

Dmitry Semioshko

Kiskovaunun suunnittelu

Insinööri
Kajaanin ammattikorkeakoulu
Tekniikan ja liikenteen ala
Kone- ja tuotantotekniikka
Kevät 2013



Koulutusala Insinööri	Koulutusohjelma Kone ja tuotantotekniikka
Tekijä(t) Dmitry Semioshko	
Työn nimi Kiskovaunun suunnittelu	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot Suunnittelu ja 3D-mallintaminen	Ohjaaja(t) TkL Eero Pikkarainen
	Toimeksiantaja TkL Eero Pikkarainen
Aika Kevät 2013	Sivumäärä ja liitteet 34
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella ylhäällä kiskolla kulkeva laite. Tavoitteena oli tehdä SolidWorks-mallinnus osista sekä kokoonpanosta. Lisäksi työssä oli tehtävänä valita käytettävät ostokomponentit, moottorit, pultit ja laakerit.</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin myös suunnitteluun, jota tarkasteltiin sekä liikevaunun toiminnan että osien tilaamisen kannalta. Lisäksi työssä oli tehtävänä ratkaista, miten muutamat osat saataisiin helpommin paikalle.</p> <p>Yhteiden muotoa alettiin suunnitella mallintamalla. Suunnitteluun käytettiin SolidWorks 2012 - 3D-mallinnusohjelmaa. SolidWorks on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, jolla kolmiulotteisen geometrian avulla saadaan kohde mallinnettu.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä käsiteltiin myös systemaattisen koneensuunnittelun, suunnittelun lähtökohdat ja vaatimuslistan tekoa. Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Saatiin ilmaradalla toimivan kiskon liikevaunun 3D-malli. Vaunun suunnittelussa on otettu huomioon, että se soveltuu kaikilta osin teollisuuden käyttöön.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	
Säilytyspaikka	<input checked="" type="checkbox"/> Verkkokirjasto Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto



School Engineering	Degree Programme Mechanical and Production Engineering
Author(s) Dmitry Semioshko	
Title Rail wagon design	
Optional Professional Studies Designing and 3D Modeling	Instructor(s) Mr Eero Pikkarainen, Principal Lecturer
	Commissioned by Mr Eero Pikkarainen
Date Spring 2013	Total Number of Pages and Appendices 34
<p>The purpose of this Bachelor`s thesis was to design a 3D model of a top rail passing the device. The aim was to make solidworks tool used for modeling and assembling the wagon . Also, it was necessary to decide what components to use – the motor, mounting components and bearings.</p> <p>While working, I studied various design approaches taking a number of aspects into consideration, such as functionality, components assembly, etc.</p> <p>The overall design came to me while I was working with SolidWorks 2012 software with 3D modeling and testing of components and joint durability.</p> <p>In addition, my work provides some basin information on system planning and management of product requirements. The ultimate goal was achieved and the wagon 3D model was created. The study concentrates also on the regulations and responsibilities concerning rail wagon design.</p>	
Language of Thesis Finnish	
Keywords	
Deposited at	<input checked="" type="checkbox"/> Electronic library Theseus <input checked="" type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Kajaanin ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyönä. Työ aloitettiin syksyllä 2012.

Haluan kiittää yliopettaja Eero Pikkaraista mielenkiintoisesta insinööriyön aiheesta, ohjauksesta ja avusta työn aikana. Lisäksi esitän parhaimmat kiitokseni kaikille minua Kajaanin ammattikorkeakoulussa opettaneille opettajille.

Kiitokset myös perheelleni ja vaimolleni opiskeluaikana saamastani tuesta ja avusta.

Kostamuksessa 31. toukokuuta 2013

Dmitry Semioshko

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
1.1 Työn tausta	1
1.2 Työn tavoite	1
2 KÄYTETYT SUUNNITTELUOHJELMAT	3
2.1 SolidWorks	3
2.2 SolidWorks Simulation	4
2.3 Cosmos Motion	4
2.4 Aloitus SolidWorks	4
3 KISKOVAUNUT NOSTURIYMPÄRISTÖSSÄ	6
3.1 Siltanosturi	7
3.2 Torninosturi	8
3.3 Pukkinosturi	9
4 KONEENSUUNNITTELU	11
5 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT	13
5.1 Suunnittelun lähtökohdat	13
5.2 Vaatimuslista	13
5.3 Sovellettava liikekisko	14
5.4 Kaidekaarteet	16
5.5 Kiskon asennus	17
5.6 Laskenta ja mitoitus tiedot	17
6 LIIKEVAUNUN PÄÄOSAT JA NIIDEN VALINNAT	19
6.1 Ajojärjestelmä	19
6.1.1 Vetopyörä	19
6.1.2 Hammashihnavälitys	19
6.1.3 Vaihdevälitys	20
6.1.4 Sähkömoottori	21
6.1.5 Taajuusmuuttaja	21
6.2 Kaarreajon laitteet	22
6.2.1 Tukipyörät	22

6.2.2 Kääntöjärjestelmä	23
6.2.3 Kuulamuutteriruuvi	23
6.2.4 Seurantajärjestelmä	23
6.3 Runkorakenteet	24
6.4 Turva- ja suojausrakenteet	24
7 KOKOONPANO	25
8 LUJUUSTARKASTELU	29
9 TYÖN TOTEUTUS	31
10 YHTEENVETO	32
LÄHTEET	33

1 JOHDANTO

1.1 Työn tausta

Tämän opinnäytetyön aiheen antoi Kajaanin ammattikorkeakoulun yliopettaja Eero Pikkarainen, joka on toiminut teknisenä asiantuntijana Iivantiiran kyläyhdistyksen Leader-hankkeessa. Hankkeen tavoite on rakentaa karhukoerien koulutusjärjestelmä. Tämän työn tuloksia ja ratkaisuja voidaan käyttää lopullisen järjestelmän kiskovaunun viimeistelyssä.

Kajaanin ammattikorkeakoulu on tekevä, profiloitunut ja aidosti kansainvälinen korkeakoulu. Luonnonläheisellä kampusalueellamme työskentelee noin 2000 opiskelijan ja 230 asiantuntijan oppimis- ja kehittämissyhteisö. Työelämän arvostamiin tutkintoihin sisältyy myös englanninkielisiä koulutusohjelmia.

Koulutus luo pohjan tuotannon suunnittelu-, organisointi-, käyttö-, huolto-, laatu- ja materiaalihallinnon tehtäviin. Koulutus on käytännönläheistä ja opiskelija perehtyy tuotantoprosessien hallintaan alusta aina tuotteen valmistumiseen saakka.

Koneensuunnittelussa käsitellään tuotesuunnittelua sekä sen taloudellisia näkökohtia. Tuotekehityksen asema teollisessa toiminnassa selvitetään ja tuotekehitysprojektin eri vaiheet tulevat tutuiksi. Perehdytään myös koneenosissa esiintyviin värähtelyilmiöihin, niiden analysointiin ja hallintaan. [1.]

1.2 Työn tavoite

Opinnäytetyön tarkoituksena on suunnitella korkealle sijoitetulla kiskolla toimivan laitteen kiskovaunu. Kiskovaunulla tässä tarkoitetaan kokonaisuutta, joka on välittömässä yhteydessä kiskoon, koostuen ajolaitteista, liikemoottorista, kiskon seurantajärjestelmästä ja varsinaisen laitteen ripustuskokonaisuuksista. Tehdään SolidWorks-mallinnus osista sekä kokoonpanosta. Lisäksi työssä on tehtävänä valita, ostokomponentit, moottorit, pultit ja laakerit. Edelleen pitää suorittaa kriittisille osille yksinkertainen lujuustarkastelu SolidsWorksillä. Myös pitää valita liikemoottorin markkinoilla tarjolla olevista.

Opinnäytetyössä perehdytään myös suunnitteluun, jota tarkastellaan sekä kiskovaunun toiminnan että osien tilaamisen kannalta. Lisäksi työssä on tehtävänä ratkaista, miten muutamat osat saataisiin helpommin asennettua.

2 KÄYTETYT SUUNNITTELUOHJELMAT

Kiskovaunun muotoa alettiin suunnitella mallintamalla. Suunnitteluun käytettiin SolidWorks 2012 - 3D-mallinnusohjelmaa.

2.1 SolidWorks

SolidWorks on tietokoneavusteinen suunnitteluohjelmisto, jolla kolmiulotteisen geometrian avulla saadaan kohde mallinnettua. Tätä mallinnusta kutsutaan parametriseksi piirremallintamiseksi. Kolmiulotteinen piirremallinnus on kaksiulotteista huomattavasti tehokkaampi, sillä sen avulla saadaan todettua mahdolliset kokoonpanovirheet. SolidWorksissa esillä oleva kokoelma ikkunoita kertoo yhdestä kokoonpanosta generoidut piirustukset. Näiden kautta mallia tarkastellaan. Niiden tarkoituksena on myös päivittää mahdolliset muutokset suoraan kaikkiin kyseessä oleviin piirustuksiin automaattisesti.

SolidWorks on parametrinen 3D-mekaniikkasuunnitteluohjelmisto, joka sisältää tilavuus- ja pintamallinnus työkalut. Ohjelmistoa käytetään hyvin erilaisten koneiden, laitteiden tai jonkin muun yksittäisen kappaleen suunnitteluun. SolidWorks oli ensimmäinen täysin Windows-pohjainen parametrinen mekaniikkasuunnittelusovellus (1995). SolidWorksia valmistaa ranskalainen Dassault Systemes.

Ohjelmalla voidaan tehdä kolmenlaisia perustiedostoja: osia, kokoonpanoja sekä valmistuspiirroksia. Nämä ovat toisiinsa sidoksissa siten, että muutettaessa osaa kokoonpanossa myös osatiedosto muuttuu sekä sen piirustus muuttuu, tai päinvastoin. Osien tai kokoonpanojen mittoja voidaan myös linkittää siten, että toista osaa muutettaessa muut kappaleesta seuraavat muutetun kappaleen mittoja. Mittoja on myös mahdollista linkittää Excel- taulukkolaskenta-ohjelmaan. On myös mahdollista tehdä samasta osasta monta eri "versiota" eli niin sanottuja konfiguraatioita, joilla pyritään helpottamaan suunnittelijan työtä.

Mallintaminen perustuu piirteisiin, ehkä suurimpana erona 2D-CAD-ohjelmistoihin, käyttäjän luoma esine tai kokonaisuus on muokattavissa erittäin vapaasti, ilman että työ olisi aloitettava uudelleen alusta. [2.]

2.2 SolidWorks Simulation

SolidWorks Simulation on SolidWorksiin lähdekooditasolla integroitu, jokaisen suunnittelijan helppokäyttöinen lujuuslaskentamoduuli. Se sisältää lineaarisen/staattisen lujuusanalyysin, myötörajan tarkastelun, lämpöanalyysin sekä nurjahdukset. Malliin tehdyt muutokset ovat välittömästi analysoitavissa ilman hidastavia tiedonsiirtoja, tuloksien näkyessä SolidWorks-työpöydällä. Jännitykset, siirtymät, myötörajat, ominaistajuudet sekä lämmön siirtymät nähdään havainnollisina väritulosteina. [2.]

2.3 Cosmos Motion

SolidWorks Motion on liikkuvien mekanismien simulointiohjelma. Ohjelman avulla saadaan selvitettyä kokoonpanoihin vaikuttavien voimien suuruudet ja vaikutussuunnat.

CosmosMotion tulee maailman johtavalta kinematiikka - ja dynamiikkaohjelmistojen toimittajalta. CosmosMotion muuntaa automaattisesti SolidWorks-kokoonpanomallin geometrian ja liitokset kinemaattiseen analyysiin soveltuviksi mekanismeiksi. Automaattisella törmäystarkastelulla ja vahvalla dynamiikan simuloinnilla CosmosMotion ratkaisee liike - ja voimajohteiset suunnitteluongelmat. Komponenteille asetettavissa olevia parametreja ovat mm. massa, kitka, vaimennus, painovoima ja jousivakiot. Laskennan tulokset siirtyvät automaattisesti Exceliin tulosten tarkastelua ja graafista havainnollistamista varten. [2.]

2.4 Aloitus SolidWorks

SolidWorks aukeaa sekä Inventorista että Vertexistä huomattavasti poikkeavaan alkutilaan. Mutta ensivaikutelman jälkeen huomaa, että kaikki tarpeellinen on helposti löydettävissä. Ohjelmassa käytetään hyvin Windows-tyylisiä ratkaisuja valikoiden sommittelussa ja niiden piilottamisessa. Lisäksi ohjelmassa käytetään paljon logo-pohjaisia valikoita, jotka ovat varmasti nopeampia käyttää siinä vaiheessa, kun ohjelmaa on käyttänyt enemmän. Ohjeistus on myös tässä ohjelmassa hyvin kattava ja sieltä löytyy hyvin ohjeita erilaisiin tilanteisiin. Mallinnusohjelmien mallin mukaan myös SolidWorksissä on kattava valikoima erilaisia tutoreita, joiden avulla saa varmasti erilaisia kappaleita mallinnettua. Kaikissa tässä käytetyissä ohjel-

missa on yhteistä se, että ohjeet ja tutoriaalit on tehty hyvin. Ohjeiden avulla pääsee ohjelman käyttöön hyvin alulle, kunhan niitä jaksaa tutkia. [2.]

3 KISKOVAUNUT NOSTURIYMPÄRISTÖSSÄ

Kiskovaunut ovat hyvin kysyttyjä voimalaitoksissa ja konepajoissa ympäri maailmaa. Tavallisesti kiskovaunuja käytetään nostureiden osina. Nostimen kannalta kiskovaunu on hyvin tärkeä osa, koska sen laadusta riippuu nosturin voima. Kuva 1 esittää kiskovaunun käyttöä kokoonpano tehtäessä.



Kuva 1. Kiskovaunun käyttö (www.konecranes.fi) [3.]

On myös muita käyttöalueita - esimerkiksi kattoturvatuotteissa. Katteen lumiesteet ovat lähes huomaamattomat katolla, mutta turvaavat mahdollisen putoavan lumen. Kuvassa 2 nähdään kattoturvajärjestelmä, jossa on käytössä kiskovaunu.



Kuva 2. Kiskovaunu lumiesteenä (<http://www.janla.fi/cms/suomeksi/kattoturvatuotteet>) [4.]

3.1 Siltanosturi

Siltanostureita käytetään yleisesti konepaja-, auto- ja paperiteollisuuden nostotehtävissä.

Kyseisten siltanostureiden nostokyky on enimmillään 80 tonnia. Siltanosturi koostuu karkeasti ottaen kahden kiskon varassa kulkevasta sillasta, siltaan kiinnitetystä ja sitä pitkin liikkuvasta vaunusta sekä vaunuun asennetusta nostolaitteesta. Tällainen nosturi toimii usein tehdashallissa, jolloin sen kiskot on kiinnitetty hallin seiniin, mutta se voi sijaita myös ulkona, jolloin se toimii jonkinlaisen erillisen rakennelman varassa. Siltanosturin tärkeimmät osat ovat päädyt, pääkannattajat, vaunu ja nostomoottori.

Siltanosturien tyypillinen nostokapasiteetti vaihtelee 1000 ja 100 000 kg:n välillä. Suurimmat siltanosturit voivat nostaa jopa 500 000 kg:n verran, mutta tyypillisimpiä tällaiset nostokapasiteetit ovat telakoilla, joissa nosturit ovat siltanosturien sijaan pukkinostureita. Kuvassa 3 nähdään siltanosturi, missä on käytössä kiskovaunu. [5.]



Kuva 3. Siltanosturi (<http://www.nettikone.com/kone/siltanosturi-5000kg-1600kg/1075587>) [6.]

3.2 Torninosturi

Torninostureita käytetään erityisesti rakennustyömailla. Torninosturiksi yleensä kutsutaan nosturityyppiä, jossa kiinteän maston yläpäässä sijaitsevan kääntökehän yläpuolella on vaakasuora puomi, jota pitkin kulkevaan vaunuun ripustetaan nostokoukku.

Torninosturin nostokyky mitataan tonnimetreissä. Tonnimetri tarkoittaa, kuinka monta tonnia nosturi pystyy nostamaan ja kuinka monen metrin päästä torniosasta. Torninosturin nostokyky voi olla esimerkiksi 14 tonnia 20 metrin päähän ja 4 tonnia 60 metrin päähän. Torninosturin moottorin teho voi olla 45 kilowattia. Kuvan 4 mukaiset torninosturit ovat hyödyllisiä, kun taakkoja täytyy nostaa korkealle ja siirtää suhteellisen pitkiä matkoja. [7.]



Kuva 4. Torninosturi (<http://www.skanskarakennuskone.fi/torninosturi-liebherr-185-hc>) [8.]

3.3 Pukkinosturi

Kiskoilla kulkevat pukkinosturit ovat vuosikymmenten suunnittelukokemuksen ja alan osaamisen tulos. Niissä on hyödynnetty sekä uusimpia innovaatioita että miljoonien työtuntien ajan käytössä testattuja teknologioita korkean suorituskyvyn, luotettavuuden, helpon ja tarkan ohjattavuuden, alhaisten käyttökustannusten sekä alhaisen energiankulutuksen saavuttamiseksi. Tämä nostureita erikokoisina ja eri kokoonpanoilla muun muassa nollalautuvuudella tai ulottuvuudella molemmilla puolilla sekä pyörivillä tai ei-pyörivillä vaunuilla, jotka on tarkoitettu kaiken tyyppisten konttien tai perävaunujen nostamiseen. [9.]



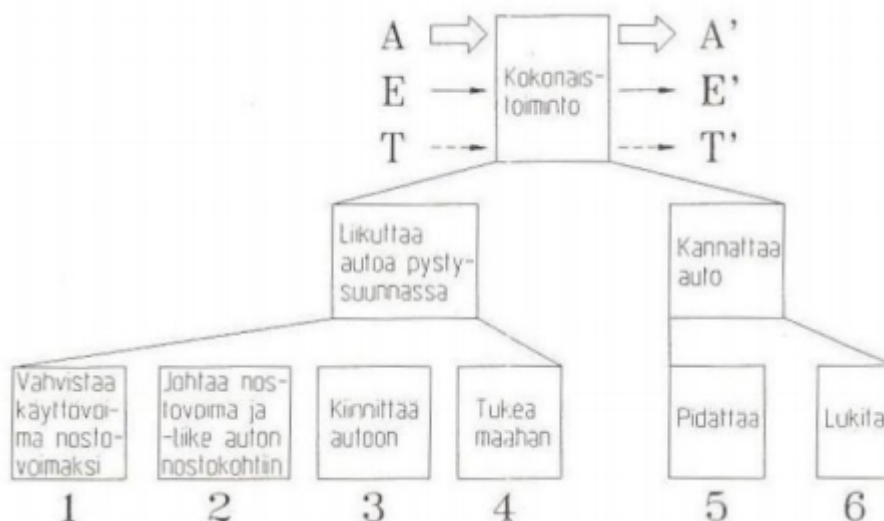
Kuva 5. Pukkinosturi (<http://www2.nord.com/cms/fi/markets/cranes/cranes.jsp>) [10.]

4 KONEENSUUNNITTELU

Aivan työn alussa kokeilin soveltaa työssä luovaa koneensuunnittelun metodia, mutta todennäköisesti epätietoisuus aiheesta kohtaan johti huonoon tulokseen.

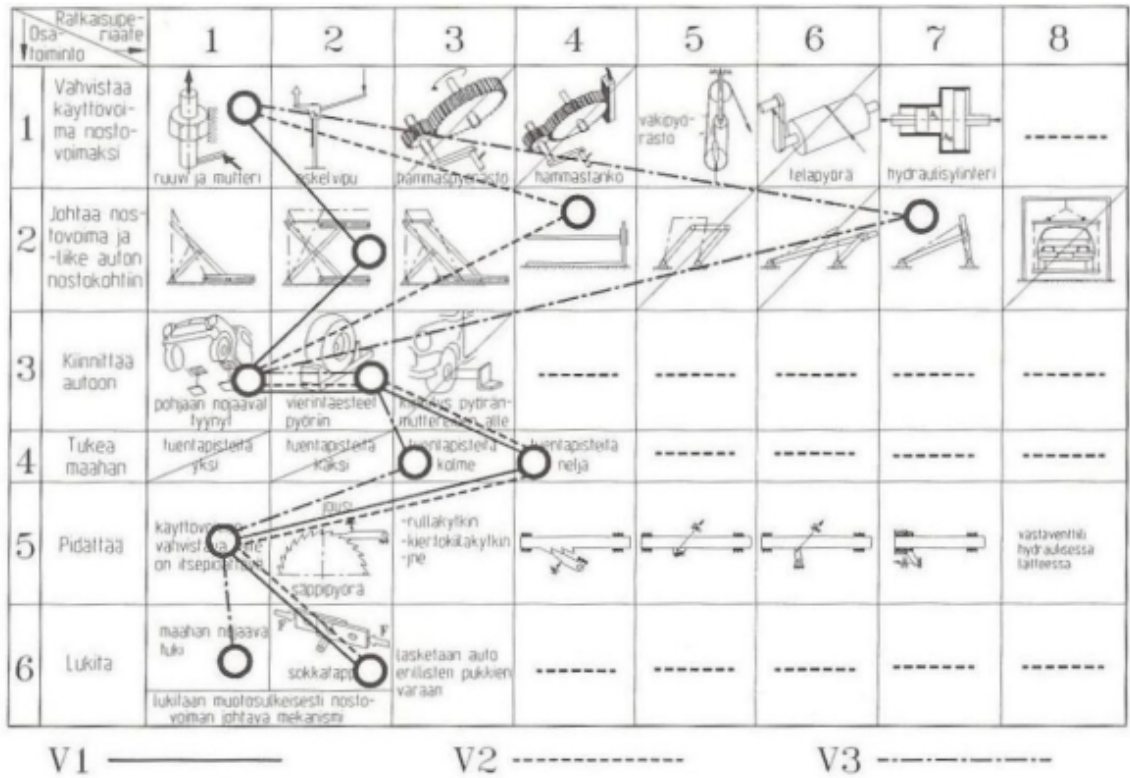
Systemaattisen koneensuunnittelumetodin perusteena on tehdä koneensuunnitteluprosessin työvaiheet tietyssä järjestyksessä, systemaattisesti. Suunnittelu aloitetaan tehtävän annolla eli se saadaan ulkopuoliselta toimeksiantajalta hänen määrittelemällään tavalla. Seuraavaksi suunnittelija muodostaa tehtävästä oman käsityksensä sen mukaan, miten on tehtävänannon itse ymmärtänyt. Absrahointivaiheessa pyritään löytämään tehtävän perimmäinen sisältö eli muodostamaan tehtävästä peruskäsitys pelkistämällä. Ideointivaiheessa muodostetaan erilaisia ratkaisuideoita, jonka jälkeen ratkaisua muodostettaessa pyritään valitsemaan kriittisesti paras idea ja täydentämään sitä. Toteutusvaiheessa mitoitetaan valittu idea, suunnitellaan se yksityiskohtaisesti ja laaditaan valmistusohjeet. [11.]

Systemaattisen suunnittelumetodin perusajatus on, että ongelma tai kehitettävä tuote on ylimmällä tasolla. Sitä nimitetään yleisesti kokonaistoiminnoksi. Tämän jälkeen kokonaistoiminto jaetaan osatoiminnoiksi. Jokaiselle osatoiminnolle ideoidaan mahdollisimman monia eri osaratkaisuja erikseen ja toisistaan riippumatta. Riippumatta kuvassa 6. [11.]



Kuva 6. Kokonaistoiminnon jako osatoimintoihin. [12.]

Kun kaikki osatoiminnot on käsitelty ja niille on määritelty ratkaisuvaihtoehdot, systemaattisen metodin mukaan saadut tulokset yhdistetään jäsentelykaavioksi. [12.]



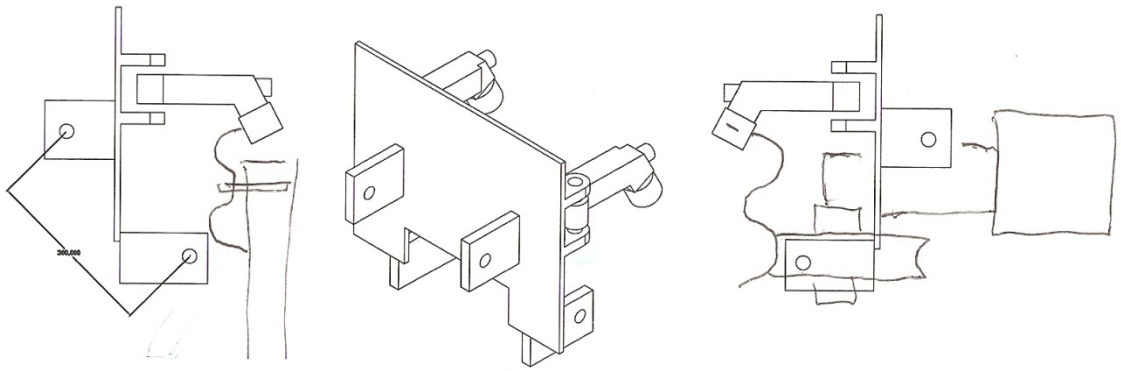
Kuva 7. Kolmen parhaan yhdistelmän sijainti jäsentelykaaviossa. [12.]

Kuten yllä olevasta kuvasta 7 huomataan, on jokaisesta rivistä otettu yksi ja yhdistelty osaratkaisuja. Yleensä osaratkaisuisista kootaan viidestä kuuteen yhdistelmää ja valitaan oman arviokyyyn mukaan kolme tai neljä parasta jatko kehittämistä varten. [12.]

5 SUUNNITTELUN LÄHTÖTIEDOT

5.1 Suunnittelun lähtökohdat

Aloittaessani suunnittelua pyrin kokoamaan mahdollisimman paljon tietoa suunniteltavasta laitteesta, sen käyttämästä mallista ja laitteen käyttöympäristöstä. Kokosin toimeksiantajalta saadut vaatimukset tuotteesta ja niiden pohjalta suunnittelin pari eri vaihtoehtoa. Kuvassa 8 on työn tilaajan tekemä suunnittelun lähtöpiirustus.



Kuva 8. Työn tilaajan antama kiskovaunun suunnittelun lähtöpiirustus.

5.2 Vaatimuslista

Systemaattisen suunnittelumetodin työvälineenä käytetään usein vaatimuslistaa, mutta sen laatiminen on yleinen perusta kaikenlaiselle koneenrakennukselle. Vaatimuslistaan sisältyvät tuotteen tilaajan tai yrityksen sisäiset vaatimukset ja toiveet, jotka kohdistuvat suunniteltavaan tuotteeseen. Vaatimuslista toimii perustana myöhemmin tehtävälle päätöksenteolle ja arvioinnille. [12.]

Taulukossa 1 on esitetty kiskovaunun vaatimuslista.

Taulukko 1. Kiskovaunun vaatimuslista

Vaatimukset ja toiveet kiskovaunun suunnitteluun
<p>1. Tehtävänä oli suunnitella korkealle sijoitetulla kiskolla toimivan laitteen kiskovaunu. Tuo kiskovaunu kulkee 2 metrin korkeudella olevalla kiskoilla sähkömoottorin avulla.</p>
<p>2. Kiskona on kevyenliikenteen turvakaide (suomalainen, Rautaruukki Oy). Kiskon pituus on noin 500 metriä, mutta se kaartee 45 ja 90 asteen mutkilla. Kaarteen vakiosäteet ovat valmistajan antamat. Kaarteita on sekä sisäkaarre että ulkokaarre. Kisko kiinnitetään maastot on teräspylväisiin.</p>
<p>3. Kaikkiaan liikkuva massa on noin 450 – 500 kg. Liikuteltava massa (muu kuin kiskovaunun massa) roikkuu kelkasta alaspäin toisella puolella kiskoja. Kiinnityselementteinä on 300 mm toisistaan 45 asteen kulmassa olevat tapit. Silloin saadaan laitteelle vinosuunnikas säätämään korkeutta.</p>
<p>4. Laitteen liikenopeus kiskolla on 8.33 m/s (30 km/h). Moottorin laskennassa vetopyörän halkaisija on 200 mm. Sähkömoottori on 110 V tasavirtamoottori.</p>
<p>5. Laitteella on suuri liikenopeus. Sen vuoksi vetorullat/tukirullat, jotka ovat 400 mm päässä toisistaan, pitää saada käännettyä kaarteen säteen suuntaiseksi, että vaunu pysyisi kiskolla. Tämä käänntö voidaan tehdä sähkömoottorilla ja kuulamutteriruuvilla.</p>

5.3 Sovellettava liikekisko

Kiskona on kevyenliikenteen turvakaide. Valitaan Ruukki Oy:n tuoteluettelosta tyypiltään W230/4 oleva kisko. Kaide W230/4 on yleisin kaidetyyppi Suomessa. Kohdissa, joissa halutaan erityisesti suojata väylän varrella olevia rakenteita, kuten siltapilareita ja portteja, voidaan käyttää kaidetyyppiä W230/5 kahden metrin pylväsvälillä. Kuvassa 9 on esitetty turvakaide W230/4 ja taulukossa 2 erilaisia tiekaiteita mittoineen. [13.]



Kuva 9. Kaide W230/4. www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Infrastruktuuriratkaisut/Suojakaiteet/Tiekaiteet#W230 [13.]

Taulukko 2. Tiekaiteiden johteiden mitat ja poikkileikkaussuureet

Tyyppi	Teräslaji	h (mm)	b (mm)	t (mm)	M (kg/m)	A (mm ² x10 ²)	I _x (mm ⁴ x10 ⁴)	W _x (mm ³ x10 ³)
W150/3	S235J2	150	38	3	5,6	6,7	10,0	5,1
W230/4	S235J2	230	65	4	11,8	14,6	64,0	19,9
W230/5	S235J2	230	65	5	14,7	18,2	80,1	24,6
W306/3	S235J2	306	80	3	11,4	14,2	101,9	24,5

www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Infrastruktuuriratkaisut/Suojakaiteet/Tiekaiteet#W230
[13.]

A = teräspoikkileikkauksen pinta-ala

I_x = jäyhyysmomentti vaakasuunnassa

M = metripaino sinkittynä

W_x = taivutusvastus vaakasuunnassa

Tiekaiteet

Ruukin tiekaiteet soveltuvat hyvin erilaisiin käyttökohteisiin. Törmäystestatut tiekaiteet täyttävät standardin EN 1317-2 vaatimukset ja ne ovat osoittaneet kestäväytensä vaativissa ympäristöolosuhteissa. Pitkien johdepituuksien ja pulttiliitosten ansiosta asentaminen on nopeaa ja helppoa.

Käyttökohteita:

- maantiet
- kevyen liikenteen väylät
- pysäköintialueet ja monikerroksiset parkkitalot
- satamat

- teollisuushallit ja-varaatot

Kestävyys

Suojakaiteet, tarvikkeet ja kiinnikkeet toimitetaan kuumasinkittyinä. Ruukin suojakaiteiden sinkkikerroksen paksuus ylittää standardin EN ISO 1461 vaatimukset ja täyttää Liikenneviraston tyyppiäkirjastusten vaatimukset. Ruukin suojakaiteet ovat osoittaneet kestäväyytensä vuosikymmenien ajan tiesuolaukselle alttiiden liikenneväylien varrella.

Ruukin tiekaiteet W230/4, W230/5 ja C 33.5/150/280/150/33.5 x 4 täyttävät Liikenneviraston vaativimman luokan 4 auraskestävyydelle asettamat vaatimukset. [13.]

5.4 Kaidekaarteet

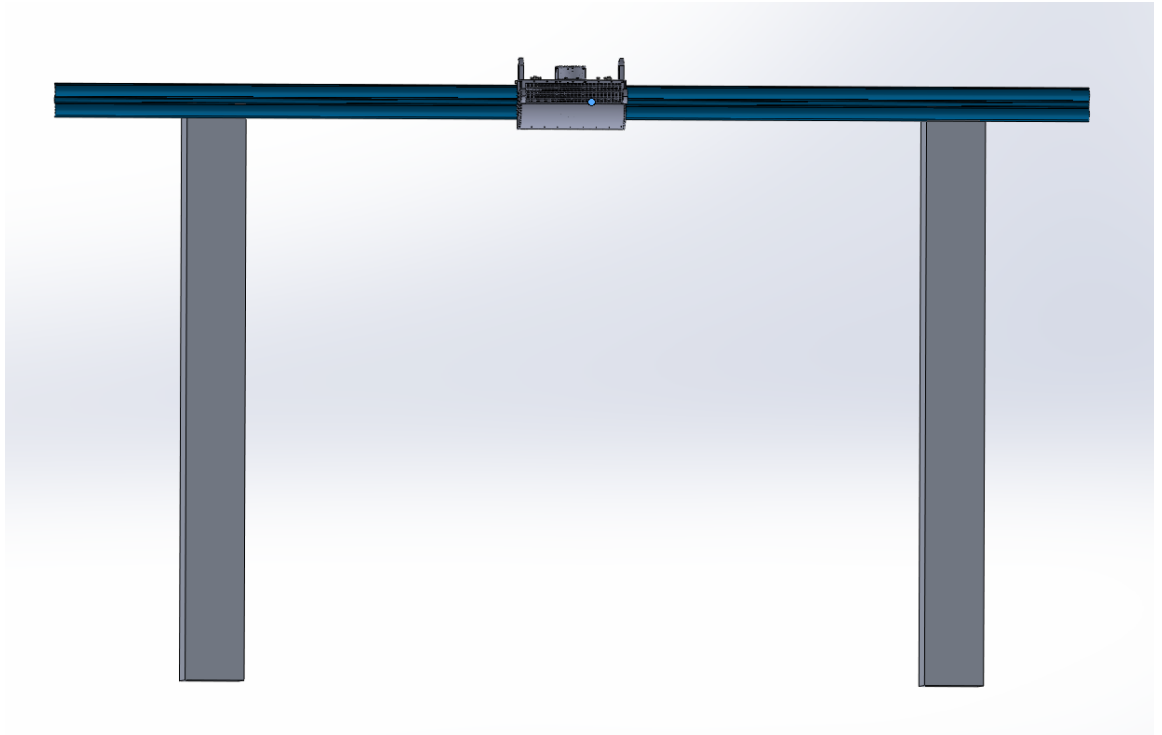
Kaidekaarteita voidaan toimittaa taivutettuina. Pienin mahdollinen taivutussäde kaarreosille on 350 mm. Pitempien kaideprofiilien taivutussäteet sovitaan tilauskohtaisesti. Lisäksi johdteeseen W230/4 on valittavissa 45 ja 90 asteen kaarreosa. Kuvassa 10 on esitetty 45 asteen kaarre. [13.]



Kuva 10. Kaarre W230-45IC

5.5 Kiskon asennus

Kisko on kiinnitetty 2 metrin korkeudelle teräspylväiden varaan. Tämä ratkaisu on sen takia, että liikkeen aikana tukipyörät eivät pääsisi kosketukseen pylväiden kanssa. Kuvassa 8 näkyy, millä tavalla kisko pitää asentaa.



Kuva 11. Kiskon asennus.

5.6 Laskenta ja mitoitus tiedot

Kiskovaunun suunnittelussa käytettiin seuraavia mitoitus tietoja:

- liikuttettava massa 500 kg
- maksimi liikenopeus kiskolla 8 m/s
- tarvittava liiketeho 280 W

Laskenta tehtiin Excel-ohjelman avulla. Alla olevasta taulukosta 3 näkyvät myös muut laskenta arvot.

Taulukko 3. Kiskovaunun liikuntatehon laskenta

Liikuteltava massa	massa			
Laite	250 kg			
Nostolaitteet	100 kg			
Kiskokelkka	100 kg			
Vaijeri tai kaapeli	kg			
Muut massat	50 kg			
Yhteensä	500 kg			
Liikenopeus kiskolla, maks	30 km/h			P=U*I
	8,33 m/s			
Liikenopeus kiskolla, min	0 m/s			
Kiihdytys 0 - 8.33 m/s	15 s			
Kiihtyvyyys tuolla matkalla				
$a=(v-v_0)/t$	0,56 m/s ²	Kiihdytysmatka	$s=(v_1-v_0)/t$	0,555333
			$s=v_0+at/2$:	62,5
Voima		1 N	1 kg*m/s ²	U=R*I
$F=m*a$	277,7778 N			
	0,277778 kN			
Työ, jolla siirretään vaunua 15 m				
$W=F*s$	4166,667 Nm	Joule		
	4,166667 kNm	kJ		
Liike-energia				
$E=mv^2/2$	17361,11 kg*(m/s)	Joule		
	17,36111 kJ			
Tarvittava liiketeho				
Jatkuva liike				
$P=W/t$	277,7778 Nm/s	Watti		
	0,277778 kW			
Kiihdytyksessä				
$P=W/t$	1157,407 Nm/s	Watti		
	1,157407 kW			
$P=F*v$	2314,815 Nm/s			
	2,314815 kW			

6 LIIKEVAUNUN PÄÄOSAT JA NIIDEN VALINNAT

6.1 Ajojärjestelmä

Kiskovaunun suunnittelussa oli käytetty standardiosia, joiden ansiosta vaunu saadaan liikkeelle. Sähkömoottorilta lähtevä pyörimisliike saa vaunun liikkeelle. Pyörimisliike saadaan sähkömoottorilta. Akselin päässä on hammashihnapyörä, josta liike välittyy hammashihnan avulla vetopyörän akselille. Vetopyörän akselilla on hihnapyörä, joka välittää pyörimisliikkeen varsinaiselle pyörälle. Näin vaunu alkaa liikkua.

6.1.1 Vetopyörä

Vetopyörä muuttaa pyörimisliikkeensä lineaariseksi liikkeeksi. Pyörimisliike tulee sähkömoottorilta kahden hinnan välityksellä. Vaihteistolta tuleva pyörimisliike välittyy pyörille. Pyörien ja kiskon välinen kitka mahdollistaa vaunun liikkumista. Vetopyörän halkaisija on 200 mm.

6.1.2 Hammashihnavälitys

Hammashihnaksi valittiin malli Power Grip GT 3MR- 255. Jako on 3 mm, jakopituus on 255 mm ja 85 hammaslukuja.

Hammashihnan edut:

- pyörimisnopeudet 10.000 1/min ja tehonsiirto 150 kW asti
- kompakti hammashihnakäyttö
- vähäinen laakerikuormitus – pieni hinnan esijännitys
- hyvä hammaspito
- lajaa tehonsiirtokyky- ja käyttönopeutusalue
- pitkä ja huoltovapaa kestoikä

Hammashihnan rakenne:

- trapetsin muotoinen hammasprofiili
- tarkasti sijoitetut, polykloropreenista valmistetut hampaat takaavat hyvän pidon hammashihnapyörän
- lasikuituvahvisteiset vetolangat lisäävät hihnan lujuutta, taivutuskestävyyttä ja kestoikä
- luja selusta suojaa hihnaa likaantumiselta, öljyltä ja kosteudelta sekä kitkan aiheuttamalta kulumiselta, kun voimansiirto tapahtuu hihnan selällä
- pienikitkainen nailonpinnoite suojaa hampaan pintoja kulumiselta. [14.]

6.1.3 Vaihdevälitys

Hammasvaihte on kokonaisuus, jota käytetään voimansiirrossa, kun halutaan muuttaa käyttölaitteen pyörimisnopeutta, momenttia tai pyörimissuuntaa. Vaihdetta pyörittää sähkömoottori, joka voidaan kiinnittää moottoriin käyttötarkoituksen mukaisesti hihnavälityksellä, kytkimellä tai asentamalla suoraan vaihteeseen. [15.]

Kierukkavaihte muodostuu kierukasta ja kierukkapyörästä. Kierukkavaihteen avulla saadaan yhdellä portaalla aikaan melko suuriakin välityssuhteita. Välityssuhteen kasvaminen pienentää ensiöakselin halkaisijaa, joka näkyy myös kierukkavaihteiden tehonsiirtokyvyssä. Vaikutus ei ole kuitenkaan niin paljon kuin muilla vaihdetyypeillä, koska kierukka on aina parempaa materiaalia (hiilletyskarkaistua terästä) kuin kierukkapyörä, jonka hammaskehä on esim. tinapronssia. [16.]

Kierukkavaihteet vaimentavat värähtelyä muita hammasvaihteita enemmän. Tasaisella kuormituksella kierukkavaihte pystyy kilpailemaan hammasvaihteen kanssa vain pienillä tehoilla ja suurilla välityssuhteilla. Nykyisillä kierukkavaihteilla hyötysuhde on noin 90 % riippuen välityssuhteesta. [16.]

Vaihteiden pääasiallinen tehtävä on käytettävän koneen (esim. sähkömoottori) pyörimisnopeuden muuttaminen käytetylle koneelle sopivaksi. Kulmavaihteen tärkein tehtävä on saada akselit risteävään asemaan toisiinsa nähden. Akselien välinen kulma on lähes poikkeuksetta 90 astetta. Välitykset ovat yleensä 1:1 tai 2:1 ja maksimissaan 5:1. Kulmavaihteita voidaan useimmiten käyttää kummaltakin akselilta ja täten myös nostamaan pyörimisnopeutta. [17.]

6.1.4 Sähkömoottori

Sähkömoottori on sähköllä toimiva moottori, jonka avulla sähköenergiaa muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Sähkömoottorissa luodaan kelalle käärittyjen johtimien eli käämien väliseen magnetoituvaan metalliin sähköä avulla magneettikenttä, jonka napaisuutta sopivalla taajuudella vaihtelemalla moottori saadaan pyörimään. [18.]

Sähkömoottorin toiminta perustuu siihen, että magneettisuus saadaan kytkettyä päälle ja pois. Sähköinen magneetti saadaan aikaan sähköjohtimen avulla, joka magnetisoituu, kun johtimessa kulkee virta. Heikkoa magneettisuutta voidaan vahvistaa kiertämällä johdinta useita kierroksia rullalle. Kun näin muodostuneen kelan sisällä on magnetisoituva sydän, myös sydän magnetisoituu. [18.]

Sähkömoottorin valinta

Valitaan Bevi Oy:n tuoteluettelosta tyybiltään ISSh 90S-2 perustelut oleva moottori. Moottori on 2-napainen 110 V DC, joka on laippakiinnitteinen. [19.]

Moottorin tekniset tiedot ovat:

Teho	1,5 kW
pyörimisnopeus	2835 r/min
nimellisvirta	3,2 A
hyötysuhde %	81,1 %
tehokerroin $\cos \Phi$	0,83
käynnistysvirtakerroin I_a/I_n	6,2
käynnistysmomenttikerroin M_a/M_n	3
momenttikerroin M_{max}/M_n	3
paino	14 kg

6.1.5 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja on laite, joka muuttaa vaihtovirtajännitteen taajuutta pääasiallisesti oikosulkumoottoreiden pyörimisnopeuden säätämiseksi. Normaalikäytössä säätöalue on 0-50 hert-

siä, mutta erikoistapauksissa taajuutta voidaan korottaa jopa 7000 hertsiin asti. Moottoria käynnistettäessä jännitettä ja virtaa säätämällä saadaan riittävä käynnistysmomentti moottorin kestävyyttä vaarantamatta. [20.]

Työssä käytetään taajuusmuuttajaa Omron JX. Sisäänrakennetun RFI- suodattimen ja sisäisen tiedonsiirron ansiosta JX on pienikokoinen. RS485 Modbus on asennettu taajuusmuuttajan etuosassa olevaan RJ45-porttiin, joten taajuusmuuttajien lisääminen väylään on erittäin helppoa, eikä lisäkortteja tarvita. Näin säästetään aikaa ja rahaa. [20.]

Taajuusmuuttaja kytketään vaunun sähkömoottorikäyttöihin riviliittimien kautta. Taajuusmuuttajalle tuodaan kolmivaiheinen (0,4kW -7,5 kW) sähkösyöttö ja digitaaliset ohjauskomennot. Taajuusmuuttajalta lähtee kolmivaiheinen sähkösyöttömoottorille. [20.]

6.2 Kaarrejaon laitteet

Koska kiskossa on maastoon asentamisen jälkeen kaarteita ja nousuja sekä laskuja, pitää kiskovaunussa olla kaarrejaon varten erityiset kaarrejaonlaitteet. Vaunu ei varsinaisesti voi kääntyä, vaunu liikkuu aina kiskoa pitkin. Kiskovaunu voi liikkua vain kiskoa pitkin, kiskon radan muoto on valmiiksi asetettu tarpellista toimintoja varten. Ellei näitä laitteita ole niin suunniteltu putoaa kiskolta kaarteiden kohdalla.

6.2.1 Tukipyörät

Kiskovaunussa on myös tukipyörät, niiden ansiosta vaunu pysyy tasapainossa. Tukipyörät pyörivät vapaasti omilla akseleilla. Ne ovat passiivisia liikkumisen suhteen. Kitkan vähentämiseksi, jolla on negatiivinen vaikutus vaunun liikkumiseen, on käytetty laakereita. Laakereiden ansiosta liike on tasaisempaa, energiatehokkaampaa sekä parantaa kulutusosien kestävyttä.

6.2.2 Kääntöjärjestelmä

Pyörän ja kiskon välilyönti antaa vaunulle mahdollisuuden liikkua mutkissa. Kääntöjärjestelmä takaa myös vakaan asennon suoraviivaisilla kiskon osuuksilla. Vetopyörän pinnan profiili antaa pidon, sekä vetopyörien asettelu ja konfigurointi antavat vakaan asennon vaunulle. Tällä ratkaisulla on hyviä ja huonoja puolia. Plussana on se, ettei tarvita lisälaitteita liikkeen koordinoimiseksi. Vaunun aseman sijainti voidaan toteuttaa millimetrin tarkkuudella. Tätä on mahdollista käyttää teknologisissa kohteissa, missä liikeradat ovat samat. Miinuksena on se, että vaunu ei voi liikkua kuin tiettyä kiskoä pitkin, ennalta määrättömät suunnat ovat mahdollisia.

6.2.3 Kuulamutteriruuvi

Tavallisesti numeerisesti ohjatuissa koneissa käytetään kuulamutteriruuvia moottorin pyörivän liikkeen muuttamiseksi luistien suoraviivaiseksi liikkeeksi. Kuulamutterin avulla ruuvien ja mutterin välinen liukukitka muutetaan vierintäkitkäksi. Rakenteissa säätäminen suoritetaan kiertämällä ruuvimutterin kahta puolta vastakkain ja lukitsemalla kokonaisuudeksi. Ruuvilla on hyvä nousutarkkuus koko liikematkalla. Lisäksi kuulamutteriruuvit ovat pitkäikäisiä.

Muita mahdollisia pyörivän liikkeen suoraviivaiseksi muuntavia laitteita ovat hammaspyörän ja hammastangon yhdistelmät sekä hydrostaattinen kierukka.

Käytetään kuulamutteriruuvia, koska vaunulla on suuri liikenopeus. Sen vuoksi vetorullat, jotka ovat 400 mm päässä toisistaan, pitää saada käännettyä nopeasti kaarteeseen säteen suuntaiseksi, että vaunu pysyisi kiskolla. Tämä kääntö voidaan tehdä sähkömoottorilla ja kuulamutteriruuvilla. [21.]

6.2.4 Seurantajärjestelmä

Seurantajärjestelmä tutkii koko ajan tuntopään etäisyyttä kiskossa. Kun kisko kaartuu, etäännyttyä tai lähenee kisko tuntopäätä. Nyt seurantajärjestelmä voi antaa käskyn kuulamutteriruuvia käyttävälle moottorille säätää kaarrejaolaitetta. Vaunuun on laitettu seurantajärjestelmä, mut-

ta se voidaan myös kiinnittää vaunun runkoon. Seurantajärjestelmä voi olla mekaaninen tai elektroninen. Vaunun rakenteen ansiosta runkoon voi kiinnittää tarpeellisen seurantajärjestelmän.

6.3 Runkorakenteet

Runko koostuu kahdesta hitsatusta levyistä, jotka ovat keskenään 90 asteen kulmassa. Yksi levy jakaa toista levyä kahteen osaan. Yhdessä osassa ovat moottori sekä tuet, jotka kantavat väliseinän. Toisessa osassa on veto- ja tukipyörät. Hihnat on suojattu omalla suojalla. Hihnapyörät on kiinnitetty tappien avulla. Vetopyörä on asennettu erikoisosaan tukeakseen vetoakselia ja välittääkseen pyörimisliikettä toiselle pyörälle. Tukipyörät ovat laakeroituja.

6.4 Turvaa- ja suojausrakenteet

Turvallisuussyistä liikkuvat osat suojataan yleensä kosketukselta. Pyörivät pyörät ja kisko voivat muodostaa kidan, joka on turvallisuusriski. Suojalaitteita tarvitaan lisäksi eläimiä, sadetta, lunta, pölyä ja tässä tapauksessa myös metsästä irtoavien oksien yms. vuoksi.

7 KOKOONPANO

Suunniteltavana ollut kiskovaunu kulkee 2 metrin korkeudella olevilla kiskoilla sähkömoottorin avulla. Kisko on kiinnitetty siten kaksi metriä korkeisiin teräspylväisiin. Kiskona on kevyenliikenteen väylän turvakaide. Kokonaisuudessaan kiskon pituus on noin 500 metriä. Maastossa kisko kaartele 45 ja 90 asteen kaarroksilla sekä noudattaa maaston nousuja ja laskuja. Kaikkiaan liikkuva massa on noin 450–500 kg. Liikuteltava massa (muu kuin kiskovaunun massa) roikkuu vaunusta alaspäin toisella puolella kiskoa. Kiskovaunussa on neljä kiinnityskohtaa, joihin voidaan laittaa kiinni varsinainen laite, karhukoirian koulutusrobotti. Kiinnityselementteinä on 300 mm toisistaan sekä pystytasossa 45 asteen kulmassa olevat tapit tai oikeammin kiinnitykseen käytettävien tappien reiät. Toinen pari sijaitsee 400 mm:n päässä symmetrisesti vaunun pystyssä olevan symmetriatason suhteen. Laitteen liikenopeus kiskolla on 8.33 m/s (30 km/h).

Kun kaikki tarpeelliset osat oli valmiiksi mallinnettu ja mitoitettu, aloitettiin osien kokoonpano. Kokoonpanossa osat tuodaan yksitellen kokoonpanosovellukseen ja jokaiselle osalle määritetään oma paikka ja asento jonkin toisen osan suhteen. Kokoonpanovaihe on tärkeä, koska siinä nähdään helposti, jos jokin osista on väärän mallinen tai väärin mitoitettu. Ensimmäisenä kokoonpanosovellukseen tuotiin vaunun runko ja sen jälkeen runkoon lisättiin yksitellen kaikki aikaisemmin mallinnetut osat. Seuraavana vaiheena runkoon lisättiin kaikki kaarreajon mekanismin osat.

Kokoonpanoissa rajoite (Mate) määrää uuden osan aseman määritettyjen kappaleiden kesken. Tietokoneella tehtävässä kokoonpanossa osia voi liikuttaa. Rajoitteiden ansiosta liikuteltavat osat pääsevät liikkumaan sallittujen rajojen puitteissa.

Kokoonpanoa tehdessä on pääasiassa käytettävissä seuraavanlaisia rajoitteita:

1. Coincident - pakottaa kaksi pistettä olemaan samassa paikassa tai samalla suoralla tai kaksi pintaa olemaan vastakkain tai samansuuntaisia.
2. Parallel – pakottaa kaksi särmää tai pintaa olemaan yhdensuuntaisia.
3. Perpendicular – määrää kaksi elementtiä olemaan keskenään 90 asteen kulmassa.
4. Tangent – määrää kaksi ympyrä, lieriötä tai vastaavasti yhden ympyrän, lieriön ja suoran tai tason olemaan tangentissa keskenään.
5. Concetric – pakottaa ympyröiden, kaarien tai lieriöiden keskipisteet tai keskiakselit samal-

le akselille.

6. Lock – määrää elementit olemaan erillään toisistaan määrätyn etäisyyden päässä.

Kiskovaunun runko koostuu kahdesta yhteen hitsatusta levystä, jotka ovat keskenään 90 asteen kulmassa. Pystylevy tuetaan vaakalevyyn erillisillä pienemmillä tukilevyillä. Tämä rakenne takaa rungolle tarvittavan jäykkyyden ottaa vastaan itse laitteen painon tai myös kiskolle ripustamisesta tulevia voimia. Vaakasuoraan levyyn on kiinnitetty ja laakeroitu liikkeen aikaan saava vetopyörä sekä hammashihnavälityksen hihnapyörät. Erityismuotoillun vetopyörän tulee osua kiskon kuperaan muotoon. Vastaavasti pystyssä olevaan levyyn on kiinnitetty vaunun ajomoottori sekä sähkökomponentit. Samoin pystylevyyn on kiinnitetty nuo edellä mainitut varsinaisen laitteen kiinnityskorvakkeet. Sähkökomponentteihin kuuluvat: sähkömoottori, taajuusmuuntaja ja akku. Hihnapyörät ovat samankokoiset eli välityssuhde on 1. Moottori on asennettu pystyasentoon, akseli alaspäin. Akseli menee pohjalevystä läpi ja tämän akselin päähän on asennettu hammashihnapyörä. Vaakalevyn kiskon puoleisessa osassa on varsinaisen vetopyörä levyn päällä ja hammashihnapyörä levyn alla. Hammashihnakäyttö on muita vaihtoehtoja hiljaisempi ja sen huolto on paljon huolettomampaa. Vetopyörän akseli on asennettu erikoisosaan, joka tukee vetoakselia ja välittää pyörimisliikettä levyn toiselle pyörälle.

Vaunun yläosassa on kaksi tukipyörää käännettävien varsien varassa. Tukipyörät tulevat kiskon reunaan. Niissä on urat, joihin kiskon reuna pääsee tarkasti sijoittumaan. Tukipyörät pyörivät vapaasti omilla akseleilla. Ne ovat passiivisia liikkumisen suhteen. Näitä tukipyöriä voidaan kiskon seurantajärjestelmän avulla kääntää kiskon kaaren säteen suuntaiseksi. Näin varmistetaan vaunun pysyminen kiskolla suurillakin ajonopeuksilla.

Tukipyörien kääntämiseksi tarvitaan sähkömoottori, kuulamutteriruuvi ja kääntövarret. Sähkömoottori sijoitetaan pystylevyn takapuolelle, ajomoottorin päälle. Kuulamutteri menee pystylevyn läpi. Vastaavasti kääntövarret ovat laakeroituneet pystylevyyn kiskon puolelle. Kääntövarsilla on yhteinen kuulamutteri asennettuna erityiseen kuulamutterin pesään.

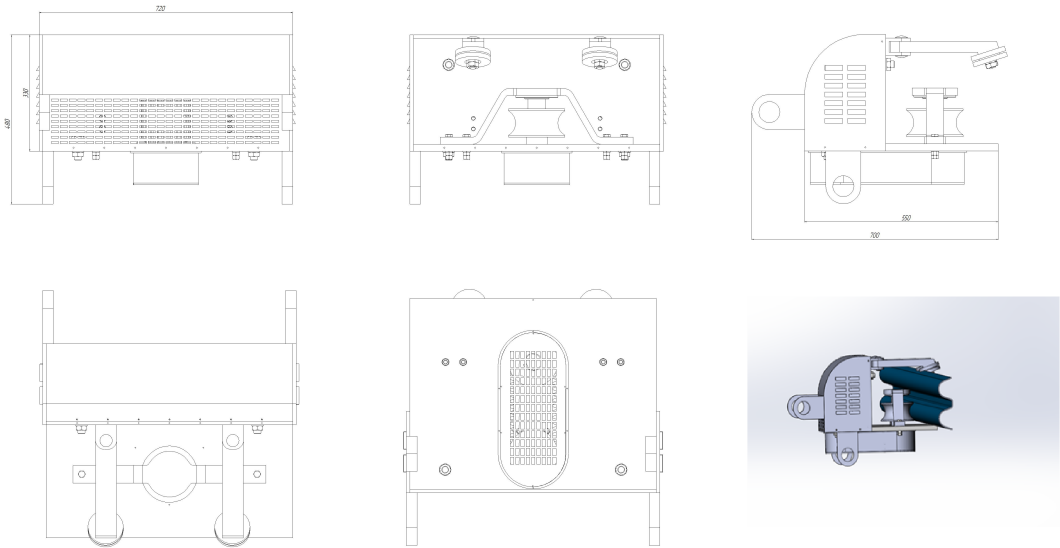
Suojarakenteilla pyritään suojaamaan kiskovaunun osia sekä huoltoa suorittavia henkilöitä. Voimansiirrolla on oma suoja, se on kiinnitetty kuudella pultilla. Kannessa on riittävästi reikiä, jotta kitkasta syntyvä lämpö pääsee pois. Moottoritila on myös suojattu suojalevyillä. Levyissä on myös riittävästi reikiä, jotta lämpö pääsee pois rakenteesta, kun moottori on päällä. Suojat ovat myös sähköiskujen varalta.

Kokoonpanoa tehtäessä voidaan tarkastella, että kaikille osille on tarvittava asennus- ja liikumistila. Samoin kokoonpanossa voidaan varmistaa, että vetopyörä sijoittuu varmasti oikealle kohdalle kiskon kuperaa muotoa vastaan. Ellei näin käy, on mahdollista muuttaa kokoonpanoon liitettyjen osien mittoja tai kokoonpanon osien rajoitusmäärittämiä. Kokoonpanossa on mahdollista myös määrittellä kiinnitysreikiä sen jälkeen, kun osat ovat sijoitetut paikoilleen. Tällaiset reiät määrittyvät kokoonpanon talletuksen jälkeen kaikkiin niihin osiin, joita sen on määriteltävä koskevan.

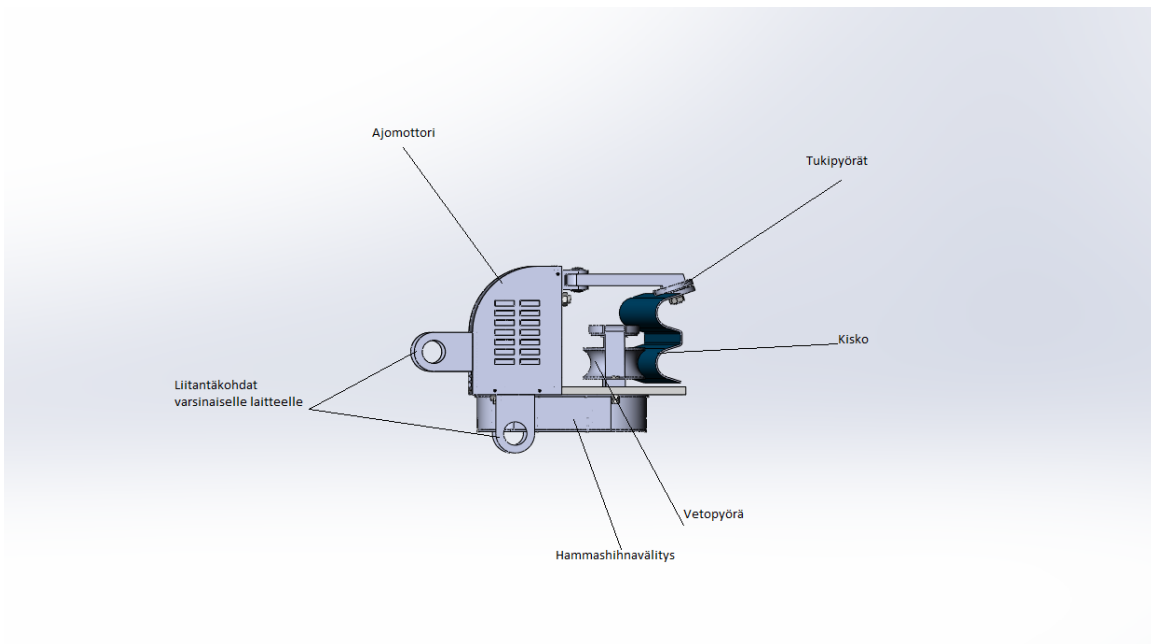
Kiskovaunu on suunniteltu siten, että se voidaan asentaa ja ottaa vastaavasti huoltoon kääntämällä laitetta kiskon yläpuolella olevien tukirullien varassa. Tällöin vetopyörä ja koko vaunu etäännyttävät kiskosta. Kun vaunua työnnetään siten, että tukipyörät nousevat irti kiskosta, on laite siirrettävissä nosturin avulla irti kiskolta. Kiskovaunun nosto tai muutenkin sen liikutaminen ilman jonkinlaista nosturia on melkein mahdoton tehtävä, sillä vaunu ja itse laite painavat noin seitsemän keskikokoisen miehen verran. Kiskovaunun nostossa kiskolle tarvitaan siis nosturi.

Jos tarkastellaan kokoonpanoa siten, että kiskovaunu on kiskon vasemmalla puolella, niin kiskovaunun oikea puoli on hieman korkeammalla kuin vaunun vasen puoli, jotta ylätukipyörät menisivät paikoilleen. Ensin laitetaan ylätukien pyörät kiskon päälle niin, että kiskon reuna menee tukipyörän uraan. Yläosassa on kaksi tukipyörää. Sen jälkeen kiskovaunu lasketaan alas ja vetopyörän pitää mennä kiskon päälle. Ennen kiskovaunun lopullista laskemista alas pitää varmistaa, että tukipyörät ja vetopyörä ovat kunnolla paikoillaan eikä kiskon päällä ole isompia roskia tai muuta tönkyä.

Suunnitellun kiskovaunun ääri- ja rajoitusmitat sen ollessa kiskon päällä ovat: leveys 728 mm, korkeus 480 mm ja syvyys 726 mm.



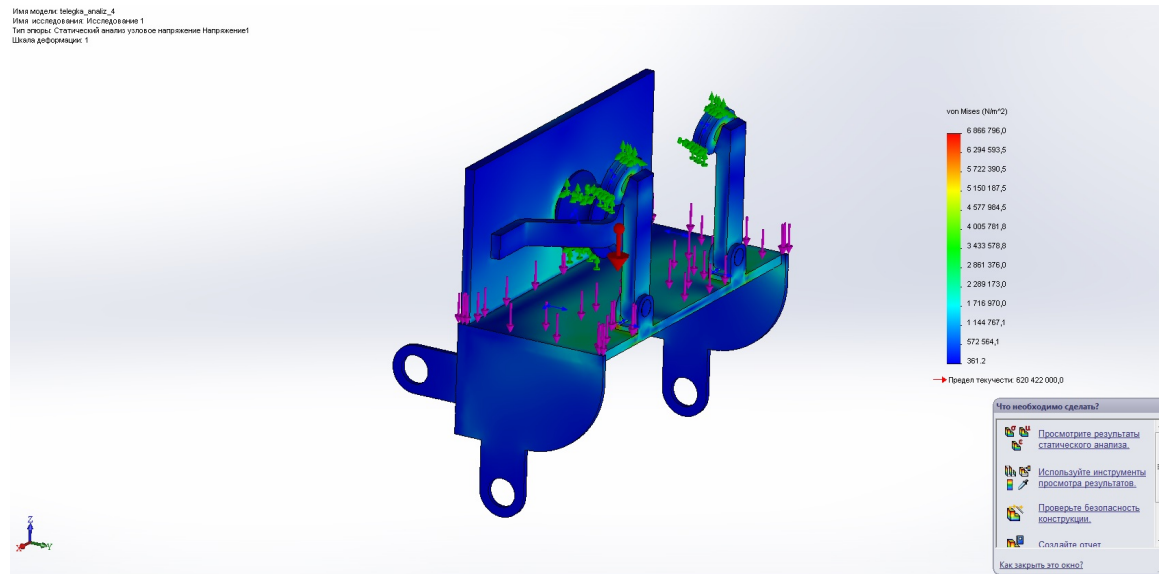
Kuva 12. Kiskovaunun päämitat ja kolmeulotteinen kuva.



Kuva 13. Kokoonpano

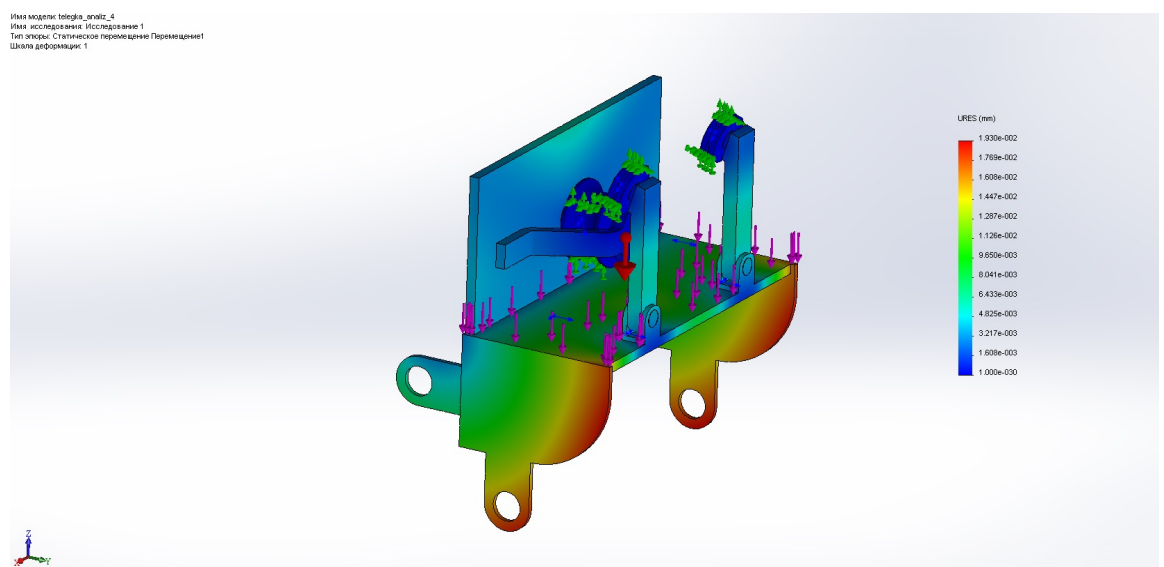
8 LUJUUSTARKASTELO

Lujuuslaskennat suoritettiin SolidWorks Simulation-ohjelmalla. Tarkasteltavaksi kohteeksi valittiin vaunun runko. Laskennassa käytettiin 5000 N voimaa, joka roikkuu noin 1m:n varran päässä.

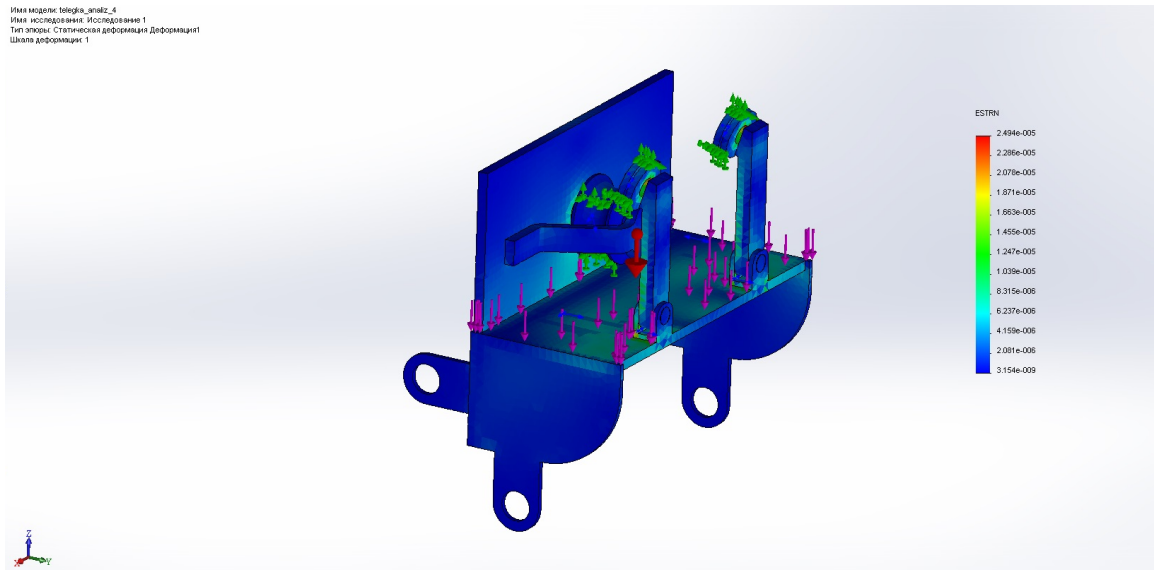


Kuva 13. Vaunun rungon jännitykset (muodonmuutos kertoimella 620,1)

Jännitys on 6866796 N/mm ja lujuusraja on 620642000 N/mm.



Kuva 14. Vaunun rungon varmuus jännitysten suhteen.



Kuva 15. Vaunun rungon muodonmuutokset.

Kiskon taipuma vaunun painon vuoksi on verraten pieni, se on 0,0019 mm - 0,00002494 mm. Se on tosi pieni rasitus kiskolle. Jännitykset ovat 90 kertaa pienemmät kuin ylärajan arvot. Kelkan konstruktio vaikuttaa hyvin toimivalta laitteelta. Lujuuden kerroin on 85 %.

9 TYÖN TOTEUTUS

Ennen opinnäytetyön tekemistä piti minun ensin ostaa Solidworks-ohjelman lisenssi, jotta pystyin tekemään suunnittelutyön. Ohjelma piti asentaa omalle tietokoneelle ja opetella käyttämään sitä aivan itsenäisesti. Koska en ole ollut Solidworks kurssilla, niin minun apunani olivat youtube:n ilmaiset verkko-opetusmateriaalit näyttötunnit. [22.]

Tämä työ vaatii Solidworks-ohjelman hyvää tuntemusta, osaamista laskea lujuusanalyysin osat, sähkölaitteiden tuntemusta sähkömoottorin valinnassa, osaamista osien valinnassa kuten esimerkiksi laakereiden, pulttien ja muiden osien valinnassa. Sen jälkeen, kun olin perehtynyt mallinnusohjelman toimintaan, ryhdyin tekemään opinnäytetyötä.

Työn toteutus tapahtui Kajaanissa. Projektin toteutukseen käytettiin noin 500 tuntia. Työn toteutus vaatii koneinsinöörin ammattitaitoja. Työ oli aikaa ja kärsivällisyyttä vaativa, koska äidinkieleni ei ole suomi, ja oli paljon käännöstyötä.

10 YHTEENVETO

Insinööriyön tehtävänä oli suunnitella ylhäällä kiskolla kulkevan laitteen kiskovaunu. Työssä käytettiin SolidWorks- ja SolidWorks Simulation-ohjelmia. SolidWorksissa mallinnettiin liikevaunun pääosat. SolidWorks Simulation -ohjelmalla suoritettiin kriittisille osille yksinkertainen lujoustarkastelu.

Teoriaosassa yritettiin yhdistää loogisesti liikevaunun suunnitteluun liittyviä asioita ja sen osien valinta. Teoriaosassa kerrottiin ensin yleistä SolidWorks-ohjelmasta.

Työlle asetetut tavoitteet saavutettiin. Insinööriyön aihe oli mielestäni haastava, mielenkiintoinen, motivoiva ja kokemuksena arvokas. Työ kokonaisuudessaan antoi hyödyllistä oppia ja kokemusta alan todellisista työtehtävistä.

LÄHTEET

1. Kajaanin ammattikorkeakoulun kotisivut, luettu 10.10.12 [WWW-dokumentti].
<http://www.kajak.fi/suomeksi>
2. CadWorks Oy:n kotisivut, luettu 15.10.12 [WWW-dokumentti].
<http://www.cadworks.fi/>
3. Konecranes Oy:n kotisivut, luettu 23.10.12 [WWW-dokumentti].
www.konecranes.fi
4. Janla Oy:n kotisivut, luettu 13.11.12 [WWW-dokumentti].
<http://www.janla.fi/cms/suomeksi/kattoturvatuoitteet>
5. Wikipedia kotisivut, luettu 25.11.12 [WWW-dokumentti].
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Siltanosturi>
6. Nettikone kotisivut, luettu 25.11.12 [WWW-dokumentti].
<http://www.nettikone.com/kone/siltanosturi-5000kg-1600kg/1075587>
7. Wikipedia kotisivut, luettu 28.11.12 [WWW-dokumentti].
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Torninosturi>
8. Skanskarakennuskone Oy:n kotisivut, luettu 28.11.12 [WWW-dokumentti].
<http://www.skanskarakennuskone.fi/torninosturi-liebherr-185-hc>
9. Konecranes Oy:n kotisivut, luettu 01.12.12 [WWW-dokumentti].
http://www.konecranes.fi/portal/fin/laitteet/satamanosturit/kiskoilla_kulkevat_pukkiosuorit/
10. Nord drivesystems Oy:n kotisivut, luettu 01.12.12 [WWW-dokumentti].
<http://www2.nord.com/cms/fi/markets/cranes/cranes.jsp>

11. Jokelainen S. Koneensuunnittelu. Opetusmateriaali. Keski-Pohjanmaan AMK, Yli-vieskan yksikkö.
12. Tuomaala J. Luova koneensuunnittelu kirja.
13. Ruuki Oy:n kotisivut, luettu 12.01.13 [WWW-dokumentti].

<http://www.ruukki.fi/Tuotteet-ja-ratkaisut/Infrastruktuuriratkaisut/Suojakaiteet/Tiekaiteet#W230>
14. SKS Oy:n kotisivut, luettu 14.2.13 [WWW-dokumentti].

[http://www.sks.fi/download/sks_gates_hammashihnakayton_suunnitteluopas/\\$file/hammashihnakayton_suunnitteluopas_1015684.pdf](http://www.sks.fi/download/sks_gates_hammashihnakayton_suunnitteluopas/$file/hammashihnakayton_suunnitteluopas_1015684.pdf)
15. Blom S., Lahtinen P., Nuutio E.. Koneenelimet ja mekanismit kirja.
16. Airila M. Koneenosien suunnittelu kirja.
17. Kivioja S., Konetekniikka kirja.
18. Wikipedia kotisivut, luettu 4.3.13 [WWW-dokumentti].

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Sähkömoottori>
19. Bevi Oy:n kotisivut, luettu 15.3.13 [WWW-dokumentti].

http://www.bevi.se/download/produktkatalog/produkter/elmotorer/BEVI_elmotorer_SGSH.pdf
20. Mäkinen. M., Kallio J. Teollisuuden sähköasennukset kirja.
21. Pikkarainen E., Mustonen M., Numeerisesti ohjatut työstökoneet kirja.
22. Youtube kotisivut, luettu 1.10.12 [WWW-dokumentti].

http://www.youtube.com/watch?v=r8Xo6TiDw5w&feature=player_embedded

Solidworks:n näyttötunnit

