



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Juho Rantala

# PUTKIRUNKOAUTON SUUNNITTELU

Rungon konseptimalli

Tekniikka  
2017

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Juho Rantala
Opinnäytetyön nimi	Putkirunkoauton suunnittelu
Vuosi	2017
Kieli	Suomi
Sivumäärä	25 + 4 liitettä
Ohjaaja	Juha Hantula

---

Sain työn aiheen Jorma Latvalalta, joka oli ideoinut konseptin autosta, joka on taloudellinen, mutta hauska ja tyylikäs. Työn tavoitteena on valita valmistukseen sopivat materiaalit ja suunnitella toimiva ja turvallinen putkirunkokonsepti, jota on mahdollista jatkojalostaa lopulliseksi autoksi.

Projekti aloitettiin tutkimalla Latvalan tekemiä konseptipiirustuksia ja suunnitteleamalla paperille kolme raakamallia, joista valittiin toimivin vaihtoehto suunnittelupöydälle. Työlle annettiin vapaat kädet ohjelmiston ja apuvälineiden suhteen, joten päädyin tekemään mallit Siemens NX10-opiskelijalisenssillä ja NX10-ominaisuuksia apuna käyttäen.

Suunnittelun alkuvaiheessa tavoitteena oli suunnitella mahdollisimman jäykkä ja kevyt alusta käyttäen sovittuja parametreja. Annetut parametrit kuitenkin osoittautuivat erittäin haasteellisiksi, koska rungon koko ja taloudellisuus eivät välttämättä vastaa tavoitetta. Suunnittelusta teki myös haastavaa se, ettei nykypäivänä auto maailmasta löydy juuri vertailukohdetta kyseiselle konseptille.

Runkokonseptin viimeisen hyväksytyin revision jälkeen keskityttiin moottorin ja voimansiirron sovittamiseen, rungon viimeistelyyn ja piirustusten kehittämiseen.

## ABSTRACT

Author	Juho Rantala
Title	Design of Spaceframe Chassis Concept
Year	2017
Language	Finnish
Pages	25 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Juha Hantula

---

The objective of the thesis is to design a tubular spaceframe chassis concept for a lightweight economical car. The idea was given to me by Jorma Latvala who had drawn a simple design of the finished car, thought of the design parameters and the requirements. After analyzing the design, a few rough drawings were sketched by hand and one which looked the most promising to start with was chosen for further development.

Siemens NX10 was chosen for the design work because it has most of the features and other applications needed for the simulation.

The aim was to design a frame that is as stiff and light as possible without sacrificing the ease of use on everyday basis. The given dimensions of the frame proved challenging because of the fuel economy requirement and the suggested engine type. The design was left heavier and stiffer than needed to accommodate a heavier and more powerful engine if needed.

The concept turned out to be good and it is a good platform for further development in the future.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	TUOTEKEHITYS.....	8
	2.1 Konseptin suunnittelu.....	8
	2.2 Opinnäytetyön konseptisuunnittelun prosessi.....	9
3	LÄHTÖKOHDAT.....	10
4	AKK MOTORSPORT RY.....	11
	4.1 AKK motorsport ry:n tekniikan sääntökirja.....	11
	4.1.1 Turvakaaren säännöt.....	11
5	TYÖN ALOITUS.....	13
	5.1 Runkoputken materiaalin valinta.....	15
	5.2 Rasituksen simulointi.....	16
6	CAD-MALLINNUS.....	18
	6.1 Mallit ja projektin kulku.....	18
	6.1.1 Revisio 1: Kattoprofiilin muutos.....	19
	6.1.2 Revisio 2: Rungon levennys.....	20
	6.1.3 Revisio 3: Eturungon madallus.....	21
	6.1.4 Kokoonpano.....	22
	6.2 Osaluettelo ja paino.....	22
7	LOPPUTULOS JA YHTEENVETO.....	24
	LÄHTEET.....	25

LIITTEET

**KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b> Auton konseptimalli.	s.10
<b>Kuva 2.</b> Pääkaari, etukaari, pitkittäistuet ja ristituenta	s.12
<b>Kuva 3.</b> Runkopiirustuksen ensimmäinen malli.	s.13
<b>Kuva 4.</b> Runkopiirustuksen toinen malli.	s.14
<b>Kuva 5.</b> Runkopiirustuksen kolmas malli.	s.14
<b>Kuva 6.</b> Rungon taipuma.	s.17
<b>Kuva 7.</b> Runkoon kohdistuneet jännitykset.	s.17
<b>Kuva 8.</b> Ensimmäinen malli.	s.18
<b>Kuva 9.</b> Vahvistettu runko.	s.19
<b>Kuva 10.</b> Kattoprofiilin muutos.	s.19
<b>Kuva 11.</b> Keskikonsoli ja rungon sivuttaisjäykistys.	s.20
<b>Kuva 12.</b> Jousituksen kiinnikkeet.	s.20
<b>Kuva 13.</b> Leveämpi runko.	s.21
<b>Kuva 14.</b> Keulan madallus ja kardaaaniakselin tila.	s.21
<b>Kuva 15.</b> Kokoonpano.	s.22
<b>Taulukko 1.</b> Turvakaaren materiaalivaatimukset /4, s.26/.	s.15
<b>Taulukko 2.</b> SSAB Boron Tube 24 ominaisuudet /4, s.17/.	s.16
<b>Taulukko 3.</b> Osaluettelo ja paino	s.22

**LIITELUETTELO****LIITE 1.** Vaatimuslista**LIITE 2.** Kokoonpano edestä**LIITE 3.** Kokoonpano sivulta**LIITE 4.** Kokoonpano takaa

## 1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on suunnitella auton putkirunkokonsepti. Projektin laajuuden vuoksi työ jaettiin pienempiin osuuksiin ja tässä työssä on tarkoitus päästä toimivan konseptin tasolle, mitä tulevat insinöörit voivat jatkaa ja kehittää eteenpäin kohti valmista tieliikenteeseen hyväksyttyä autoa.

Auton tarkoituksena on olla taloudellinen ja hauska, esim. moottoripyörän korvaaja. Työn idean saatiin yksityiseltä yrittäjältä, joka oli suunnitellut karkean mallin valmiista autosta ja laatinut työlle listan vaatimuksista. Työ alkaa paperille piirretyistä luonnoksista, joista valittiin kehityskelpoisin malli. Suunnitteluohjelmaksi valittiin Siemens NX10, joka tarjosi työhön sopivimmat ominaisuudet saatavilla olevista ohjelmista /1/.

Mallinnus aloitettiin rungon pääputkista, joihin kaikki turvakaaret ja ristituet yhdistetään. Konseptikuviin tuli muutama muutos työn edetessä, mutta runkomalli pysyi loppuun saakka lähes samana. Rungon valmistuttua, työhön lisättiin moottori, vaihdelaatikko, kardaniakseli, mallinukke ja alkeelliset jousituskomponentit.

## 2 TUOTEKEHITYS

Tuotekehitys on nimitys toiminnalle, jossa tuotetaan innovaatioita. Tuotekehityksen prosessi vaihtelee aloittain, mutta yleisesti ottaen tuotekehityksen tarkoitus ei ole tuottaa välitöntä voittoa /1/.

Perinteisesti tuotekehitys terminä liitetään valmistettaviin esineisiin, mutta sanaa käytetään myös digitaalisten tuotteiden ja palveluiden kehittämisessä. Tuotekehityksen tavoitteena on tuottaa nopeasti ja taloudellisesti uusia, asiakkaiden tarpeet täyttäviä kilpailukykyisiä tuotteita, markkinaolosuhteet huomioon ottaen /1/.

Digitaalista tuotekehitystä varten valmistetuilla ohjelmistoilla prototyyppien muokkaaminen on joustavaa ja helppoa, mikä nopeuttaa tuotekehitysprosessia merkittävästi. Digitaalinen tuotekehitys voi sisältää esimerkiksi tuotteiden tai palveluiden tutkimustyötä, mallinnusta ja piirtämistä, muotoilua, QFD-menetelmän käyttöä sekä tuotetiedon hallintaa tuotteiden suunnitteluun ja valmistamiseen liittyen /1/.

### 2.1 Konseptin suunnittelu

Konsepti alkaa innovatiivisesta ideasta tai ajatuksesta, jolla halutaan saavuttaa tietty tavoite tai ratkaista jokin ongelma. Konseptia voi olla suunnittelemassa yksi tai useampi henkilö, tai jopa isompi organisaatio.

Projektin alkaa usein konseptin määrittelystä. Konseptille kartoitetaan tarve, tavoitteet ja resurssit. Työ etenee määrittelyvaiheesta tiedonkeräys ja analysointivaiheeseen, jossa kerätään tietoa kilpailijoista, muista vastaavista tuotteista ja tuotetta koskevista säännöistä ja määräyksistä.

Tiedonkeruun jälkeen konsepti etenee ideointiin, jossa tuotteelle tehdään luonnoskuvia, joiden avulla voi aloittaa rakennesuunnittelun. Rakennesuunnittelussa tuote käy läpi useita eri suunnitteluvaiheita, joita analysoimalla yritetään poistaa kaikki huonot tai kehityskelvottomat ideat. Konsepti käy läpi yleensä useita eri revisioita ennen toteutuskelpoista mallia.



Hyvä konseptisuunnittelu on laaja-alaista, jossa pyritään etsimään tietoa kaikilta konseptiin liittyviltä osa-alueilta. Konseptisuunnittelu on tuotekehityksen tärkein osa-alue, joka edellyttää tarkkaa dokumentointia, analysointikykyä ja hyviä viestintätaitoja. Hyvä konseptisuunnittelija tietää vähän kaikesta, ymmärtää asiakkaan tarpeet ja lähtökohdat, mutta on realistinen eikä visioi liian suurta, vaan konkreettisesti asiakkaan visiot sanoiksi, kaavoiksi ja toteutussuunnitelmiksi.

## **2.2 Opinnäytetyön konseptisuunnittelun prosessi**

Aluksi tilatulle työlle määriteltiin tarpeet, tavoitteet ja resurssit. Tavoitteita ja resursseja tutkittiin ja niiden perusteella työ rajoitettiin runkokonseptin tasolle. Tässä vaiheessa projektille tiedettiin realistinen tavoite ja tuotteen ideointi voitiin aloittaa.

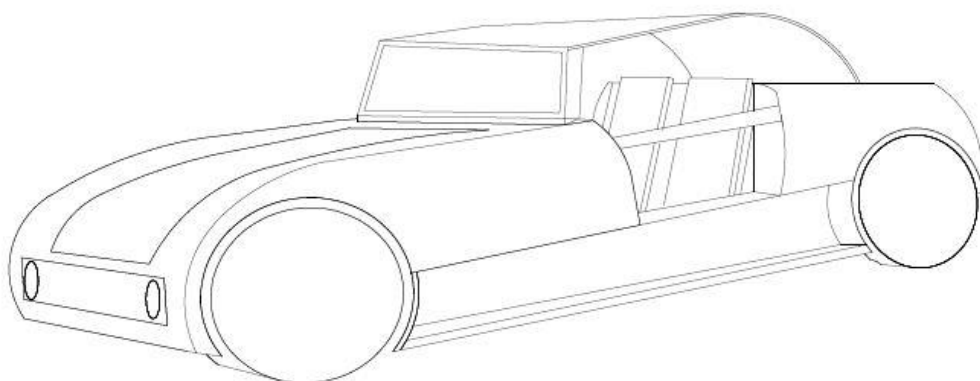
Työlle tutkittiin turvakaaria koskevat turvallisuusmäärittelyt ja materiaalien vaatimukset. Lopullisten tietojen perusteella konseptille tehtiin luonnoskuvia, joista kehityskelpoiset ideat hyväksyttiin ja huonot tai hankalasti toteutettavat hylättiin.

Luonnoskuvien perusteella suunniteltiin CAD-malleja, joiden prosessi tarkistettiin asiakkaalta sopivin väliajoin, että suunnittelu pysyisi asiakkaan toiveiden rajoissa. Tuotekehitysprosessin välivaiheissa asiakkaalta saatiin muutostoiveita rungon muotoon liittyen, jotka pyrittiin toteuttamaan ja suunnittelussa ilmeni ongelmia rungon rakenteeseen liittyen, jotka esitettiin asiakkaalle, jotta tarvittavat muutokset voitaisiin tehdä.

Projektin lopuksi runkokonseptin valmistuttua, aikaa jäi hieman jäljelle alkeellisten tukivarsien, moottorin, vaihdelaatikon ja kardaniakselin mallinnukseen, joita käytettiin kokoonpanokuvissa esimerkkinä siitä, miltä runko voisi näyttää apulaitteiden kanssa.

### 3 LÄHTÖKOHDAT

Työn suunnittelu aloitettiin palaverissa, jossa aiheen keksijä esitteli auton (**Kuva 1.**) ja suunnitteluun liittyvät rajoitteet. Ensimmäisessä palaverissa huomattiin työn suurimmaksi haasteeksi osoittautuvan auton suuren koon ja vähäisen painon, mutta todettiin, että muokataan auton mittoja myöhemmin, jos sille on tarvetta. Auton akseliväliksi annettiin kolme metriä ja painoksi alle 700 kiloa. Mallinnusohjelmaksi valittiin Siemens NX10 ohjelma, jolla aloitettiin CAD-mallien työstö annetuilla kriteereillä /2/.



**Kuva 1.** Auton konseptimalli.

## 4 AKK MOTORSPORT RY

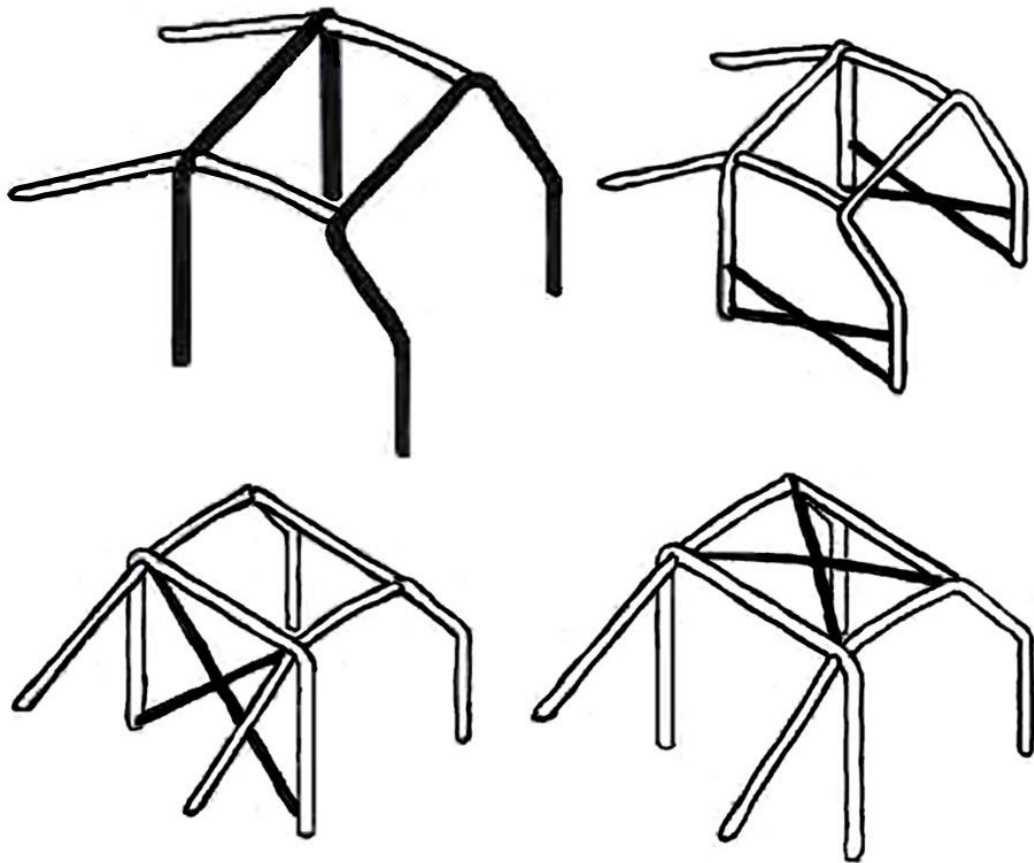
Entinen Autourheilun Kansallinen Keskusliitto ry on suomalaisen autourheilun kattojärjestö, jonka muodostaa 320 jäsenyhdistystä ympäri maata. Järjestön yhtenä tehtävänä on edustaa Suomea FIA:ssa ja tärkeimpänä tehtävänä tukea autourheilun harrastamista Suomessa /3/.

### 4.1 AKK motorsport ry:n tekniikan sääntökirja

Autourheilun tekniikan sääntökirjasta löytyy kaikki tarvittava tieto moottoriurheilua varten. Työssä sovellettiin sääntökirjaa heti alusta lähtien, koska auton käyttötarkoitus haluttiin pitää toistaiseksi avoimena. Sääntökirjan mukaan tämän projektin auto luokitellaan kilpa-autot -luokkaan, jotka on rakennettu yksittäisinä kappaleina ja ovat tarkoitettu ainoastaan kilpailukäyttöön /4, s.4/.

#### 4.1.1 Turvakaaren säännöt

Sääntökirjasta sovellettujen turvakaarien yleisten sääntöjen mukaan turvakaaret muodostuvan pääkaarien, etukaarien ja pitkittäistukien yhdistelmästä (**Kuva 2.**) /4, s.19-23/. Pääkaari on poikittainen likipitään pystysuora yhdestä putkesta taivutettu turvakaari, joka sijaitsee etuistuimen takana. Etukaari on samanlainen kuin pääkaari, mutta se seuraa tuulilasin reunoja ja sen yläreunaa. Pitkittäistuet yhdistää auton pää, ja etukaari ja ristituenta jäykistää turvakaaren. Pääkaaren ristituenta tuli pakolliseksi 1.1.2002 jälkeen, katon tuenta 1.1.2005 jälkeen ja ovituenta tuli pakolliseksi 1.1.2007 jälkeen luokitelluissa autoissa. Sääntökirjassa muita esiteltyjä vahvistuksia voidaan lisätä erikseen tai yhdessä toistensa kanssa suunnittelijan halujen mukaan /4, s.21/.

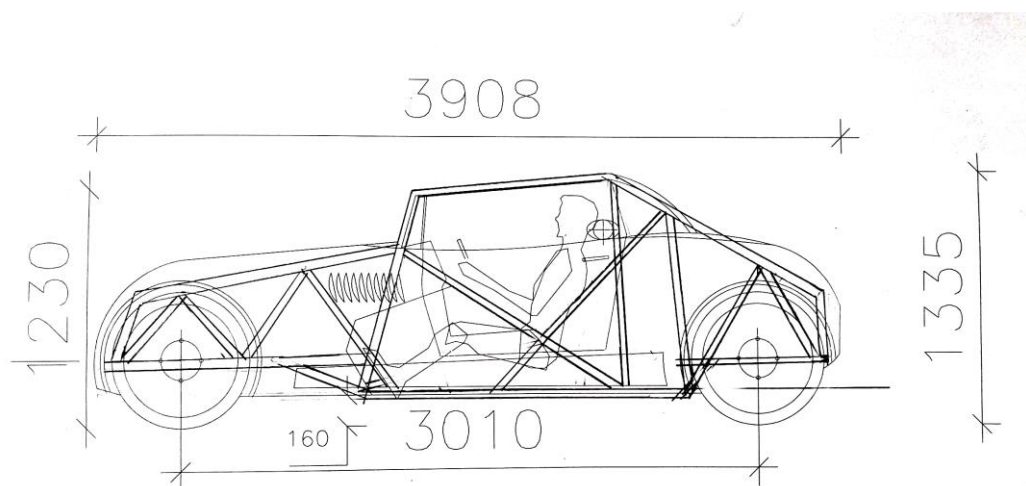


**Kuva 2.** Pääkaari, etukaari, pitkittäistuet ja ristituenta

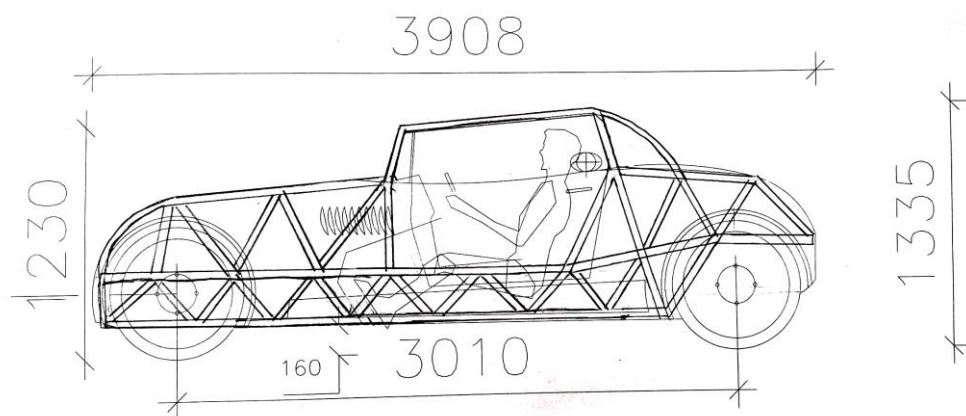
## 5 TYÖN ALOITUS

Ensimmäisessä palaverissa käytiin läpi auton käyttötarkoitus ja vaatimukset (LIITE 1). Vaatimuslistan ja konseptimallin avulla aloitettiin ensin käsin hahmottelemaan mahdollisia runkomalleja. Autolle suunniteltiin kolme runkopiirustusta, joista valittiin aiheen keksijän kanssa viimeisin vaihtoehto suunnittelua varten. Paperilla rungon hahmottaminen oli erittäin haastavaa, mutta ne helpottivat CAD mallien aloitusta huomattavasti.

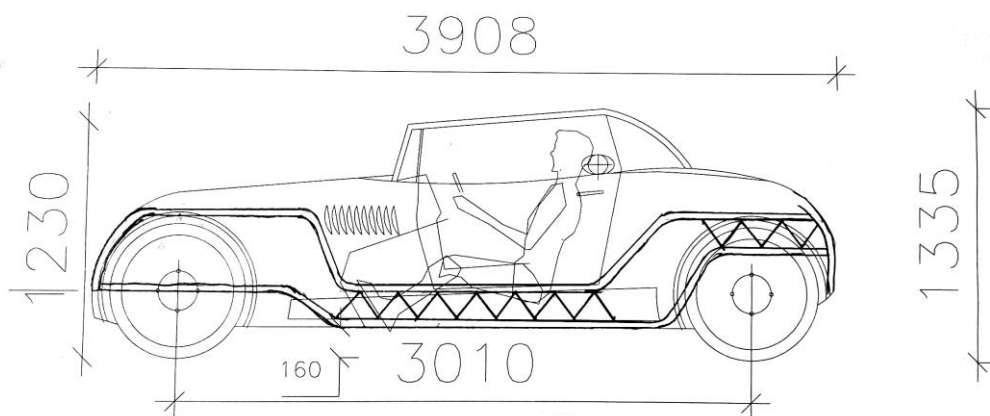
Ensimmäisessä mallissa (**Kuva 3.**) oli tavoitteena saada aikaan mahdollisimman yksinkertainen ja tukeva käyttäen mahdollisimman vähän runkoputkia. Ensimmäinen malli hylättiin pelkästään ristiputkien takia, jotka peittävät myöhemmin mallinnettavan oven paikan ja vaikeuttavat auton jokapäiväistä käyttöä. Toisessa mallissa (**Kuva 4.**), tavoitteena oli suunnitella oviaukosta tilavampi ja jäykistää auton alarunkoa. Tämä malli todettiin hyväksi vaihtoehdoksi, mutta muu runko oli edelleen tarpeettoman monimutkainen. Kolmannessa mallissa (**Kuva 5.**), alarungon putket jatkettiin loivalla mutkalla auton eturenkaasta takarenkaaseen asti. Luonnos ei tullut valmiiksi asti, mutta tämän piirustuksen perusteella voitiin aloittaa CAD-mallinnus.



**Kuva 3.** Runkopiirustuksen ensimmäinen malli.



**Kuva 4.** Runkopiirustuksen toinen malli.



**Kuva 5.** Runkopiirustuksen kolmas malli.

## 5.1 Runkoputken materiaalin valinta

Materiaalin valinnassa käytettiin apuna AKK Motorsport ry:n autourheilun tekniikan sääntökirjaa ja SSAB Precision Steel Tube käsikirjaa /4,5/.

**Taulukko 1.** Turvakaaren materiaalivaatimukset /4, s.26/.

Materiaali	Minimi vetolujuus	Minimitat	Käyttökohde
Kylmävedetty, saumaton puhdas hiiliteräs, hiilen enimmäismäärä 0.3 %	350 N/mm <sup>2</sup>	45 x 2.5 mm (1.75"x0.095") tai 50 x 2.0 mm (2.0"x0.083")	Pääkaari (piirroks <sup>et</sup> 253-1 ja 253-3) tai sivukaaret ja takapoikittaistuki (piirros 253-2)
		38 x 2.5 mm (1.5"x0.095") tai 40 x 2.0 mm (1.6"x0.083")	Puolisivukaaret ja kehikkorakenteen muut osat (ellei aiemmissa kohdissa ole toisin määritelty)

Taulukon (1) perusteella valittiin materiaaliksi SSAB Boron Tube 24, jonka vetolujuus on vähintään 450MPa /5, s.15/. Runkoputkien halkaisijaksi valitsin; 50 x 2,0 mm 2,37 kg/m ja 40 x 2,0 mm 1,87 kg/m /6, s.2/.

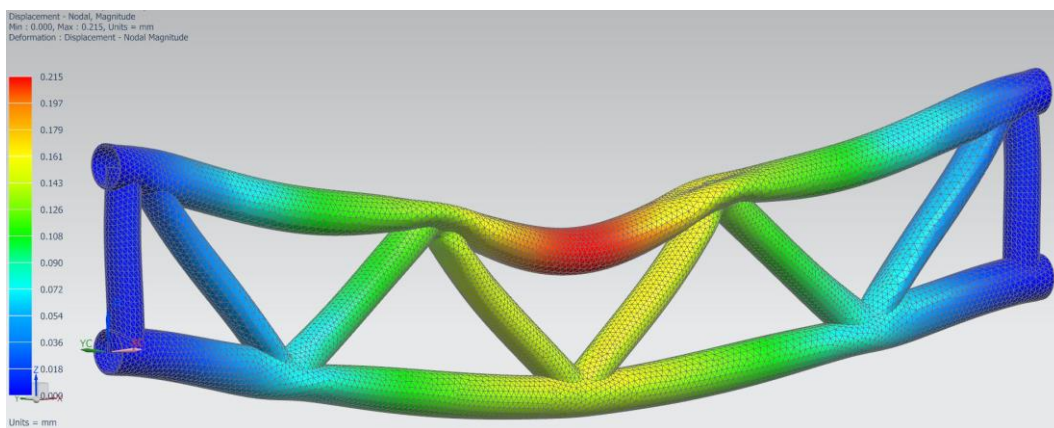
**Taulukko 2.** SSAB Boron Tube 24 ominaisuudet /4, s.17/.

SSAB Boron Tube 24:
Rakenteeltaan muotoiltava teräsputki, erittäin kestävä kovettettuna. Tarkoitettu olosuhteisiin jossa, teräs altistuu hankaukselle tai olosuhteisiin, joissa muut teräslaadut menevät pilalle myötöraituksen vuoksi.
Luokka: Kovettettava
Seostus: Boori ~0.003%
Rakenne: Toimitetaan ferriittisenä, martensiittinen jäädytettynä
Raekoko: 8 $\mu$ m
Kovuus, HV10: 135 toimitettuna, 470 jäädytettynä
Vastaava teräslaatu: B24, 22MnB5

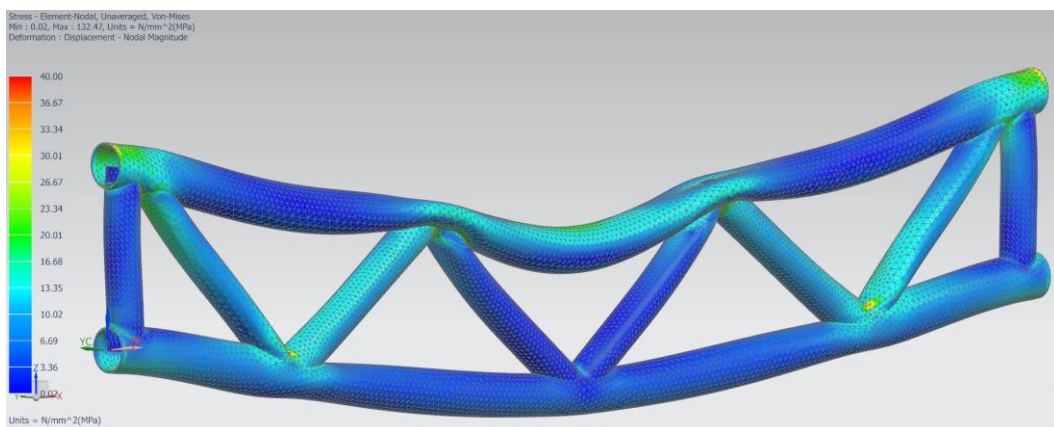
## 5.2 Rasituksen simulointi

Materiaalin valinnan jälkeen tehtiin tulevasta rungon kyljestä erillinen malli, jolle suoritettiin rasitussimulointi. Runkoputken kolmanneksen keskelle asetettiin 500 kg kuorma ja runkomalli tuettiin putkien päistä siten, että ainoastaan pystysuuntainen liike on estetty. Kuvasta (6) selvenee, että punaisella alueella kuorman aiheuttama taipuma on 0.2 mm, vihreällä 0.1 mm ja vaaleansinisellä vain 0.07 mm. Jännityskuvaajasta (**Kuva 7.**) selvenee, että asteikon punainen 40N/mm<sup>2</sup> ja vihreä 20N/mm<sup>2</sup> rasite esiintyy vain erittäin pienillä alueilla, eikä siten tule lähellekään materiaalin 450N/mm<sup>2</sup> rajaa. Kuvia tarkastellessa on hyvä ottaa huomioon, että mallia ei ole hitsattu, mikä vahvistaisi liitoskohtia ja, että simulointi suoritettiin 500 kg painolla, kun koko konseptille annettiin noin 700 kg painoraja.





**Kuva 6.** Rungon taipuma.



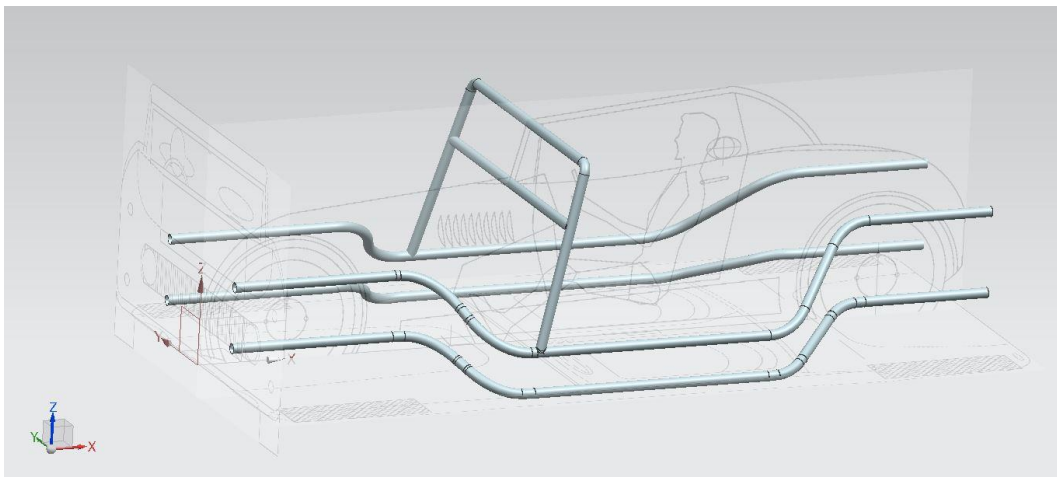
**Kuva 7.** Runkoon kohdistuneet jännitykset.

## 6 CAD-MALLINNUS

Mallinnusohjelmaksi valittiin Siemens NX10 -ohjelmisto, koska NX10 tarjoaa laajat ominaisuudet mallien suunnitteluun ja kuormitusten simulointiin.

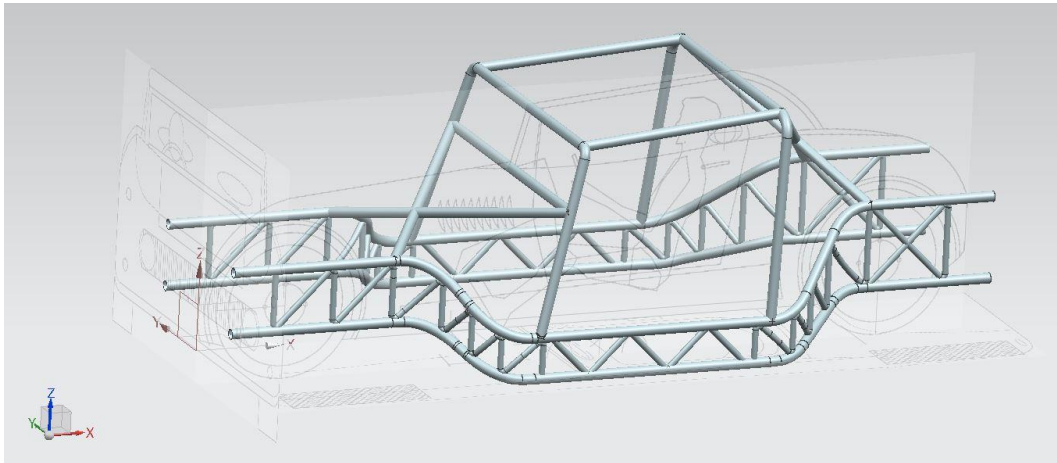
### 6.1 Mallit ja projektin kulku

Ensimmäisessä mallissa tavoitteena oli hahmotella kolmannen runkopiirustuksen alaputket niin, että ohjaamoon ja renkaille jäisi mahdollisimman paljon tilaa mahdollisia muutoksia varten, esim. akselivälimuutos (**Kuva 5**). Mahdollisesta akselivälin muutoksesta sovittiin ensimmäisessä palaverissa. Jos autoa suunnitellaan lopulta tieliikenteeseen, auton kulmissa olevat renkaat saattavat vaikuttaa törmäysturvallisuuteen.



**Kuva 8.** Ensimmäinen malli.

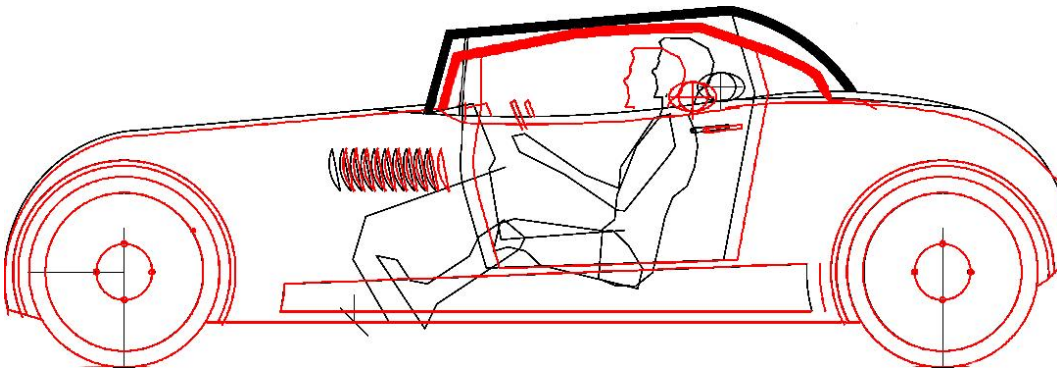
Runkopiirustus osoittautui toimivaksi, joten runkoa aloitettiin vahvistamaan 45° tukiputkilla, ohjaamon turvakaarilla ja ristituennalla autourheilun tekniikan sääntökirjan ohjeiden mukaan /4, s.23/.



**Kuva 9.** Vahvistettu runko.

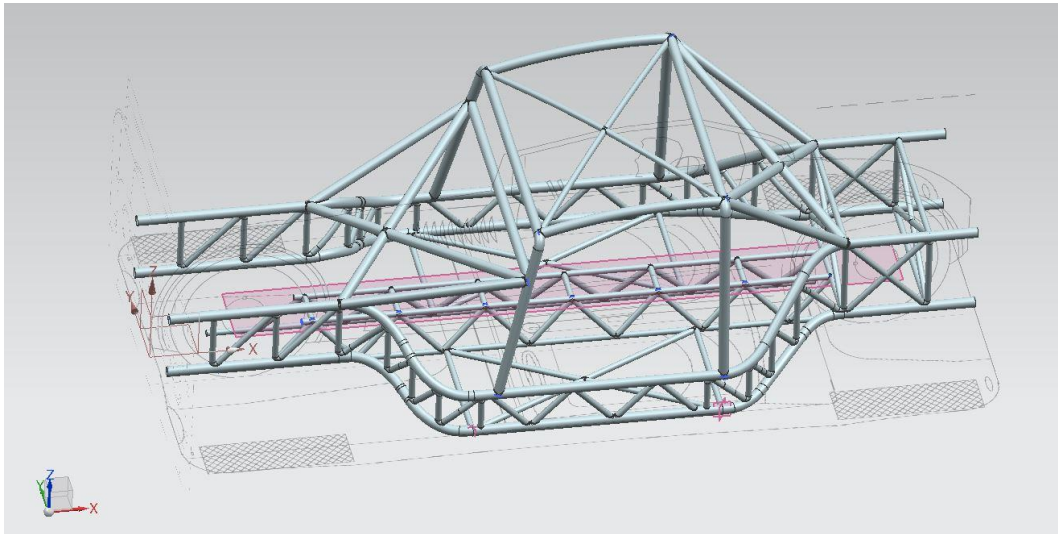
### 6.1.1 Revisio 1: Kattoprofiilin muutos

Rungon vahvistuksen jälkeen auton kattoprofiiliin tuli pieni muutos, joka muutti hieman koko ohjaamon tukirakennetta (**Kuva 8.**). Tukirakenteen muutos kuitenkin vahvisti koko rungon jäykkyyttä, koska kattoputket lyhentyivät 13 cm ja koko runko madaltui 5 cm.



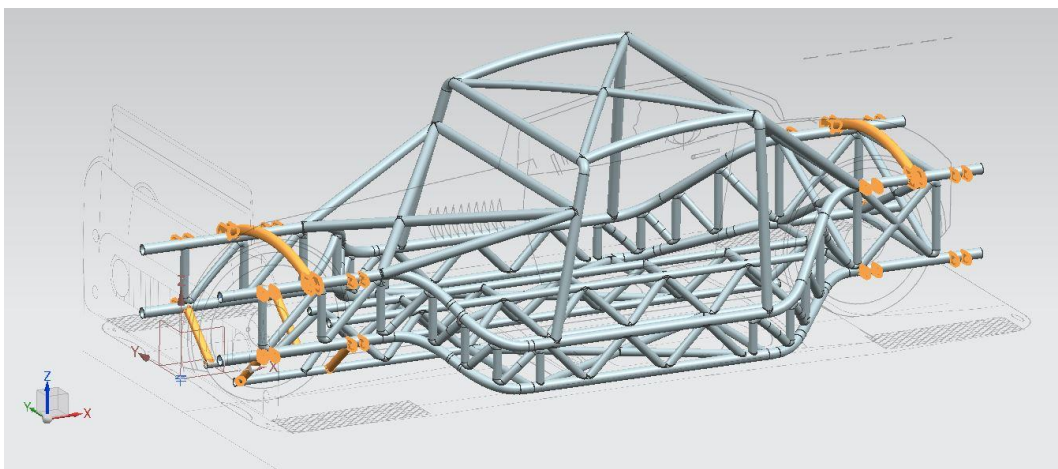
**Kuva 10.** Kattoprofiilin muutos.

Runkoon tehtiin tarvittavat kattoprofiilin muutokset ja katto vahvistettiin ristituellela. Runkoon lisättiin keskikonsoli kardanaakselia varten, jossa auton pohja jäykistyisi entisestään. Tässä vaiheessa vahvistettiin myös auton sivuttaisjäykkyyttä ristiputkilla.



**Kuva 11.** Keskikonsoli ja rungon sivuttaisjäykistys.

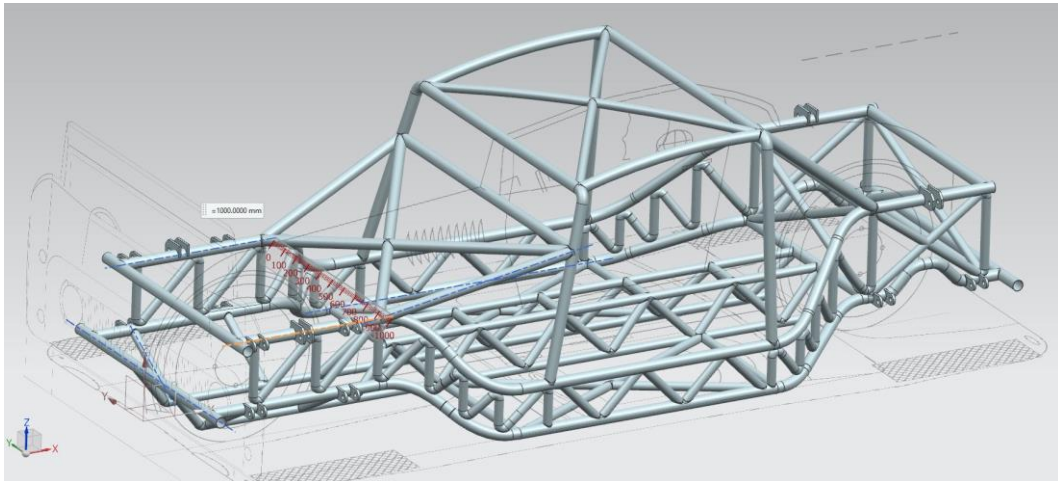
Runkoon suunniteltiin aluksi identtiset jousituksen kiinnikkeet, mutta huomattiin myöhemmin, ettei takana voi käyttää samoja kiinnikkeitä ja tukivarsia vielä toistaiseksi puuttuvan voimansiirron takia.



**Kuva 12.** Jousituksen kiinnikkeet.

### 6.1.2 Revisio 2: Rungon levennys

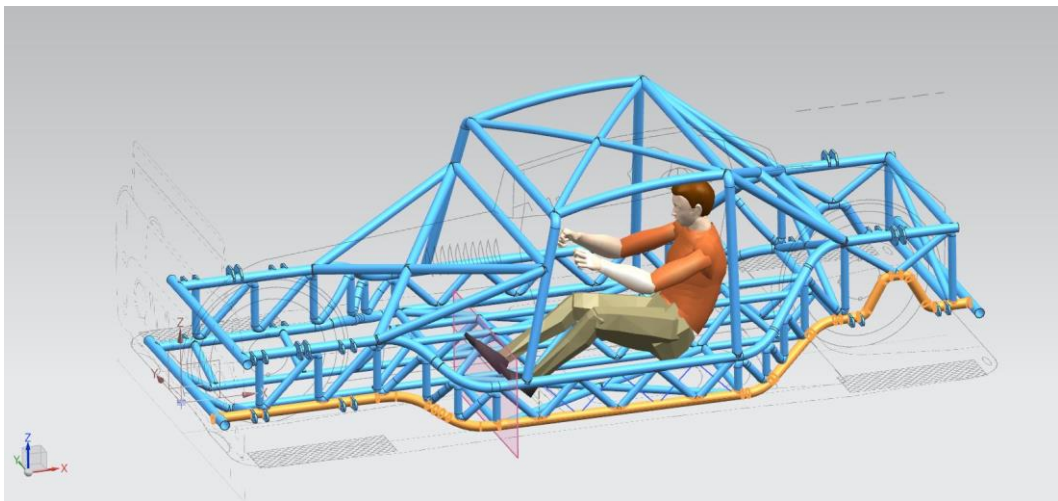
Runkoa levennettiin 20 cm moottori- ja tavaratilan osalta. Samalla tuulilasiaukon korkeutta muutettiin 17:stä 20:een senttimetriin. Rungon takaosaan päärunkoputkeen, tehtiin mutka kardaaniakselia varten. Runkoon lisättiin myös mahdolliset tukiputket puskureita varten.



**Kuva 13.** Leveämpi runko.

### 6.1.3 Revisio 3: Eturungon madallus

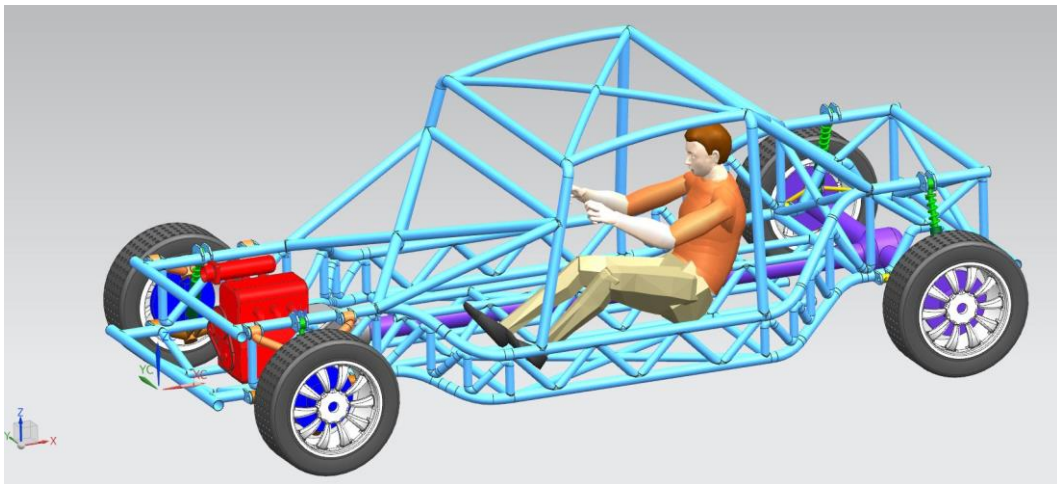
Eturunkoa jouduttiin madaltamaan 10 cm, että jousituksen tukivarret olisivat luonnollisemmassa kulmassa. Kardaaniakseli tarvitsi vähän enemmän tilaa, joten aikaisempi tukiristikko poistettiin rungon takaosasta ja kardaaniakselille tarkoitetut mutka nostettiin ristikon keskelle asti.



**Kuva 14.** Keulan madallus ja kardaaniakselin tila.

### 6.1.4 Kokoonpano

Rungon valmistuttua kokoonpanoon mallinnettiin tukivarret, iskunvaimentimet, jouset, vanteet, renkaan navat, moottorin, vaihdelaatikko ja kardaniakseli. Nämä mallit ovat vain luonnoksia ja tarkoitettu suuntaa antaviksi esimerkeiksi.



**Kuva 15.** Kokoonpano.

### 6.2 Osaluettelo ja paino

Internetistä etsittiin tietoa vastaavista komponenteista, kuten noin 800cc poltto-moottoreista, 4- ja 5-vaihteisista vaihdelaatikoista ja kevyiden autojen kardaniakseleista. Rungon painon sai laskettua mallinnusohjelmalla antamalla rungolle materiaali ja sen arvot. Arvioin osien massat löytämieni tietojen perusteella /7/.

**Taulukko 3.** Osaluettelo ja paino

Osa	Massa
Runko	204 kg
Moottori: Chery SCR372 DOHC	60 kg
Vaihdelaatikko: Reliant robin, 4vaihdetta	15 kg
Kardaniakseli: Reliant robin	33 kg

Renkaat ja vanteet: 8*18 tuumaa * 4kpl	92 kg
Tukivarret: 4kpl eteen, 2kpl taakse	18 kg
Iskunvaimentimet ja jouset 4kpl	25 kg
Renkaan napa ja jarrulevyt 4kpl	20 kg
Paino yhteensä	467 kg

## 7 LOPPUTULOS JA YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli suunnitella tieliikenteeseen sopiva konsepti putkirunkoautolle. Työ sujui hienosti ja esimerkkejä löytyi runsaasti moottoriurheilun parista, esim. nascar, karting ja ralliautot. Mallintaminen oli erittäin haastavaa, koska aiemmissa projekteissa ei ole tarvinnut mallintaa mitään vastaavaa ja yhtä monimutkaista. Lopputulos kuitenkin täytti annetut vaatimukset ja osoittautui toteutuskelpoiseksi konseptiksi.

Projektin alussa pidettiin palaveri, missä projektin tilaaja sai esitellä idean, jota aloimme yhdessä kehittää eteenpäin. Työn laajuudesta johtuen, päätettiin myös rajoittaa työ pelkän runkokonseptin tasolle, mistä seuraava valmistuva insinööri voi jatkaa eteenpäin.

Konseptista tuli mielestäni erittäin monipuolinen ja sitä on helppo muokata tarpeen mukaan. Rungossa on riittävästi tilaa isommalle moottorille, jos sille on tarvetta, tai runkoa on helppo pienentää, millä saadaan autosta kevyempi ja taloudellisempi. Rungosta suunniteltiin tarkoituksella tarpeettoman jäykkä, koska auton lopullinen käyttötarkoitus on vielä avoin ja runkoa on helpompi keventää kuin vahvistaa jälkeinpäin.

Työtä on tarkoitus jatkaa eteenpäin suunnittelemalla runkoon toimiva jousitus, valitsemalla auton massalle sopivampi moottori, suunnittelemalla auton koripaneelit, ohjaamo ja tutkimalla rungon tieliikennekelpoisuutta.



## LÄHTEET

/1/ Tuotekehitys. Viitattu 23.3.2017.

<https://www.itewiki.fi/opas/tuotekehitys-ja-suunnittelu/>

/2/ Siemens NX10. Viitattu 23.3.2017.

[https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_us/products/nx/about-nx-software.shtml](https://www.plm.automation.siemens.com/en_us/products/nx/about-nx-software.shtml)

/3/ AKK-Motorsport ry. Viitattu 10.5.2017

<https://fi.wikipedia.org/wiki/AKK-Motorsport>

/4/ AKK-Motorsport ry (ent. Autourheilun Kansallinen Keskusliitto ry) Autourheilun tekniikan sääntökirja P.2017 Viitattu 24.3.2017.

<http://www.autourheilu.fi/saantokirja/>

<http://www.autourheilu.fi/site/assets/files/1930/tekniikka.pdf>

/5/ SSAB Precision Steel Tube Handbook Viitattu 24.3.2017.

<http://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/ohutseinaputket>

[https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-/media/files/en/tubes-and-sections/precision\\_steel\\_tube\\_handbook\\_isbn\\_-978-952-93-7674-2-v12016.pdf](https://ssabwebsitecdn.azureedge.net/-/media/files/en/tubes-and-sections/precision_steel_tube_handbook_isbn_-978-952-93-7674-2-v12016.pdf)

/6/ SSAB Boron Tube 24. Viitattu 24.3.2017.

<http://www.ssab.fi/tuotteet/terasluokat/ohutseinaputket/tuotteet/ssab-boron-tube-24>

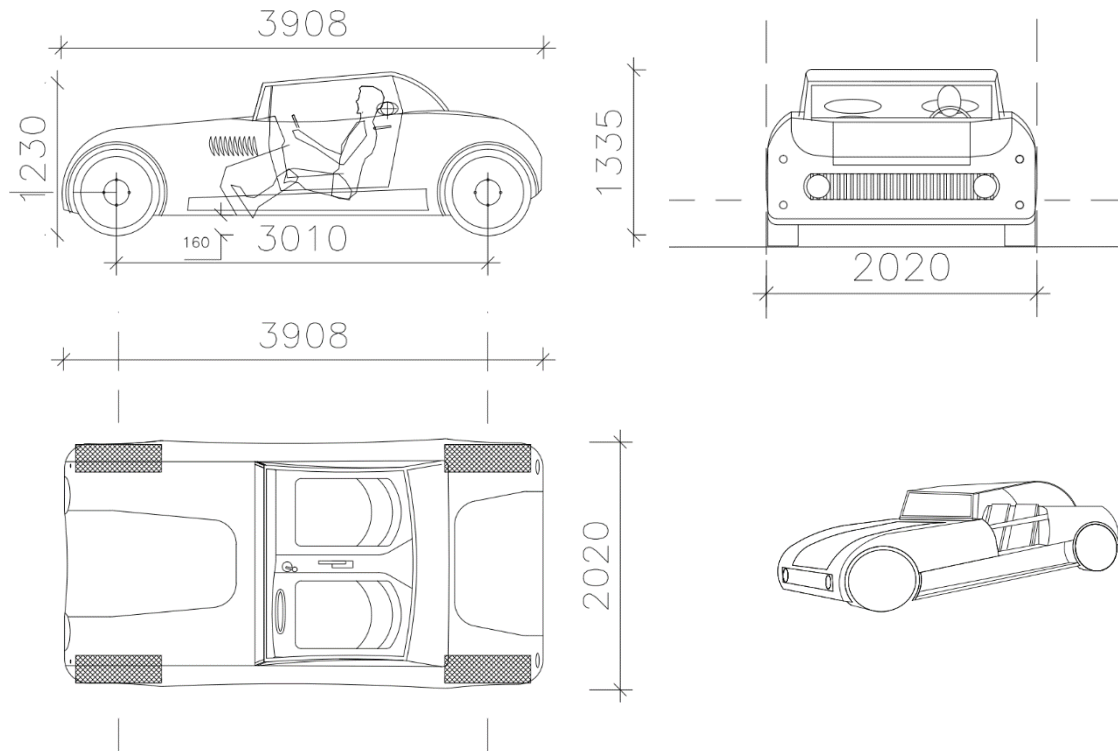
<http://www.ssab.fi/api/sitecore/ProductPdfRender/PrintProductSheet?pid=DD865A16CB144284B6BD7A015474F4E7&lang=en>

/7/ Reliant robin tekniset tiedot. Viitattu 20.4.2017.

<http://suzuki.demon.nl/reliant.htm>

## LIITE 1.

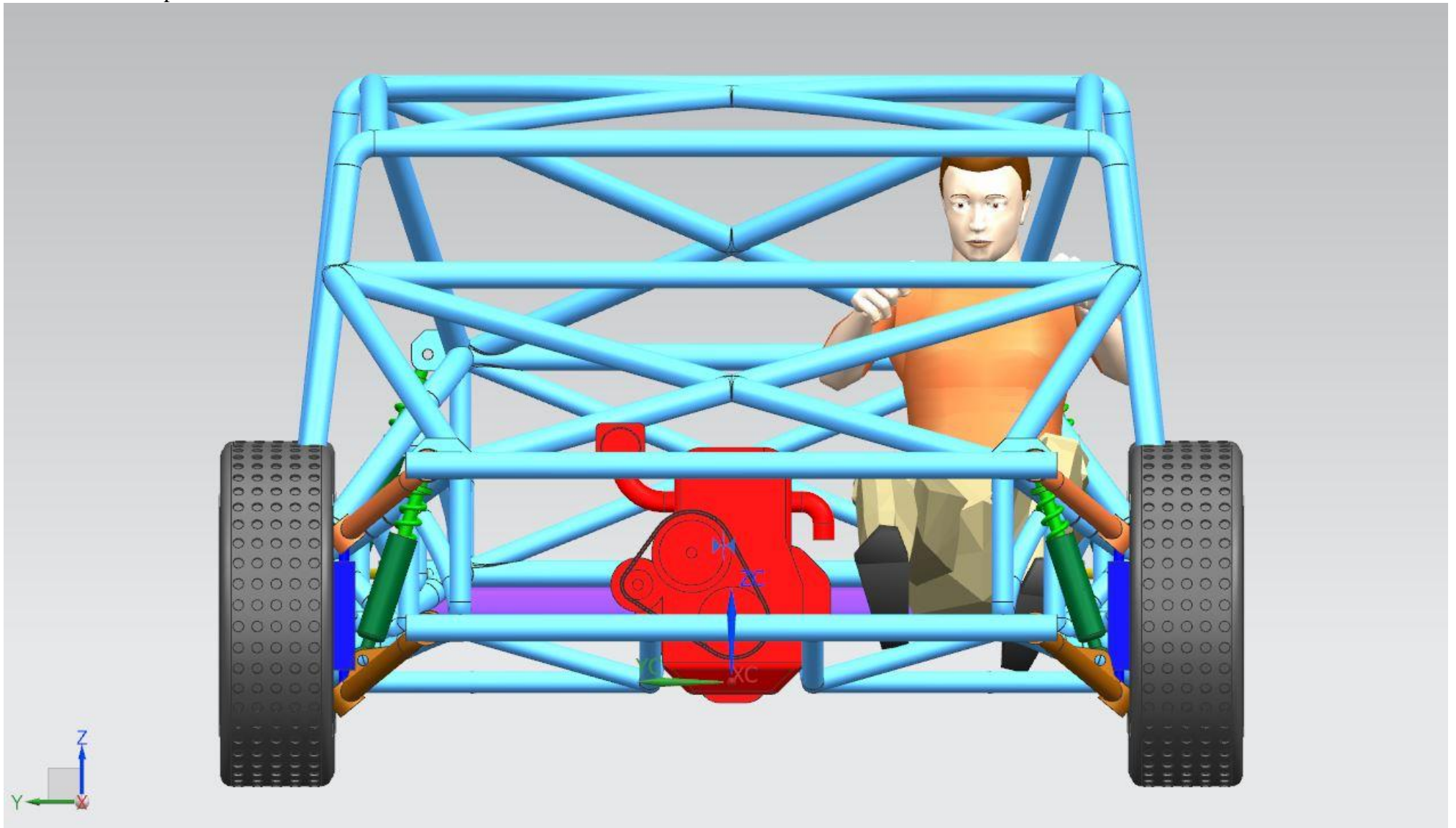
### Vaatimuslista



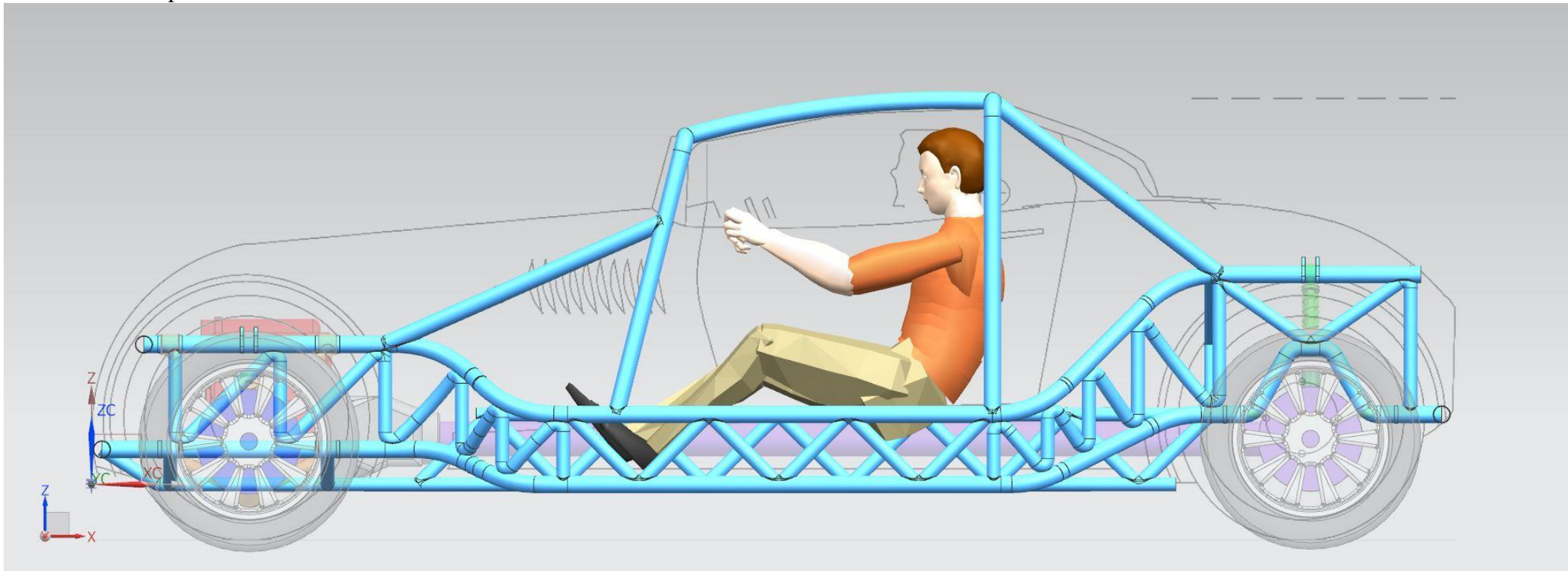
### Vaatimukset ja tavoitteet

- Auton putkirungon suunnittelu
- Pituus alle 4 m
- Akseliväli 3 m
- Takaveto
- Pieni diesel- tai taloudellinen bensiinimoottori
- Massa n.700 kg
- Valmiin auton tieliikennekelpoisuus
- Kaksipaikkainen ohjaamo
- Tilaa matkatavaroille
- Ohjaamon modulaarisuus (matkustajan istuimen tilalle kaksi pienempää lastenistuinta)
- Valmiista konseptista 3D-tulostusmalli

## LIITE 2. Kokoonpano edestä



## LIITE 3. Kokoonpano sivulta



## LIITE 4. Kokoonpano takaa

