk.fi/files/6739/Autoalan_tyosuojeluopas_201802.pdf). Hakupäivä 23.1.2020.
10. Käyttöasetuksen soveltamissuosituksia. 2013. työsuojeluoppaita ja -ohjeita 47. Aluehallintovirasto. Tampere Saatavissa: [https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/K%C3%A4ytt%C3%B6asetuksen\\_soveltamissuosituksia\\_TSO\\_47.pdf/4490dcb2-e167-446a-b25a-83bcdbda1f92](https://www.tyosuojelu.fi/documents/14660/2426906/K%C3%A4ytt%C3%B6asetuksen_soveltamissuosituksia_TSO_47.pdf/4490dcb2-e167-446a-b25a-83bcdbda1f92). Hakupäivä 6.4.2020.