

Dan Selin

Henkilöauton sähkölaitteiden energiankulutus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Auto- ja kuljetustekniikka

Insinöörityö

17.11.2013

Tekijä Otsikko	Dan Selin Henkilöauton sähkölaitteiden energiankulutus
Sivumäärä Aika	30 sivua + 5 liitettä 17.11.2013
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Auto- ja kuljetustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Autosähkötekniikka
Ohjaaja	Lehtori Vesa Linja-aho
<p>Insinööriyössä tutkittiin henkilöauton sähkölaitteiden energiankulutusta ja sen vaikutusta auton polttoainetalouteen. Työn pääpaino on sähköenergiankulutuksen mittauksessa, koska polttoainetalouden tutkiminen olisi vaatinut käyttöön monimutkaisemmat mittaustapahtumat. Työssä tarkastellaan myös lyhyesti auton sähköjärjestelmiä ja akun toimintaa.</p> <p>Mittaukset suoritettiin kolmelle henkilöautolle. Mittausten aikana ajoneuvon virrat oli kytketty päälle tai moottori kävi tyhjäkäynnillä riippuen mittauksen kohdelaitteesta. Mittalaitteena käytettiin ABB M5111 -pihtivirtamittaria, jonka avulla mittaukset saatiin suoritettua purkamatta laitteiden virtapiirejä.</p> <p>Saadut tulokset vaihtelivat välillä 10–900 W. Jatkuvasti ajossa käytössä olevat laitteet kuluttivat vähemmän energiaa. Suurimmat sähköenergiankuluttajat ovat autossa erinäiset lasinlämmittimet, mutta paljon sähköenergiaa kuluttavia laitteita käytetään ajossa vain hetkellisesti.</p> <p>Tulosten vertailussa energiankulutuksissa löytyi joidenkin laitteiden kohdalla suuria vaihteluita. Tähän voivat vaikuttaa monet autovalmistajan tekemät ratkaisut asennustilan puutteen tai valmistuskustannusten laskemiseksi. Aineistoista löytyneet vertailuarvot oli usein mitattu vanhemmista ajoneuvoista.</p> <p>Työtä voidaan hyödyntää vertailukohtana vastaavien mittausten tulosten tarkastelussa tai auton sähköjärjestelmien lyhyenä kuvauksena.</p>	
Avainsanat	henkilöauto, sähköenergiankulutus, sähköjärjestelmä

Author Title	Dan Selin Energy Consumption of Electrical devices in Passenger cars
Number of Pages Date	30 pages + 5 appendices 17 November 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automotive and Transport Engineering
Specialisation option	Automotive Electronics Engineering
Instructor	Vesa Linja-aho, Senior Lecturer
<p>The purpose of this thesis was to investigate energy consumption of electric devices and their impact on passenger car's fuel economy. The main focus was on measuring the electrical energy consumption, because measuring their effects on fuel economy would have required a much more complex measuring process. In addition, the car's electrical systems and battery operation were briefly examined.</p> <p>Measurements were performed for three different passenger cars. During the measurements, the car's ignition key was either turned to position II or the car's engine was running on idle, depending on the device being measured. The measuring instrument used was an ABB M5111 clamp meter which allowed the measurements to be performed without dismantling the circuitry.</p> <p>The obtained results ranged from 10–900 W. Continuously running devices consumed less electrical energy. The devices consuming the largest amount of electrical energy were miscellaneous window heaters, but these devices were only used briefly under normal circumstances.</p> <p>When comparing the results in the energy consumption measurements, wide variation was found in certain devices. This could be due to decisions made by the car's manufacturer regarding various issues such as manufacturing costs or lack of sufficient installation space. The reference values found in previous literature had often been measured in older vehicles.</p> <p>This thesis can be used as a reference when analyzing similar measurements. The thesis also serves as a concise description of a car's electrical systems.</p>	
Keywords	passenger car, electrical energy consumption, electrical system

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköjärjestelmät autossa	1
2.1	Yleistä	1
2.2	Generaattori	3
2.3	Jännitteensäädin	5
2.4	Akku	6
2.5	GEM	8
2.6	Nykyisiä käytössä olevia energiansäästötapoja	8
2.6.1	Xenonvalot	8
2.6.2	Päivävalot DRL	9
2.6.3	Sähköinen ohjaustehostin	9
3	Mittaukset	10
3.1	Ford Focus	12
3.2	Ford Ka	17
3.3	Renault Megane	25
4	Tulosten vertailu	27
5	Yhteenveto	29
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1. Bosch Automotive Handbook -kirjassa mainitut energiankulutukset

Liite 2. Ford huoltokoulutusmateriaalissa mainitut energiankulutukset

Liite 3. Euroopan komission verkkodokumentissa mainitut energiankulutukset

Liite 4. Auton sähkölaitteet -kirjassa mainitut energiankulutukset

Liite 5. Auton sähkötekniikka -kirjassa mainitut energiankulutukset

Lyhenteet

CAN	Controller area network. Moduulien tietoväylä.
CTM	Central timer module. Keskusajastinmoduuli.
DLR	Daytime running light. Päiväajovalot.
EJB	Engine junction box. Moottoritilan kytkentärasia.
EPAS	Electric power-assisted steering. Sähköinen ohjaustehostin.
EPS	Electric power steering. Sähköinen ohjaustehostin.
GEM	Generic electronic module. Keskuselektroniikkamoduuli.
LIN	Local interconnect network. Paikallinen tietoväylä.
RJB	Rear junction box. Tavaratilan kytkentärasia.
SOC	State of charge. Akun latauksen tila.

1 Johdanto

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia henkilöauton lukuisten sähkölaitteiden sähköenergiankulutusta ja niiden vaikutusta auton polttoainetalouteen. Työssä keskityttiin enemmän sähköenergiankulutuksen mittaukseen, koska polttoainetalouden tutkiminen olisi vaatinut käyttöön monimutkaisemmat mittaustapahtumat.

Virtamittaukset suoritettiin Metropolia AMK:n ABB M5111 -pihtivirtamittarilla. Laitteiden tehonkulutus mitattiin auton virtojen ollessa kytkettynä tai moottorin ollessa tyhjäkäynnillä. Mittaukset suoritettiin Oy Ford Ab:n tiloissa Helsingin Malmilla. Autojen tiukasti pakattujen johtosarjojen johdosta mittaukset jouduttiin suorittamaan korvaamalla kytkentärasioiden sulakkeet rakennetulla mittajohdolla.

2 Sähköjärjestelmät autossa

2.1 Yleistä

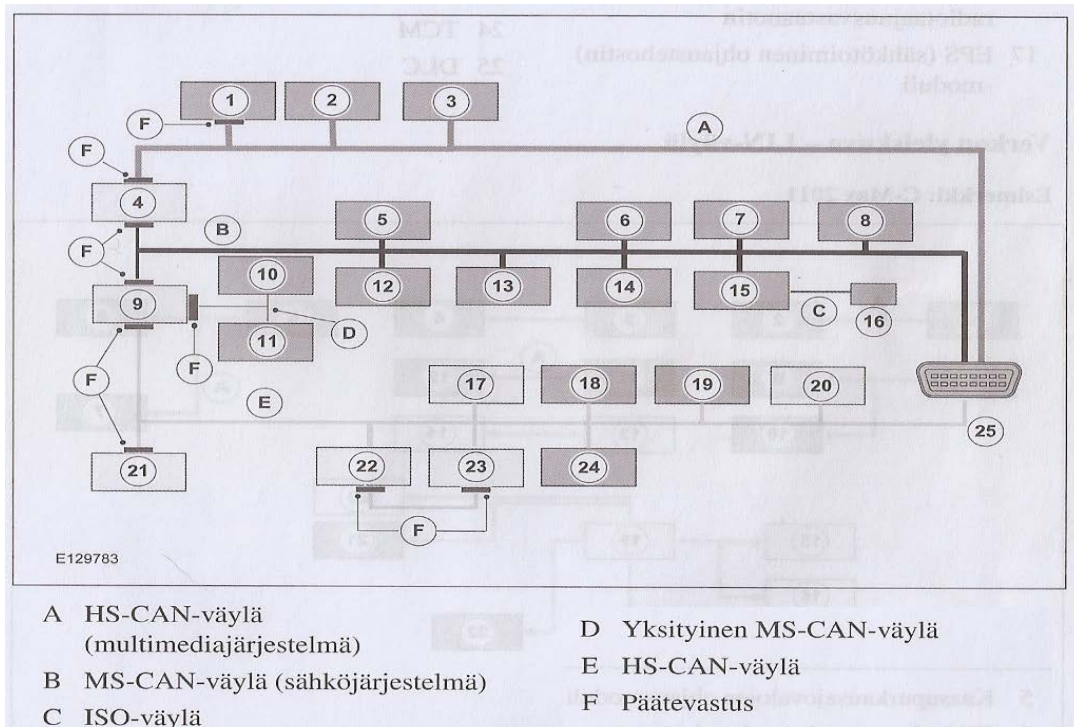
Sähköjärjestelmät autossa toimivat joko 12 voltin tai 24 voltin nimellisjännitteellä. Hybridi- ja sähköajoneuvoissa ajoakuston jännitteet voivat olla satoja voltteja, mutta näissäkin ajoneuvoissa on käytössä 12/24 voltin järjestelmä. Vanhoissa ns. museoautoissa on käytetty myös 6 voltin järjestelmiä. 24 voltin järjestelmissä käytetään kahta 12 voltin akkua sarjaan kytkettynä, jolla saadaan aikaan 24 voltin jännite. Tällaista järjestelmää käytetään yleisesti raskaassa kalustossa. Kun auton moottori käynnistetään latausgeneraattori nostaa todelliseksi toimintajännitteeksi n. 14 voltia ja n. 28 voltia.

Tiukentuvat päästönormit ovat pakottaneet autonvalmistajat keksimään ratkaisuja, joilla palamistapahtuma saadaan tapahtumaan puhtaammin. Avuksi on otettu moottorinohjausyksikkö, joka mittaa moottorista ja pakokaasusta useita eri parametreja ja niiden avulla säätää palotapahtumaa mahdollisimman tehokkaaksi. Moottorinohjausjärjestelmät alkoivat yleistyä 90-luvun alussa.

Autojen sähkölaitteiden määrä on kasvanut useita vuosia eksponentiaalisesti. Ohjaustehostimen mekaaninen moottorin kiertokangelta voimansa saava pumppu on

yleisesti korvattu sähkömoottorilla. Tämän hyötyjä käsitellään myöhemmin luvussa 2.6. Myös turvallisuuden ja mukavuuden alueella on edistytty, on esimerkiksi tullut järjestelmiä jotka valvovat edessä ajavaa autoa ja tarvittaessa reagoivat nopeammin hätäjarrutukseen kuin autoilija itse voisi. Nykyaikaisen henkilöauton sähkönkulutus on korkeimmillaan keskimäärin 2 kW ja hetkellisesti jopa 4 kW. Vuonna 2007 painetussa Bosch Automotive Handbook -kirjassa mainitaan keskimääräiseksi kulutukseksi 0,6 kW ja huipuksi 1,2 kW [1, s. 993]. Korkeat tehontarpeet aiheuttavat ongelmia autojen johtosarjoissa, jotka halutaan pitää mahdollisimman pieninä ja taipuisina helpon asettelun takia. Suurempi virta tarvitsee kookkaamman virtakaapelin, koska suuri jatkuva virta ohuessa kaapelissa aiheuttaa kaapelin kuumenemista ja lopulta palovaaran. [2.]

Nykyisissä autoissa käytetään valmiita johtosarjoja joihin on nopeasti liitettävissä mahdolliset autoon tilatut lisävarusteet. Tavallisesti johtosarjassa voi olla jopa 750 liitäntäkohtaa ja johtojen yhteenlaskettu pituus voi olla 1500 metriä [1, s. 1035]. Viime vuosina liitäntäkohtien määrä on kaksinkertaistunut lisääntyneiden varusteiden mukana. Johtosarjojen avulla on saatu nopeutettua auton valmistusta huomattavasti. Johtojen määrän suuri kasvu on pakottanut autoteollisuuden kehittämään autoille erinäisiä ajoneuvoväyliä. Nykyisesti tärkeimmät tietoväylät ajoneuvoissa on CAN- sekä LIN-väylät. CAN-väylän avulla anturit ja moduulit jakavat tietojansa toisten ohjausmoduulien kesken. Kuvassa 1 on esitelty erään auton CAN-väylien rakennetta. Tällä on esimerkiksi saatu eräästä ajoneuvosta etuovelle menevien johtojen määrä laskettua 28 johdosta vain neljään johtoon. LIN-väylässä ohjataan pienemmän prioriteetin toimintoja, esimerkiksi tuulilasin pyyhkimä. [2.]



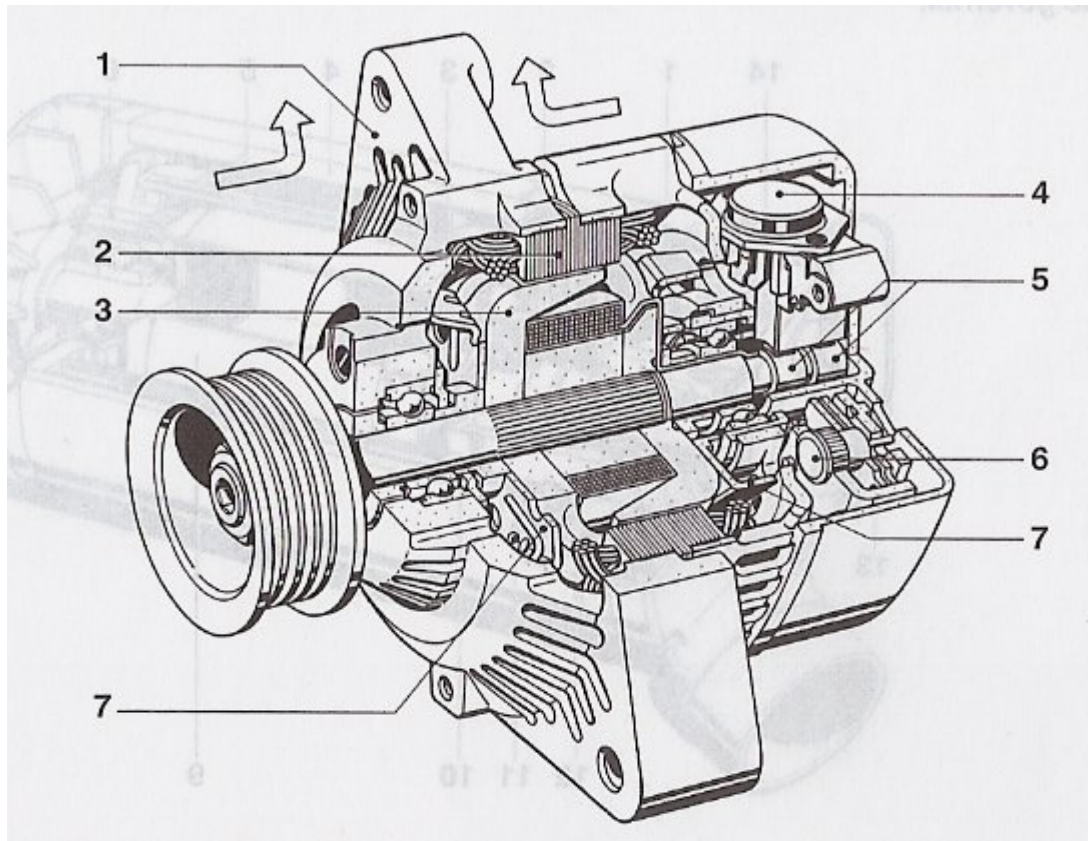
Kuva 1. Erään auton CAN-väylät. [2.]

2.2 Generaattori

Autossa sähköenergia saadaan moottorin pyörittämästä latausgeneraattorista eli laturista. Generaattori muuttaa moottorin mekaanisen liike-energian sähköenergiaksi. Tämä energia varastoidaan auton akkuun.

Latausgeneraattorin roottori pyörii noin 2–3 kertaa nopeammin kuin auton moottorin kiertokanki. Kuvassa 2 on esiteltynä erään generaattorimallin osat. Generaattorin tuottama virta on sidoksissa generaattorin pyörintä-nopeuteen. Laitteen ilmoitettu virran tuotto saavutetaan kun laturi pyörii noin 6000 kierrosta minuutissa. Laturin on tärkeää pystyä pitämään akun jännite riittävän korkeana kaikissa tilanteissa, myös alhaisissa lämpötiloissa ja suurella kuormituksella.

Generaattorin pyörittäminen polttomoottorin avulla vaikuttaa polttoainetalouteen. Jos sähköenergian kulutusta lisätään 100 W, tarkoittaa se noin 0,17 l/100km nousua polttoaineen kulutuksessa riippuen generaattorin hyötysuhteesta. [1, s. 995.]



Kuva 2. Kompakti generaattori 1. Runko 2. Staattori 3. Roottori 4. Elektroninen jänniteensäädin 5. Kerääjärenkaat 6. Tasasuuntaaja 7. Tuuletin [1, s. 1011.]

Generaattorin toiminta perustuu induktioon, jossa muuttuvassa magneettikentässä käämiin indusoituu sähkömotorinen voima. Ennen autoissa käytettiin tasavirtalatureita, mutta kasvavien energiatarpeiden takia siirryttiin vaihtovirtalatureihin. Vaihdoista vauhditti myös pienten ja kestävien puolijohdediodien saatavuus ja alhainen hinta.

Nykyään käytössä olevassa vaihtovirtalaturissa magneettikentän synnyttävät roottorissa, eli pyörivässä osassa olevat kenttäkäämit. Ulostuloteho saadaan generaattorin runkoon käämityistä staattorikäämeistä. Generaattori tarvitsee toimiakseen vain pienen roottorille syötettävän kenttävirran. Vaihtovirtalaturin etuina on suuremman energiatuoton lisäksi se, että generaattoria voidaan pyörittää suuremmalla nopeudella kuin tasavirtalaturia, ja siten sen välityssuhde voidaan valita niin, että latausjännitettä on riittävästi polttomoottorin ollessa tyhjäkäynnillä.

Autossa käytettävästä vaihtovirtageneraattorista saadaan ulos kolmivaiheista vaihtosähköä, joka tasasuunnataan diodisillan avulla auton sähköjärjestelmiin sopivaksi.

Energiahäviöt ovat osa todellisuutta muutettaessa moottorin mekaanista liike-energiaa sähköenergiaksi. Operaation hyötysuhde voidaan laskea jakamalla saatu sähköenergiamäärä käytetyllä pyörimisenergiämäärällä. Latausgeneraattorissa häviöitä syntyy mm. rautaosien hystereesistä ja pyörrevirroista joita aikaansaa vaihteleva magneettikenttä staattorin ja roottorin välillä. Kuparisissa osissa häviötä muodostuu staattorin ja roottorin käämityistä johtojen resistanssista. Generaattorissa muodostuu myös mekaanisia häviöitä roottorin laakeroinnissa johtuen osien välisestä kitkasta sekä tarvittavan jäähdytysilman tuoma ilmanvastus, joka kasvaa suuresti tuulettimen ja generaattorin pyöriessä nopeammin. [1, s. 1008.]

Henkilöautossa generaattori pyörii tavallisesti kierrosalueensa keskialueella ja osakuormalla. Normaaleilla pyörintänopeuksilla hyötysuhde on 60–70 %. Auton polttoainetalouteen vaikuttaa myös suuresti auton paino, siten myös latausgeneraattorin paino. Mitä enemmän sähköenergiaa tarvitaan, sitä suurempi generaattori autoon tarvitsee asentaa, joka vaatii myös moottoritulasta enemmän tilaa. Silti käytettäessä suurempaa ja painavampaa generaattoria, voidaan generaattoria käyttää suotuisammalla alueella energiatehokkuuden kannalta, vaikka se kasvattaisikin auton kokonaismassaa. [1, s. 1014.]

2.3 Jännitteensäädin

Auton generaattori on varustettu myös jännitteensäätimellä, joka säätää akun latausjännitettä. Vielä 1970-luvulla autoissa käytettiin mekaanisia jännitteensäätimiä, joissa magnetointivirtaa ohjattiin avautuvien ja sulkeutuvien kosketinkärkien avulla [3, s. 428]. Nykyisesti jännitteensäätimet ovat täysin elektronisia ja usein asennettu generaattorin yhteyteen, kuten kuvassa 2. Eräässä autossa, jos jännitteensäädin havaitsee akun lämpötilan tai latausjännitteen nousevan liian korkeaksi, voidaan GEM:n eli keskuselektroniikkamoduulin välityksellä kytkeä tuulilasin ja takalasin lämmittimet päälle akun jännitteen laskemiseksi. Keskuselektroniikkamoduuli ohjaa useita auton varusteiden käyttöä. [2.]

2.4 Akku

Auton latausgeneraattorin tuottama sähkö varastoidaan akkuun, josta sitä voidaan käyttää moottorin käynnistykseen ja erinäisten jatkuvien toimintojen pyörittämiseen, esimerkkinä henkilöauton varashälytin.

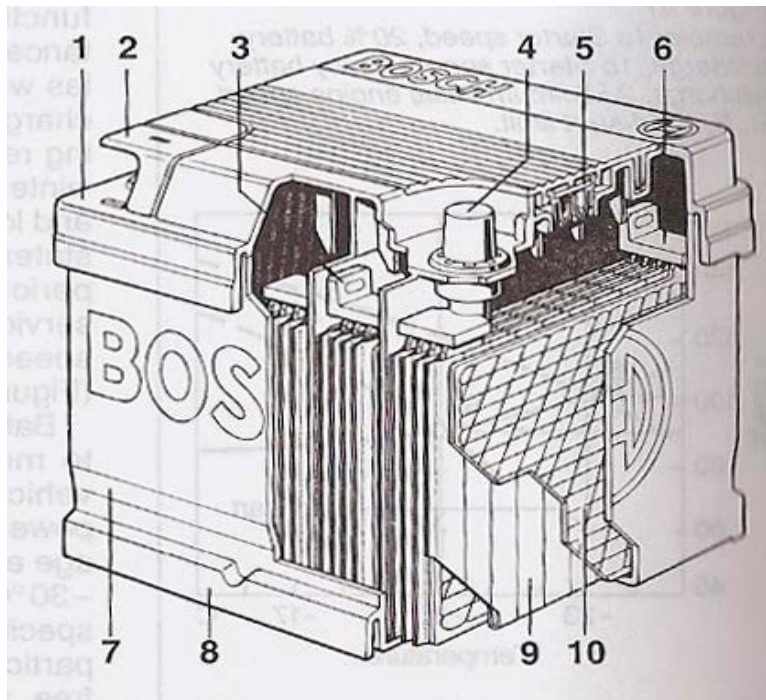
Akkua käytetään myös tasaamaan auton sähköjärjestelmän jännitettä. Siksi herkät laitteet tulisi asettaa akun virtapiiriin ja paljon virtaa vievät laitteet latausgeneraattorin virtapiiriin.

Auton akku on tavallisimmin sijoitettuna auton moottoritilaan, mutta on myös autoja jossa akku on sijoitettu takapenkkien alle tai tavaratilaan. Auton akulta vaaditaan paljon, koska sen tulee toimia alle -20 asteessa, sekä kesällä jolloin moottoritilan lämpötila voi nousta yli 60 asteen. Akun tulee pystyä tarjoamaan käynnistysmoottorille riittävästi virtaa sääolosuhteista riippumatta. Virran tarve nousee etenkin kylmäkäynnistyksellä todella suureksi.

Auton käynnistysmoottori tarvitsee moottorin käynnistämiseen tyypillisesti noin 50–150 ampeeria. Vaihtelu virran tarpeessa johtuu moottorin sylinterien venttiilien asennoista. Jos venttiilit ovat auki niin männän liikuttamiseen tarvittava voima on pienempi. Käynnistysmoottorin tarvitsema virta voi nousta hetkellisesti myös yli 250 ampeerin. Kylmissä olosuhteissa käynnistysvirta kasvaa vieläkin suuremmaksi, koska akun jännite laskee ja sisäinen resistanssi kasvaa ja moottorin voitelusta huolehtiva öljy ei kierrä kylmänä kunnolla.

Käynnistysmoottorin teho riippuu käynnistettävän moottorin iskuilavuudesta sekä siitä, onko kyseessä bensiini- vai dieselmoottori. Noin 2,5 kW 12 V käynnistysmoottori riittää käynnistämään noin 7-litraisen bensiinimoottorin, mutta vain 3-litraisen dieselmoottorin. [1, s. 1018.]

Tyypillinen 12 voltin auton akku koostuu kuudesta sarjaan kytketystä kennosta. Jokaisesta kennosta saadaan täyteen ladattuna 2,1 voltin jännite eli yhteensä 12,6 voltia täyteen ladattuna. Lyijyakun rakenne koostuu haponkestävästä ulkokuoresta, väliseinistä ja lyijysulfaatti-levyistä. Nämä levyt ovat upotettuna laimennettuun rikkihappoon. Kuvassa 3 on kuvattuna akun eri komponentit.



Kuva 3. Akun rakenne 1. Kansi 2. (+)-navan suojakansi 3. Kennokiinnike 4. (-)-napa 5. Tiivistyskorkki 6. Levykiinnike 7. Akkukotelo 8. Alalista 9. Positiiviset levyt 10. Negatiiviset levyt [1, s. 1000.]

Kun akkua ladataan, negatiivisen levyn lyijysulfaatti muuttuu lyijyksi. Positiivisen levyn lyijysulfaatti muuttuu lyijyoksidiksi, joka saa aikaan veden vähenemisen rikkihapposeoksesta. Kun akun varausta puretaan, tämä prosessi tapahtuu käänteisesti, kunnes akun alkuperäinen kemiallinen rakenne on saavutettu. [4.]

On olemassa myös huoltovapaita akkuja. Tämä tarkoittaa, ettei akkuihin voi lisätä akkunestettä. Akuissa akkuneste on joko geelimuodossa tai imeytettynä lasikuitumattoon. Näissä akuissa on tärkeää, ettei akkua avata, koska akun tasapaino järkkyyisi. Huoltovapaissa akuissa on etuna, että ne voidaan asentaa mihin tahansa asentoon, eikä niissä ole riskiä, että akkunesteet vuotaisivat ulos.

Lyijyakku on edullisuutensa takia suuren suosion autokäytössä vaikka sillä onkin huono energiatiheys kiloa kohden. Lyijyakku pystyy myös tarjoamaan suuren määrän energiaan kylmäkäynnistyksessä, jossa virta voi nousta jopa 500 ampeeriin. Joissakin autoissa (esimerkiksi Porsche GT3 RS) on käytetty painon vähentämiseksi litiumakkua, mutta tämäntyyppinen akku ei ole yleistynyt sen kalleuden takia.

Auton sähköenergian varastointi akkuun tuo kemiallisen toimintatapansa takia ongelman ympäristön lämpötilojen vaihdellessa. Lämpötilan laskiessa akkua tarvitsee ladata suuremmalla jännitteellä, ja lämpötilan ollessa korkea akun latausjännite tulisi olla pienempi. Tavallisen lyijyakun latauksen hyötysuhde riippuu akun varaustilasta. Akun varauksen keskimääräinen hyötysuhde lataustilan (SOC) ollessa 0–84 % on 91 %. SOC:n ollessa 79–84 % keskimääräinen hyötysuhde on vain 55 %. Akun ollessa lähes täynnä hyötysuhde laskee vielä alemmaksi. [5.]

2.5 GEM

GEM on elektroninen kytkentäkeskus, joka ohjaa auton vakiovarustukseen kuuluvia ajastustoimintoja, kuten pyyhintäväliä, vilkkuja ja valoja. Hyödyt verrattuna vanhaan CTM-moduuliin ovat mm. paremmat vianmääritysmahdollisuudet, korjauksen helppous, vähemmän liittimiä ja osia, sekä pienemmät kustannukset. Elektronisen kytkentäkeskuksen kautta kytketään päälle esimerkiksi tuulilasin lämmitin, jonka virrankulutus voi olla yli 1000 wattia. Jos akun jännite on liian alhainen estää GEM laitteen käynnistymisen. [2.]

2.6 Nykyisiä käytössä olevia energiansäästötapoja

2.6.1 Xenonvalot

1990-luvun puolivälissä henkilöautoihin tuli saataville xenonvalot. Xenonvalon toiminta perustuu hehkulangan sijaan xenon-kaasussa kahden elektrodin välille syntyvään valokaareen. Näitä valoja kutsutaan myös kaasupurkauslamppuiksi. Kaasupurkauslamppu tarvitsee toimiakseen suuremman jännitteen kuin tavallinen 12 V:n jännitteellä toimiva halogeenilamppu. Kaasupurkauslamppu tarvitsee käynnistyäkseen 10–30 kV:n jännitteen, jolloin lamppu tuottaa noin 50 % valotehostaan. Noin 3 sekunnin kuluessa jännite laskee noin 80 V:iin ja valotehosta saadaan 100 %. Tyypillisestä halogeenilampusta tyyppiä H1 saadaan 55 W:n teholla 1550 luumenia valotehoa. Kaasupurkauslampulla saadaan vastaavasti 35 W:n teholla 3200 luumenin valoteho, kun kvartsielementti on lämmennyt 900-asteiseksi. [2.]

2.6.2 Päivävalot DRL

Vuodesta 2011 lähtien uusissa henkilöautoissa EU:n alueella on oltava käytössä niin sanotut päivävalot. Päivävalot on suunniteltu käytettäväksi valoisaan aikaan normaalien ajovalojen sijasta. Useissa Euroopan maissa ajovalot tulee olla päällä vuorokaudenajasta riippumatta. Uudet päivävalot kuluttavat noin 10–26 W verrattuna normaalien ajovalojen noin 100 W:n kulutukseen. Kaikkien ajossa normaalisti päällä olevien valojen kulutus on noin 200–300 W. Riippuen auton valmistajasta päivävalo-asennolla auton takavalot eivät ole päällä, millä saadaan energiankulutusta vielä alhaisemmaksi. [6.]

2.6.3 Sähköinen ohjaustehostin

EPS/EPAS eli sähköinen ohjaustehostin on yleistynyt henkilöautoihin viime vuosina. Sähköisellä ohjaustehostuksella saadaan korvattua vanha hydraulinen järjestelmä, joka sai voimansa moottorin pyörittämältä pumpulta. Vanhan järjestelmän haittana oli, että pumppu pyöri moottorin kanssa samaa vauhtia, vaikka tehostukselle ei olisi tarvetta esimerkiksi ajettaessa moottoritiellä. Sähköinen ohjaustehostin tarvitsee myös vähemmän komponentteja ja tilaa verrattuna hydrauliseen järjestelmään.

EPS säästää tavalliseen hydrauliseen ohjaustehostimeen verrattuna 0,3 litraa polttoainetta 100 km:n matkalla. Sähköistä ohjaustehostusta on usein kritisoitu huonosta ohjaustuntumasta, mutta sähköisen ohjaustehostuksen tuntumaa voidaan usein muokata pelkällä ohjelmistopäivityksellä. EPS on myös mahdollistanut uusien turvavälineiden käyttöönoton. Esimerkiksi kaistavahti, joka ohjaa auton takaisin ajokaistalle ilman kuljettajan apua, on mahdollinen toteuttaa sähköisen ohjaustehostimen ansiosta. [1, s. 816.]

3 Mittaukset

Mittaukset suoritettiin kolmelle eri henkilöautolle:

- Ford Focus (vm. 2012)
- Ford Ka (vm. 2012)
- Renault Megane (vm. 2012)

Uusi Ford Ka on valmistettu yhteistyössä Fiatin kanssa, joten sähköjärjestelmät ovat lähes identtiset Fiat 500 -auton kanssa. Tämä näkyi myös selvänä erona Ford Focusen ja Ford Kan sähköpiirustusten kuvissa.

Mittaukset suoritettiin ABB M5111 -pihtivirtamittarin avulla auton sulakerasioista käsin. Tavallisessa henkilöautossa kytkentärasioita on yleisesti kaksi tai kolme riippuen auton koosta ja varustelutasosta. Kytkentärasiat sijaitsevat moottoritilassa, kojelaudan sisällä sekä tavaratilassa.

Pihtivirtamittari mittaa johtimessa kulkevaa sähkövirtaa sen muodostaman magneettikentän avulla. Pihtivirtamittarilla mitattaessa virtapiiriä ei tarvitse katkaista mittarin kytkemiseksi. Pihtivirtamittareita on pelkän vaihtovirran mittaamiseen ja myös tasa- ja vaihtovirtamittauksiin. Vain vaihtovirtaa mittaava mittari perustuu sähkömagneettiseen induktioon, mutta mittari joka pystyy mittaamaan sekä tasa- että vaihtovirtaa perustuu Hall-anturin käyttöön. Hall-antureita käytetään myös mittaamaan magneettikentän voimakkuutta esimerkiksi auton ESP-järjestelmissä mittaamaan renkaan pyörintänopeutta. Käytetty M5111-mittari pystyi mittaamaan tasa- sekä vaihtovirtaa. Mittarilla oli mahdollista myös mitata samalla sähköjärjestelmän jännitettä. Sen avulla mittari laski suoraan laitteen käyttämän tehon.

Kun ABB M5111-mittari käynnistettiin, aloitti laite itsensä kalibroinnin. Kalibrointi tuli suorittaa joka kerta, kun laite käynnistettiin. Tämä myös hidasti mittauksia, koska laite sammui automaattisesti, jos mittauspainiketta ei ollut painettu vähään aikaan.

Mittaukset oli tarkoitus suorittaa laitteille menevien virtajohtojen kautta mittaamalla. Autojen johtosarjat olivat niin tiukasti paketoitu mahdollisimman pieniksi, että mittalaite ei mahtunut johtojen väliin. Johtosarjojen paketoinnin purkaminen ei ollut mahdollista,

koska autot olivat menossa seuraava päivänä esittelyyn tai lehdistölle koeajoon. Oli myös tärkeää säilyttää autot myyntikuntoisina.

Jouduttiin kehittämään toinen tapa jolla saataisiin mitattua laitteille kulkevan sähkövirran määrä. Mitattavan laitteen sulake irrotettiin ja korvattiin johdolla, josta virran määrä pystyttiin mittaamaan helposti käytössä olevalla mittarilla. Moottorin kytöntärasialta mitattaessa saatiin myös auton akulta mitattua jännite, jolla laite laski laitteen käyttämän tehon. Mittaukset toistettiin vähintään kahdesti jokaiselle laitteelle, jotta voitiin varmistua mittaustulokset oikeellisuudesta.

Mittaukset suoritettiin Fordin tiloissa Helsingin Malmilla. Sähkönkulutus mitattiin auton ollessa tyhjäkäynnillä tai auton virtojen ollessa II-asennossa riippuen mitattavasta laitteesta. Mittaukset suoritettiin niiden laitteiden sulakkeille, joille saatiin aiheutettua kulutusta auton ollessa tyhjäkäynnillä. Joidenkin laitteiden, kuten ESP:n ja ABS:n, yksiköt eivät kuluttaneet virtaa mittaushetkellä, koska järjestelmä ei ole aktiivinen auton ollessa paikallaan. Näiden mittaaminen liikkeessä olisi ollut todella työlästä, koska eri autoille olisi pitänyt saada samat olosuhteet, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia.

Tiukan aikataulun johdosta autojen sähköpiirustuksia ei saatu käyttöön mittaushetkellä, joten jouduttiin turvautumaan ajoneuvon omistajan ohjekirjassa merkittyihin sulakkeisiin. Focuksen sekä Kan omistajan ohjekirjassa oli merkitty jokainen autosta löytyvä sulake sekä mikä laite oli kytketty sulakkeeseen. Meganen kanssa ongelmia esiintyi, koska ohjekirjaan oli merkitty vain osa sulakerasioiden sulakkeista. Meganen moottorin tilassa olevia sulakkeita ei oltu merkitty lainkaan ohjekirjaan.

Alkuperäisten suunnitelmien mukaan Meganen tilalla olisi ollut Hyundai i40, mutta aloitettaessa mittauksia selvisi autossa olevan käytössä low-profile-minisulakkeita, joihin rakennettu mittajohto ei sopinut. Tästä syystä auto täytyi pikaisesti vaihtaa Renault Meganeen, jossa oli käytössä tavallisemmat minisulakkeet kuten muissakin mitatuissa autoissa.

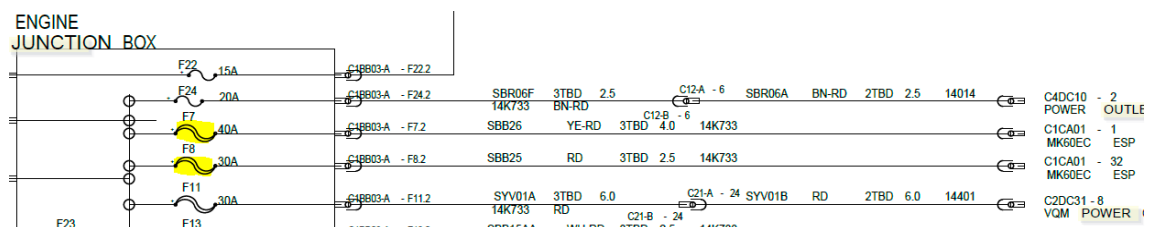
Renaultin sähköpiirustuksia ei saatu useista pyynnöistä huolimatta. Tämän auton kohdalla tulosten käsittely jäi vain ohjekirjasta löytyneiden sulakkeiden ja laitteiden käsittelyyn.

3.1 Ford Focus

Mittaukset aloitettiin Ford Focusin moottorintilan kytkentärasialta. M5110-mittarin jännitteen mittausta oli yhdistettynä auton akkuun. Tästä syystä tuloksena (taulukko 1) saatiin mittalaitteesta suoraan mitattavan laitteen viemä teho. Kuvassa 4 on esitetty ensimmäisten sulakkeiden mittauspaikka.

Taulukko 1. Focusin moottorintila (EJB)

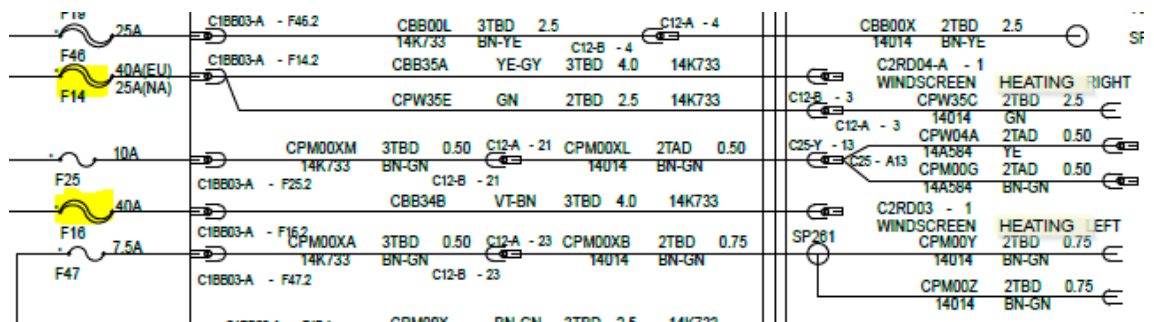
Sulake	Laite	Teho (W)	
F42	Takalasin pyyhin	35	
F18	Tuulilasin pyyhkimet	80	100
F16	Tuulilasin lämmitys vasen	433	
F14	Tuulilasin lämmitys oikea	441	
F12	Moottorinohjausjärjestelmä, ECR-rele	43	
F10	Sisätilan puhallin	22	208
F9	Takalasin lämmitin	244	
F8	ESP venttiili	-	tarvitsee toimintaa
F7	ABS/ESP pumppu	-	tarvitsee toimintaa
F46	Sähkötoimiset etuikkunat	-	



Kuva 4. Sulakkeiden F8 ja F7 mittauspaikka.

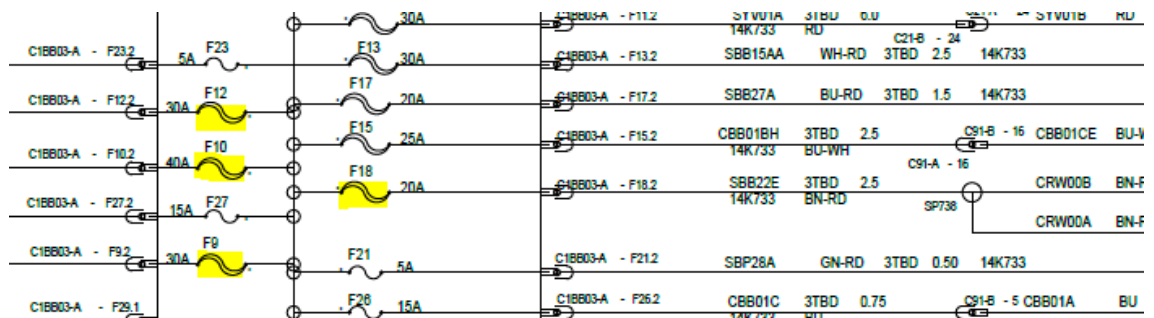
Sulakkeiden F7 ja F8 takana ovat ESP-venttiili ja ABS/ESP-pumppu. Laitteiden sähkönkulutusta ei saatu mitattua, koska ABS/ESP-järjestelmän aktivoiminen olisi

vaatinut auton hätäjarrutusta suuresta nopeudesta. Seuraavaksi mitattiin sulakkeiden F14 ja F16 (kuva 5) läpi kulkenut virta.



Kuva 5. Sulakkeiden F14 ja F16 mittauspaikka.

Tuulilasin lämmittimen päälle kytkemiseksi auto täytyi käynnistää, koska muuten näin kuormittavaa laitetta GEM ei kytke päälle. Tulokseksi saatiin vasemmalta puolelta 433 W ja oikealta 441 W. Tuulilasinlämmittimen mitattu energiankulutus on siis 874 W. Kuvassa 6 merkitty sulakkeiden F9, F10, F12 ja F18 mittauspaikka.



Kuva 6. Sulakkeet F9, F10, F12 ja F18.

Sulakkeen F18 piiriin oli kytketty tuulilasinpyyhkimien moottori sekä niiden lisämoottori. Tulokseksi saatiin 80–100 W, joista suurempi pyyhkimien liikkuessa ylöspäin tuulilasilla. Mittaus suoritettiin kuivalla tuulilasilla, joka lisäsi virrankulutusta suuremman kitkan vuoksi.

Sisätilanpuhaltimen mitattu virrankulutus oli 22–208 W riippuen valitusta puhallinnopeudesta. Tavallisessa tilanteessa puhallinnopeus on valittu alhaiseksi, joten keskimääräinen virrankulutus on tulosten alapäässä.

Sulakkeen F9 piiriin oli kytketty takalasinlämmitin ja lämmitettävät sivupeilit F47 kautta, eli kytkettäessä takalasinlämmitin päälle myös sivupeilien lämmitys alkaa. Sulakkeen F9 mittauksesta saatiin kulutukseksi 244 W.

Sulakkeen F12 mittaus suoritettiin auton ollessa tyhjäkäynnillä, jotta moottorinohjausjärjestelmän ECR-releen piiriin kytketyt laitteet olisivat toiminnassa. Moottorinohjausjärjestelmän ECR-releen kautta syötetään virta sulakkeille F32–F36, joiden piiriin on kytketty mm. EGR-venttiili, happianturi, polttoainesuuttimet sekä moottorin ohjausventtiilit. Näiden F12 sulakkeen kautta virtansa saavien laitteiden energiankulutus oli mittaushetkellä 43 W.

Sähkötoimisten etuikkunoiden sulakkeen F46 kautta ei kulkenut virtaa, vaikka etulaseja liikuteltiin edestakaisin. Tämä johtui siitä, että tässä autossa varustetason takia virransyöttö on toteutettu RJB:n kautta jokaisen oven moduulille. Seuraavaksi mittaukset tehtiin auton tavaratilan kytkentärasialle. Tulokset esitettynä taulukossa 2.

Taulukko 2. Focus tavaratila (RJB)

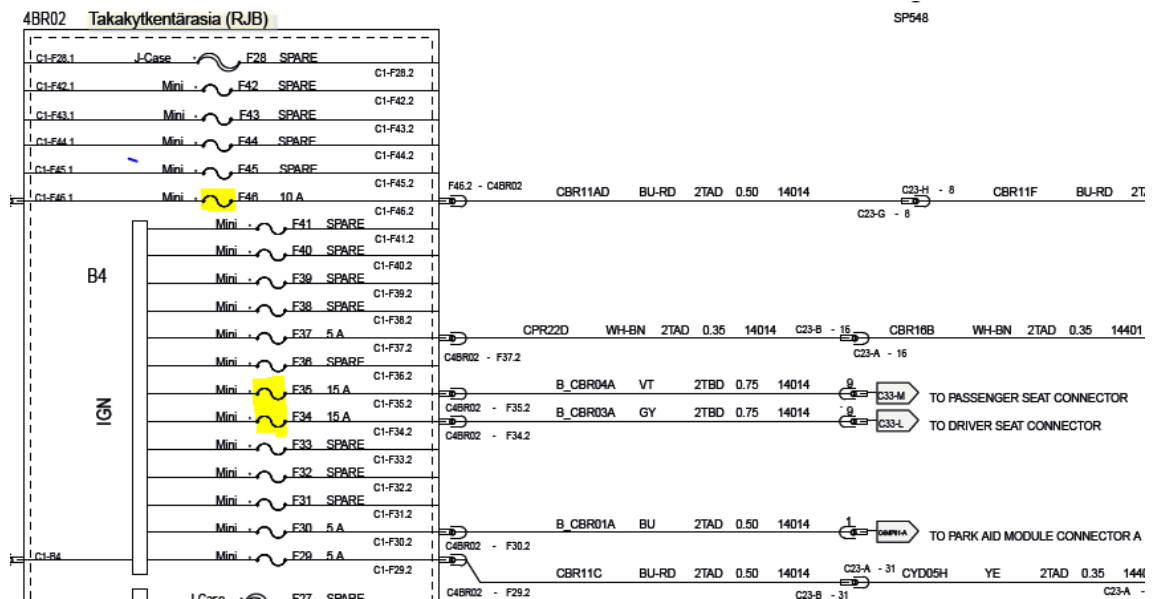
Sulake	Laite	Teho (W)	Virta (A)	Jännite (V)
F35	Lämmitettävä istuin matkustaja	74	5	14,8
F34	Lämmitettävä istuin kuljettaja	74	5	14,8
F4	Ovioduuli (vasen etu)	48	4	12
F5	Ovioduuli (oikea etu)	54	4,5	12
F6	Ovioduuli (vasen taka)	30	2,5	12
F7	Ovioduuli (oikea taka)	30	2,5	12
F46	Kuolleen kulman hälytys	9,768	0,66	14,8
F15	Audio	16,92	1,41	12

Tavaratilan kytkentärasialta mitattaessa mittariin ei saatu kytkettyä jännitemittauksen johtoja, joten jännitemittaus täytyi tehdä erikseen. Mittari antoi tuloksen ampeereissa,

josta laskettiin laitteen käyttämä teho seuraavalla kaavalla. Kaavassa U on jännite ja I mitattu virta.

$$P = U * I$$

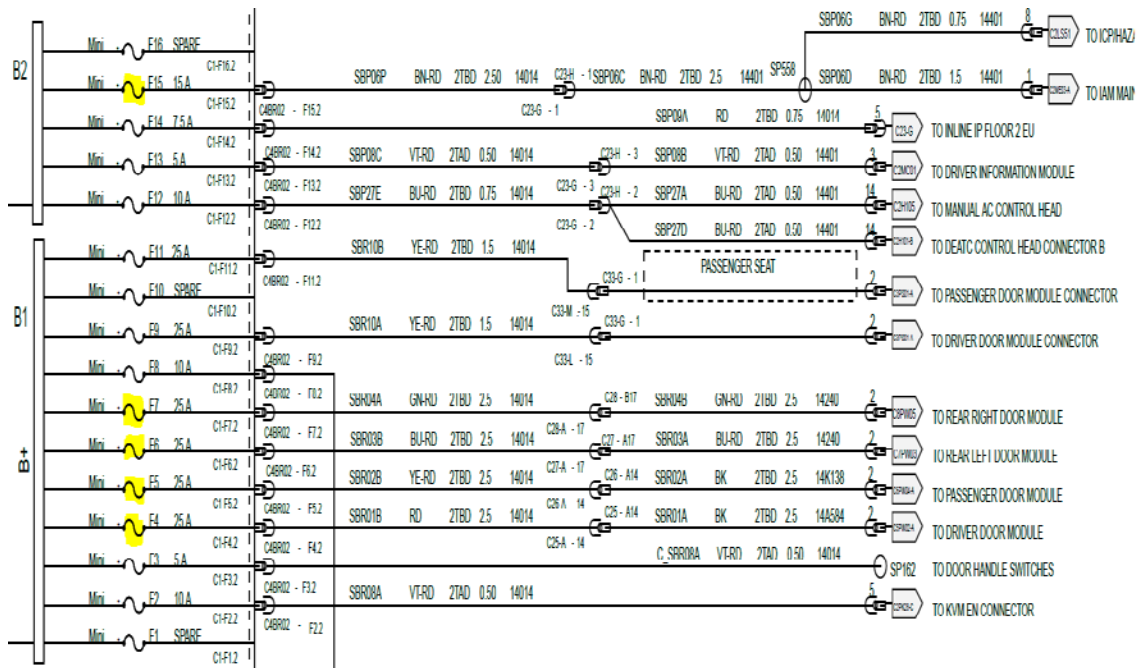
Ensimmäiset tavaratilan kytkentärasian mittaukset tehtiin sulakkeille F34, F35 ja F46, joiden mittausspaikat on esitetty kuvassa 7.



Kuva 7. Kuvassa merkittynä keltaisella sulakkeiden F34, F35 ja F46 mittausspaikat.

Mitattaessa sulakkeita F34, F35 ja F46 moottori pidettiin tyhjäkäynnillä, jotta laitteet voidaan kytkeä päälle. Lämmitettävien istuimien mittauksessa istuimella täytyi istua jotta lämmitys kytkeytyisi päälle. Molempien etuistuimien lämmityksen energiankulutus oli 74 W.

Kuolleen kulman hälytyksen mittauksessa sulake F46 korvattiin rakennetulla mittajohdolla. Moottorin ollessa tyhjäkäynnillä kuolleen kulman hälytysjärjestelmän energiankulutus oli noin 10 W. Tarkempi mittaus olisi tullut suorittaa ajaessa, koska kuolleen kulman hälytyksen moduulit passivoituvat mitatussa ajoneuvossa, jos auton ajonopeus on alle 10 km/h. [2.]



Kuva 8. Kuvassa merkittynä keltaisella sulakkeiden F4–F7 ja F15 mittauspaikat.

Tavaratilan kytkentärasian sulakkeiden F4–F7 ja F15 mittausten aikana moottori voitiin pitää sammutettuna. Auton virta-avain kytkettiin II-asentoon ja mittaus aloitettiin sulakkeesta F15. Audiojärjestelmä säädettiin oletettuun kuuntelukovuuteen ja sulakkeen läpi kulkeva virta mitattiin. Ylempänä mainitulla kaavalla laskettiin laitteen käyttämä teho. Tulokseksi saatiin noin 17 W.

Ovioduulien virrankulutuksia mitattaessa ovioduulien ohjaamia ikkunoita liikutettiin auki ja kiinni. Mittaus suoritettiin erikseen jokaiselle auton ikkunalle. Kuljettajan ikkunan nostomoottorin tehon tarve oli 48 W. Vastaavasti oikean puoleisen etuikkunan nostomoottorin kohdalla 54 W. Takaikkunoiden nostomoottorien tehon tarve oli molemmilla puolella 30 W. Ero voidaan selittää etulasien isomman koon ja täten myös painon takia.

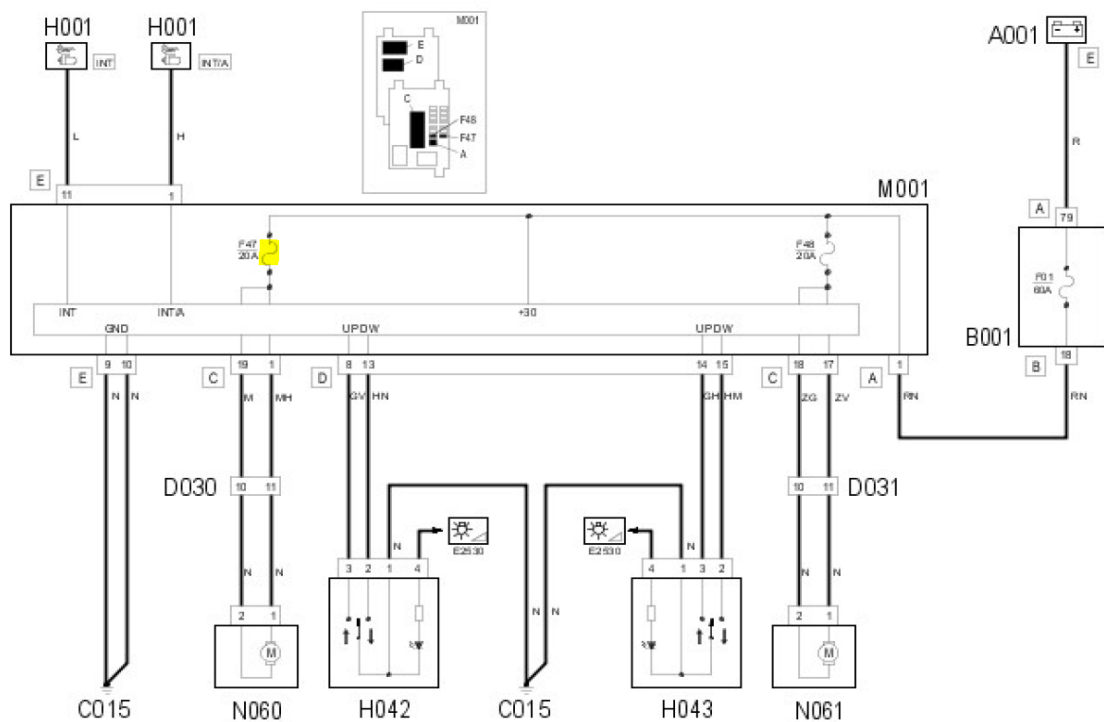
3.2 Ford Ka

Ford Focuksen mittausten jälkeen mittaukset aloitettiin Ford Kalle. Ensimmäiseksi mitattiin Kan kojelaudan kytkentärasian sulakkeet F47 ja F12. Saadut tulokset esitettyinä taulukossa 3.

Taulukko 3. Ford Ka kojelautaa

Sulake	Laite	Teho (W)		Virta (A)	
F47	Kuljettajan puoleinen ikkuna	23,25	40,96	1,89	3,33
F12	Oikean lähivalon virransyöttö	55,60		4,52	

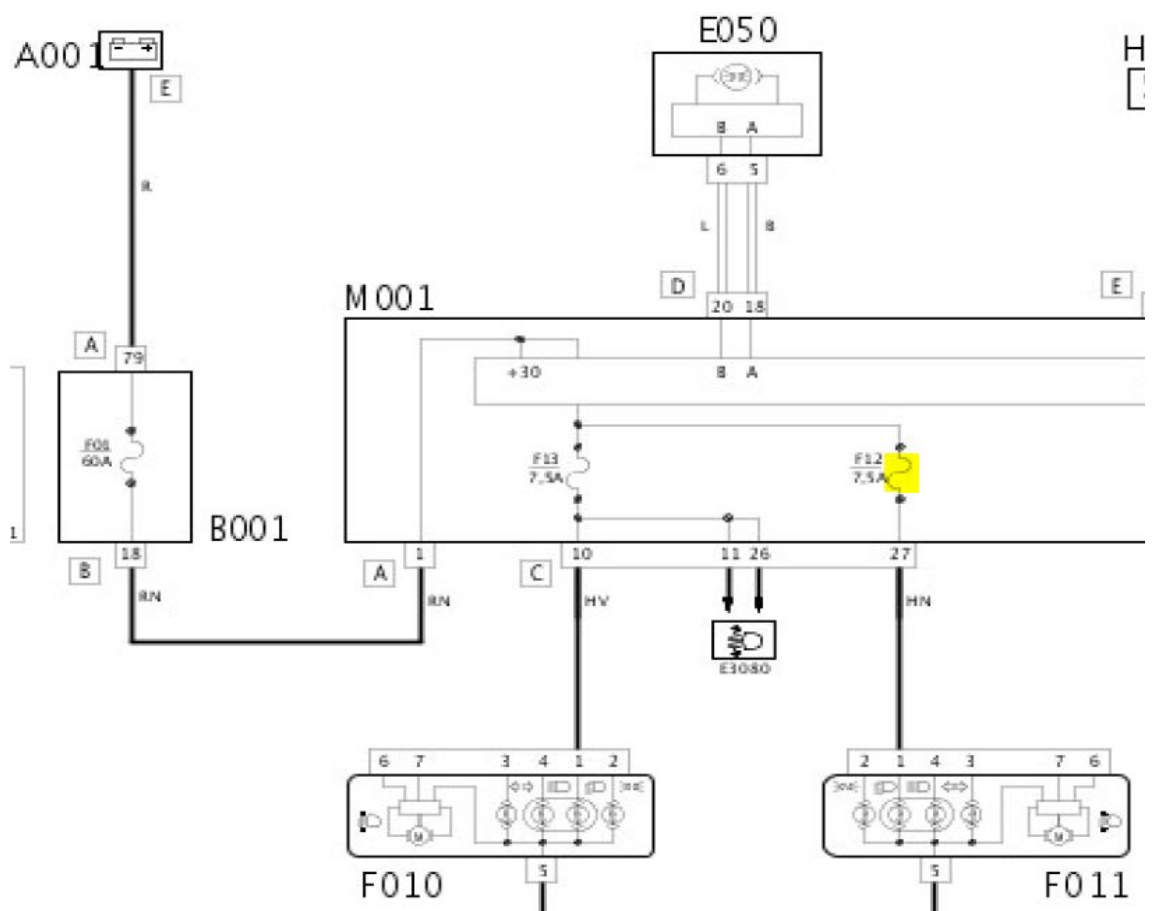
Kojelaudan kytkentärasialta mittaessa pihtivirtamittariin ei saatu käytössä olevien mittajohtojen avulla jännitteen mittausta. Tästä syystä jännitteen mittaus tehtiin erikseen. Taulukon 3 mittaukset suoritettiin virta-avaimen ollessa II-asennossa. Akun jänniteeksi mitattiin 12,3 volttia. Kuvassa 9 esitettyä sulakkeen F47 mittauspisteä.



Kuva 9. Sulakkeen F47 mittauspisteä.

Ikkunanostimien moottorit saavat virransyötön korin ohjausyksiköltä M001, joka myös ohjaa moottorien toimintaa. Ohjausyksikölle virransyöttö tapahtuu suoraan auton akulta, jota suojaa moottoritilan kytkentärasia B001 sulake F01.

Sulakkeen F47 kautta kulkevaa virtaa mitattaessa kuljettajan ikkunaa liikutettiin ylös ja alas. Mittajohdon läpi kulki ikkunaa alaspäin liikuttaessa korkeimmillaan 1,89 ampeerin virta. Ylöspäin liikuttaessa suurin virta oli 3,33 ampeeria. Aiempana mainitulla kaavalla moottorin tarvitsemaksi tehoksi saadaan ikkunaa alaspäin liikuttaessa 23,25 wattia ja ylöspäin 40,96 wattia. Mittausten ero selittyy ikkunan painosta, joka etenkin 3-ovisissa autoissa on usein suurempi kuin 5-ovisissa autoissa. Alaspäin liikkuessa painovoima avustaa moottorin toimintaa, mutta ylöspäin liikkuessa vastustaa liikettä. Seuraavaksi mitattiin oikean lähivalon energiankulutus. Mittauspiste sulakkeelta F12 on esitettyä kuvassa 10.



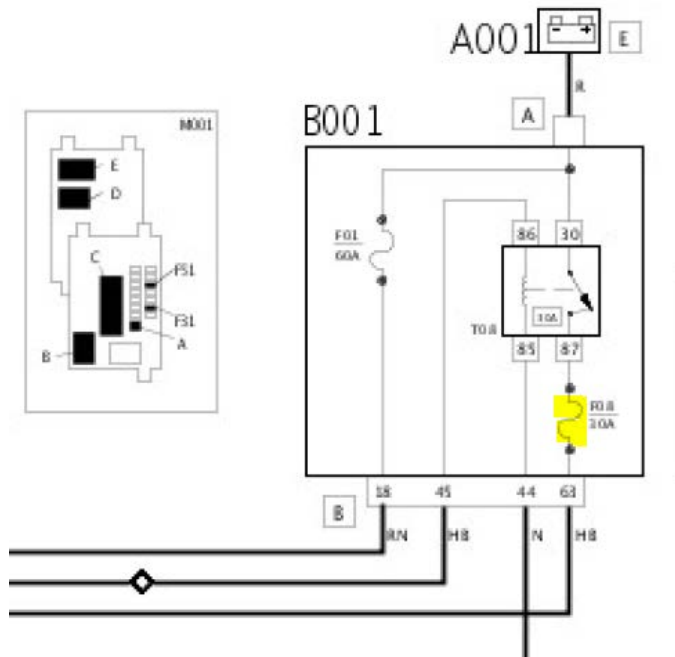
Kuva 10. Oikean lähivalon mittauspaikka.

Oikean lähivalon virransyöttö tapahtuu korin ohjausyksikön M001 navan 27 kautta. Mittaus suoritettiin laittamalla auton lähivalot päälle ja mittaamalla sulakkeen F12 läpi kulkeva virta. Tulokseksi saatiin 4,52 ampeeria, joka 12,3 voltin jännitteellä tarkoittaa 55,60 wattia. Lähivalon polttimona autossa oli H4 halogeenipolttimo. Taulukossa 4 on esiteltynä moottoritilan kytkentärasialta saadut tulokset.

Taulukko 4. Kan moottoritila

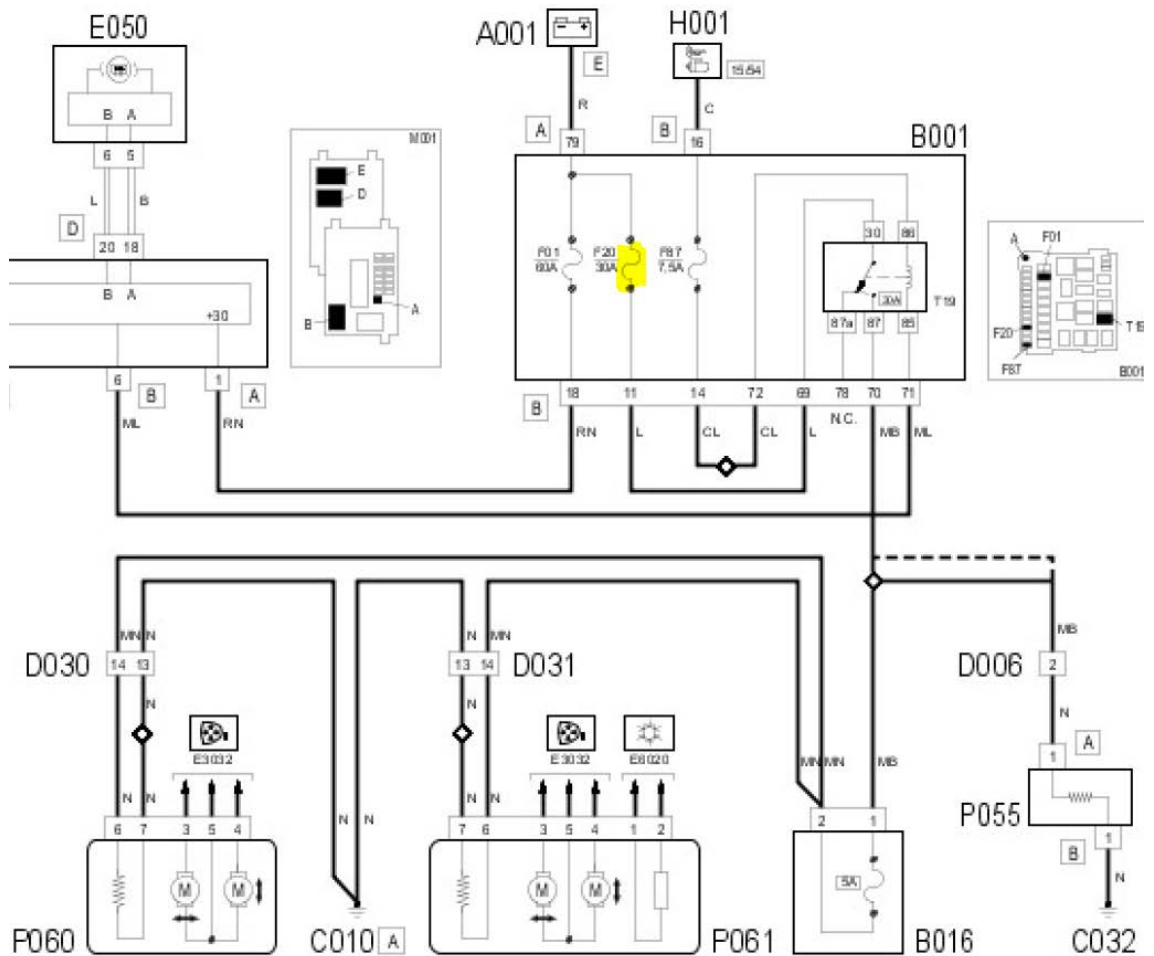
Sulake	Laite	Teho (W)			
F08	Ilmastointijärjestelmän tuuletin	13	47	98	162
F20	Lämmitettävä takalasi + peilit	160			
F30	Sumuvalot	97			
F21	Polttoainepumppu	85			
F15	Lämmitettävä istuin	27			
F83	Lämmitettävä tuulilasi	489			

Taulukon 4 mittaukset suoritettiin moottoritilan kytkentärasiaista. Mittariin saatiin kytkettyä jännitteen mittaus auton akulta, joten tuloksena saatiin suoraan laitteen käyttämä teho. Seuraavaksi mittaus suoritettiin sulakkeen F08 suojaamalle ilmastointijärjestelmän tuulettimelle. Mittauspiste havainnollistettu kuvassa 11.



Kuva 11. Ilmastointijärjestelmän tuulettimen energiankulutuksen mittauspiste.

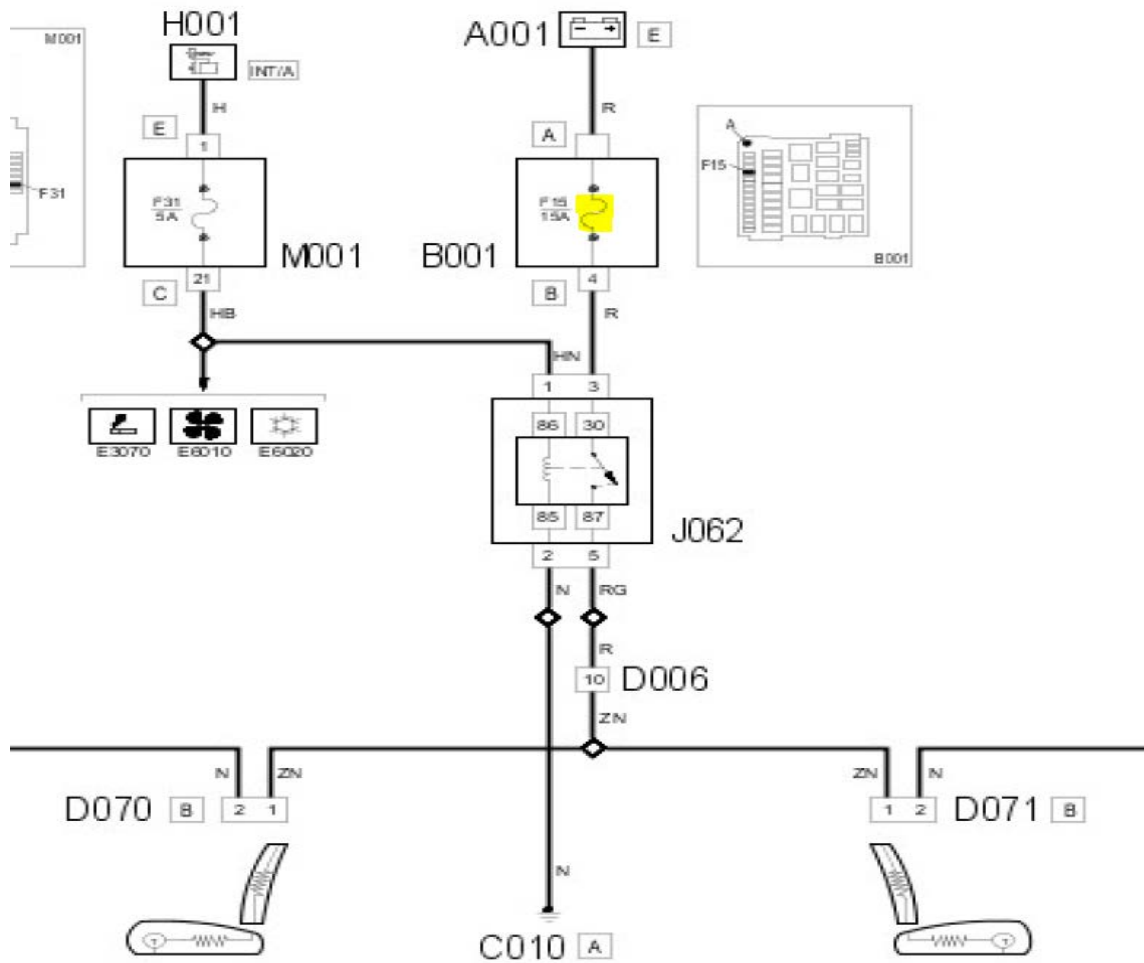
Ilmastointijärjestelmän tuulettimen energiankulutus mitattiin sulakkeen F08 kautta. Tuuletin huolehtii auton sisäilman vaihdosta. Ilmastointijärjestelmän kompressori saa voiman suoraan auton moottorilta. Mittaukset suoritettiin tuulettimen neljälle eri nopeusasetukselle. Tuulettimen nopeutta ohjataan tuulettimen maattokytken välillä olevan säädettävän vastuksen avulla. Kun tuulettimen nopeus halutaan mahdollisimman suureksi tämä vastus säädetään mahdollisimman pieneksi. Pienimmällä pyörintänopeudella tuulettimen energiankulutus oli 13 W. Tuulettimen 2-asennolla mitattu energiankulutus oli 47 W. 3-asennolla mittaustulos oli 98 W. Suurimmalla nopeudella tuulettimen energiankulutus oli 162 W. Kuvassa 12 esitettynä seuraavan sulakkeen F20 mittauspiste.



Kuva 12. Takalasin ja taustapeilien lämmityksen mittauspiste.

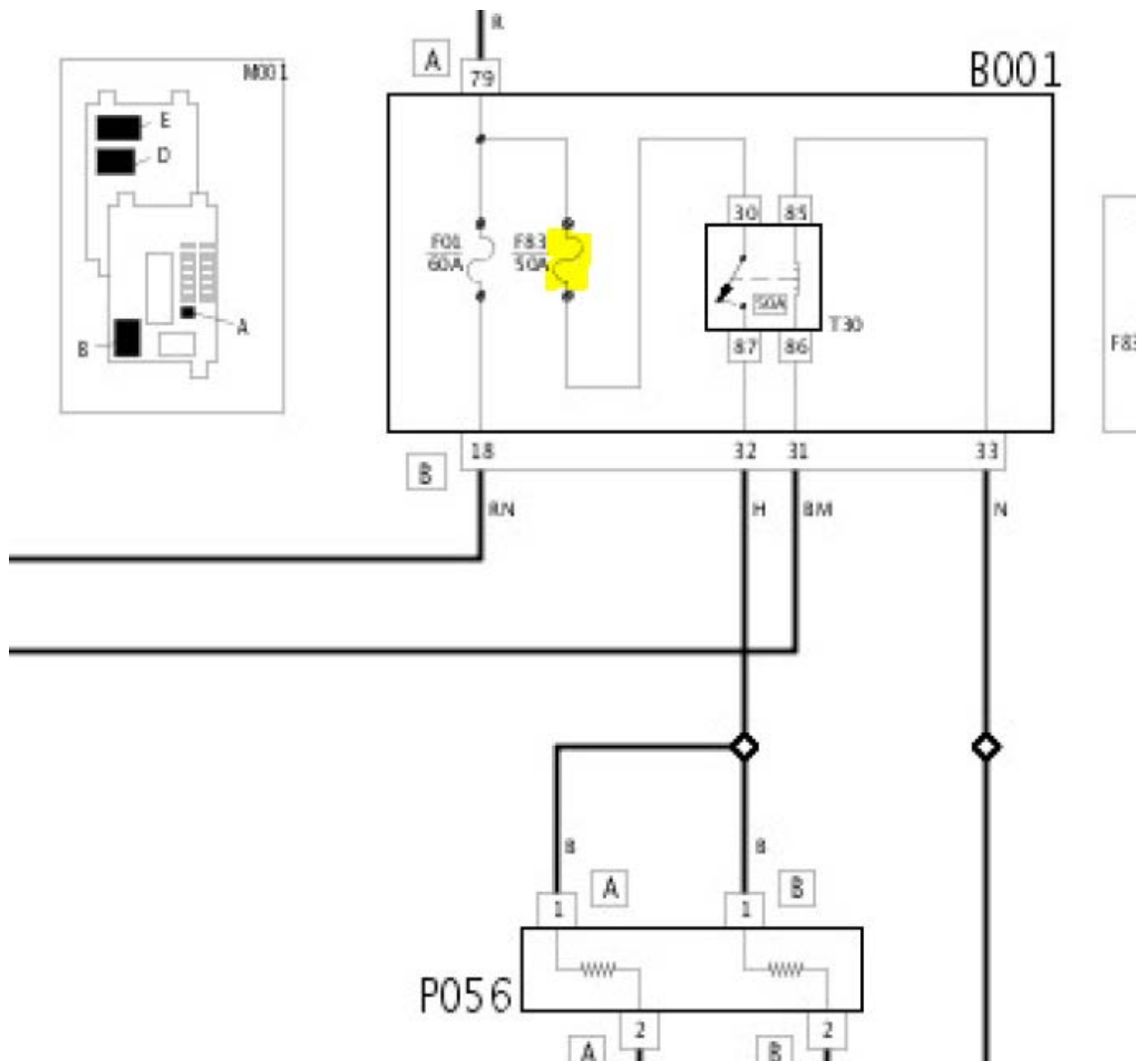
Takalasin ja taustapeilien lämmitys saa virransyöttönsä moottoritilan kytkentärasian B001 kautta. Kuvassa 12 P055 on takalasin lämmitin ja D030 sekä D031 on taustapeilien yksiköt. Sulakkeen F20 lisäksi taustapeilien lämmittimet on suojattu 5 ampeerin sulakkeella. Mittauksessa auto pidettiin tyhjäkäynnillä, koska järjestelmä kytkeytyy pois päältä jos akun jännite laskee alle 11,5 voltia. Takalasin ja taustapeilien lämmityksen mitattu energiankulutus oli 160 W. Kuvassa 13 on esitetty etusumuvalojen sulakkeen F30 mittauspiste.

Polttoainepumpun energiankulutus mitattiin auton ollessa tyhjäkäynnillä. Polttoainepumppu saa virransyöttönsä moottoritalan kytkentärasian sulakkeen F21 kautta. Auton moottorin käydessä tyhjäkäynnillä polttoainepumpun energiankulutus mitattiin olevan 85 W. Moottorin kuormitusta lisättäessä energiankulutuksen voidaan olettaa kasvavan, koska moottorin polttoaineen tarve kasvaa. Kuvassa 15 on havainnollistettu lämmitettävien istuimien kytkentää auton sähköjärjestelmässä.



Kuva 15. Lämmitettävien istuimien energiankulutuksen mittauspiste.

Istuintyynyjen lämmitysjärjestelmän virtapiiri aktivoituu vain virta-avaimen ollessa II-asennossa. Järjestelmän virransyöttö tapahtuu moottoritalan kytkentärasian B001 sulakkeen F15 kautta. Mittauksessa vain kuljettajan puoleisen istuimen lämmitin kytkettiin päälle. Mittaustulokseksi saatiin yhdelle penkille 27 W. Seuraavan mittauksen sulakkeen F83 mittauspiste on havainnollistettu kuvassa 16.



Kuva 16. Tuulilasin lämmittimien energiakulutuksen mittauspiste.

Tuulilasin molemmat lämmitysvastukset on kytketty samaan piiriin. Lämmitysvastusten virtapiiriä suojaa sulake F83. Mittauksessa auton moottori pidettiin tyhjäkäynnillä, riittävän jännitteen ylläpitämiseksi. Lämmitys kytkeytyy pois käytöstä jos akun jännite tippuu alle 11,5 V:in. Mitattiin sulakkeen F83 läpi kulkeva teho lämmittimien ollessa päällä. Tulokseksi mittauksesta saatiin 489 W.

3.3 Renault Megane

Renault Meganen mittaukset suoritettiin ainoastaan kojelaudan kytkentärasialta. Käytössä olleessa ohjekirjassa ei ollut merkitty lainkaan moottoritalan kytkentärasian sulakkeita. Myös osa kojelaudan kytkentärasian sulakkeista oli jätetty ohjekirjassa mainitsematta. Kojelaudan kytkentärasialta suoritetuista mittauksista saadut tulokset esitettynä taulukossa 5.

Taulukko 5. Renault Meganen kojelaudan kytkentärasia.

Sulake	Laite	Virta (A)		Teho (W)	
F2	Jarruvalo	3,63		44,286	
F4	Kuljettajan ikkuna	3,92	6,55	47,824	79,91
F6	Suuntavalot	8,2		100,04	
F7	Navigointijärjestelmä	0,42		5,124	
F9	Takalasin pyyhin	2,83		34,526	
F10	Takalasinostin	4,15	6,5	50,63	79,3

Renault Meganen mittaukset suoritettiin ainoastaan kojelaudan kytkentärasialta. Käytössä olleessa ohjekirjassa ei ollut merkitty lainkaan moottoritalan kytkentärasian sulakkeita. Myös osa kojelaudan kytkentärasian sulakkeista oli jätetty ohjekirjassa mainitsematta.

Meganen mittaukset suoritettiin virta-avaimen ollessa käännetty II-asentoon. Akun jännite mittaushetkellä oli 12,2 voltia. Ensimmäisessä mittauksessa mitattiin sulakkeen F2 läpi kulkeva virta painettaessa jarrupoljinta. Jarrupoljinta painettaessa auton takana olevat jarruvalot sekä lisäjarruvalo syttyivät päälle. Mittauksen tuloksena saatiin 3,63 ampeeria, joka 12,2 voltin jännitteellä tarkoittaa noin 44,3 watin energiankulutusta.

Kuljettajan ikkunan virtapiiri oli suojattu sulakkeella F4. Kyseisen sulakkeen kautta mitattiin laitteen kuluttama virta. Tulokseksi saatiin ikkunan liikkeessä alaspäin 3,92 ampeeria ja ylöspäin liikkeessä 6,55 ampeeria. Ikkunan moottorin tarvitsema teho oli siis 47,8 wattia ja 79,9 wattia.

Sulakkeen F6 tarkoitus oli suojata suuntavalojen virtapiiriä. Koska käytetyssä M5111 pihtivirtamittarissa ei ollut keskiarvon mittausta päätettiin mitata suuntavalojen suurin tarvitsema virta. Autosta kytkettiin päälle hätävilkut, jolloin kaikki suuntavalot vilkkuivat samaan tahtiin. Mittauksen tulokseksi saatiin korkeintaan 8,2 ampeerin piikki. Sen hetkiselällä akkujännitteellä tämä tarkoitti 100 watin energiankulutusta.

Mittauksissa olleessa Renault Meganessa audiojärjestelmä ja navigointijärjestelmä oli integroitu yhtenäiseksi laitteeksi. Laitteen virtapiiriä suojasi sulake F7. Mittauksessa mitattiin kyseisen sulakkeen läpi kulkeva virta kun audiojärjestelmä oli säädetty soittamaan musiikkia tavallisella kuunteluvoimakkuudella. Mittaustulokseksi saatiin 0,42 ampeeria eli noin 5 wattia.

Takalasin pyyhkijän moottorin virrankulutus mitattiin kuivalla lasilla, joka kasvatti pyyhkimen ja lasin välistä kitkaa. Mittauksessa sulake F9 poistettiin ja korvattiin rakennetulla mittajohdolla, josta saatiin mitattua sulakkeen läpi kulkenut virta. Tulokseksi saatiin korkeintaan 2,83 ampeerin virta. 12,2 voltin jännitteellä tehon tarpeeksi saatiin 34,5 wattia.

Sulakkeen F10 tarkoitus oli suojata vasemman puoleista takaikkunan moottorin virtapiiriä. Mittaus suoritettiin vain toiselle puolelle, koska aikaisemmasta mittauksesta selvisi vaihtelun olevan pientä. Mittauksessa ikkunalasia liikuteltiin alas ja ylöspäin ja kirjattiin molemmat tulokset muistiinpanoihin. Takaikkunan liikkeessä alas sulakkeen F10 läpi kulki 4,15 ampeerin virta. Ikkunan liikkeessä ylöspäin tulos oli 6,5 ampeeria. Tehoksi laskettuna tulokset olivat 50,6 wattia ja 79,3 wattia.

Renault Meganen mahdollisten mittausten pienestä määrästä johtuen päätettiin mitata myös auton akulta käytetty teho erilaisissa tilanteissa. Mittauksien tulokset esitettynä taulukossa 6. Ensimmäisenä mitattiin auton akulta käytetty sähköenergia auton ollessa lukitsemattomana. Tulokseksi saatiin 62 W. Seuraavassa mittauksessa virta-avain käännettiin II-asentoon ilman ajovaloja, josta tulokseksi saatiin 79 W. Kun lähivalot kytkettiin päälle virrankulutus nousi 223 wattiin. Auton virtojen ollessa päällä ilman lähivaloja, kytkettiin päälle ilmastoinnin puhallin. Kulutukseksi saatiin 121–256 W riippuen puhaltimen nopeudesta. Ovien ollessa lukittuna energiankulutus oli 32 W. Jos mittausta olisi jatkettu pidempään olisi kulutus varmasti laskenut järjestelmien passivoitumisen jälkeen.

Taulukko 6. Renault Meganen akulta mitattu kulutus

Mittaustilanne	Teho (W)	
Virrat pois	62	
Virrat päällä	79	
Lähdvalot päällä	223	
Ilmastoinnin puhallin ilman ajovaloja	121	256
Ovet lukittuna	32	

4 Tulosten vertailu

Autoalan aineistoissa laitteiden energiankulutusta on käsitelty melko vähäisesti. Vertailukohtana käytetyssä aineistoissa ei ollut ilmoitettu, mille tilanteelle suurin tai keskimääräinen energiankulutus oli ilmoitettu. Tämä vaikeutti omien mittausten vertailua aineiston tuloksiin.

Kuljettajan ikkunanostimen moottorin energiankulutus saatiin mitattua kaikista kolmesta autosta. Mitattujen kuljettajan ikkunanostimien energiankulutus vaihteli 41 ja 80 W:n välillä. Mittausten keskiarvoksi saatiin ikkunaa suljettaessa 56,3 W. Lähteenä käytetystä aineistosta löytyi myös yksi vertailutulos. Ford huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) ikkunanostimen energiankulutukseksi ilmoitetaan 100 W. Tulosten vaihtelu voidaan selittää ikkunoiden kokojen vaihtelulla, sekä myös rakenteellisina ratkaisuin.

Luotettavat ilmastoinnin puhaltimen mittaukset suoritettiin kahdelle autoista. Renault Meganen puhaltimen mittauksista vähentämällä virrat päällä mittauksen tuloksen saamme puhaltimien viemän tehon. Mitatut energiankulutukset pienimmällä pyörintänopeudella oli 13 ja 22 W. Suurimmalla nopeudella mittaustulokset olivat 162 ja 208 W. Meganen kohdalla tulokset olivat 44–177 W. Ilmastoinnin puhallin pyöri tyypillisessä ajotilanteessa tavallisimmin pienellä nopeudella, jolloin keskikulutus olisi noin 20–40 W. Käytetystä lähdeaineistosta löydettiin kaksi vertailuarvoa. Bosch Automotive Handbook -kirja (liite 1) ilmoittaa puhaltimen suurimman energiankulutuksen olevan 120 W ja keskimääräisen 50 W. Fordin huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) vastaava lukema on 100 W.

Tuulilasin lämmitys oli varusteltu kahteen mittauksissa käytettyihin autoihin. Ford Kan tuulilasin lämmittimen energiankulutus mittauksissa oli 489 W. Isomman tuulilasin omaavan Ford Focuksen lämmittimen energiankulutus oli yhteensä 874 W. Fordin huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) tuulilasin lämmittimen hetkelliseksi virrankulutukseksi ilmoitetaan 2000 W. Bosch Automotive Handbook -kirjan (liite 1) vastaava arvo on 1000 W, joka on lähempänä Focuksesta saatua mittatulosta.

Henkilöautoissa takalasin lämmittimen virtapiiriin on usein kytketty myös taustapeilien lämmitys. Virtapiiriin energiankulutus mitattiin kahdesta käytössä olleesta autosta. Taustapeilien lämmitys mukaan lukien tulokseksi saatiin 160 ja 244 W. Fordin huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) takalasinlämmityksen kerrotaan kuluttavan 300 W. Euroopan komission verkkodokumentissa (liite 3) takalasin lämmityksen kerrotaan kuluttavan 150 W. Fordin huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) on myös ilmoitettu lämmitettävien taustapeilien energiankulutukseksi 30 W.

Bosch Automotive Handbook -kirjassa (liite 1) tuulilasinpyyhkimien hetkelliseksi energiankulutukseksi ilmoitetaan 50 W. Keskimääräiseksi energiankulutukseksi 10 W. Ford huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) mainittu laitteen energiankulutus on 80 W. Ford Focuksen tuulilasinpyyhkimien energiakulutukseksi mitattiin 80–100 W. Renault Meganen mittauksessa jouduttiin saadusta tuloksesta vähentämään virran päällä mittauksen tulos. Näin kulutukseksi saatiin laskettua 36 W.

Takalasin pyyhkijän moottorin virrankulutus mitattiin kahdesta käytössä olleesta autosta. Mittaus suoritettiin kuivalla lasilla, joka vaikuttaa saatuun tulokseen. Mittausten tulokset olivat molempien autojen kohdalla noin 35 W. Fordin huoltokoulutusmateriaalissa (liite 2) takalasin pyyhkijän energiankulutus on 50 W. Euroopan komission verkkodokumentissa (liite 3) kulutukseksi ilmoitetaan 40 W, mutta liitteen mittaus on tehty pyyhkijän ollessa irti takalasisista. Saadut tulokset ovat samaa luokkaa lähdeaineiston kanssa.

5 Yhteenveto

Työn tarkoitus oli mitata henkilöautojen laitteiden sähköenergiankulutusta ja tarkastella tuloksia alan aineistosta löytyvien lukujen kanssa. Mittaukset onnistuivat pääpiirteittäin hyvin. Yhden ajoneuvon ohjekirjan puutteellisuus ja sähköpiirustusten puuttuminen vähensi huomattavasti mahdollisia mittauksia ajoneuvon osalta.

Joiltakin ajoneuvojen varusteiden osalta mittaukset eivät onnistuneet, koska mittaukset suoritettiin auton virtojen ollessa kytkettynä tai moottorin ollessa tyhjäkäynnillä. Esimerkiksi ESP-järjestelmän tehonkulutuksen mittaaminen olisi vaatinut järjestelmän aktivoitumisen. ESP-järjestelmän aktivoituminen olisi vaatinut ajoneuvon lähtevän ajossa luisuun, jonka järjestelmä olisi korjannut. Koska mittaukset tehtiin kesällä tämän aikaansaanti turvallisesti olisi ollut haasteellista.

Saadut tulokset vaihtelivat välillä 10–900 W. Jatkuvasti ajossa käytössä olevat laitteet kuluttivat vähemmän energiaa. Paljon energiaa kuluttavia laitteita käytetään ajossa vain pienen aikaa. Suurimmat sähköenergiankuluttajat ovat autossa erinäiset lasinlämmittimet, esimerkkinä tuulilasinlämmitin, joka tutkituista autoista kulutti noin 500–900 W.

Mittaustulosten vertailu ajoneuvojen sekä aineiston välillä oli haasteellista, koska auton valmistajan tekemät ratkaisut vaikuttavat suuresti sähköenergiankulutukseen. Esimerkiksi jos kuljettajan ikkunan halutaan sulkeutuvan nopeasti, tarvitsee ikkuna tehokkaamman moottorin.

Olin ennen tätä opinnäytetyötä tutustunut ajoneuvojen sähköpiirustuksiin vähäisesti insinööriopintojeni sekä oman auton korjausten yhteydessä. Suurin apu piirustusten tulkintaan tuli työharjoittelusta taajuusmuuttajien testauksessa. Sähköpiirustukset eroavat suuresti toisistaan autovalmistajien välillä erilaisten merkintätapojen johdosta. Sähköpiirustusten tulkintaa helpotti se, että olin tutustunut moniin erilaisiin sähköpiirustuksiin opintojen yhteydessä.

Mittaukset olisi mielenkiintoista suorittaa uudestaan laitteistolla, joka pystyisi tallentamaan mittaustulosten keskiarvon esimerkiksi kuukauden ajotapahtumien aikana. Olisi myös hyvä, jos käytetty laitteisto pystyisi mittaamaan useaa kohdetta samanaikaisesti.

Lähteet

- 1 Dietsche Karl-Heinz & Klingebiel Maria. 2007. Bosch Automotive Handbook. 7th edition. Robert Bosch GmbH.
- 2 Ford. 2011. Huoltokoulutusmateriaali. Ford-Werke GmbH.
- 3 Juhala Matti, Lehtinen Arto, Suominen Matti & Tammi Kari. 2005. Moottorialan sähköoppi. 8. painos. Helsinki: Autoalan Koulutuskeskus Oy.
- 4 Seppälä, Sanna. 2011. Sähköautojen akkujen kemia. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 5 A study of lead-acid battery efficiency near top-of-charge and the impact on PV system design. 1996. Verkkodokumentti. <http://www.osti.gov/scitech/biblio/266357> Luettu 07.08.2013.
- 6 Daytime Running Lights (DRL). 2006. Verkkodokumentti. European Commission. http://ec.europa.eu/transport/roadsafety_library/consultations/drl_20060727/drl_trl.pdf Luettu 02.11.2013.
- 7 Nieminen, Simo. 2008. Auton sähkölaitteet. 1. painos. Helsinki: WSOY.
- 8 Nieminen, Simo. 1997. Auton sähkötekniikka. 3. tarkistettu painos. Porvoo: WSOY.

Bosch Automotive Handbook -kirjassa mainitut energiankulutukset

Sähkölaite	Hetkellinen energiankulutus	Keskimääräinen energiankulutus
Moottorinohjausyksikkö ja polttoainepumppu	250 W	250 W
Radio	20 W	20 W
Ajovalot	110 W	90 W
Mittaristovalot	22 W	20 W
Takalasin lämmitys	200 W	60 W
Lämmityksen puhallin	120 W	50 W
Sähköinen jäähdyttimen tuuletin	120 W	30 W
Tuulilasinpyyhkimet	50 W	10 W
Jarruvalot	42 W	11 W
Tuulilasin lämmitin	2000 W	-

[1, s. 993.]

Ford huoltokoulutusmateriaalissa mainitut energiankulutukset

Sähkölaite	Energiankulutus
Takalasin pyyhin	50 W
Takavallo	40 W
Lämmitettävä takalasi	300 W
Istuinlämmitys	60 W
Takasumuvalo	40 W
Lämmitettävä ovipeili	30 W
Ikkunanostin	100 W
Lisälämmitin	800 W
Multimedia/HIFI	200 W
Ilmastointi	100 W
Moottorin hallintajärjestelmä	20 W
Polttoaineen ruiskutus	130 W
Lämmitettävä tuulilasi	1000 W
Sisätilan puhallin	100 W
Tuulilasin pyyhkijät	80 W
Käynnistinmoottori	1500 W
Jäähdyttimen tuuletin	500 W
Etuvalo	150 W
Etuvalon pesujärjestelmä	60 W
Sumuvalo	100 W
Suuntavilkut	40 W
ESP/ABS	100 W

[2.]

Euroopan komission verkkodokumentissa mainitut energiankulutukset

Sähkölaite	Energiankulutus
Ajovalot (päivä)	160 W
Ajovalot	170 W
Ajovalot ja muut	330 W
Etusumuvalot	110 W
Takasumuvalot	42 W
Radio	15 W
Takalasin lämmitin	150 W
Penkin lämmitin	150 W
Tuuletin	60 W
Takapyyhkijä (irti)	40 W

[6.]

Auton sähkölaitteet -kirjassa mainitut energiankulutukset

Sähkölaite	Energiankulutus
Jatkuva kuormitus	
Sytytys	30 W
Polttonesteen suihkutus	70 W
Polttonestepumppu	70 W
Pitkäaikainen kuormitus	
Seisontavalot	30 W
Ajovalojen kaukovalot	200 W
Ajovalojen lähivalot	160 W
Kojelaudan valot	25 W
Radio/Cd-soitin	15 W
Hetkelliset kuormat	
Suuntavalot	50 W
Jarruvalot	40 W
Tuulilasinpyyhkimet	80 W
Takalasinpyyhin	50 W
Sähkötoimiset ikkunat	150 W
Jäähdyttimen puhallin	150 W
Lämmityslaitteen puhallin	150 W
Takalasin lämmitin	120 W
Takasumuvalot	40 W
Sumuvalot	110 W
Istuimen lämmitin	200 W
Kattoluukun moottori	150 W

Auton sähkötekniikka -kirjassa mainitut energiankulutukset

Sähkölaite	Energiankulutus
Sumuvalot	110 W
Sytytyslaitteet	40 W
Lämmitys- ja tuuletuspuhallin	20 W
Tuulilasinpyyhkimet	80 W
Radio	20 W
Takalasin lämmitys	80 W
Takasumuvalot	30 W
Takavalot	10 W
Kojelaudan valot	12 W
Seisontavalot	8 W
Ajovalot	120 W

[8, s. 129.]