



OSSI LAHTINEN

# Polttomoottoriautosta sähköauto

SÄHKÖTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
2020

Tekijä(t) Lahtinen, Ossi	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Syyskuu 2020
	Sivumäärä 15	Julkaisun kieli Suomi
Julkaisun nimi Polttomoottoriautosta sähköauto		
Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tarkoitus oli, tehdä koululle suunnitelma tavallisen polttomoottorikäyttöisen auton muuttamisesta sähköautoksi. Auton tuli olla mahdollisimman urheilullinen, sekä suorituskyvyltään, että ajettavuudeltaan.</p> <p>Autoksi valittiin kaksipaikkainen, keskimoottorinen, Toyota MR2 (SW20) (1990–1999). Auto oli jo lähtökohtaisesti urheilullinen, kevyt ja muiltakin osin sopiva kyseiseen projektiin. Keskimoottorisena autona MR2 oli hyvä pohja lähteä suunnittelemaan moottorinvaihdosta, koska moottoritila on auton takaosassa. Auton parhaan mahdollisen tasapainon 50:50 (etuakseli: taka-akseli), painonjakauman saavuttamiseksi osa akuista suunniteltiin sijoitettavaksi auton keulaan.</p> <p>Työn edetessä piti selvittää minkälainen moottori autoon soveltuisi parhaiten. Vaihtoehtoja oli AC-(vaihtovirta) ja DC-(tasavirta) moottorit. Moottoria ohjataan moottorinohjaimella ja näiden kahden komponentin yhteistyö on kriittisin asia auton suorituskykyä ajatellen. Moottoriksi valittiin NetGain WarP 9 DC-moottori ja sitä ohjaa Envetics Soliton 1 moottorinohjain. Kyseisiin laitteisiin päädyttiin koska DC-moottorit ja niiden ohjainlaitteet ovat huomattavasti edullisempia, kuin vastaavat AC-laitteet. DC-moottorin tehollinen käyttöalue on huomattavan kapea verrattuna AC-moottoriin, joten autoon jätettiin sen oma vaihdelaatikko ja kytkin parhaimman suorituskyvyn saavuttamiseksi.</p> <p>Auto tarvitsi erilaisen kaasupolkimen, koska moottorinohjaimen ei voi kytkeä vaijerilla toimivaa kaasua. Markkinoilta löytyi sopiva malli, joka on WarP-Drive, ns. Hall-ilmio poljin. Polttomoottorin pois ottaminen vaikutti myös jarruihin sen verran, että alipainetehostettuihin jarruihin piti hankkia sähköinen alipainepumppu ja alipainesäiliö. Näin varmistettiin, että jarrut toimivat kuten niiden pitäisikin.</p> <p>Vaikka moottori ja moottorinohjain ovat tärkeitä pitää niiden saada virtansa jostakin ja seuraavaksi autoon piti valita akut. CALB CA100Ah akut valikoituivat tämän projektin virtalähteiksi ja laskelmien mukaan niitä asennettaisiin 50 kappaletta. Yhden akun jännite on 3,2V, joten kokonaisjännitteeksi tuli 160V, moottorin maksimijännitteen ollessa 170V.</p>		
<p><a href="#">Asiasanat</a>          AC- ja DC-moottori, moottorinohjain, urheilullisuus</p>		

Author(s) Lahtinen, Ossi	Type of Publication Bachelor's thesis / Thesis AMK	Date September2020
	Number of pages 15	Language of publication: Finnish
Title of publication From combustion engine car to electric car		
Degree program Electrical engineering		
Abstract The purpose of this thesis was to make a plan for school, how to build electric car from normal combustion engine car. The car should be as sporty as possible in both, performance and handling. A car that was chosen is two seated, mid-engine Toyota MR2 (SW20) (1990-1999). The car is already sporty, light and otherwise good fit into this project. Mid-engine MR2 was good base to start planning the engine swap, because engine bay is at rear of the car and engine is in front of rear axle. Engine bay is roomy, and part of the batteries will fit in there. To reach best possible balance 50:50 (front axle: rear axle), weight distribution will be good if some of the batteries will locate in front of the car. As the task progressed it had to be figured out, what motor would be best for the car. Options were AC- and DC-motors. The motor will be driven by a motor controller and cooperation of these two components is the most critical in term of performance of the car. NetGain WarP 9 DC-motor was chosen, and Envetics Soliton 1 motor controller drives the motor. Those units were selected, because DC-motors and motor controllers for them are much cheaper than comparable AC-units. DC-motor's effective range of use is narrow compared AC-motor's, so gearbox and clutch were left in the car for better performance. New gas pedal was needed, because motor controller needs electrical information from pedal position. There is fitting model, which is WarP-Drive, so called Hall-effect pedal. Removing combustion engine had effect on brakes too, so electric vacuum pump and reservoir had to be installed. This way we made sure that the brakes will work as they should do. Although motor and motor controller are important parts, they must have power from somewhere and next thing was to find batteries for the car. Proper ones are CALB CA100Ah batteries and calculations showed that 50 pieces are needed. Voltage of one battery is 3,2V so total voltage is 160V and max voltage for motor is 170V. With these components we were able to make electric car from Toyota MR2.		
<u>Key words</u> AC- and DC-motor, motor controller, sportiness		

# SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	5
2 SÄHKÖMOOTTORI.....	6
2.1 Vaihtoehdot .....	6
2.1.1 AC-moottori .....	6
2.1.2 DC-moottori .....	6
2.2 Moottorin valinta.....	7
2.2.1 AC- vai DC-moottori .....	7
2.2.2 Moottorin tyyppi .....	7
3 AKUSTO .....	8
3.1 Tuotteet ja ominaisuudet .....	8
3.2 Akkujen valinta .....	8
4 OHJAINLAITTEET .....	9
4.1 Moottorin ohjain .....	9
4.2 Muut laitteet .....	10
5 AUTO.....	12
5.1 Auton kriteerit .....	12
5.2 Auton rakenne .....	13
5.2.1 Kori .....	13
5.2.2 Tekniikka.....	13
6 LOPULLINEN AUTO.....	13
6.1 Moottorin sijoitus .....	13
6.2 Akkujen sijoittelu .....	14
6.3 Muut laitteet .....	14
7 YHTEENVETO .....	15
LÄHTEET	
LIITTEET	

## 1 JOHDANTO

Sähköautoja on valmistettu jo yli 100 vuotta, mutta ne eivät ole pärjänneet polttomoottorikäyttöiselle kilpailijalleen. Suurimmat esteet sähköautojen suosioon ovat, akkujen vaatima tila, sekä sähköautojen heikko toimintamatka. Tekniikka on kuitenkin kehittynyt ja tänä päivänä akut varastoivat enemmän energiaa ja painavat vähemmän. Markkinoilla on monenlaisia suurten valmistajien sähköautoja, jotka soveltuvat erinomaisesti kaupunkiajoon.

Tämän työn tarkoitus on tehdä Satakunnan-ammattikorkeakoululle suunnitelma tavallisen auton muuttaminen sähköautoksi. Tarkempi suunnitelma on tehdä urheilullinen sähköauto, jossa on riittävästi tehoa urheilulliseen ajoon. Auton tulee olla kevyt, pieni, hyvä ajettava ja nopea. Nykyään on valtava määrä eri valmistajia, jotka tekevät osia ja kokonaisuuksia sähköautoja varten. Pitää vain löytää käyttötarkoitukseen sopivat tarvikkeet ja melkein kuka tahansa voisi tehdä sähköauton.

Koulun suunnitelmiin sopiva auto on Toyota MR2 (SW20) (1990–1999). Auton hankinta hinta on edullinen ja niitä on saatavilla melko paljon. Toyota on tunnettu kattavista ja edullisista varaosista, joten projektilla on hyvät edellytykset vahvaan ja luotettavaan lopputulokseen. Ehkä suurin etu valitussa autossa on se, että siinä on moottori takana. Tämä johtaa siihen, että auto on takavetoinen ja sähkömoottori on helppo asentaa alkuperäisen moottorin tilalle. Polttomoottori on paljon isompi kuin sähkömoottori, joten moottoritilaan jää runsaasti tilaa autoon asennettavia akkuja varten. Kaikkia tarvittavia akkuja ei kannata asentaa moottoritilaan, koska akut ovat painavia ja auton tasapaino voisi kärsiä. Auton tavaratilassa, joka on eturenkaiden väissä, on hyvä paikka sijoittaa osa akuista. Tällöin autoon saadaan riittävästi akkuja pidempääkin ajoa varten, sekä akkujen sijoittelu takaa autolle hyvän tasapainon, joka johtaa hyvään ajettavuuteen.

## 2 SÄHKÖMOOTTORI

### 2.1 Vaihtoehdot

Markkinoilla on useita erilaisia sähkömoottoreita. On vaihtovirtamoottoreita (AC) ja tasavirtamoottoreita (DC). Moottorin valinta on ehkä kriittisin vaihe koko projektissa. Moottorit ovat hyvin erityyppiset ja moottorin valinta vaikuttaa oleellisesti koko autoon. Seuraavaksi käsittelem molempia moottorityyppejä ja kerron niiden ominaisuuksista, joista voi päätellä niiden hyvät ja huonot puolet.

#### 2.1.1 AC-moottori

AC-moottorilla on monta etua suhteessa DC-moottoriin. AC-moottorin ei tarvitse vaihteistoa, kun se asennetaan auton voimalähteeksi. Tämä johtuu siitä, että AC-moottorilla on suuri vääntömomentti ja laaja kierrosalue. Auton ajaminen on näin ollen helpompaa ja tasaisempaa, lisäksi vaihteiston pois jääminen vähentää auton painoa sekä huollettavia laitteita. AC-moottorit ovat DC-moottoreita kalliimpia, mutta AC-moottoreiden hyötysuhde sekä tehopainosuhde ovat parempia. (Marshall Brain, 2002)

#### 2.1.2 DC-moottori

DC-moottorin tehollinen kierrosluku hyötysuhdealue on kapea, joten DC-moottorin yhteydessä joudutaan käyttämään vaihteistoa (Marshall Brain, 2002). Toisaalta, koska kyseessä on ns. urheiluauto, niin monien mielestä urheiluauton kuuluu olla manuaalivaihteinen. DC-moottoreiden ohjainlaitteet ovat yksinkertaisempia ja edullisempia, kuin AC-moottoreiden vaatimat monimutkaisemmat ohjainlaitteet.

## 2.2 Moottorin valinta

### 2.2.1 AC- vai DC-moottori

Tutkittuani internetistä eri valmistajien moottorivaihtoehtoja tämän tyyliseen projektiin, tulin siihen lopputulokseen, että DC-moottori soveltuu parhaiten tähän autoon ja sen käyttötarkoitukseen. Suurin syy on DC-moottoreiden ja ohjainlaitteiden hinta verrattuna AC-moottoreiden vastaaviin tuotteisiin (Sähköautot nyt, 2020). Projektiin valittu auto eli Toyota MR2 (SW20) (1990–1999) on ns. keskimoottorinen auto, eli auton moottori sijaitsee auton takaosassa, taka-akselin edessä. Valitun DC-moottorin ansiosta auton moottoritilaan jää paljon enemmän tilaa uudelle sähkömoottorille, akuille, ohjainlaitteille sekä muille sähkömoottorin tarvitsemille laitteille.

### 2.2.2 Moottorin tyyppi

Sopivin sähkömoottori, Toyota MR2 (SW20) (1990–1999) tyyppiseen autoon on NetGain WarP 9 (NetGain Motors, 1998), DC-moottori. Kuva 1. Moottorin tiedot ja arvot löytyy liitteistä, liitteet 1, 2, 3 ja 4. Koska kyseessä on DC-moottori autoon pitää jättää sen oma vaihdelaatikko paikalleen, johon sähkömoottori kiinnitetään. Niin ikään alkuperäinen kytkin kannattaa säilyttää autossa, jotta vaihteita voi vaihtaa ajon aikana. On myös mahdollista jättää kytkin pois ja liittää sähkömoottori suoraan vaihdelaatikkoon, mutta silloin vaihteiden vaihto ajon aikana on melkein mahdotonta (Sähköautot nyt, 2020).



Kuva 1. NetGain WarP 9  
([http://www.go-ev.com/images/WarP\\_9.jpg](http://www.go-ev.com/images/WarP_9.jpg))

## 3 AKUSTO

### 3.1 Tuotteet ja ominaisuudet

Akkuja on monenlaisia, mutta litiumakut ovat suosituimpia sähköautoissa niiden keveyden ja suuren energiatihedyn ansiosta (Plasmaboy, 1994). Autossa voi käyttää myös ns. perinteisiä akkuja eli lyijyakkuja, mutta ne ovat huomattavasti painavampia ja niiden energiatiheys on heikko verrattuna litiumakkuihin. Markkinoilla on saatavilla paljon erilaisia litiumakkuja, jotka on suunniteltu sähköautoihin ja akut on valmistettu siten, että niistä on helppoa rakentaa akusto eli virtalähde kokonaisuus (Sähköautot nyt, 2020).

### 3.2 Akkujen valinta

Kuten mainittua, markkinoilla on monenlaisia akkuja ja niiden vertailuun voisi käyttää paljon aikaa. Kyseessä olevaan projektiin valitsin **CALB CA100Ah** litiumakkuja. Kuva 2. Akun jännite on 3,2V ja WarP 9 moottorin maksimi jännite on 170V.

$$\frac{\text{Moottorin maksimi jännite (V)}}{\text{Akun jännite (V)}} = \text{Akkujen määrä (kpl)}, \frac{170 \text{ V}}{3,2 \text{ V}} = 53,125 \text{ kpl}, \text{ eli moottorin maksimi jännite jaetaan akun jännitteellä, niin saadaan tarvittavien akkujen määrä. Sopivalla tasaluvulla 50kpl, valituilla akuilla saadaan kokonaisjännitteeksi}$$

$$\text{Akkujen määrä (kpl)} \times \text{Akun jännite (V)} = \text{Kokonais jännite (V)},$$

$$50 \text{ kpl} \times 3,2 \text{ V} = 160 \text{ V}. \text{ Yksi akku painaa 3,4 kg joten 50 akkua tuo autoon 170 kg:n lisäpainon. Tarkemmat tiedot akuista löytyy liitteistä, liitteet 5, 6 ja 7.}$$


Kuva 2. CALB CA100Ah  
<http://www.electrircarpartscompany.com/>



## 4 OHJAINLAITTEET

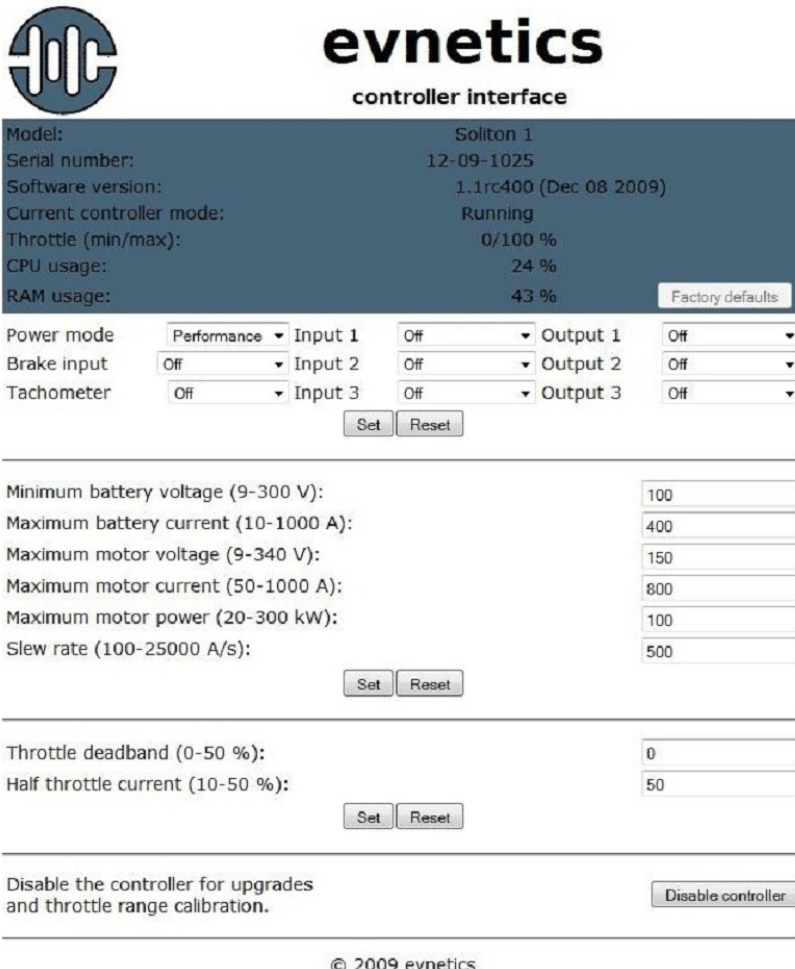
### 4.1 Moottorin ohjain

Moottorin ohjain on yksi tärkeimmistä laitteista mitä sähköautossa on. Minkä tahansa moottorin autoonsa valitseekaan, niin ohjainlaitteella saadaan moottorin "luonnetta" muutettua. Ohjainlaite voidaan ohjelmoida omiin tarpeisiin ja käyttötarkoitukseen sopivaksi (Eric Tischer, 2009). Tässä projektissa on tarkoitus rakentaa urheilullinen ja nopeasti kiihtyvä auto, joten sopivan ohjainlaitteen tulee kestää paljon virtaa ja olla kykeneväinen antamaan suuria virtoja moottorille. Kyseiset kriteerit täyttävät erinomaisesti Envetics Soliton 1. Kuva 3. Soliton 1 on ohjelmoitava ohjainlaite ja siinä on liitännät nestejäähdytykselle, jos sellaiselle tulee tarvetta. Siinä on laaja jännitealue 9-340VDC ja se pystyy syöttämään moottoria 1 000 ampeerilla. Ohjainlaitteen ohjelmointi on helppo toteuttaa laitteen Ethernet portin kautta ja ohjelmointi sivu on selkeä, kuva 4. Kuten kuvasta käy ilmi laitteeseen asetetaan moottorin arvot, sekä akuista saatava jännite ja virta. Lisäksi ohjainlaitteeseen kytketään kaasupoljin, jota käsitellään myöhemmin tekstissä (Envetics Soliton 1, 2011).



Kuva 3. Envetics Soliton 1

([https://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=47](https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=47))



**evnetics**  
controller interface

Model: Soliton 1  
Serial number: 12-09-1025  
Software version: 1.1rc400 (Dec 08 2009)  
Current controller mode: Running  
Throttle (min/max): 0/100 %  
CPU usage: 24 %  
RAM usage: 43 % Factory defaults

Power mode: Performance Input 1: Off Output 1: Off  
Brake input: Off Input 2: Off Output 2: Off  
Tachometer: Off Input 3: Off Output 3: Off

Set Reset

---

Minimum battery voltage (9-300 V):   
Maximum battery current (10-1000 A):   
Maximum motor voltage (9-340 V):   
Maximum motor current (50-1000 A):   
Maximum motor power (20-300 kW):   
Slew rate (100-25000 A/s):

Set Reset

---

Throttle deadband (0-50 %):   
Half throttle current (10-50 %):

Set Reset

---

Disable the controller for upgrades and throttle range calibration. Disable controller

© 2009 evnetics

Kuva 4. Envetics ohjelmointi sivu  
([http://www.evsource.com/tls\\_Soliton1.php](http://www.evsource.com/tls_Soliton1.php))

#### 4.2 Muut laitteet

Sähköauto tarvitsee monta muuta laitetta, jotta se saadaan toimimaan ja sitä voidaan käyttää. Auton tarvitaan laturi ja kaasupoljin, joka sopii yhteen moottorin ohjaimen kanssa (Brusa Motors, 1985). Muita tarvikkeita, jotka eivät ole pakollisia ovat, sähköinen sisätilan lämmitin ja sähköinen jarru- ja ohjaustehostin. Laturiksi soveltuu El-Con PFC 2500 (ElCon, 1990), kuva 5. Kaasupoljin, jonka saa liitettyä valittuun Envetics Soliton 1 moottorin ohjainlaitteeseen on WarP-Drive ns. Hall-ilmiö poljin, kuva 6. Usein polttomoottoriautoissa on vajjerilla toimiva kaasupoljin, jota ei voida käyttää sähkömoottorin yhteydessä ilman, että rakentaa erillisen potentiometrin, jota poljin säätää. Uudemmissa autoissa on sähköisiä kaasupolkimia, jotka voidaan liittää suoraan sähkömoottorin ohjainlaitteeseen. Sähköisiä sisätilan lämmittäjiä löytyy monenlaisia ja niiden käyttö riippuu auton käyttötarkoituksesta, joten en nosta mitään tiettyä laitetta

esille. Sähköinen jarrutehostin on hyvä olla, jotta jarruista saadaan paras mahdollinen teho irti. Moni sähköautoille tarkoitettu jarrutehostin pumpuista on niin pieniä, että niiden yhteydessä kannattaa käyttää alipainesäiliötä, jotta jarrut toimivat koko ajan moitteettomasti (Electric Porsche, 2011). Markkinoilla on myös kattavia paketteja, jotka sisältävät alipainepumpun, letkut, automaattisen sammutuskytkimen ja releen. Evsourse.com sivuilta löytyy hyvä paketti, joka sisältää kaiken tarpeellisen sähköiseen jarrujen tehostukseen, paketin nimi on Ultra-Quiet Complete Vacuum Assist Kit. Ohjaustehostinta en suosittele tähän autoon siksi, että ajotuntuma on mahdollisimman hyvä, jos ei ole tehostettua ohjausta (Electric Eclipse, 2008). Kyseessä on kuitenkin urheiluauto, jolloin tavoitteena on rakentaa auto, jota on hyvä ajaa, eikä autoa, jolla on kiva ajaa taskuparkkiin kauppareissulla (Angus MacKenzie, 2013).



Kuva 5. ElCon PFC 2500

([http://www.evwest.com/catalog/product\\_info.php?cPath=12&products\\_id=98](http://www.evwest.com/catalog/product_info.php?cPath=12&products_id=98))



Kuva 6. WarP-Drive Hall-effect pedal assembly HEPA

([http://www.evsource.com/tls\\_throttle\\_pedal.php](http://www.evsource.com/tls_throttle_pedal.php))

## 5 AUTO

### 5.1 Auton kriteerit

Autoa valittaessa tärkeimmäksi ominaisuudeksi nousi urheilullisuus. Auton tulisi olla kevyt ja ketterä. Mahdollisimman edullinen, takavetoisuus olisi plussaa ja mahdolliset varaosat helposti saatavilla, ne myöskin edullisesti. Yksi auto oli ylitse muiden ja autoksi valittiin *Toyota MR2 (SW20) (1990–1999)*, kuva 7. Se on kaskipaikkainen urheiluauto, joka on kevyt, edullinen, takavetoinen ja varaosia on suhteellisen helppo ja edullista hankkia. Kaikkien näiden kriteereiden lisäksi autossa on moottori takana, taka-akselin päällä. Tämä on eduksi monessa asiassa, jotka liittyvät auton muuttamiseen polttomoottoriautosta sähköautoksi.



Kuva 7. Toyota MR2 (SW20) (1990–1999)  
(<http://jfs24.com/reviews/toyota-mr2.html>)

## 5.2 Auton rakenne

### 5.2.1 Kori

Toyota MR2:n kori on urheiluautomaisesti lyhyt, matala ja leveä. Auton muuttaminen sähköautoksi ei edellytä muutoksia auton koriin tai sen rakenteisiin. Kaapeleita varten pitää tietenkin suunnitella reitit ja tehdä vaadittavat läpivientireiät asianmukaisilla tiivistyksillä sekä mekaanisilla suojuuksilla. Moottoritila on yllättävän tilava auton muuhun kokoon nähden ja suurin syy siihen on moottoritilan korkeus, joka johtuu siitä, että moottori on sijoitettu auton takaosaan. Moottori tilan koko helpottaa sähkömoottorin ja akkujen sijoittelussa sekä tulevissa huoltotöissä.

### 5.2.2 Tekniikka

Auto soveltuu erinomaisesti pohjaksi rakentaa urheilullinen sähköauto, koska auton oma tekniikka vastaa ns. kovaan ajoon tarkoitettuja osia. Alustan osia kuten jarruja, pyörän tuentoja ja muita vastaavia osia ei tarvitse uusia, koska ne ovat riittävän laadukkaita ja vahvat tähän projektiin. Sähköisen jarrutehostimen autoon kannattaa asentaa mutta pakko se ei ole. Aikaisemmin tekstissä olen maininnut eri vaihtoehtoista ja suosittelen valmis pakettia.

## 6 LOPULLINEN AUTO

### 6.1 Moottorin sijoitus

Tuleva sähkömoottori kannattaa asentaa suoraan polttomoottorin tilalle, koska auton oma vaihdelaatikko jää käyttöön. Sähkömoottorille pitää rakentaa kannakkeet, joiden päällä moottorin paino lepää (Kurt Larson, 2013). NetGain WarP 9 moottorissa on kierteisiä reikiä, joista se voidaan pultata kiinni. Moottoriin on myös mahdollista ostaa valmiit kannatinraudat, mutta kyseisille raudoille tulee silti rakentaa kiinnityskohdat.

## 6.2 Akkujen sijoittelu

Urheiluauton yksi tärkeimmistä ominaisuuksista ajotuntuman, ajettavuuden ja auton käyttäytymisen kannalta on auton tasapaino. Moottorin ollessa takana, osa akuista kannattaa sijoittaa moottoritilaan ja osa auton keulaan, jotta ihanteellinen 50:50 (etuakseli: taka-akseli) painojakauma saavutettaisiin. Akkujen ollessa eri paikoissa, kaapelointi hankaloituu ja luo omat haasteensa, mutta kyseessä on urheiluauto ja silloin panostetaan ajettavuuteen, ei käytännöllisyyteen. Sijoittelu helpottaa akkujen huoltoa, koska ne ei ole toistensa päällä, joten niihin pääsee helpommin käsiksi.

## 6.3 Muut laitteet

Kyseinen MR2 on kaksi paikkainen, joten takapenkkiä ei ole. Auton niin kutsuttu tulipelti, joka on moottoritilan ja ohjaamon välinen seinä. Siihen on hyvä ja helppo asentaa moottorinohjain, laturi, mahdollinen sähköinen jarrutehostin ja muut laitteet. Siinä niillä on kuiva ja lämmin paikka ja niihin on helppo päästä käsiksi ja huoltaa. Tarvitavat kaapeloinnit on helppo vetää moottoritilaan moottorille sekä akuille ja auton keulaan akuille.

## 7 YHTEENVETO

Tavallisesta urheilullisesta autosta, urheilullisen sähköauton tekeminen ei ole työosuudeltaan loputtoman vaativa, mutta kuten monessa muussakin asiassa suunnittelu ja asioiden etukäteen miettiminen helpottaa ja nopeuttaa projektia.

Valittu auto eli *Toyota MR2 (SW20) (1990–1999)* on mukava alusta lähtäen rakentamaan urheilullista sähköautoa. Muutoksia itse autoon tehdään vain vähän, sähkömoottorin ja akkujen asentamiseksi.

Moottoriksi valikoitui *NetGain WarP 9*, ohjainlaite on *Envetics Soliton 1* ja autoon asennetaan 50kpl *CALB CA100Ah* akkuja. Akkuista saadaan 160V ja Soliton 1 ohjainlaite pystyy syöttämään moottoria 1000A:n virralla, jolla moottori tuottaa 321Nm:n vääntövoiman. Näillä arvoilla 5 500r/min kiertävä moottori, yhdessä auton alkuperäisen vaihteiston kanssa pitäisi riittää urheilulliseen ajoon.

Moottori painaa 65 kg ja 50kpl akkuja 170 kg, joten yhteispainon lisäys on noin 220 kg. Lisäksi tulee moottorin ohjain, laturi, sähköinen jarrutehostin ja kaapelit. Autosta otetaan pois polttomoottori, polttoainetankki ja jäähdytinjärjestelmä kennoineen, joten auton kokonaispaino ei tule oleellisesti muuttumaan.

Akkujen sijoittelulla saadaan auton painojakauma säädeltyä ja päästään helposti ihanne tulokseen, jossa etu- ja taka-akselille tulee yhtä suuri kuorma. Ihanteellinen painojakauma takaa autolle hyvän ajo-ominaisuuden sekä ajettavuuden.

## LÄHTEET

Viittaustyyli	Lähdeluettelo	Tekstin sisäinen viite
APA	<p><a href="#">Marshall Brain</a> "How Electric Cars Work" 27.3.2002. HowStuffWorks.com. <a href="https://auto.howstuffworks.com/electric-car.htm">https://auto.howstuffworks.com/electric-car.htm</a> 8.9.2020</p>	(Marshall Brain, 2002)
	<p>Sähköautot wiki, foorumi <a href="http://www.sahkoautot.fi/wiki:moottori">http://www.sahkoautot.fi/wiki:moottori</a> 17.9.2020</p>	(Sähköautot nyt, 2020)
	<p>NetGain Motors, 1998 <a href="http://www.go-ev.com/">http://www.go-ev.com/</a> 17.9.2020</p>	(NetGain Motors, 1998)
	<p>Brusa Motors, 1985 <a href="https://www.brusa.biz/en.html">https://www.brusa.biz/en.html</a> 17.9.2020</p>	(Brusa Motors, 1985)
	<p>Eric Tischer, 2009 <a href="http://etischer.com/awdev/">http://etischer.com/awdev/</a> 17.9.2020</p>	(Eric Tischer, 2009)
	<p>Kurt Larson, 2013 <a href="http://kurtsprojects.blogspot.fi/">http://kurtsprojects.blogspot.fi/</a> 17.9.2020</p>	(Kurt Larson, 2013)
	<p>Envetics, 2011 <a href="https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=47">https://www.evwest.com/catalog/product_info.php?products_id=47</a> 17.9.2020</p>	(Envetics Soliton 1, 2011)
	<p>Angus MacKenzie, 16.2.2013 <a href="http://www.gizmag.com/sri-electric-off-road-racer/26242/">http://www.gizmag.com/sri-electric-off-road-racer/26242/</a> 17.9.2020</p>	(Angus MacKenzie, 2013)



	<p>ElCon, 1990</p> <p><a href="http://www.elconchargers.com/catalog/item/7344653/7638094.htm">http://www.elconchargers.com/catalog/item/7344653/7638094.htm</a></p> <p>17.9.2020</p>	<p>(ElCon, 1990)</p>
	<p>Electric Porsche, 2011</p> <p><a href="http://eporsche911.blogspot.com/">http://eporsche911.blogspot.com/</a></p> <p>17.9.2020</p>	<p>(Electric Porsche, 2011)</p>
	<p>EV Dragster, 1994</p> <p><a href="http://www.plasmaboyracing.com/">http://www.plasmaboyracing.com/</a></p> <p>17.9.2020</p>	<p>(Plasmaboy, 1994)</p>
	<p>Electric Eclipse, 2008</p> <p><a href="http://www.islandpatent.com/EDE.htm">http://www.islandpatent.com/EDE.htm</a></p> <p>17.9.2020</p>	<p>(Electric Eclipse, 2008)</p>

# NetGain Motors, Inc.

900 North State Street / Suite 101 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)

## WARP 9™

Part Number 00-08219

**C.E. END (REF)**

- (4) THRU HOLES 5/16-18-UNC-7A W/W NUTS & LOCKWASHERS
- (2) 1/4-20 UNC-2B 1.50 DEEP ON A 2.50 D.C. 0.270
- 1.500 DIA THRU HOLE
- 2.000 DIA 2.895
- 3/8-16-UNC-2B x .750 DEEP
- KEYWAY .1875 D.A x .8775
- KEYWAY .2327,250 WIDE x .1267,130 DEEP x .125 LONG

**D.E. END (REF)**

- (2) LIFF EYE HOLES 2.500 D.A THRU HOLE
- 4.000 DIA 3.997 PILOT
- KEYWAY .6887,687 DIA x .750 DEEP

DESCRIPTION			
9" DIA. 3 POSITION TIMING, ASSEMBLED WITH ADVANCED TIMING CCW DE ROTATION, KEVED BOTH ENDS, SEE DETAILS			

ROTATION - REVERSIBLE

C.W.D.E.  
CONNECT S-1 TO ONE BATTERY TERMINAL  
CONNECT S-2 TO A-1  
CONNECT A-2 TO OTHER BATTERY TERMINAL

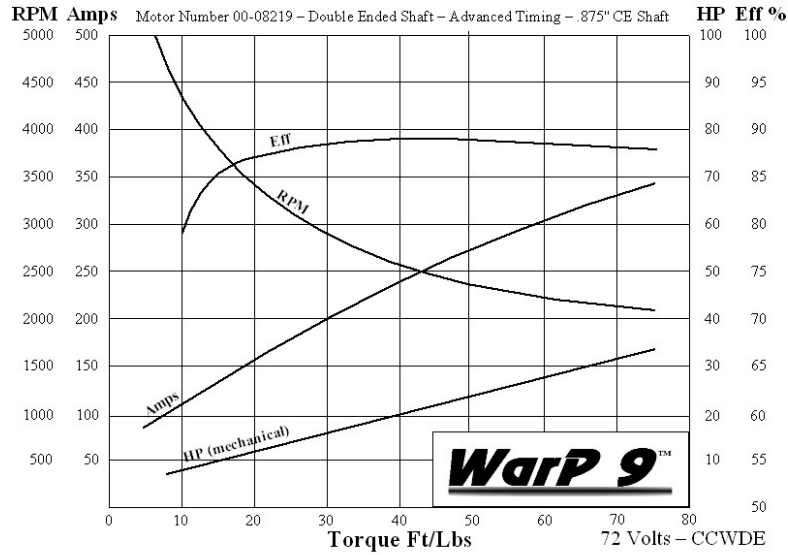
C.C.W.D.L.  
CONNECT S-1 TO ONE BATTERY TERMINAL  
CONNECT S-2 TO A-2  
CONNECT A-1 TO OTHER BATTERY TERMINAL

<b>WARFIELD ELECTRIC CO., INC.</b>		175 INDUSTRIAL AVENUE/FRANKFORD, IL 62423-1695	
DATE REVISION	BY	DATE	REVISION
200008219	M.H.	08/1/08	MOTOR OUTLINE
DESCRIPTION IN DETAIL	REV	DATE	DESCRIPTION
WARP 9	08/1/08	08/1/08	WARP 9
REV	DATE	DESCRIPTION	REV
001	08/1/08	200008219	001

This motor is a stocked item

# NetGain Motors, Inc.

900 North State Street / Suite 101 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)



# NetGain Motors, Inc.

900 North State Street / Suite 101 / Lockport, IL 60441 / 630-243-9100 / 630-685-4054 (FAX)

Motor Number 00-08219 - Double Ended Shaft - Advanced Timing - .875" CE Shaft

Counter Clockwise Rotation			Plot Results		Advanced timing					
Test voltage			P/N	00-08219	Droop Data	Volts	Ri			
72			Advanced timing CCWDE							
lbs.-ft.	amps	rpm	volts	lbs.-ft.	amps	rpm	H.P.e	H.P.m	eff. %	
5	81.8	5582	72.0	5.0	81.8	5582	7.9	5.3	67.3	
7	93.8	5033	72.0	7.0	93.8	5033	9.1	6.7	74.1	
10	108.5	4429	72.0	10.0	108.5	4429	10.5	8.4	80.5	
12	120.5	4128	72.0	12.0	120.5	4128	11.6	9.4	81.1	
15	136.3	3769	72.0	15.0	136.3	3769	13.2	10.8	81.8	
20	154.8	3425	72.0	20.0	154.8	3425	14.9	13.0	87.3	
25	173.8	3147	72.0	25.0	173.8	3147	16.8	15.0	89.3	
30	196.3	2908	72.0	30.0	196.3	2908	18.9	16.6	87.7	
40	241.8	2601	72.0	40.0	241.8	2601	23.3	19.8	84.9	
50	264.8	2387	72.0	50.0	264.8	2387	25.6	22.7	88.9	
60	307	2233	72.0	60.0	307.0	2233	29.6	25.5	86.1	
70	334.5	2158	72.0	70.0	334.5	2158	32.3	28.8	89.1	

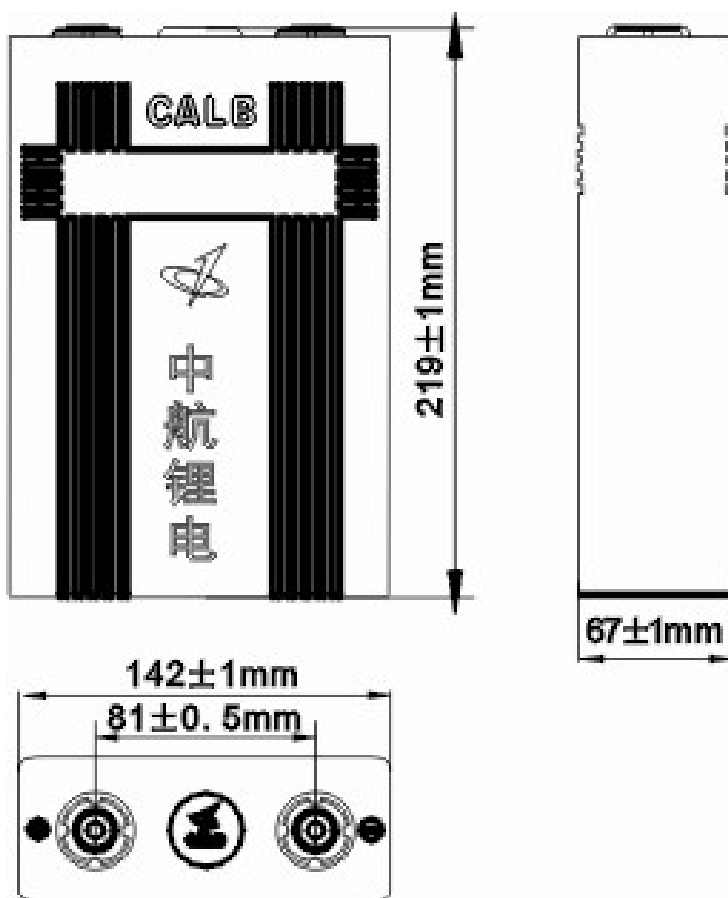


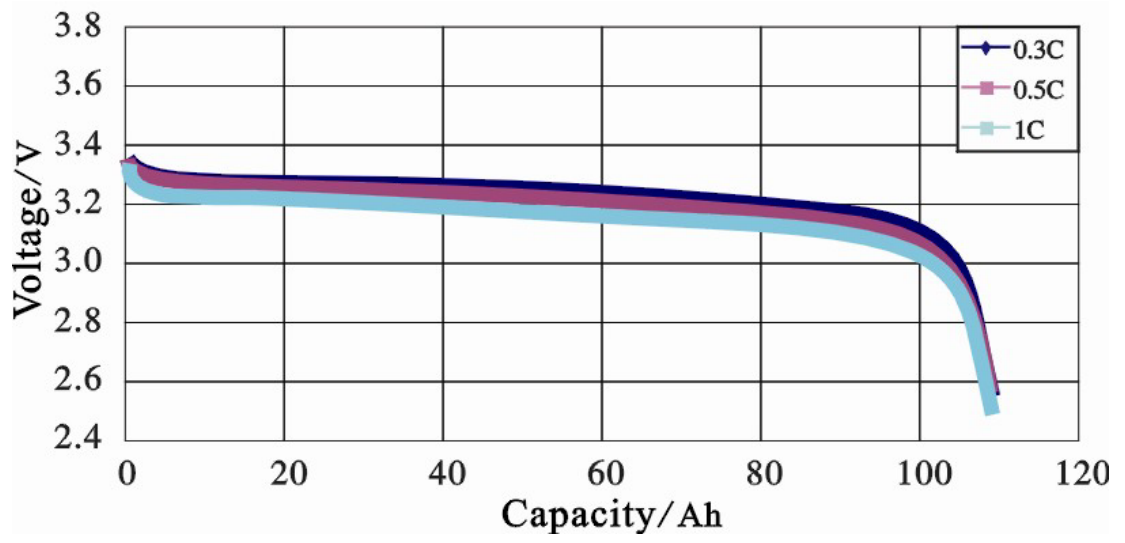
## LIITE 4

<b>Moottori</b>	<b>Suosittelun maksimi paino</b>	<b>Jatkuva rpm</b>	<b>Maksimi rpm</b>	<b>Maksimi jännite</b>
WarP 9	1633 kg	3500	5500	170 V

<b>Moottori</b>	<b>Vääntö (300 A)</b>	<b>Vääntö (1000 A)</b>	<b>Vääntö (1400 A)</b>
WarP 9	80,4 Nm	321 Nm	460 Nm

<b>Moottori</b>	<b>Halkaisija</b>	<b>Pituus</b>	<b>Paino</b>
WarP 9	23,5 cm	51,28 cm	65 kg





### Technical Parameters

No	Item		Parameter Specification
1	Nominal Capacity		100Ah@ 0.3C Discharging
2	Minimum Capacity		100Ah@ 0.3C Discharging
3	Nominal Voltage		3.2 V
4	Internal Resistance		≤0.9mΩ
5	Charging(CC-CV)	Maximum Charging Current	1C
		Charging Upper Limit Voltage	3.65V
6	Discharging	Maximum Discharging Current	2C
		Discharging Cut-off Voltage	2.5V
7	Charging Time	Standard Charging	4h
		Quick-acting Charging	1h
8	Recommended SOC Usage Window	SOC : 10%~90%	
9	Operation Thermal Ambient	Charging	0°C ~ 45°C
		Discharging	-20°C ~ 55°C
10	Storage Thermal Ambient	Short-term (within 1 month)	-20°C ~ 45°C
		Long term (within 1 year)	-20°C ~ 20°C
11	Storage Humidity		<70 %
12	Battery Weight		Around 3.4kg
13	Shell Material		Plastic



