

Kalle Koskinen

Johtosarjan suunnittelu ConceptCar-hankkeeseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

23.5.2014

Tekijä(t) Otsikko	Kalle Koskinen Johtosarjan suunnittelu ConceptCar-hankkeeseen
Sivumäärä Aika	19 sivua + 2 liitettä 23.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja(t)	Projektipäällikkö Harri Santamala Autoelektroniikan lehtori Vesa Linja-aho
<p>Tämän insinöörityön tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa korielektroniikan johtosarja ConceptCar-hankkeeseen. Johtosarjan tarkoitus on jakaa erilaiset virta- ja signaalijohdot ajoneuvon eri toimilaitteille.</p> <p>ConceptCar-hanke on Metropolia Ammattikorkeakoulun suunnittelu- ja kehitysprojekti, jossa tavoitteena on luoda ympäristöystävällinen ja tieliikennekelpoinen kaupunkiauto. Ajoneuvo esiteltiin menestyksekkäästi Geneven autonäyttelyssä 2014</p> <p>Työn suunnittelu aloitettiin kartoittamalla ajoneuvon sähköjärjestelmän yleiset vaatimukset ja ajoneuvon tulevat toimilaitteet, minkä jälkeen ajoneuvon tulevat osat mallinnettiin ja näistä tehtiin tilanvaraus ajoneuvon. Näiden perusteella mallinnettiin ja määriteltiin ajoneuvon tulevat johtimet</p> <p>Työn tavoitteet saavutettiin osittain, johtosarja saatiin suunniteltua, mutta ajanpuutteen vuoksi kokonaista johtosarjaa ei ehditty valmistaa.</p>	
Avainsanat	ConceptCar, johtosarja

Author(s) Title	Kalle Koskinen Designing the Wiring Harness for the ConceptCar-project
Number of Pages Date	19 pages + 2 appendices 23 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor(s)	Harri Santamala, Project Manager Vesa Linja-aho, Senior Lecturer in Automotive Electronics
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to design and manufacture body electronics wiring harness for the ConceptCar-project. The purpose of the wiring harness is to distribute power and signals within a motor vehicle.</p> <p>ConceptCar-project is a Helsinki Metropolia UAS design and development project and its aim is to create an environmentally -friendly, road-legal compact city car. The vehicle was introduced at the 2014 Geneva Motor Show.</p> <p>The design of the wiring harness was started by mapping out the general requirements of the vehicle's electrical system and electrical equipment's possible location. After that the equipment was modeled and its location was determined in the vehicle. Wires were designed based on this information.</p> <p>The objectives were partially met, the wiring harness was planned, but only a small part of the wiring harness could be manufactured.</p>	
Keywords	ConceptCar, Wiring harness

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suunnittelu	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Johtosarjan vaatimukset	3
2.3	Suunnittelun aloitus	4
3	3D-suunnittelu	5
3.1	Yleistä	5
3.2	Aloitusp	5
3.3	Kojelauta	6
3.4	Johtojen mallinnus	8
3.5	Johtimien suojaus	8
4	Sähkösuunnittelu	9
4.1	Johtimien poikkipinta-ala	9
4.2	Materiaalit	9
4.3	Maadoitus	9
4.4	Jännitehäviö	10
4.5	Virrankesto	11
4.6	Johtimien merkitseminen	11
4.7	Liitinten ja johtimien määrittäminen ja etsiminen	12
4.7.1	KytKentärasia	12
4.7.2	Takaluukku	14
4.7.3	Ovet	14
4.8	Läpiviennit	15
4.9	Kiinnitys	16
5	Valmistus	16
5.1	Yleistä	16
5.2	Piirustuksen tekeminen	16
5.3	Valmistaminen	17
6	Yhteenveto	17

Liitteet

Liite 1. Sähköiset toiminnot

Liite 2. Johtimet

Lyhenteet

CATIA	Computer Aided Three-dimensional Interactive Application. 3D-mallinnusohjelmisto.
CJB	Center Junction Box. Keskimäinen kytkentärasia.
EMC	Electromagnetic compatibility. Sähkömagneettinen yhteensopivuus.
FJB	Front Junction Box. Etummainen kytkentärasia.
IVI	In-Vehicle Infotainment. Ajoneuvoon integroitu info- ja viihdejärjestelmä.
Ω	Ohmi. Resistanssin mittayksikkö.
PLC	Programmable logic controller. Ohjelmoitava logiikka.
RJB	Rear Junction Box. Takimmainen kytkentärasia.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on suunnitella ja valmistaa ajoneuvon korielektroniikan johtosarja Metropolia Ammattikorkeakoulun ConceptCar-projektiin. ConceptCar on kestävä kehityksen ajoneuvo, jossa käytetään uusiutuvia luonnon materiaaleja mm. korissa ja sisustassa.

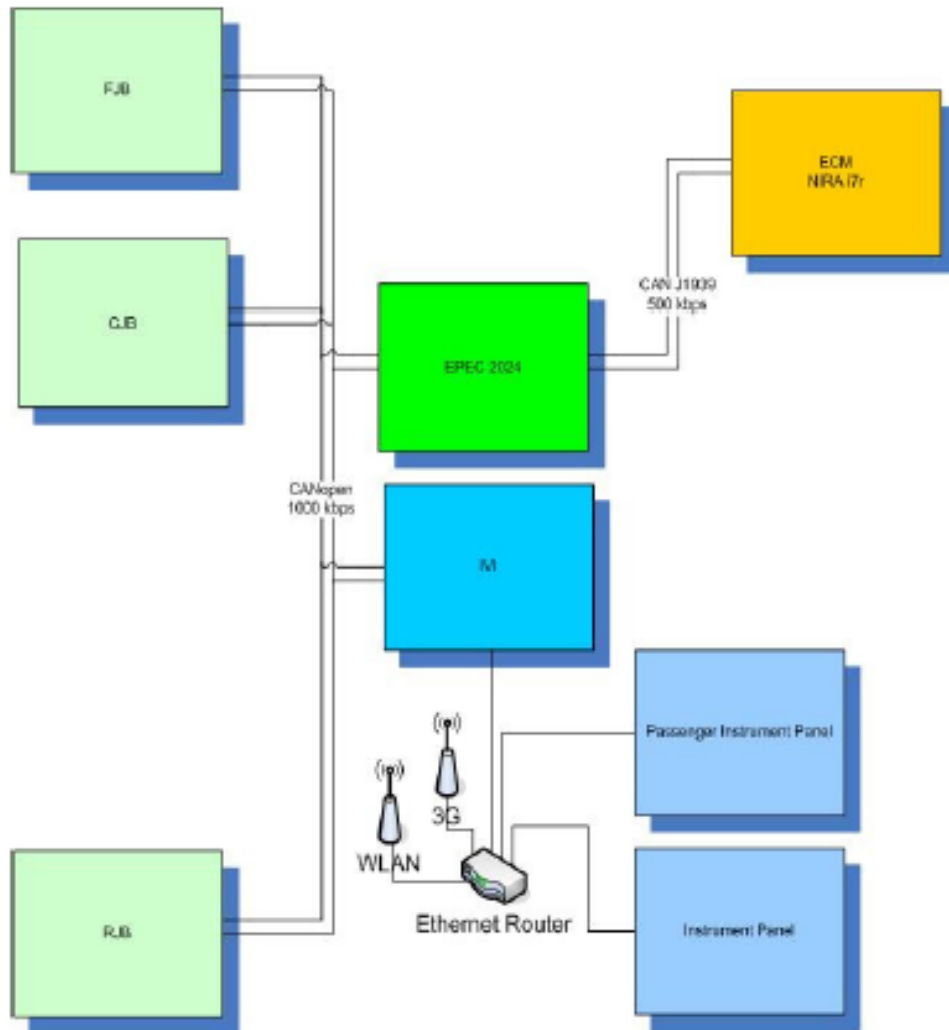
Työ toteutetaan Metropolia Ammattikorkeakoulun Tekes-rahoitteiseen ConceptCar-hankkeeseen, jonka tavoitteena on suunnitella ja toteuttaa kompakti tieliikenneläillinen kaupunkiauto. Auto julkistettiin keväällä 2014 Geneven kansainvälisessä autonäyttelyssä.

Työ aloitettiin käymällä läpi sähköjärjestelmän yleiset vaatimukset ja ajoneuvoon tulevat toimilaitteet niiltä osin kuin ne olivat tiedossa kyseisessä projektin vaiheessa. Tämän jälkeen selvitettiin, mitä laitteita ajoneuvoon oli tulossa ja mihin ne oli mahdollisesti mekaanisesti tai sähköisesti kytketty. Työtä jatkettiin sähkölaitteiden mallintamisella. Tilanvaraus ja johtojen fyysinen mallinnus oli seuraavana vuorossa. Lopuksi valmistettiin vielä pieni osa auton johtosarjasta.

2 Suunnittelu

2.1 Yleistä

Ajoneuvon korisähköjärjestelmä (kuva 1) rakennetaan CANopen-verkon ympärille. Korielektroniikan ohjaimena toimii Epec 2024 -PLC-ohjainlaite. Laitteessa on kaksi CAN-väylää joista toista käytetään kytkentärasioiden ohjaamiseen sekä IVI-järjestelmän eli kuljettajan info- ja viihdejärjestelmän tiedonsiirtoon. Toinen väylä on yhteydessä NIRA-moottorinohjainlaitteeseen.



Kuva 1. Ajoneuvon sähköjärjestelmän järjestelmäkaavio (1, s. 6)

KytKentärasioita on ajoneuvoon suunniteltu kolme: yksi konetilaan (FJB), yksi kojelaudan alle (CJB) ja yksi ajoneuvon taakse tavaratilan alle (RJB). KytKentärasia on ajoneuvossa komponentti, joka ohjaa ja syöttää virtaa erilaisille toimilaitteille. Jokaisella kytKentärasialla on 64 kappaletta tuloja ja lähtöjä:

- 16 analogituloa
- kahdeksan PWM-lähtöä eli pulssisuhdemoduloitua lähtöä
- 20 digitaalista lähtöä
- 12 digitaalista sisääntuloa
- kahdeksan digitaalisiksi sisään- tai ulostuloksi konfiguroitavaa kanavaa.

Lisäksi kytkentärasioihin voi tulla eri tehonkestoisia puolijohdekytkimiä ja pienempiä yksilöityjä ohjainlaitteita esimerkiksi ajoneuston osalta. (1, s. 5.)

2.2 Johtosarjan vaatimukset

Johtosarjan tarkoituksena on jakaa erilaiset virta- ja signaalijohdot ajoneuvon eri toimilaitteille. Nykypäivän keskiluokan henkilöautossa keskitason varusteilla on noin 750 erilaista johtoa, joiden kokonaispituus on noin 1500 metriä. Viime vuosina johtimien liityntäpisteiden määrä on käytännössä kaksinkertaistunut jatkuvasti lisääntyvien toimintojen vuoksi. Johtosarjoilla on myös merkittävä vaikutus ajoneuvon hintaan, laatuun ja toimintavarmuuteen. Johtosarjan suunnittelussa on otettava huomioon mm. seuraavat asiat:

- EMC eli sähkömagneettinen yhteensopivuus
- järjestelmän tiiveys
- lämpötilat ja jäähdytys
- johtimien ja liittimien suojaus
- johtimien reititys.

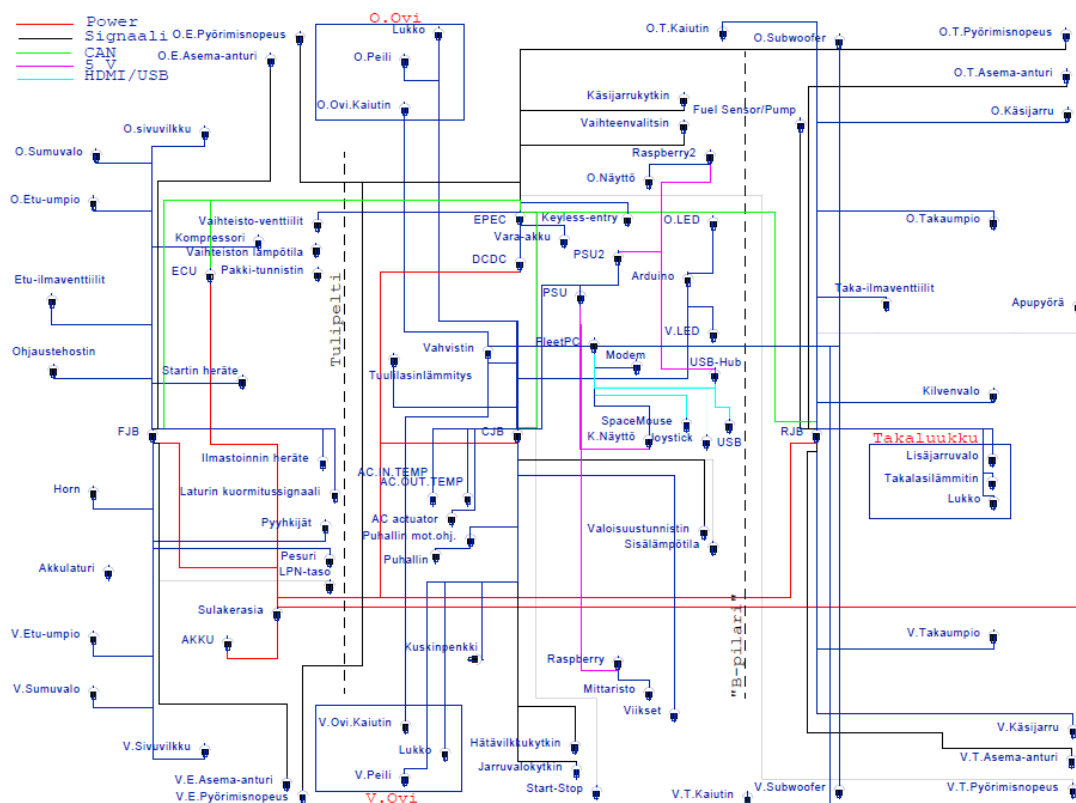
Tärkeimmät tehtävät johtosarjan suunnittelussa ovat

- johtimien poikkipinta-alojen määrittäminen.
- materiaali valinnat.
- sopivien liittimien valinnat.
- johtojen reititykset.

Johtimien reitityksessä tulee ottaa huomioon erityisesti ympäristön lämpötila, värähtelyt sekä EMC. (2, s. 394.)

2.3 Suunnittelun aloitus

Johtosarjan suunnittelu aloitettiin selvittämällä, mitä komponentteja ajoneuvoon tulee ja mihin muihin laitteisiin ne ovat sähköisesti tai mekaanisesti kytkettyinä. Myös toimilaitteiden mahdollinen sijainti autossa suunniteltiin. Selvityksen pohjalta piirrettiin sähkökaavio ajoneuvon sähköjärjestelmästä. Kaavion piirroksessa käytettiin kotimaista Vertex ED -sähkösuunnitteluohjelmaa. Ohjelmaan päädyttiin sen Suomen teollisuudessa olevan yleisyyden, kotimaisuuden, johtosarja työkalujen ja erityisesti opiskelijalisenssin saatavuuden takia. Kaaviossa (kuva 2) laitteet on sijoitettu niin kuin ne todennäköisesti tulevat kiinni autoon.



Kuva 2. Korielektronikan johtokaavio

Projektissa oli jo aloitettu toimilaitteiden listaaminen (taulukko 1), josta näkyi muun muassa toimilaitteiden toiminnot, mihin ne on sähköisesti kytketty, mistä ne saavat virransyötön, virrantarve ja onko komponentti jo valittu. Tätä taulukkoa täydennettiin jatkuvasti työn edetessä. Koko taulukko löytyy liitteestä 1.

Taulukko 1. Esimerkki ajoneuvon sähköisistä toiminnoista

Function	Input from	HW / Ctrl	Power from	Muuta	5 v	D I	D O	A I	A O	C O	P W M	Current	Component
Battery charger	Wire	Hard wired	AC	Lohkolämpöparin johtoon kiinni				1				< 1 AC	DEFA
Cylinder block heater	Switch	Hard wired	AC	Lohkolämpöparin johtoon kiinni		1						5 AC	Alustava suunnitelma
Electric mirrors	Physical buttons	Cont roller	CJB	Outputteja jokunen? X, Y, peilin lämmitys			6					< 1	POLO
Locks	Remote control / Mechanical lock	Cont roller	CJB	Front doors + rear lid			6					< 1	Polo / NFC systeemi
Door position sensors	Switch in door locks	Cont roller	CJB	kytkin sarjassa oven huomivalon kanssa		2						-	
Front window wipers	Wiper switch	Cont roller	FJB				1				1	10	Valeo 405.127
Front window headlight washer	Wiper switch 1 pos	Cont roller	FJB				1					4	Polo
Washer fluid level sensor	Sensor		FJB										

3 3D-suunnittelu

3.1 Yleistä

Johtosarjan fyysinen suunnittelu toteutetaan Dassault Systemesin Catia-ohjelmistolla. Johtosarjan mallintamiseen on markkinoilla useita eri ohjelmia, mutta koska oppilaitoksella on lisenssit Catia-ohjelmaan sekä suurin osa projektin mallinnuksista on tehty kyseisellä ohjelmalla, oli Catia luonnollinen valinta. Projektilla on myös käytössä Catian ohessa SmarTeam-tuotteen elinkaarenhallintaohjelmisto, johon kaikki mallinnustiedot tallentuvat ja niistä jää myös vanhat versiot talteen.

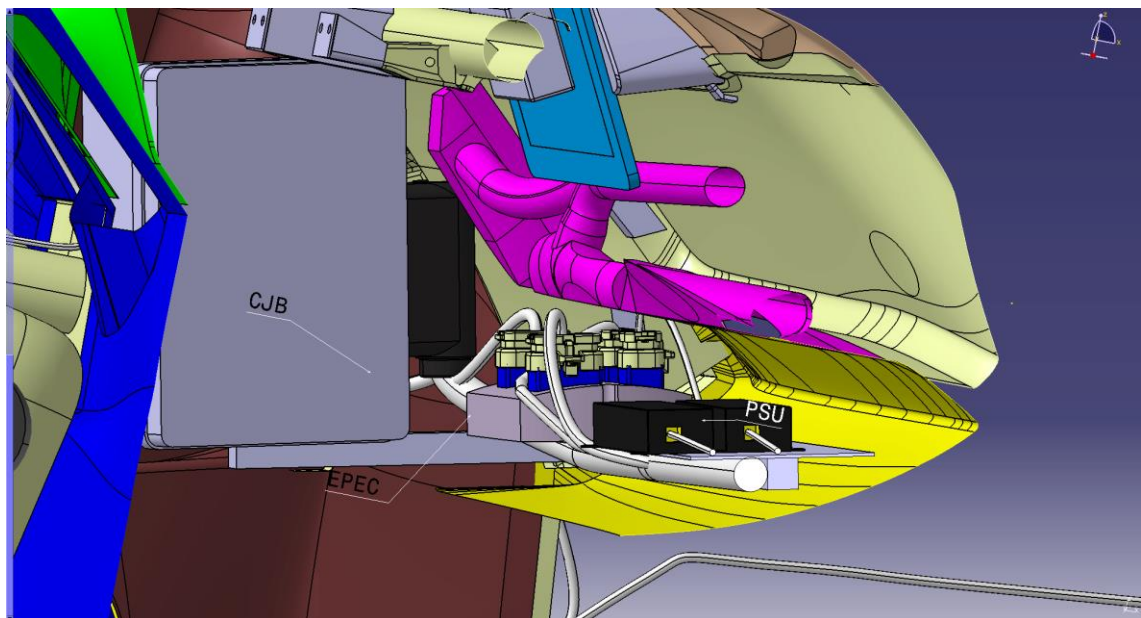
3.2 Aloitus

Suurimpien komponenttien paikkojen valinta oli aluksi vuorossa, sillä ajoneuvon suunnittelu ja valmistaminen oli siinä määrin kesken, että komponenteilla oli muiden osien kanssa monia eri paikka vaihtoehtoja. On tietenkin helpompi yhdessä etukäteen miettiä komponenttien paikkoja muiden osa-alueiden kanssa kuin että ne laitettaisiin lopuksi käytännössä ainoisiin vapaisiin paikkoihin. Ensiksi yritettiin löytää paikat kaikille kolmel-

le kytkentärasialle sekä IVI-järjestelmän tietokoneelle, koska kyseiset komponentit olivat reilusti isompia kuin muut autoon tulevat sähkölaitteet. Näiden komponenttien lisäksi suurista osista oli tiedossa vasta EPEC-PLC-ohjainlaite. Työ eteni näiden komponenttien paikkojen määrittelyllä, jonka jälkeen päästiin suunnittelemaan johdotuksia ajoneuvon sisällä.

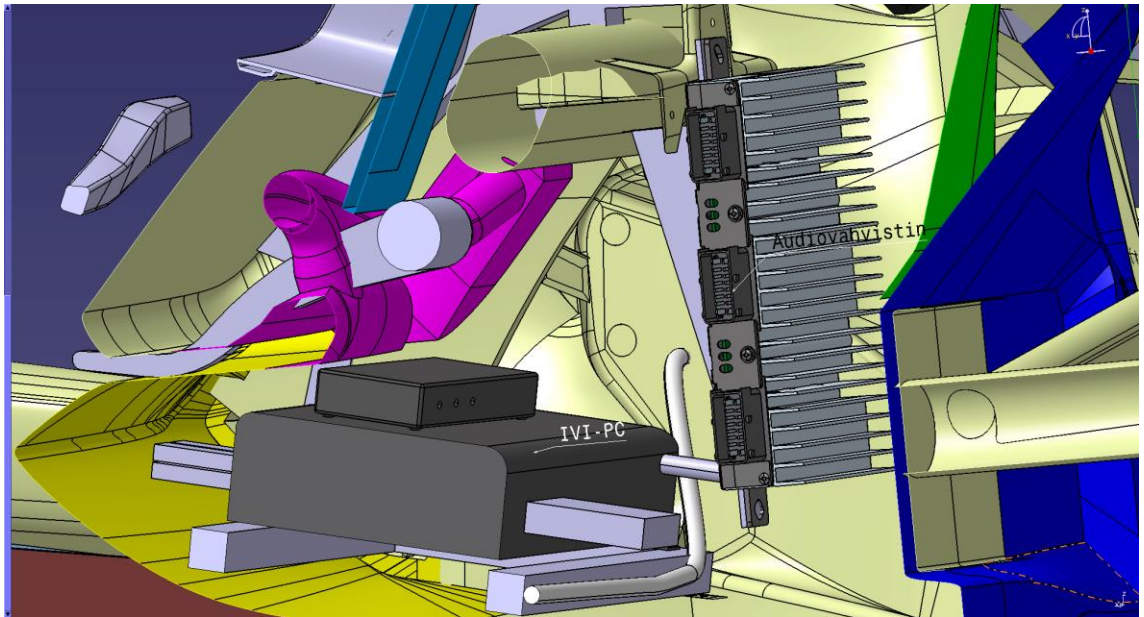
3.3 Kojelauta

Kojelaudan alle suurimmat tulevat komponentit ovat keskimmäinen kytkentärasia (CJB), EPEC PLC-moduuli, PSU:t eli (power supply unit) virtalähteet, IVI-tietokone ja vahvistin. EPEC ja kytkentärasia sijoitettiin kojelaudan oikealle puolelle, lähinnä kytkentärasian helpon pääsyn takia tulevia muutoksia ja korjauksia varten. Kojelaudan tukihikkoon suunniteltiin taso, johon PSU:t ja muut mahdolliset pienemmät toimilaitteet pystytään helposti sijoittamaan. Yksi PSU syöttää EPEC:lle tarvittavan 24 V:n jännitteen, toinen PSU puolestaan syöttää 5 V:n jännitteen näyttöjä ohjaaville Raspberry Pi -laitteille. Kuvassa 3 on havainnollistettu laitteiden sijoittuminen kojelaudan oikealle puolelle.



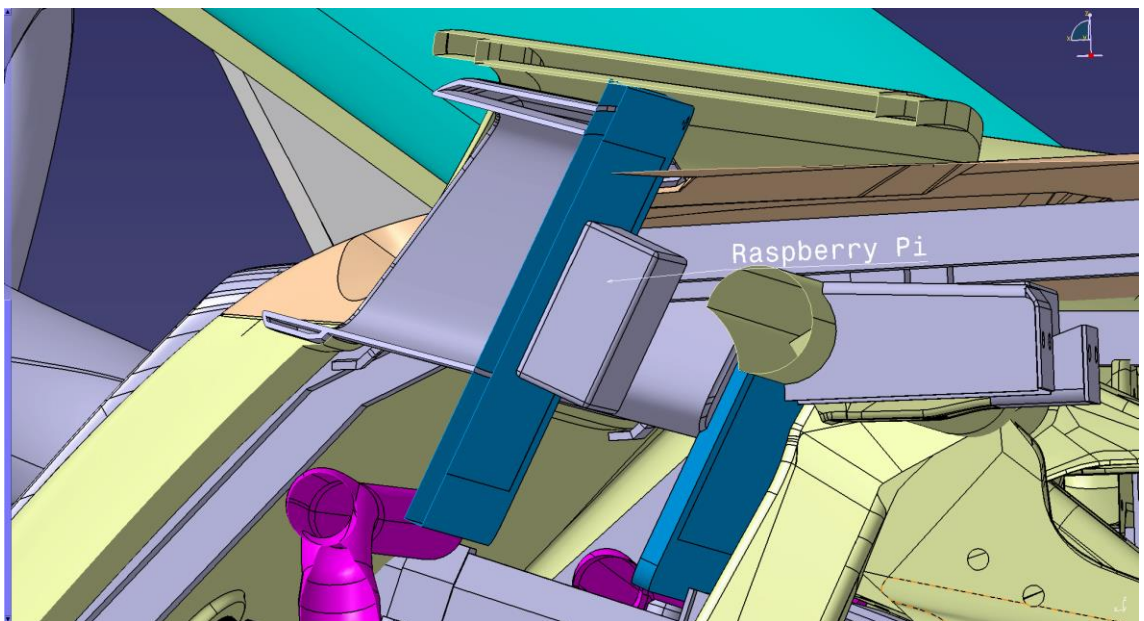
Kuva 3. CJB:n, EPEC:n ja PSU-yksiköiden sijoittelu

Kojelaudan vasemmalle puolelle sijoitettiin IVI-tietokone sekä vahvistin. Kuvassa 4 näkyy lisäksi tietokoneen liittimien tarvitsema tila.



Kuva 4. IVI-tietokoneen ja vahvistimen sijoittelu

Molemmat Raspberry Pi -tietokoneet sijoitetaan suoraan näyttöpaneelien taakse liimaamalla. Kuvassa 5 näkyy apukuljettajan puoleinen näyttö ja tietokone



Kuva 5. Raspberry Pi -tietokoneen sijoitus näytön taakse

3.4 Johtojen mallinnus

Johtimien mallinnus tehtiin Catian johtosarjatyökaluilla. Catia-3D-mallinnusohjelma oli minulle tuttu aikaisempien kurssien johdosta, mutta johtosarjatyökalut olivat vieraita. Projektilla oli hallussaan Dassault Systemesin koulutusmateriaali, josta sai opiskeltua perusteet kyseisten työkalujen käyttöön.

Johdotuksen suunnittelussa on pyrittävä estämään mahdollinen johtimien vahingoittuminen tai katkosten syntyminen. Tämä saavutetaan kiinnittämällä kaapelit tukevasti erilaisilla kiinnikkeillä ja kannattimilla. Väriin aiheuttamat kuormitukset liittimille pyritään eliminoimaan kiinnittämällä johtosarja mahdollisimman lähelle liitintä ja samalle tasolle kuin väriinä, mikäli mahdollista. (2, s. 395.) Johtosarjan suunnittelussa ei otettu erityisesti huomioon EMC-häiriöitä. Jos jossakin vaiheessa ajoneuvon valmistusta havaitaan sähköisiä häiriöitä, on ne selvitettävä yksitellen. Ainoastaan mahdollinen apupyöräjärjestelmän virransyöttö toteutetaan erillisillä auton pohjassa kulkevilla virtakaapeleilla apupyörämoottorin suuren virranoton ja siitä aiheutuvan mahdollisten häiriöiden takia.

3.5 Johtimien suojaus

Johtimet tulee suojata hiertymistä, teräviä kulmia ja kuumia pintoja vastaan hankautumiselta. Tätä tarkoitusta varten käytetään usein johtosarjateippiä. Teippaaminen auttaa myös pitämään johtoniput siisteinä ja helposti käsiteltävinä. Teippauksen tiheydellä pystytään muuttamaan suojauksen tasoa. Muita menetelmiä suojaukseen ovat johtimien laittaminen erilaisten suoja- tai kutistemuovien sisään tai jo valmiiksi suojattujen kaapeleiden käyttö. Ajoneuvon sisällä kulkevat johtimille riittää kuitenkin suojaksi pelkkä teippaus. Ajoneuvon ulkopuolella olevat johtimet laitetaan kulkemaan muovisen suojausputken sisään.

4 Sähkösuunnittelu

4.1 Johtimien poikkipinta-ala

Johtimien poikkipinta-alat määritetään sallitun jännitehäviön sekä niiden virrankeston mukaan. Yleisenä tapana on pidetty, ettei alle 0,5 mm²:n johtimia käytetä ajoneuvoteollisuudessa. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää kuitenkin jopa 0,35 mm²:n johtimia, esimerkiksi signaali- tai väyläjohdoissa. (2, s. 395.)

4.2 Materiaalit

Kupari on yleisesti käytetty johtimissa johtavana materiaalina. Eristemateriaalit valitaan johdon ympärillä vallitsevan lämpötilan mukaan. Ajoneuvokäytössä on usein tarvetta johtimille jotka kestävät korkeita lämpötiloja jatkuvassa käytössä. Johtimien valinnassa on otettava myös huomioon ympäristön lämpötilan lisäksi sähkövirran aiheuttama johtimen lämpiäminen. Eristemateriaalina on usein käytetty kestumuoveja (kuten PE, PA ja PVC), fluorimuoveja (kuten ETFE ja FEP) sekä elastomeereja (kuten CSM ja SIR). (1, s. 395.)

Johtimiksi valittiin autoelectricsupplies.co.uk -verkkokaupan myymät johtimet niiden eristekerroksen ohuen seinämän takia, joka pienentää johtonippujen halkaisijaa ja helpottaa jyrkkien kaarrostojen tekemisen johtosarjaan. Eristekerros on PVC-muovia ja johdinsa monisäikeistä kuparia. Johdot ovat myös 105 °C lämmönkestäviä sekä sietävät hyvin erilaisia kemikaaleja, kuten öljyä ja polttoaineita. Johtimet on myös erityisesti tarkoitettu autoteollisuuden käyttöön yllä mainittujen ominaisuuksien vuoksi.

4.3 Maadoitus

Ajoneuvon kori tulee olemaan hiilikuitukomposiittia, josta osa on ekologista luonnonkuitua. Hiilikuitukomposiitin huonon sähkönjohtavuuden takia ajoneuvossa ei voida käyttää tavallista auton korin kautta kulkevaa maadoitusta. Maadoitus on hoidettava erillisillä johtimilla, jolloin johtosarjasta on tehtävä kaksipiirinen. Tämä lisää johtimien määrää sekä niiden paksuutta.

4.4 Jännitehäviö

Jännitehäviö johtuu johtimen sisäisestä resistanssista ja sen suuruuteen vaikuttaa johtimen poikkipinta-ala, johtavan materiaalin ominaisresistanssi, johtimen pituus sekä johtimessa kulkeva virta. Suurimpana sallittuna jännitehäviönä voidaan pitää 10 %:n jännitteen alenemaa (3, s. 36). Jännitehäviö muodostuu tasavirralla Ohmin lain mukaan seuraavalla kaavalla:

$$U = RI$$

U on jännite
 R on resistanssi
 I on virta

Johtimen resistanssi tulee kaavasta

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

ρ on resistiivisyys
 l on johtimen pituus
 A on johtimessa kulkeva virta

Resistiivisyyteen vaikuttaa lämpötila seuraavalla tavalla:

$$\rho = \rho_0 \cdot (1 + \alpha_R \Delta T)$$

α_R on resistiivisyyden lämpötilakerroin

Jännitehäviöön vaikuttaa siis johtimessa kulkeva virta ja johtimen resistanssi joka kasvaa johtimen pituuden kasvaessa. Myös johtimen lämpötilan noustessa johtavan materiaalin resistiivisyys kasvaa. Tehohäviö muodostuu johtimessa kulkevan virran ja jännitehäviön tulosta. Tehohäviö lämmittää suoraan johdinta ja eristettä. Suunnittelussa käytettiin laskuria (kuva 6), jolla nähdään johtimien jännite- ja tehohäviöt.

poikkileikkaus (mm ²)	johtimen pituus (m)	Virta (I)	Lämpötila (°C)
0,50	6,00	5	20
resistiivisyys (Ωmm ² /m) R (Ω)		Jännitehäviö (V)	Tehohäviö (W)
kupari		0,21048	1,0524
			5,262

Kuva 6. Johtimien teho- ja jännitehäviölaskuri

4.5 Virrankesto

Virrankesto (ampere capacity, ampacity) on maksimimäärä virtaa, jota johdin voi jatkuvasti kuljettaa ylittämättä eristeen lämmönkestoja. Virrankesto vaikuttaa ensisijaisesti johtimen poikkipinta-ala (taulukko 3), ominaisresistanssi, eristeen paksuus ja materiaali. Myös johtimen sijoittelulla on suuri merkitys lämpiämisen kannalta. Johtimen pituus ei suoraan vaikuta johtimen virrankesto. Pituudella on kuitenkin vaikutus johtimen kokonaisresistanssiin ja sen kautta tehohäviönä muodostuvaan lämpiämiseen. (3, s. 22.)

Taulukko 2. Ajoneuvoon tulevien johtimien maksimivirrankesto (4, s. 5)

Poikkipinta-ala (mm ²)	Virrankesto (A)
0,5	11
1	16,5
2	25
3	33
6	50
16	110

4.6 Johtimien merkitseminen

Toimilaitteelle menevät johdot erotellaan toisistaan erivärisin johdoin. Toimilaitteille menevät johtoniput puolestaan erotellaan toisistaan johtonippuihin tuleville kutistettavilla numeronauhoilla. Näin saadaan minimoitua johtimien merkitseminen sekä pienennettyä tarvittavien eriväristen johtimien määrää. Vaihtoehtoisesti johdot voitaisiin merkitä kaikki numeroin, mutta tässä olisi suurempi merkintätyö sekä vaarana johtimien se-

kaantuminen numeromerkintöjen irrotessa tai kuluessa epäselviksi. Liitteessä 2 näkyy johtimien värit ja numerokoodit. Alla luettelo (taulukko 3) takaluukun johtosarjan numerokoodista ja väreistä.

Taulukko 3. Luettelo johtimista, josta näkyy muun muassa värit ja numerokoodit

Wire Group Number	From Device	To Device	funktio	tyyppi	Device Pin	koko (mm ²)
1	RJB	Katsastus	Takavalo		1	Mustapinkki
1	RJB	Katsastus	Jarruvalo		1	Mustapunainen
1	RJB	Katsastus	V.Vilkku		0.5	Keltainen
1	RJB	Katsastus	O.Vilkku		0.5	Vihreä
1	RJB	Katsastus	Sumuvalo		1	Mustakeltainen
1	RJB	Katsastus	Peruutus		1	Mustaharmaa
1		Katsastus		Maa	1	Ruskea
3	RJB	Kilvenvalo		Power	0.5	Vihreä
3	Kilvenvalo	RJB		Maa	0.5	Ruskea
4	RJB	Takaluukun kahva			0.5	Vihreä
4	Takaluukun kahva	RJB			0.5	Ruskea
4	RJB	Lisäjarruvalo		Power	0.5	Sininen
4	Lisäjarruvalo	RJB		Maa	0.5	Ruskea
2	RJB	Takalukko	Motor		1	Mustavihreä
2	RJB	Takalukko	switch		0.5	Sininen
2	RJB	Takalukko	switch		0.5	Keltainen
2	Takalukko	RJB		Maa	1	Ruskea
	RJB	Takalasilämmitin		Power	3	Valko-oranssi
	Takalasilämmitin	RJB		Maa	3	Ruskea

4.7 Liitinten ja johtimien määrittäminen ja etsiminen

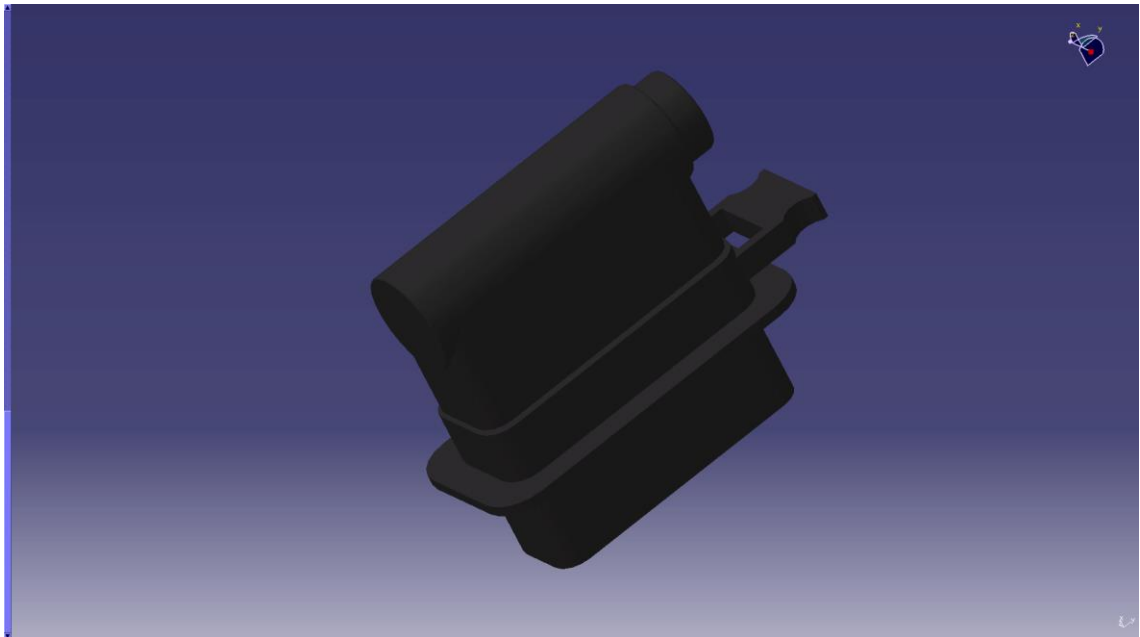
4.7.1 Kytkentärasia

Suurimmat kytkentärasialle menevät johtimet ovat virta- ja maajohtimet suoraan ajo-neuvon akulta pääsulakkeiden kautta. Nämä johtimet viedään erillisillä läpivienneillä kytkentärasian sisään. Muut virta- ja signaalijohdot viedään laatikon sisään yhdellä

suojatulla moninapaisella liittimellä. Liittimeen pyritään jättämään ylimääräisiä pinnejä, jolloin saadaan optio tarvittaessa lisätä johtimia mahdollisten tulevien muutosten tai toimintojen lisäysten takia.

Liittimien valinnassa on huomioitava virran kesto, liittimeen kohdistuvat värähtelyt, eri kemikaalien vastustuskyky, asennustila sekä ympäristön lämpötila (2, s. 395).

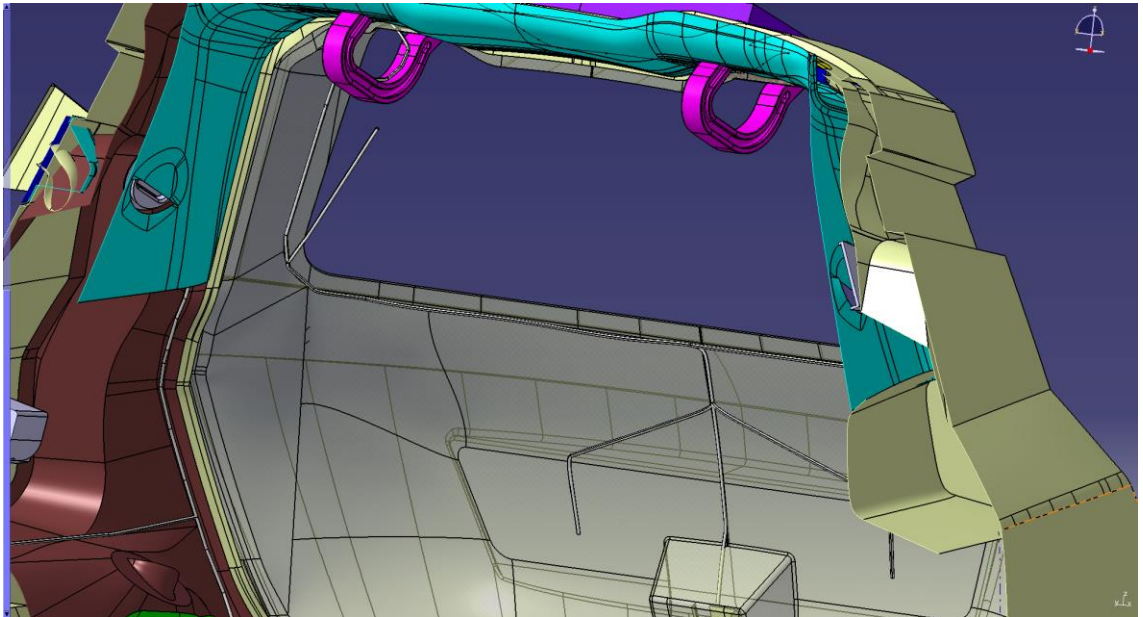
Liittimien valinta aloitettiin etsimällä kytkentärasioille sopivia liittimiä. Lähtökohtana pyrittiin pitämään liittimien määrä mahdollisimman pienenä yksinkertaista rakennetta ja helpottamalla asennusta ja mahdollisesti tulevia irrotuskertoja varten. Ongelmaksi muodostui sopivan liittimen löytäminen, sillä markkinoilla ei löytynyt suoraan yksittäiskappaleina myytäviä liittimiä, joissa olisi riittävä määrä pinnejä sekä riittävän suuri virrankesto. Toki sopivia suoraan isojen ajoneuvovalmistajien tarpeisiin räätälöityjä liittimiä löytyi, mutta niiden saatavuus pienissä erissä on ongelmallista. Onneksi markkinoille tuli juuri Molexin SRC -sarjan liittimet (kuva 7). Ne on pääasiassa tarkoitettu raskaankaluston ja maatalouskoneiden sähköjärjestelmiin, mutta ne osoittautuivat kuitenkin hyviksi vaihtoehdoiksi autoon. Suurimpina etuina on suuri pinnimäärä sekä osilla pinneillä riittävä virrankesto suurillekin virroille. Liittimessä on 60 + 6 pinniä joiden virrankestit ovat 18 A ja 40 A. Liitin on lisäksi IP68-luokiteltu, joten se soveltuu sen vuoksi hyvin esim. moottoritalan kytkentärasian liittimeksi.



Kuva 7. Molex SRC -sarjan liitin

4.7.2 Takaluukku

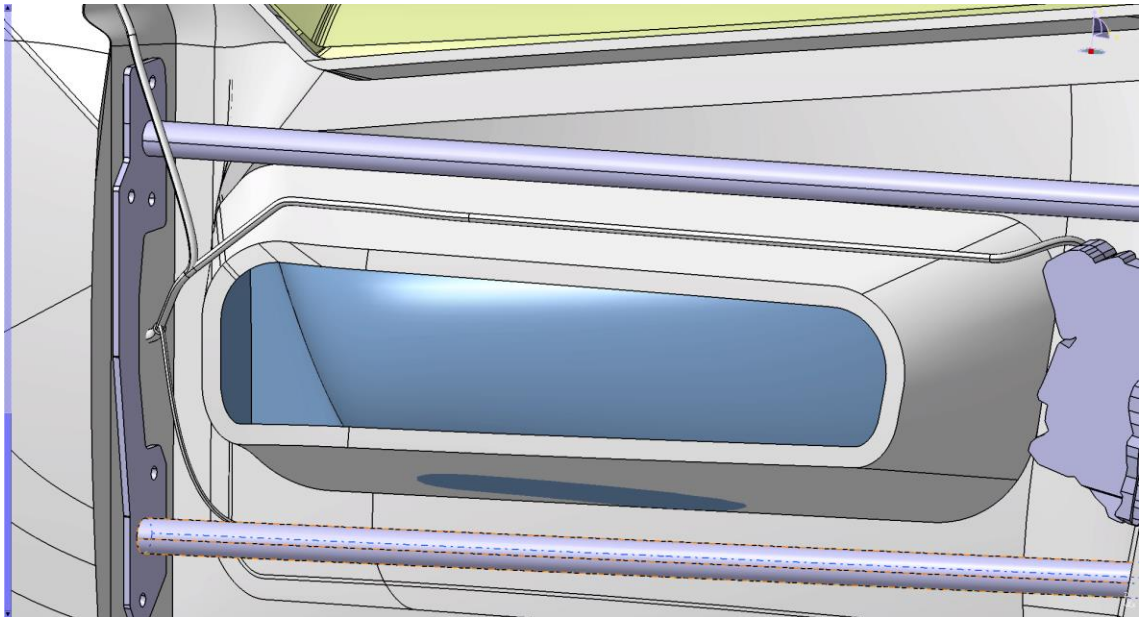
Takaluukulle (kuva 8) johdotuksen tarvitsevat laitteet ovat takaluukun lukko ja kahvan kytkin, takalasin lämmitysvastus, rekisterikilven valot, lisäjarruvalo sekä kaksi peruutuskameraa. Takaluukulle vedetään jo tässä vaiheessa myös johdot tulevia katsastusvaloja varten, jotta takaluukkua ei tarvitse enää johdotuksen takia purkaa. Näyttelykäyttöön tulevat valot toteutetaan led-tekniikalla, joten ne eivät ole tieliikenteeseen sallitut. Takavalot tulevat kiinni auton takaosaan koriin ei takaluukkuun ja johdot vedetään ajoneuvon sisäpuolelta sisustan alta.



Kuva 8. Takaluukun johdotus

4.7.3 Ovet

Etuoviin johdotuksen (kuva 9) tarvitsevat oven lukkolaite, kaiutin sekä peilissä oleva lämmitys, kääntö ja vilkku.



Kuva 9. Etuvien johdotus

4.8 Läpiviennit

Läpiviennin tarkoitus on suojata reiän läpi kulkevia johtoja ja putkia sekä estää veden ja muiden epäpuhtauksien pääseminen reiän toiselle puolelle. Läpiviennit ovissa, takaluukussa ja tulipellissä toteutetaan tavallisilla kumisilla läpivientikumeilla. Läpivienneissä kulkevien johtonippujen halkaisija voidaan laskea seuraavalla kaavalla (5). Halkaisija pystytään mittaamaan helposti myös kokeilemalla, mutta etenkin suurten johtomäärien ja jatkuvasti muuttuvien johtimien mukaan se on sekä hankalaa että epäkäytännöllistä.

$$D = 1.2\sqrt{d_1^2 + d_2^2 + \dots + d_n^2}$$

d on yksittäisen johtimen ulkohalkaisija

4.9 Kiinnitys

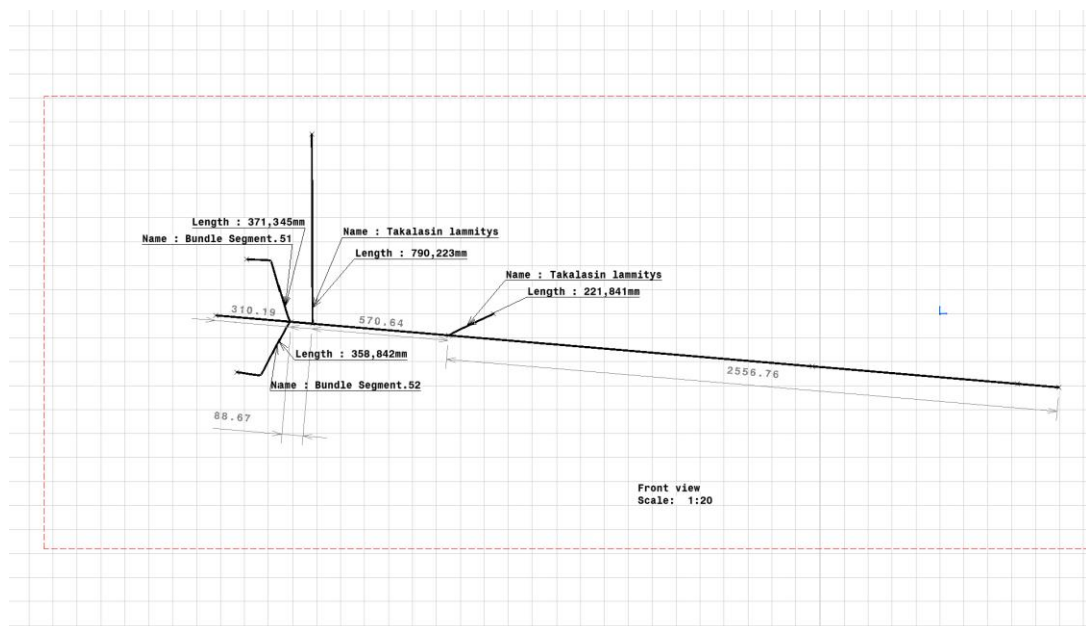
Kaapeleiden kiinnitystavaksi valittiin liimattavat nippusidekiinnikkeet. Liimakiinnityksellä, vältetään reikien poraamiselta verrattuna perinteisiin nuolenkärkikiinnikkeisiin. Reikien poraamatta jättämisellä saadaan ajoneuvon sisätilat hiljaisemmiksi. Myös mahdollisesti tuleviin johtosarjan muutoksiin on helppo mukautua, sillä vanhoja reikiä ei jää. Kiinnityspaikkoja ei erikseen aloitettu mallintamaan vaan ne katsotaan asennuksen yhteydessä.

5 Valmistus

5.1 Yleistä

5.2 Piirustuksen tekeminen

Johtosarjasta saadaan tehtyä kuvan 10 kaltainen piirustus johtosarjan valmistusta varten, piirustuksen tekeminen on kuitenkin aikaa vievää, eikä siitä ole varsinaista hyötyä prototyypin valmistuksessa. Johtosarjan tekemiseen tarvittavat mitat voidaan katsoa myös helposti suoraan 3D-mallista, jolloin säästytään erilliseltä piirustuksen teolta.



Kuva 10. Takaluukun johtosarjakuva

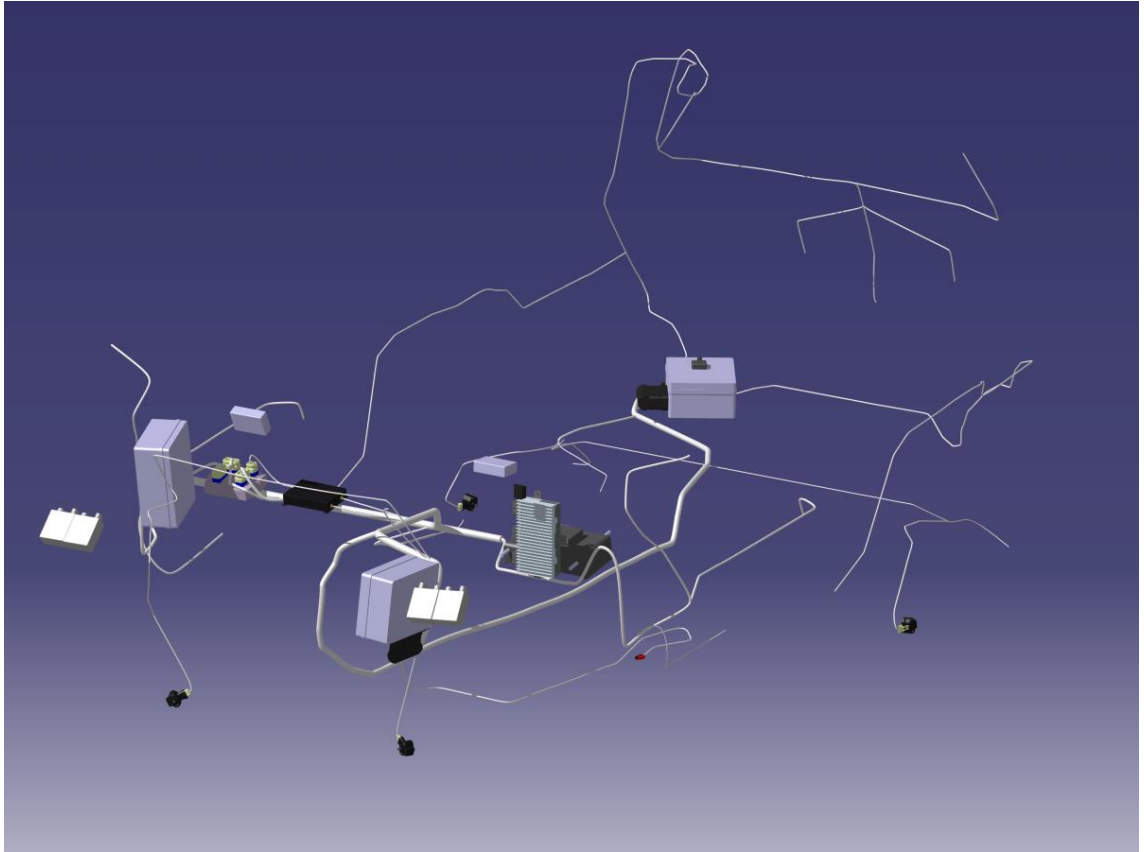
5.3 Valmistaminen

Johtojen liittäminen toisiinsa tehtiin NASA-standardin (6) mukaan, jota käytetään nykyisin myös autoteollisuudessa (6). Lopuksi johtosarja vielä testattiin yleismittarilla oikosulkujen ja katkosten varalta

6 Yhteenveto

Työn tavoitteena oli suunnitella ja valmistaa korielektroniikan johtosarja ConceptCar-hankkeeseen. Työn alussa käytiin läpi sähköjärjestelmän yleiset vaatimukset ja kartoittamalla ajoneuvoon tulevat toimilaitteet. Työtä jatkettiin toimilaitteiden mallintamisella ja johtimien määrittelyllä. Tilanvaraus ja johtojen fyysinen mallinnus oli seuraavana vuorossa. Lopuksi piirrettiin kuva johtosarjan tekoa varten ja valmistettiin pieni osa johtosarjasta.

Työn tavoitteet saavutettiin osittain, johtosarja (kuva 11) saatiin suunniteltua niiltä osin kuin se oli mahdollista vielä mahdollisesti tulevien muutosten tai toimilaitteiden epäselvyyden johdosta. Ajoneuvon johtosarjasta valmistettiin vain pieni osa takaluukulle. Lisäksi työn aikana saatiin paljon Catia-ohjelmiston johtosarjatyökaluista arvokasta oppia, jota saatiin siirrettyä projektin muille tekijöille.



Kuva 11. Koris sähköjärjestelmän johtosarja

Lähteet

- 1 Nevalainen, Pauli. 2013. Korisähköjärjestelmän ohjauksen suunnittelu: Metropolian ConceptCar-hanke. Insinöörityo. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 2 Robert Bosch GmbH. 2008. Automotive electrics, Automotive electronics. Wiley
- 3 GM Electrical Best Practices. 2012. Verkkodokumentti. General Motors Co. <<http://www.gmupfitter.com/publicat/electrical.pdf>>. Luettu 7.1.2014.
- 4 Auto Electric Supplies catalogue. 2012. Verkkodokumentti. Auto Electric Supplies Ltd. <http://www.autoelectricsupplies.co.uk/cms/files/catalogue__issue_7_pdf.pdf>. Luettu 12.12.2013.
- 5 Wire & Cable. Verkkodokumentti. IS-Group. < http://www.isgroup-international.com/pdfs/Wire_and_Cable_PDFs/wire_and_cable_technical_data.pdf>. Luettu 7.1.2014.
- 6 Nasa Technical Standard. Crimping, Interconnecting cables, Harnesses, and Wiring. 2011. Verkkodokumentti. NASA. <<http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/doctree/87394.pdf>> . Luettu 14.1.2014.
- 7 Current Trends in Automotive Wire Harness Design. 2011. Verkkodokumentti. ICMPAE< <http://psrcentre.org/images/extraimages/1211500.pdf>>. Luettu 9.1.2014

	FJB	Pyyhkijät-ohjainlaite	Pyyhkijät	Power				500	MB-liitin
	FJB	Pyyhkijät-ohjainlaite	Pyyhkijät	Ohjaus				500	MB-liitin
	Pyyhkijät-ohjainlaite	FJB	Pyyhkijät	Maa			Ruskea	500	MB-liitin
	FJB	Startin heräte		Power		3 (4 alk.)	Punainen	800	Rengasliitin
	FJB	Ohjaustehostin		Power					
	Ohjaustehostin	FJB		Maa			Ruskea		
	FJB	Kompressori		Power					???
	Kompressori	FJB		Maa			Ruskea		???
	FJB	Ilmastoinnin heräte		Power		1	Mus-ta/Vihreä	150 0	
				Maa		1	Ruskea	150 0	
	FJB	Laturin kuormitus		Signaali		0.5		150 0	
	FJB	LPN-taso		Signaali		0.5	Mus-ta/harmaa	150 0	
				Signaali		0.5	Mus-ta/pinkki	150 0	
	FJB	Pesurinpumppu		Power		1	Mus-ta/vihreä	150 0	
	Pesurinpumppu	FJB		Maa		1	Ruskea	150 0	
	FJB	V.E.Asema.anturi		GND	1	0.5	Ruskea	642	282087-1
				VCC	2	0.5	Sininen	642	282087-1
				OUT-PUT	3	0.5	Harmaa	642	282087-1
	FJB	O.E.Asema.anturi		GND	1	0.5	Ruskea	185 2	282087-1
				VCC	2	0.5	Sininen	185 2	282087-1
				OUT-PUT	3	0.5	Harmaa	185 2	282087-1
1	CJB	V.Peili	Sivuvilkku	Power		0.5	Keltainen	277 1	???
1	V.Peili	CJB	Sivuvilkku	Maa		0.5	Ruskea	277 1	???
1	CJB	V.Peili	lämmitys			0.5	Valkoinen	277 1	???
1	CJB	V.Peili	kääntö			0.5	Violetti	277 1	???
1	CJB	V.Peili	kääntö			0.5	Punainen	277 1	???

1	CJB	V.Peili	peilin kääntö -			0.5	Harmaa		277 1	???
2	CJB	O.Peili	Sivuvilkku	Power		0.5	Keltainen		137 1	???
2	O.sivuvilkku	CJB	Sivuvilkku	Maa		0.5	Ruskea		137 1	???
2	CJB	O.Peili	lämmitys			0.5	Valkoinen		137 1	???
2	CJB	O.Peili	kääntö			0.5	Violetti		137 1	???
2	CJB	O.Peili	kääntö			0.5	Punainen		137 1	???
2	CJB	O.Peili	peilin kääntö -			0.5	Harmaa		137 1	???
	CJB	Tuulilasinlämmi- tin		Power		3,00	Valkomus- ta	30		PowerPole
	Tuulilasinlämmi- tin	CJB		Maa		3,00	Ruskea	30		PowerPole
	CJB	Kuskinpenkki		Power		3,00	Valko- oranssi	???		Powerpole
	Kuskinpenkki	CJB		Maa		3,00	Ruskea	???		Powerpole
	CJB	Sisälämpötila		???		0.5				???
	Sisälämpötila	CJB		???		0.5				???
	Puhallin mootto- rinohjain	Puhallin		Power	Punai- nen	3,00	Valko- musta	25		Powerpole
	Puhallin	Puhallin mootto- rinohjain		Maa	Musta	3,00	Ruskea	25		Powerpole
	CJB	Puhallin mootto- rinohjain		Ohjaus						
	CJB	Puhallin mootto- rinohjain		Power		3,00	Valko- oranssi	25		
	Puhallin mootto- rinohjain	CJB		Maa		3,00	Ruskea	25		
	CJB	AC.OUT.TEMP				0.5				???
	AC.OUT.TEMP	CJB				0.5				???
	CJB	AC.IN.TEMP				0.5				???
	AC.IN.TEMP	CJB				0.5				???
3	CJB	V.Lukko			1	0.5	Sininen		291 8	
3	CJB	V.Lukko		Maa	2	0.5	Ruskea		291 8	
3	CJB	V.Lukko			3	0.5	Vihreä		291 8	
3	CJB	V.Lukko			4	0.5	keltainen		291 8	

3	CJB	V.Lukko			5	0.5	oranssi		291 8
3	CJB	V.Lukko			6	0.5	harmaa		291 8
3	CJB	V.Lukko			7	0.5	valkoinen		291 8
4	CJB	O.Lukko			1	0.5	Sininen		151 8
4	CJB	O.Lukko		Maa	2	0.5	Ruskea		151 8
4	CJB	O.Lukko			3	0.5	Vihreä		151 8
4	CJB	O.Lukko			4	0.5	keltainen		151 8
4	CJB	O.Lukko			5	0.5	oranssi		151 8
4	CJB	O.Lukko			6	0.5	harmaa		151 8
4	CJB	O.Lukko			7	0.5	valkoinen		151 8
	CJB	Hätävilkkukytkin				0.5			
	Hätävilkkukytkin	CJB				0.5			
	CJB	Jarruvalokytkin				0.5			
	Jarruvalokytkin	CJB				0.5			
	CJB	Valoisuustunnistin				0.5			
	Valoisuustunnistin	CJB				0.5			
	Arduino/CJB	Sisävalot		Power		0.5			
	Arduino/CJB	Sisävalot		Ohjaus		0.5			
	Arduino/CJB	Sisävalot		Maa		0.5			
	CJB	AC actuator							
	AC actuator	CJB							
5	CJB	Viikset	Parkkivalot	???		0.5			
5			Lähihivalot	???		0.5			
5			Kaukovalot	???		0.5			
5			Taka Sumuvalo	???		0.5			
5			V.vilkku	???		0.5			
5			O.vilkku	???		0.5			
5			Pyyhkijät	???		0.5			
5			Pyyhkijät	???		0.5			
5			Pyyhkijät	???		0.5			
5			Pyyhkijät	???		0.5			

5			Pyyhkijät	???		0.5			
5			Pesuri	???		0.5			
5			Töötti	???		0.5			
5	Viikset	CJB	Maa	???		0.5			
	RJB	Fuel Pump		Power	1	1.5	Sini/valkoinen		Alk. johtosarja 5-pin
	Fuel Pump	RJB		Maa	5	1.5	Ruskea		Alk. johtosarja 5-pin
	RJB	Fuel Sensor		5V ?	4	0.35	Sini/musta		Alk. johtosarja 5-pin
	Fuel Sensor	RJB		Signal	3	0.35	Violetti/musta		Alk. johtosarja 5-pin
	Fuel Sensor	RJB		Maa	2	0.35	Ruskea/Valkoinen		Alk. johtosarja 5-pin
	RJB	O.T Asema-anturi		GND	1	0.5	Ruskea		AMP Superseal 1.5
				VCC	2	0.5			AMP Superseal 1.5
				OUTPUT	3	0.5			AMP Superseal 1.5
	RJB	V.T Asema-anturi		GND	1	0.5	Ruskea		AMP Superseal 1.5
				VCC	2	0.5			AMP Superseal 1.5
				OUTPUT	3	0.5			AMP Superseal 1.5
	RJB	V.Käsijarru		Power		3,00			
	V.Käsijarru	RJB		Maa		3,00			
	RJB	O.Käsijarru		Power		3,00			
	O.Käsijarru	RJB		Maa		3,00			
1	RJB	Katsastus	Takavallo			1	Mustapinkki	2	
1	RJB	Katsastus	Jarruvalo			1	Mustapuna-nainen	4	
1	RJB	Katsastus	V.Vilkku			0.5	Keltainen	1	
1	RJB	Katsastus	O.Vilkku			0.5	Vihreä	1	
1	RJB	Katsastus	Sumuvalo			1	Mustakeltainen	2	
1	RJB	Katsastus	Peruutus			1	Mustaharmaa	2	
1		Katsastus		Maa		1	Ruskea		
	RJB	Kilvenvalo		Power		0.5	Vihreä		
	Kilvenvalo	RJB		Maa		0.5	Ruskea		
	RJB	Takaluukun kahva				0.5	Vihreä		

EPEC	V.E.Pyörimisnopeus				0.5				
V.E.Pyörimisnopeus	EPEC				0.5				
EPEC	V.T.Pyörimisnopeus				0.5				
V.T.Pyörimisnopeus	EPEC				0.5				
EPEC	Vaihteenvälitsin	Signal							
EPEC	Vaihteenvälitsin	Signal							
EPEC	Vaihteenvälitsin	Signal							
EPEC	Vaihteenvälitsin								
EPEC	Käsijarrukytkin				0.5				
Käsijarrukytkin	EPEC				0.5				
EPEC	Start-Stop button				0.5				
Start-Stop button	EPEC				0.5				
EPEC	FJB				0.5				
EPEC	CJB				0.5				
EPEC	RJB				0.5				
EPEC		CAN L							
EPEC		CAN H							
FJB		CAN L							
FJB		CAN H							
CJB		CAN L							
CJB		CAN H							
OBD		CAN L							
OBD		CAN H							
EPEC	Keyless-entry								
FleetPC	SpaceMouse		USB						
FleetPC	Modem		RJ45						

	CJB	Vahvistin		Power		3	Valko-oranssi	30	
	CJB	Vahvistin		IGN		0.5		0.65	
	Vahvistin	CJB		Maa		3	Ruskea	30	
	Vahvistin	O.Ovi.Kaiutin				1			
	O.Ovi.Kaiutin	Vahvistin				1			
	Vahvistin	V.Ovi.Kaiutin				1			
	V.Ovi.Kaiutin	Vahvistin				1			
	Vahvistin	O.Tweeter				1			
	O.Tweeter	Vahvistin				1			
	Vahvistin	V.Tweeter				1			
	V.Tweeter	Vahvistin				1			
	Vahvistin	O.Taka.Kaiutin				2			
	O.Taka.Kaiutin	Vahvistin				2			
	Vahvistin	V.Taka.Kaiutin				2			
	V.Taka.Kaiutin	Vahvistin				2			
	Vahvistin	O.Subwoofer				3			
	O.Subwoofer	Vahvistin				3			
	Vahvistin	V.Subwoofer				3			
	V.Subwoofer	Vahvistin				3			