

Tapio Alasiurua

**NRC-PROTOTYYPPIAUTON TESTAUSALUSTAN ETUOSAN
SUUNNITTELU**

NRC-PROTOTYYPPIAUTON TESTAUSALUSTAN ETUOSAN SUUNNITTELU

Tapio Alasiurua
Opinnäytetyö
Kevät 2017
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, auto- ja kuljetustekniikka

Tekijä: Tapio Alasiurua
Opinnäytetyön nimi: NRC-prototyypiauton testausalustan etuosan suunnittelu
Työn ohjaaja: Timo Väyrynen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2017
Sivumäärä: 25 + 2 liitettä

Opinnäytetyössä suunniteltiin testialustan etuosa NRC-prototyypiautoon. NRC on Oulun ammattikorkeakoulun kehitysprojekti, jossa suunnitellaan ralliauto uuteen ralliautoluokkaan. Testialustan tavoitteena on toimia apuna alustan geometrian ja voimansiirron toiminnan tutkimisessa. Suunnittelussa tuli ottaa huomioon alustaan kiinnitettävät laitteet, käyttötarkoitus, materiaalivalinnat, valmistettavuus ja hinta.

Työn teoriaosuudessa käytiin läpi rungon suunnitteluun vaikuttavia materiaalivalintoja ja liitosmenetelmiä. Materiaalivalinnoissa käytiin läpi rungon mahdollisia valmistusmateriaaleja ja niiden ominaisuuksia. Liitosmenetelmissä perehdyttiin kiinteisiin ja purettaviin liitoksiin. Kiinteisiin liitosmenetelmiin kuuluvat eri hitsausmenetelmät. Purettaviin liitoksiin kuuluvat pultti-, ruuvi- ja niittiliitokset.

Varsinaisessa työosuudessa suunniteltiin rungon 3D-malli ja laadittiin piirustukset rungosta. 3D-malli laadittiin SolidWorks-ohjelmalla ja suunnittelun perustana käytettiin laboratorioinsinööri Janne Ilomäen ja auto- ja kuljetustekniikan KTO14SN3-opiskelijoiden laatimaa 3D-kokoonpanoa. Piirustukset sisältävät projektiot ylhäältä, alhaalta ja sivulta. Rungon suunnittelussa pyrittiin yksinkertaisuuteen valmistamisen helpottamiseksi ja kustannustehokkuuteen. 3D-mallille ei tehty lujuuslaskelmia, koska rungolla ei tulnaisi ajamaan. Piirustusten mukainen runko valmistettiin maaliskuun ja huhtikuun aikana.

Asiasanat: testialusta, NRC, ralliauto, 3D-malli

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	5
2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT	6
3 MATERIAALIN VALINTA	7
3.1 Käyttöolosuhteiden asettamat vaatimukset	7
3.2 Valmistusmenetelmien asettamat vaatimukset	7
3.3 Materiaalivaihtoehdot	8
3.3.1 Teräkset	8
3.3.2 Alumiini	8
3.3.3 Erikoismetallit	8
3.3.4 Polymeerikomposiitit	9
4 TERÄSRAKENTEIDEN LIITOSMENETELMÄT	10
4.1 Hitsausmenetelmät	10
4.1.1 Puikkohitsaus	11
4.1.2 MIG-hitsaus	11
4.1.3 MAG-hitsaus	11
4.1.4 TIG-hitsaus	12
4.1.5 Laser-hitsaus	12
4.2 Mekaaninen liittäminen	12
4.2.1 Ruuviliitokset	12
4.2.2 Niittiliitokset	12
5 SUUNNITTELU	14
6 TYÖN TULOKSET	22
7 POHDINTA	23
LÄHTEET	25
LIITTEET	
Liite 1 Eturungon piirustukset	
Liite 2 Kuvia valmiista rungosta	

1 JOHDANTO

NRC-ralliauto on Oulun ammattikorkeakoulun perustama hanke, jonka tavoitteena on suunnitella ralliauto uuteen ralliautokilpailuluokkaan. NRC on lyhenne sanoista National Rally Car eli kansallinen ralliauto. Tavoitteena on mahdollistaa tasaväkinen ja kohtuuhintainen kilpailu kansallisella tasolla. (1.)

Opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella NRC-prototyypiauton suunnittelussa apuna käytettävän runkorakenteen etuosa. Opinnäytetyön tilaaja on Oulun ammattikorkeakoulun autolaboratorio. Insinööriopiskelija Jyri Kumpuvaara on tehnyt opinnäytetyön rungon loppuosan suunnittelusta. Kumpuvaaran opinnäytetyön nimi on ”NRC-prototyypiauton keski- ja takaosan suunnittelu” (2). Rungon suunnittelu on jaettu tulipellin kohdalta.

Työn tavoitteena on laatia piirustukset ja massaluettelo rungon valmistamiseksi käytännössä. Valmiiseen testirunkoon kiinnitetään prototyyppiin suunnitellut osat sekä tutkitaan voimansiirron toimintaa ja pyöränkulmien muutosta joustoliikkeessä. Työssä pyritään suunnittelemaan runko helposti ja edullisesti valmistettavaksi. Suunnittelussa täytyy ottaa huomioon, miten runko kootaan ja millaiset rakenneratkaisut ovat järkeviä.

Runko suunnitellaan Solidworks-ohjelmalla, ja suunnittelussa apuna käytetään laboratorioinsinööri Janne Ilomäen ja auto- ja kuljetustekniikan KTO14SN3-opiskelijoiden laatimaa 3D-kokoonpanoa. Työssä käydään läpi ensimmäiseksi suunnittelun lähtökohdat, eli mitä vaatimuksia rungolle on. Tämän jälkeen käsitellään materiaalin valintaa ja liitosmenetelmiä. Seuraavaksi käsitellään rungon suunnittelun etenemistä eri vaiheineen. Työn lopuksi kerrotaan työn tulokset ja pohditaan, miten työ onnistui.

2 SUUNNITTELUN LÄHTÖKOHDAT

Prototyypin avulla aiotaan testata pyörägeometrian ja voimansiirron toimintaa laboratorio-olosuhteissa. Myös rauhalliset ajokokeet voivat olla mahdollisia. Rungon tulisi kestää voimansiirron aiheuttamat vääntöjännitykset ja jousitusta testattaessa tehtävät kuormaukset. Moottorin tuottama vääntömomentti kasvaa vaihteiston hitaimman välityssuhteen myötä tuhansien newtonmetrien suuruiseksi. Voimansiirron kiinnityspisteiden tulee kestää tämä vääntöjännitys ilman suuria taipumia. Pyörägeometrian muuttumista jousituksen painuman myötä tutkitaan lisäämällä painoja auton päälle tai käyttämällä taljaa painamaan jousitusta. Iskunvaimentajien yläpäiden kiinnityspisteisiin kohdistuu runkoa kuormattaessa arviolta noin 5 000 N voima.

Runkoon pitää pystyä kiinnittämään kaikki prototyypin ajamiseen vaadittavat komponentit. Näitä komponentteja ovat moottori ja voimansiirto, alustan ja ohjauksen osat, moottorin käymiseen vaadittavat osat, tuulilasi, penkki, polkimet ja lukemattomat muut pienet komponentit. Rungon painoa ei ole määritelty, joten se saa olla suurehko järkevissä rajoissa.

Prototyypin rakenne tulee olla yksinkertainen, jotta sen valmistamiseen ei tarvita erikoislaitteita. Opiskelijoiden on helppo ja nopea valmistaa yksinkertainen rakenne. Prototyypin valmistusmateriaaliksi tulee valita helposti työstettävä ja sen tulee olla hinnaltaan kohtuullista.

3 MATERIAALIN VALINTA

Lähtökohtana materiaalin valinnassa on materiaalin käyttö- ja käyttöolosuhteiden asettamat vaatimukset materiaalin ominaisuuksille. Näitä ominaisuuksia on muun muassa lujuus, korroosion kestävyys, hinta ja paino. Jos vaatimukset ja materiaalin ominaisuudet eivät kohtaa, on seurauksena rakenteen pettäminen, huono kilpailukyky tai epätyytyttävä toiminta. (3, s. 249.) Materiaalin valinnan tehtävänä on löytää parhaiten soveltuva materiaali valittuun tehtävään.

3.1 Käyttöolosuhteiden asettamat vaatimukset

Käyttöolosuhteet ja ympäristö aiheuttavat useita erilaisia vaatimuksia koneen osille. Näitä ympäristöstä aiheutuvia kuormittavia tekijöitä ovat esimerkiksi lämpötila ja sen vaihtelut, korroosio ja kemikaalit. Matala ympäristön lämpötila voi aiheuttaa materiaalin haurautta ja toisaalta korkea lämpötila heikentää myös materiaalia. Esimerkiksi osa seostetuista teräksistä muuttuu pakkasessa erittäin hauraiksi. Koneen tai sen osan tulee kestää ympäristön aiheuttamaa korroosiota. (3, s. 10.)

3.2 Valmistusmenetelmien asettamat vaatimukset

Yleensä laite on pystyttävä valmistamaan mahdollisimman halvalla, jotta se on mahdollista rakentaa ja myös kilpailukykyinen markkinoilla. Valmistusmenetelmät vaikuttavat materiaalin valintaa, mutta eivät kuitenkaan yhtä paljon kuin toiminta- ja ympäristövaatimukset. Mahdollisiin valmistusmenetelmiin vaikuttavat seuraavat seikat:

- materiaalin lujuus, sitkeys ja kovuus
- kappaleen koko ja muoto
- tuotantomäärä
- kappaleen toleranssi
- pinnanlaatu
- käytettävissä olevat valmistusmenetelmät.

Valittaessa kappaleen valmistusmateriaalia ja valmistusmenetelmää valitaan usein materiaali, joka on taloudellisesti tehokas ja soveltuu sen hetkiseen valmistuskapasiteettiin. (3, s. 10.)

3.3 Materiaalivaihtoehdot

Rakenteen valmistusmateriaaliksi on useita vaihtoehtoja, kuten teräkset, alumiini, erikoismetallit ja polymeerikomposiitit. Erikoismetalleista tutuin on titaani. Polymeerikomposiitteja ovat esimerkiksi lasi- ja hiilikuitu. (3, s. 261.)

3.3.1 Teräkset

Teräkset ovat käyttömateriaaleja, joiden rautapitoisuus on vähintään 50 % ja hiilipitoisuus 0,03 - 2,0 %. Teräksen tiheys on $7,850 \text{ g/cm}^3$. Kone- ja kulkuneuvoteollisuuden käyttämästä materiaalin massasta on terästä 90 %. Terästen suosio rakennusmateriaalina perustuu siihen, että rauta on halvin käyttömetalli. Terästen muovaaminen on helppoa kuumana, osa kylmänäkin, joten niitä on saatavissa monenlaisina muotoina. Terästen lujuusominaisuudet ovat hyvät ja niitä voidaan säädellä seostuksen ja lämpökäsittelyjen avulla. Niiden hitsattavuus on yleensä hyvä ja tämä mahdollistaa monimutkaistenkin rakenteiden valmistuksen osista. (3, s. 76.)

3.3.2 Alumiini

Alumiinin tiheys on noin 1/3 teräksen tiheydestä. Alumiinin hitsattavuus on vaikeaa, koska se ei hehku hitsattaessa kuten teräs ja lämpö johtuu myös nopeasti sauman ympäristöön. (3, s. 165.) Alumiinilla on pieni kimmomoduuli, noin 1/3 teräksen kimmomoduulista. Tämä merkitsee, että alumiini joustaa kolmin verroin samalla voimalla teräkseen verrattuna. (3, s. 164.)

3.3.3 Erikoismetallit

Titaanilla on hyvä lujuus-painosuhte ja myös hyvä korroosion kestävyys. Titaanin tiheys on $4,54 \text{ g/cm}^3$. Titaani on erittäin kallista verrattuna ruostumattomaan teräkseen, koska hinta on noin kymmenkertainen. Titaani on vaikea hitsata, koska se sitoo itseensä niin herkästi kaasuja. Tämän takia titaania hitsatessa joudutaan suojaamaan inertillä kaasulla myös hitsisauman juuren puoli. (3, s. 185–186.)

3.3.4 Polymeerikomposiitit

Lasikuidun tiheys on noin 2,3 g/cm³. Lasikuidun lujuus on lähellä alumiinia. Hiilikuidun tiheys on noin 2 g/cm³. Hiilikuitu on huomattavasti lasikuitua kalliimpaa. Hiilikuitu on kevyempää ja lujempaa kuin teräs. Molemmat materiaalit kestävät hyvin korroosiota. Komposiittien valmistuksessa käytetään muotteja, joiden avulla rakenne saadaan oikeaan muotoon. (3, s. 221–223.)

4 TERÄSRAKENTEIDEN LIITOSMENETELMÄT

Teräksiä voidaan liittää toisiinsa monella menetelmällä. Menetelmäryhmiä ovat hitsaus, mekaaninen liittäminen, juottaminen ja liimaus (4, s. 16). Tässä työssä keskitytään hitsaukseen ja mekaaniseen liittämiseen, koska hitsaus on helppo keino liittää rakenneteräksiä ja mekaaniset liitokset on helppo purkaa tarvittaessa.

Hitsaus on osien liittämistä, jossa kappaleet sulatetaan yhteen lämpöenergian avulla. Hitsaus voidaan suorittaa käyttämällä lisäainetta, eli sulaan tuodaan ylimääräistä materiaalia. Lisäainetta käytetään esimerkiksi MIG-hitsauksessa. Hitsaus voidaan suorittaa myös ilman lisäainetta, jolloin prosessissa sulaa pelkät perusaineet. Esimerkiksi pistehitsauksessa ei käytetä lisäainetta. (4, s.16.)

Mekaaninen liittäminen on kappaleiden liittämistä yhteen esimerkiksi pulttien, ruuvien tai niittien avulla. Liitoksella pyritään puristamaan kappaleita niin kovasti yhteen, että pintojen välinen kitka riittää kantamaan liitokseen kohdistuvan voiman. Juottamisessa liitettävät kappaleet yhdistetään juotosaineella, esimerkiksi messingillä tai hopealla. Juottamisessa sulaa vain juotosaine. Liimauksessa liima muodostaa pintojen välille adheesion, eli molekyylien välisen sidoksen. (4, s.16.)

4.1 Hitsausmenetelmät

Hitsausmenetelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan: sula- ja puristushitsaukseen. Tässä työssä perehdytään sulahitsaukseen, koska puristushitsaus ei sovi putkien liittämiseen toisiinsa. Myös käytettävät laitteet eivät ole monikäyttöisiä ja siksi myöskään yleisiä. Työssä perehdytään erityisesti tavallisimpiin sulahitsausmenetelmiin. (4, s. 22.)

Sulahitsauksessa hitsausauma muodostetaan sulattamalla liitettävät pinnat yhteen ilman ulkopuolista voimaa lisäaineen kanssa tai ilman. Hitsausenergian voi siirtää neste, kaasu, valokaari tai säteily. Energian siirtyessä nesteen kautta lämmön tuottaa esimerkiksi palava metalliyhdiste. Näin tapahtuu esimerkiksi termiittisulahitsauksessa. (4, s. 23.)

Kaasuhitsauksessa sula muodostetaan kuumalla liekillä, yleensä polttaen happi-asetyleeniseosta. Kaarihitsauksessa energia tuodaan sulaan valokaaren avulla. Kaarihitsaus on yleisin hitsausmenetelmä. Säteilyenergiaa hyödyntävää hitsausta on esimerkiksi laserhitsaus, jossa voimakas kohdistettu valonsäde muodostaa sulan. (4, s. 22.)

4.1.1 Puikkohitsaus

Puikkohitsauksessa materiaalin sulattamiseen vaadittava energia kehitetään elektrodin ja perusaineen välillä palavan valokaaren avulla. Elektrodina toimii hitsauspuikko, joka on päällystemassalla päällystetty lisäainelanka. Päällyste suojaa hitsisulaa ilman hapettavalta vaikutukselta. (5, s. 48.)

Puikkohitsauksen etuja ovat monipuolisuus, toimivuus joka olosuhteissa, yksinkertaiset ja kevyet laitteet, helppo hitsausarvojen säätö, luoksepäästävyys ja hitsin hyvä laatu. Huonoja puolia ovat suuri hitsaussavun määrä, lisäaineen arkuus kosteudelle, suuri aloitusten määrä lisäaineen loppuessa vähän väliä ja hitaus verrattuna MIG/MAG-hitsaukseen. (5, s. 60.)

4.1.2 MIG-hitsaus

MIG on lyhenne sanoista Metal-arc, Inert ja Gas. Tämä tarkoittaa metallikaarta inertisellä kaasulla. Inertinen kaasu tarkoittaa kaasua, joka ei reagoi hitsaussulan kanssa. Tällaisia kaasuja ovat esimerkiksi jalokaasut argon ja helium. MIG-hitsauksessa lisäainetta syötetään automaattisesti kelalta suojakaasulla suojattuun hitsaustapahtumaan. Hitsauskohdassa lisäainelangan ja perusaineen välillä palava valokaari sulattaa lisä- ja perusaineen. MIG-hitsausta käytetään muuten kuin rautametallien hitsaukseen, esimerkiksi alumiinin ja titaanin hitsaamiseen. (5, s. 71.)

4.1.3 MAG-hitsaus

MAG-hitsauksen periaate on muuten sama kuin MIG-hitsauksella sillä erotuksella, että MAG hitsauksessa suojakaasu reagoi hitsaussulan kanssa. Suojakaasuna käytetään esimerkiksi hiilidioksidia ja hiilidioksidin ja argonin seosta. MAG-hitsausta käytetään terästen hitsaukseen. (5, s. 71.)

4.1.4 TIG-hitsaus

TIG-hitsauksessa valokaari palaa volframista tehdyn elektrodin ja hitsattavan kappaleen välillä. TIG-hitsaus eroaa edellisistä menetelmistä siten, että elektrodi ei sula, jolloin valokaari on kaasumainen. Lisäaine syötetään hitsaustapah-tumaan käsin. (5, s.121.)

4.1.5 Laser-hitsaus

Laser-hitsaus perustuu energian siirtämiseen erittäin yhtenäisellä valonsäteellä eli laserilla. Laserin valonsäteillä on sama aallonpituus ja yhdensuuntaisuus. Laser-hitsauksen kolme tyyppiä ovat: kaasu-, kide- ja kuitulaser. Laserhitsauksen tehotiheys on suuri, jolloin sen hitsausenergia hitsaussauman pituusyksikköä kohden on paljon perinteisiä kaarihitsausmenetelmiä pienempi. Laser-hitsin tunkeuma on suuri ja sauma kapea. Laserilla hitsataan yleensä ”keyhole”-tekniikalla, eli säde läpäisee koko materiaalivahvuuden ja liittää kappaleet yhteen vain yhdellä saumalla. (5, s.199.)

4.2 Mekaaninen liittäminen

4.2.1 Ruuviliitokset

Ruuviliitokset voidaan jakaa kolmeen luokkaan niiden toimintatavan perusteella: tavallinen ruuvi-, soviteruuvi- ja kitkaliitos. Tavallisessa ruuviliitoksessa ruuvia varten tehty reikä on hieman väljä ruuvin varteen, jolloin tarvitaan pieni siirtymä liitokseen ennen kuin ruuvi kantaa voimaa. Soviteruuviliitoksessa ruuvin varsi on tiukka reikään, jolloin se siirtää voimaa välittömästi ilman siirtymää. Kitkaliitos perustuu ruuvin puristavan voiman avulla syntyvään kitkaan liitospintojen välille. (5, s. 321.)

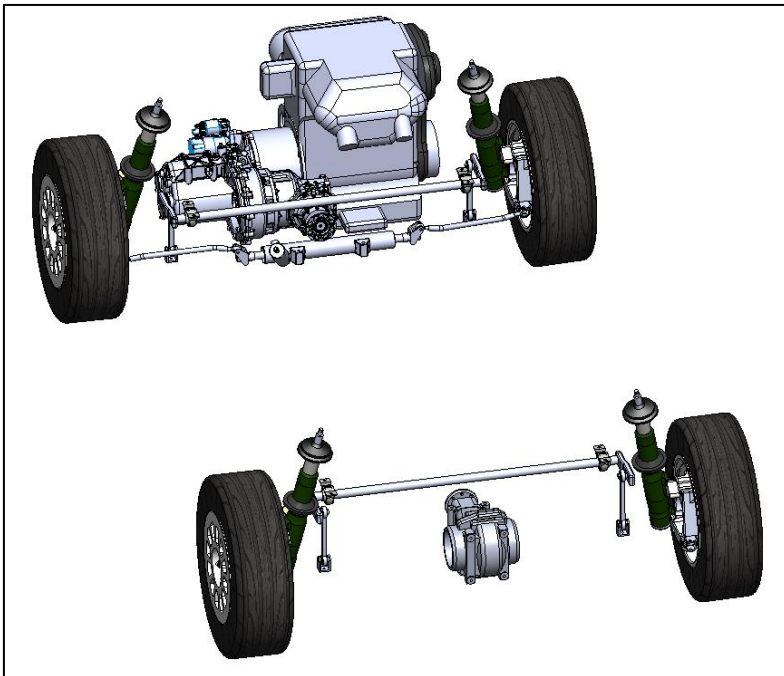
4.2.2 Niittiliitokset

Niittaamisessa kappaleet puristetaan yhteen kappaleella, johon jää vetojännitys. Niittejä valmistusmateriaalina voidaan käyttää terästä, kuparia, messinkiä, alu-

miinia ja muovia. Niittien vetojännitys saadaan aikaan vasaroimalla, lämmityksellä tai käyttämällä vetoniittejä, joihin jännitys saadaan aikaan työkalulla. (6, s. 358–359.)

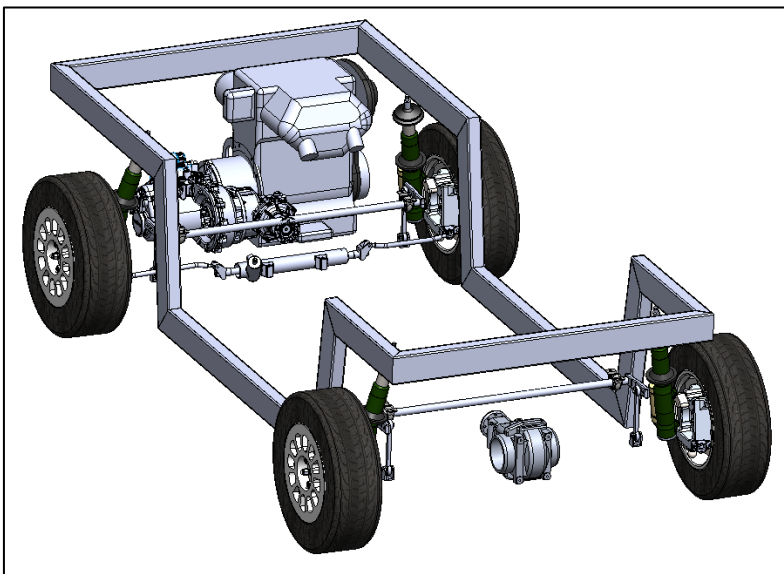
5 SUUNNITTELU

Rungon suunnittelu aloitettiin joulukuun 2016 alussa auto- ja kuljetustekniikan KTO14SN3-opiskelijoiden tekimien SolidWorks-osakokoonpanojen ja laboratorioinsinööri Janne Ilomäen laatiman 3D-kokoonpanon pohjalta. 3D-malliin oli mallinnettu pyöräntuenta, tukivarsien kiinnityspisteet, moottori ja vaihteisto, vetopyörästä, kallistuksenvakaajat, ohjausvaihte ja raidetangot. Ensimmäisenä suunniteltiin päärunko, jonka ympärille loppurunko rakentuisi. Tässä vaiheessa suunnittelutyö tehtiin Jyri Kumpuvaaran kanssa. Lähtötilanteen 3D-malli näkyy kuvassa 1.



KUVA 1. Lähtötilanne

Päärungon suunnittelussa täytyi ottaa huomioon renkaiden liikeradat, jotta renkaat eivät pääsisi osumaan runkoon maksimaalisessa joustoliikkeessä, kun renkaat ovat käännetty ääriasentoon. Suunnittelussa täytyi ottaa huomioon myös riittävä maavara ja iskunvaimentajien yläpäiden sijainti. Päärungon palkit tuli saada lähelle iskunvaimentajien yläpäiden kiinnityskohtia, jotta kuorman aiheuttama vääntöjännitys ei kasvaisi kohtuuttoman suureksi. Myös moottorille ja sen apulaitteille tuli jättää tilaa rungon etuosaan. Rungon ensimmäinen versio näkyy kuvassa 2.



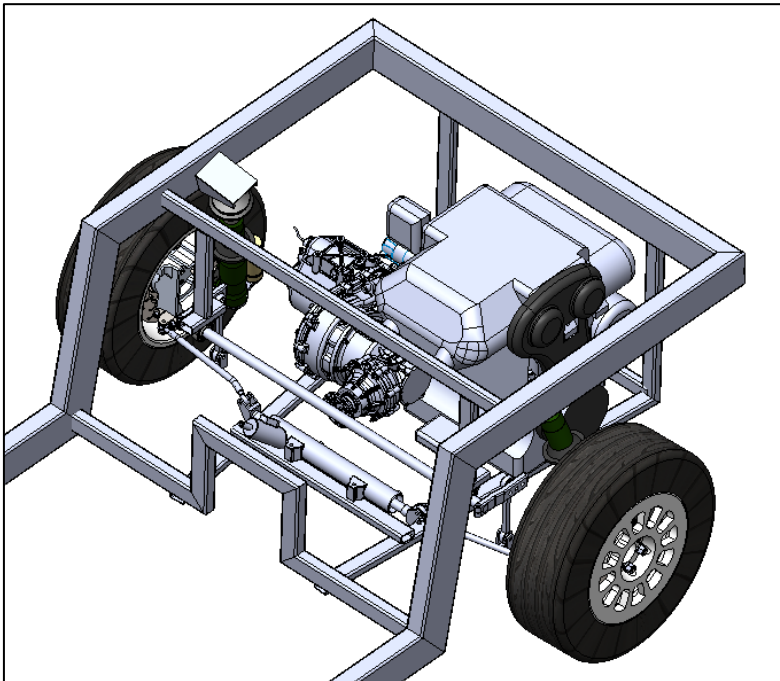
KUVA 2. Päärungon ensimmäinen luonnos

Rungon rakennusmateriaaliksi valittiin rakenneteräs S355. Materiaaliin päädyttiin sen hyvän saatavuuden, halvan hinnan, hyvän hitsattavuuden ja suuren lujuuden ansiosta. Rautakaupoissa myytävät teräsputkipalkit ovat yleisimmin S355-laatuista, eli teräksen myötölujuus on 355 N/mm^2 . Päärungon putkipalkiksi valittiin suorakaiteen muotoinen $120 \times 60 \times 3 \text{ mm:n}$ putkipalkki.

Seuraavaksi suunnittelutyössä keskityttiin omiin osuuksiin. Etupään rakennetta oli hyvä alkaa suunnitella pysyvänä säilyvän päärungon perustalle. Auton kokoonpano päivittyi erilaiseksi pari viikkoa suunnittelun aloittamisen jälkeen, jolloin moottorin ja vaihteiston sijaintia muutettiin. Moottori siirtyi 60 mm eteen- ja ylöspäin, jotta etualatukivarsien kiinnityksen rakentaminen onnistuisi helpom-

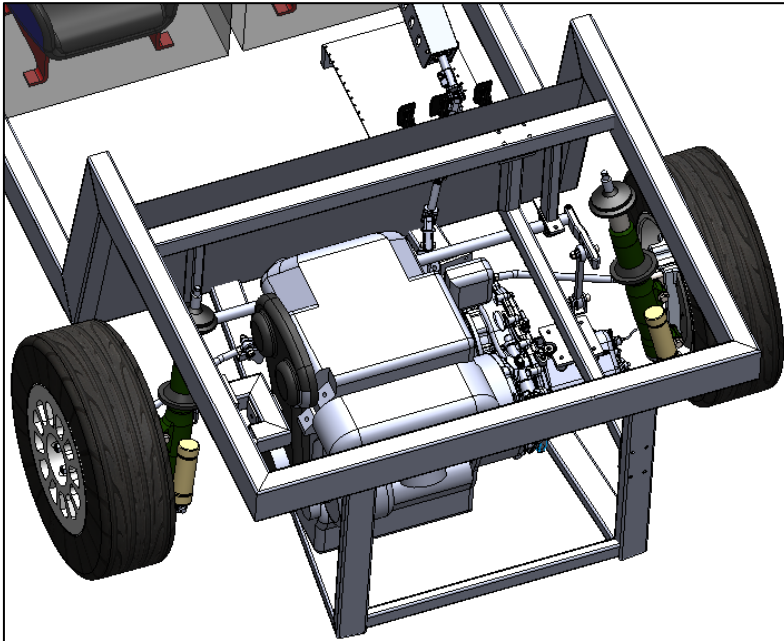
min. Myöskin etuakselin kallistuksenvakaaja olisi ollut ilman muutoksia kardaaniksi akselin tiellä. Muutokset merkitsivät sitä, että moottorin alapuolelta kulkevat palkit voitiin tehdä yksinkertaisemmiksi. Palkkeihin oli aluksi suunniteltu mutkat, jotta palkit menisivät moottorin ali, mutta olisivat olleet myös tukivarsien kiinnityspisteiden lähellä.

Seuraava rungon versio näkyy kuvassa 3. Malliin suunniteltiin apurunko, kiinnitys ohjausvaihteelle, kallistuksenvakaajalle ja iskunvaimentajalle. Apurungon moottorin alapuolelta kulkevat palkit ovat samansuuntaiset, kuin tukivarsien kiinnityspisteiden välinen kuvitteellinen suora. Rakenteiden suunnittelussa pyrittiin yksinkertaisuuteen, jotta niiden valmistaminen on helppoa. Myös suunnittelu oli näin helpompaa ja nopeampaa.



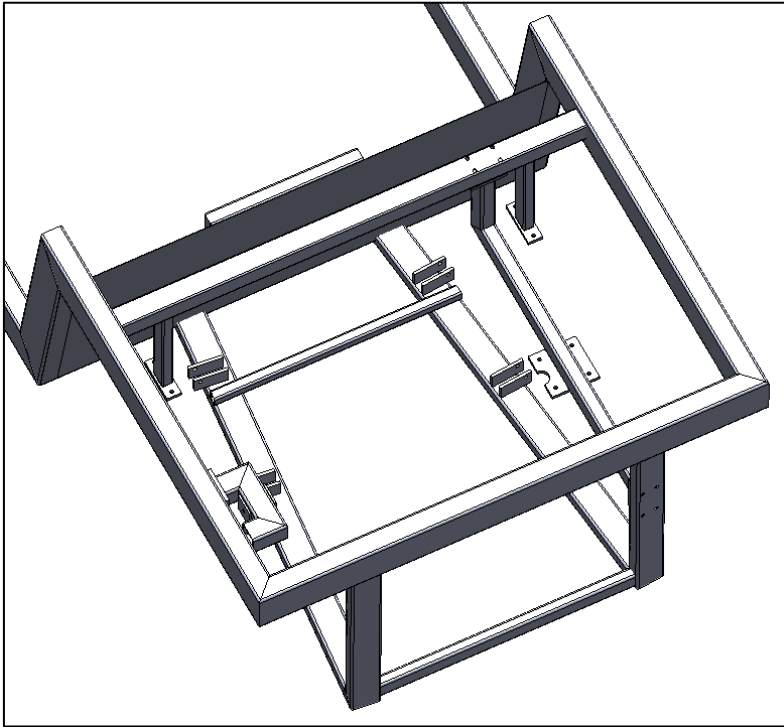
KUVA 3. Versio 2

Seuraavaksi alkoi moottorin ja vaihteiston kannakkeiden suunnittelu. Paketti tuetaan kolmesta kohdasta: moottorin jakopään yläosasta, vaihdelaatikon päältä ja vaihdelaatikon alaosaan tulevalla reaktiotangolla, joka estää paketin heilumisen kiihdytyksessä ja moottorijarrutuksessa. Ensimmäisenä kiinnikkeistä suunniteltiin jäykät, eli kiinnityskohdissa ei olisi käytetty mitään joustavaa rakennetta, kuten kumilaakeria. Suunnitelman kolmas versio näkyy kuvassa 4.



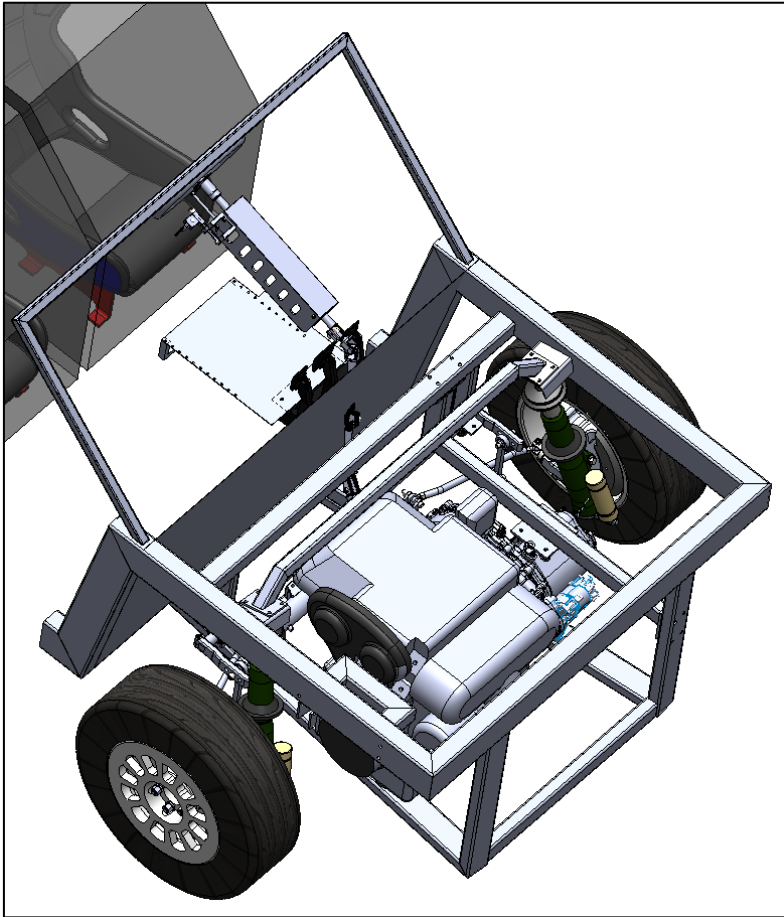
KUVA 4. Versio 3

Moottorin jakopäähän ja vaihdelaatikon päälle tuleva kannake suunniteltiin irrallisiksi osiksi, jotka kiinnitetään pulteilla pöörönkoon. Jakopään kiinnityskorvakko suunniteltiin niin, että sen lisäksi käytettäisiin moottorin omaa korvakkoa. Tämän myötä moottori-vaihdelaatikkopaketin asennus ja irrotus onnistuu helposti nostamalla ne yläkautta. Myös alustava tulipelti mallinnettiin. Tämä ehkäisee mahdollisten nesteroiskeiden, kuten kuumen öljyn tai jäähdytinnesteen roiskumisen, testikuljettajan päälle. Rungon kolmas versio näkyy kuvassa 5 ilman muita komponentteja.

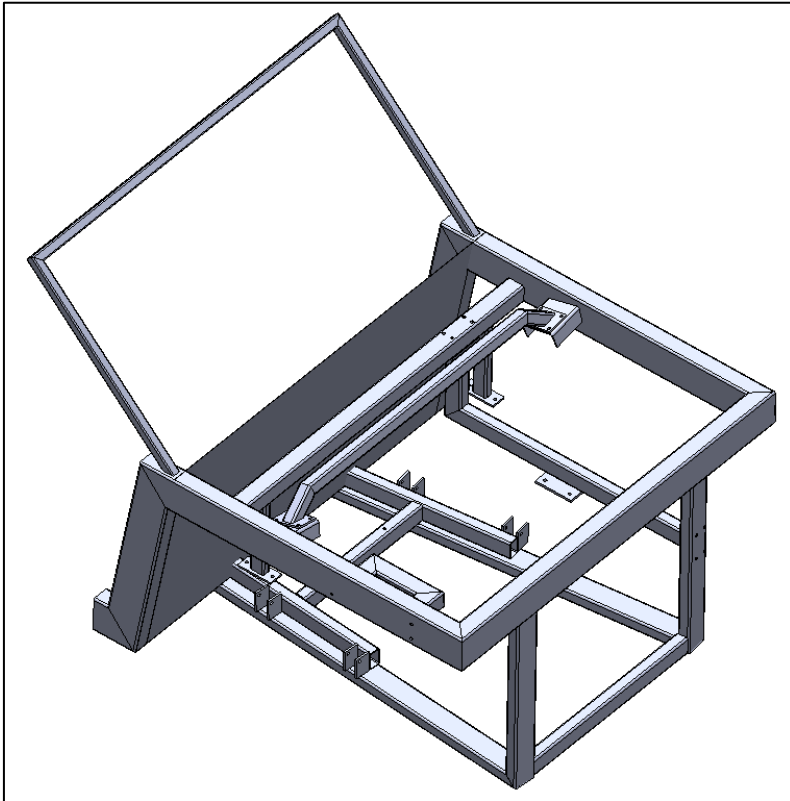


KUVA 5. Versio 3, pelkkä runko

Seuraavaan versioon mallinnettiin kaikki kiinnikkeet ja putkien kokoja suurennettiin. Tukivarsien kiinnityspisteiden taakse lisättiin putkipalkit jäykistämään rakennetta. Nämä palkit yhdistävät ohjausvaihteen kiinnitykseen käytettävä palkki. Iskuvaimentajien yläpäiden kiinnitysten välille mallinnettiin tukitanko, joka ehkäisee korvakoiden vääntymistä ylöspäin. Tulipelti mallinnettiin paremmin istuvaksi ja runkoon lisättiin kehys tuulilasille. Tuulilasi toimii tässä tapauksena suojana roiskeita vastaan. Tulipellin alaosassa oleva palkki, jossa oli aiemmin mutka kardaanitunnelia varten, muutettiin suoraksi. Tämä tehtiin sen takia, että rakenne tulee lujemmaksi suoralla palkilla. Syynä oli myös se, että kardaaniakseli voi hyvin kulkea palkin yläpuolelta. Rungon viimeinen versio näkyy kokoonpanossa kuvassa 6 ja pelkkä runko näkyy kuvassa 7.

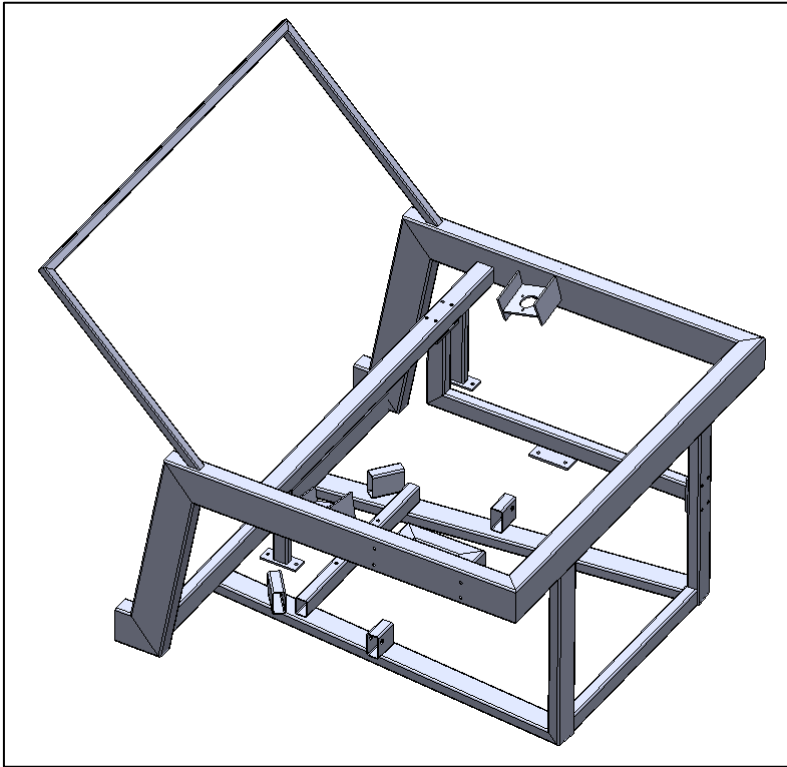


KUVA 6. Versio 4



KUVA 7. Versio 4, pelkkä runko

Viimeisen version rungossa muutettiin iskunvaimentajien ja tukivarsien kiinnityspisteitä. Iskunvaimentajien yläpäiden kiinnityspisteiden välinen tukitanko to-dettiin tarpeettomaksi tässä vaiheessa. Tanko voidaan lisätä valmiiseen run-koon tarvittaessa. Kiinnityspisteiden muoto päivitettiin myös erilaiseksi, H-muo-toiseksi kappaleeksi. Tämä kappale voitaisiin valmistaa vesileikkurilla leikatuista kolmesta levynpalasesta. Edellisen versiossa kiinnityskorva oli mallinnettu U-palkista, joka olisi ollut hankala leikata juuri oikeaan kulmaan. Tukivarsien kiin-nityspisteet muokattiin myös valmistettavuuden takia erilaisiksi. Uudemman malliset putkipalkista tehdyt kiinnityspisteet on helpompi hitsata oikeaan asen-toon. Myös kiinnityspisteiden suunta muuttui, jotta tukivarret pystyisivät liikku-maan ääriasennosta toiseen. Ongelmana oli tukivarsien päissä olevien pallo-nivelien rajallinen kääntyvyys. Rungon viimeinen versio näkyy kuvassa 8.



KUVA 8. Versio 5, pelkkä runko

6 TYÖN TULOKSET

Työn tavoitteena oli suunnitella runko, jolla voidaan testata pyöräntuennan ja voimansiirron toimintaa. Vaatimuksina rungolle oli yksinkertaisuus, helppo valmistettavuus, kohtuullinen hinta, vaadittavien komponenttien kiinnitys ja testauksessa syntyvien voimien kesto. Työn suunnitteluosuudessa laadittiin 3D-malli testialustan etuosasta, eli rungon tulipellin etupuolinen osuus. Eturunkoon suunniteltiin kiinnikkeet moottorille ja vaihteistolle, tukivarsille, ohjausvaihteelle sekä iskunvaimentajien yläpäille. Suunnittelussa otettiin huomioon rungon helppo valmistaminen, minkä takia päädyttiin yksinkertaiseen rakenteeseen. Rungon materiaaliksi valittiin S355-putkipalkki halvan hinnan, suuren lujuuden ja hyvän saatavuuden myötä. Sen hitsattavuus on myös hyvä. Runko voitiin valmistaa sen yksinkertaisuuden avulla itse, eikä sen valmistamiseen tarvittu erikoistyökälä. Runko päätettiin kasata MAG-hitsauksella, koska se on nopea ja helppo ratkaisu verrattuna esimerkiksi pulttiliitokseen.

Mallista laadittiin myös piirustukset SolidWorksillä avulla. Piirustusten projektiot ovat sivulta, alta ja päältä. Valmiit piirustukset näkyvät liitteessä 1. Mallin avulla laadittiin myös massaluettelo eli lista tarvittavista putkista. Tästä tehtiin Excelin avulla taulukko, jonka avulla voitiin tilata tarvittavat putket. Valmiin 3D-mallin ja piirustusten avulla voitiin aloittaa rungon rakentaminen käytännössä. Kuvia valmiista testirungosta näkyy liitteessä 2. Kuvissa eturungosta puuttuu moottorin ja vaihdelaatikon kannakkeet. Kannakkeet jätettiin tekemättä, koska väliin tulevien kumityynyjen mitat eivät olleet vielä tiedossa. Myös kallistuksenvakaajan kiinnityspisteet jätettiin tekemättä, koska sen sijainti muuttuu.

Työssä laadittua suunnitelmaa voidaan käyttää apuna keskeneräisten moottorin- ja kallistuksenvakaajien kiinnikkeiden suunnittelussa. Rungon kehittämistä voisi jatkaa tekemällä lujuuslaskelmat, joiden perusteella voitaisiin tehdä tarvittaessa vahvistuksia runkoon. Rungon avulla voitaisiin myös testata kevyitä ajokokeita, joissa voisi saada arvokasta tietoa prototyypin kehittämistä varten. Myös lopullisen auton runkoratkaisuja voitaisiin miettiä, esimerkiksi voisiko siitä tehdä kokonaan putkirunkoisen.

7 POHDINTA

Testialustan suunnittelu alkoi rungon rakenteen pohtimisella. Piti keksiä sopiva rakenne, jolla runko kannattaisi toteuttaa. Lopullinen idea tuli vanhojen autojen runkoratkaisusta, jossa auton kori ei ole kantava rakenne, vaan autossa on erillinen palkeista koostuva runkorakenne. Rungon suunnittelu yhteistyössä toisen henkilön kanssa auttoi miettimään ratkaisuja eri tavalla. Esimerkiksi tukivarsien kiinnityspisteet muuttuivat erilaiseksi Kumpuvaaran idean myötä (2). Putkipalkista tehtävä kiinnityspiste on helpompi valmistaa kuin kahdesta levyn palasesta koostuva.

Suunnittelu sujui melko hyvin pienistä vastoinkäymisistä huolimatta. Suunnittelussa oli ongelmia kokoonpanon mittojen muuttuessa suunnittelun aikana. Mitat muuttuivat ensimmäisen kerran pari viikkoa suunnittelun alkamisen jälkeen. Moottori ja vaihdelaatikko siirtyivät 60 mm eteen- ja taaksepäin. Mittojen muuttumisen takia moottorin alapuolelta kulkevien palkkien rakenne muuttui aivan erilaiseksi. Myöhemmin mallin ollessa jo melkein valmis tukivarsien ja niiden kiinnityspisteiden siirtymisen takia suunnittelun valmistuminen viivästyi. Tämä viivästytti myös rungon valmistumista.

Lujuuslaskelmien jääminen pois työstä johtui siitä, ettei rungolla ole tarkoitus ajaa. Myös ajan loppuminen oli merkittävä syy niiden poisjäännille. Rungon tuli olla valmis tiettyinä päivämäärinä. Tämän myötä rungon tekeminen piti aloittaa, kun 3D-malli oli saatu valmiiksi. Lujuuslaskelmien puuttumisen takia voi seurata se, että runkoon syntyy kohtuuttoman suuria siirtymiä arvaamattomiin kohtiin suoritettaessa erilaisia testejä. Runko voi olla myös painavahko ja laskelmien avulla rungosta olisi voitu saada kevyempi ja lujempi. Painolla ei ollut tässä tapauksessa suurta merkitystä.

Rungon rakentamisessa käytettiin apuna rullamittaa, suorakulmaa, vesivaakaa ja digitaalista astemittaa. Rungon suoruutta mitattiin rakentamisen aikana ristimitalla käyttäen rullamittaa. Työkalujen epätarkkuuden takia runko ei ole välttämättä suora, eivätkä myöskään kiinnityspisteiden paikat ole aivan oikeissa kohdissa. Mitatut poikkeamat olivat enimmillään muutaman millimetrin suuruisia.

Myös hitsauksen aiheuttamat palkkien taipumiset aiheuttivat mittojen muuttamista. Tätä pyrittiin välttämään hitsaamalla ensin koko runko kokoon pienillä hitseillä monesta kohtaa. Vasta tämän jälkeen saumat hitsattiin kokonaan. Ennen komponenttien liittämistä rungon mittoja tulisi tarkastaa tarkemmillä mittausmenetelmillä, esimerkiksi laser-mitalla. Täytyy myös pohtia, kuinka suuret poikkeamat prototyypin mittoissa sallitaan ja mitä liian suurille poikkeamille tehdään.

Rungon mittojen poikkeamien korjaus voidaan tehdä esimerkiksi tekemällä kiinnitysrei'istä soikeita ja kiristämällä kappale oikeaan kohtaan. Myös pienet rungon oikaisut tai korjaushitsaukset ovat mahdollisia. Rungon valmistamisessa olisi voitu käyttää jigiiä, jonka avulla rungon kappaleet olisi saatu juuri oikeaan asentoon. Jigi on aputeline, jonka avulla hitsattavat osat saadaan asetettua oikeaan asentoon. Sen käyttö ei olisi ollut järkevää tässä tapauksessa, koska runkoja valmistetaan vain yksi kappale. Jigin rakentaminen oikeaan asentoon olisi ollut yhtä haastavaa kuin pelkän rungon tekeminen.

LÄHTEET

1. NRC – National Rally Car. 2017. Oulun ammattikorkeakoulu. Saatavissa: <http://www.oamk.fi/fi/tutkimus-ja-kehitys/hankkeet/nrc-national-rally-car/>. Hakupäivä 19.2.2017.
2. Kumpuvaara, Jyri 2017. NRC-prototyypiauton testausalustan keski- ja takaosan suunnittelu. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma.
3. Koivisto, Kaarlo – Laitinen, Esko – Niinimäki, Matti – Tiainen, Tuomo – Tiilikka, Pentti – Tuomikoski, Juho 2008. Konetekniikan materiaalioppi. Helsinki: Edita Prima.
4. Lukkari, Juha 2002. Hitsaustekniikka: Perusteet ja kaarihitsaus. Helsinki: Edita Prima.
5. Lepola, Pertti – Ylikangas, Risto 2016. Hitsaustekniikka ja teräsrakenteet. Helsinki: Sanoma Pro Oy.
6. Bauer, Horst 2002. Autoteknillinen taskukirja. 6. painos. Jyväskylä: Gummerus Oy.

