

PATSAAN MEKAANISEN RAKENTEEN SUUNNITTELU

Lasse Riihimäki

Opinnäytetyö
Huhtikuu 2011

Paperikoneteknologian koulutusohjelma
Tekniikan ja liikenteen ala





Tekijä(t) RIIHIMÄKI, Lasse	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 26.04.2011
	Sivumäärä 32	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus () saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty (X)
Työn nimi PATSAAN MEKAANISEN RAKENTEEEN SUUNNITTELU		
Koulutusohjelma Paperikoneteknologia		
Työn ohjaaja(t) SÄLLINEN, Pekka, lehtori		
Toimeksiantaja(t) Konsta ja Irene Heinin säätiö Yhteyshenkilönä Jukka Markkanen		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää patsaalle mekaaninen rakenne. Työn tilaajana oli Konsta ja Irene Heinin säätiö. Patsas rakennetaan Karstulan keskustaän Suomen sodan Karstulan taistelun muistoksi. Lähtökohtana työhön annettiin taiteilijan näkemys patsaasta. Aloituspäivästä määrättiin työlle tavoitteet ja toiveet rakenteen osalta.</p> <p>Patsaan suunnittelu ja 3d-mallinnus tehtiin Autodesk Inventor -ohjelmalla. Alustava patsas mallinnettiin taiteilijan näkemyksen pohjalta. Tätä mallia jatkajalostettiin tavoitteena helppo valmistettavuus ja kustannusten karsiminen. Suunnittelussa tärkeää oli ottaa huomioon rakenteen kestävyys, valmistettavuus, valmistuskustannukset sekä valmistusmateriaalit. Patsaan rakenteelle laskettiin sille aiheutuvat luonnonkuormat, ja lujuustarkastelu tehtiin Autodesk Inventorin Stress Analyser -sovelluksella. Patsaasta tehtiin myös kustannusarviolaskelma. Patsas koostuu eri osista, jotka ovat jalusta, paasi, siivet sekä piippu. Rakennesuunnittelussa kokeiltiin erilaisia ratkaisuja, ja lopulliseen tulokseen päästiin usean eri rakenneratkaisun kautta.</p> <p>Työn tuloksina saatiin selkeät ratkaisut rakenteelle sekä valmistustavoille. Kustannusten osalta päästiin tyydyttävään tulokseen. Patsaan eri osissa hyödynnettiin eri materiaalien ominaisuuksia. Patsaan jalusta ja paasi valmistetaan betonista, piipun pesä ja rungon muodot lasikuidusta ja siivet, piipun runko sekä pesän kannen kotelorakenne ruostumattomasta teräksestä. Patsaan kokonaiskustannuksiksi muodostui arviolta noin 60 000€.</p>		
Avainsanat (asiasanat) suunnittelu, teräsrakenne, teräs, lasikuitu, betoni, patsas		
Muut tiedot Liitteenä luonnonkuormalaskut, kustannusarviolaskelmat sekä lujuustarkastelukuvat, 5 sivua		



Author(s) RIIHIMÄKI, Lasse	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 26.04.2011
	Pages 32	Language Finnish
	Confidential () Until	Permission for web publication (X)
Title DESIGNING A MECHANICAL STRUCTURE FOR THE STATUE		
Degree Programme Paper Machine Technology		
Tutor(s) SÄLLINEN, Pekka, lecturer		
Assigned by Konsta and Irene Heino's Foundation Contact person Jukka Markkanen		
Abstract <p>The purpose of this bachelor's thesis was to design a mechanical structure for the statue. This was ordered by Konsta and Irene Heino's Foundation. The statue will be built in Karstula to commemorate the battle during the Finnish War. The starting point for the work was the artist's vision of the statue. During the first meeting the objectives and aspirations of the structure were defined.</p> <p>Designing and 3D modeling of the statue were done using Autodesk Inventor software. At first the statue was modeled using the artist's vision, and then it was further processed restricted by the manufacturability and costs. It was important to pay attention to the structure's sustainability, manufacturability, costs and used materials. The effects of environmental loads on the statue were calculated, and the strength of the structure was reviewed by the Autodesk Inventor Stress Analyser application. The estimated cost calculation was also done. The statue is composed of different elements that are a stand, a pillar, wings, and a pipe. Structural design was tested for different solutions, and the final result is a combination of several different structural solutions.</p> <p>The results of this bachelor's thesis are clear solutions to the statue's construction and manufacturing methods. The costs reached a satisfactory outcome. In different parts of the statue different material properties and strengths were utilized. The stand and the pillar of the statue were made of concrete, the pipe, casing and body shapes of fibreglass, and wings, the barrel body and the casing head casing of stainless steel. The estimated total cost of the statue amounted to 60000€.</p>		
Keywords designing, steelstructure, steel, fibreglass, concrete, statue		
Miscellaneous Appendix 5 pages		

SISÄLTÖ

1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT.....	2
1.1 Opinnäytetyön tausta.....	2
1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutusmenetelmät.....	4
2 TYÖSKENTELYN VAIHEET.....	5
2.1 Materiaalipohdinta.....	5
2.2 Kappaleiden ja niiden rakenteen suunnittelu.....	7
2.3 Kappaleiden kiinnitykset.....	9
2.4 Luonnonkuormat.....	10
2.5 Lujuustarkastelu.....	11
3 PATSAS.....	12
3.1 Patsaan osat, rakenne ja materiaalit.....	12
3.2 Patsaan osien valmistajat sekä valmistusmenetelmät.....	15
3.2.1 Lasikuituosat.....	15
3.2.2 Betoniosat.....	17
3.2.3 Teräsosat.....	18
3.3 Pohdinta ilkvallan riskeistä.....	18
3.4 Patsaan eri valmistustapojen kustannusarviot.....	19
4 YHTEENVETO.....	20
LÄHTEET.....	23
LIITTEET.....	25
Liite 1. Luonnonkuormalaskut.....	25
Liite 2. Kustannusarviolaskelma.....	26
Liite 3. Kuvat lujuustarkastelusta.....	28

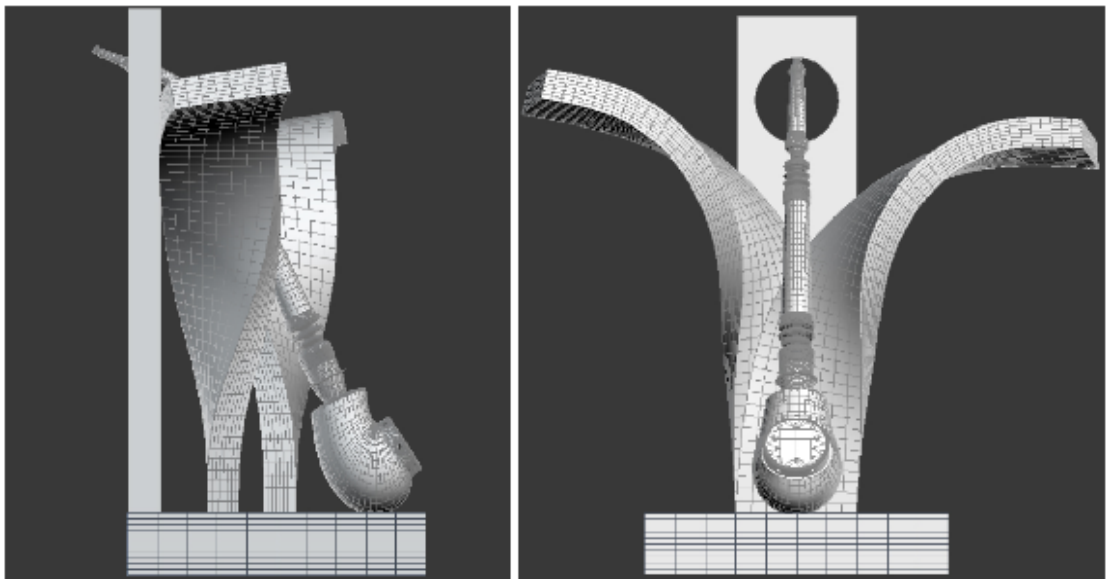
KUVIOT

KUVIO 1. Taiteilijan näkemys patsaasta.....	2
KUVIO 2. Patsaan piippu.....	6
KUVIO 3. Kuva leikatusta piipun muovi-teräsrakenteesta, ilman runkoputkea.....	7
KUVIO 4. Opinnäytetyössä syntynyt versio patsaasta.....	8
KUVIO 5. Siiven kiinnityksen periaatekuva ilman jalustaa.....	10
KUVIO 6. Patsaan jalustan käytävät.....	13
KUVIO 7. Piipun runkoputki sekä pesän kotelorakenne.....	14
KUVIO 8. Piipun pesän kannen kotelorakenne ilman kansilevyä.....	15

1 OPINNÄYTETYÖN LÄHTÖKOHDAT

1.1 Opinnäytetyön tausta

Tämä työ on saatu Konsta ja Irene Heinon säätiöltä, kun säätiö kyseli oppilaitokselta halukasta opiskelijaa suunnittelemaan Karstulan keskustaan pystytettävälle patsaalle mekaaninen rakenne ja hakemaan sille tekniset ratkaisut. Patsas rakennetaan Suomen sodan Karstulan taistelun muistoksi. Perustana oli taiteilijan näkemys patsaasta (ks. kuvio 1). Otin työn vastaan koska se oli aiheeltaan mielenkiintoinen sekä haastava ja opiskelujen varrella käydyt kurssit antoivat hyvän pohjan tämäntapaiselle työlle.



KUVIO 1. Taiteilijan näkemys patsaasta

Konsta ja Irene Heinon säätiö

Konsta ja Irene Heinon säätiö perustuu kauppiaspariskunta Konsta ja Irene Heinon testamenttiin. Heinon kauppahuone oli aikoinaan jopa maakunnallisesti merkittävä. Sen juuret ylettyvät aina 1800- luvun loppupuolelle. Nykyisin säätiön omistuksessa

oleva vuonna 1886 rakennettu Heinon kauppa on Karstulan vanhin liiketalo ja suoje-
lukohde. (Heikkinen 2010.)

Konsta ja Irene Heinon säätiö perustettiin vuonna 1974. Säätiön kotipaikka on Karstu-
la. Testamentin mukaan säätiön tarkoituksena on yleisen sivistyksen ja pienyrittäjyy-
den edistäminen Karstulassa. Tarkoituksensa toteuttamiseksi säätiö myöntää Karstu-
lassa kulttuuritarkoituksiin sekä pienyrittäjyyden edistämiseen, koulutukseen ja yksi-
tyisyrittäjien liikeapulaisten virkistystoimintaan stipendejä ja avustuksia. Kymmenen
viime vuoden aikana säätiö on jakanut varoja näihin tarkoituksiin n. 300 000 €. (Heik-
kinen 2010.)

Karstulan keskusta sijaitsee liikenteellisesti syrjässä. Vilkasliikenteinen valtatie 13
ohittaa kirkonkylän n. 5 km:n etäisyydeltä. Säätiö täytti 30 vuotta vuonna 2004. Juhla-
kokous nimesi toimikunnan, jonka tehtäväksi tuli ideoida keinot, joilla matkailuvirtaa
voidaan vetää valtatie 13:sta Karstulan keskustan palvelujen piiriin. Idea patsaasta on-
kin lähtöisin tältä toimikunnalta. (Heikkinen 2010.)

Karstulan taistelu

Suomen sodassa elokuussa vuonna 1808 käytiin Karstulassa Eno-joen taistelu. Rune-
bergin mukaan Otto von Fieandt (everstiluutnantti, joka johti Suomen sodassa ruotsa-
lais-suomalaisia joukkoja venäläisiä vastaan) taisteli "hattuineen ja piippuineen" ur-
hoollisesti ylivoimaista vihollista vastaan, mutta jäi tappiolle, ja venäläisille avautui
tie Pohjanlahden rantaan ruotsalais-suomalaisten joukkojen selustaan. Ruotsi joutui
vetäytymään Tornionjoen toiselle puolelle. Eräiden historioitsijoiden mukaan Karstu-
lan taistelu johti Suomen tien itsenäisyyteen - irtautumiseen Ruotsista, autonomiaan ja
sen jälkeen itsenäisyyteen. (Heikkinen 2010.)

Tästä historiallisesta tapahtumasta syntyi idea rakentaa Karstulan keskustaan piippu-
patsas, joka symbolisesti kertoo, että Suomi syntyi täällä. Jotta patsaalla olisi tarpeel-
lista vetovoimaa, siitä päätettiin tehdä maailman suurin savuttava piippupatsas. Kar-
stulan keskustan läheisyydessä on jo LC Karstulan rakentama maailman korkein hirsii-

nen näkötorni. Ideoimalla tähän ympäristöön muita maailman suurimpia asioita, kehitetään projektia työnimellä "maailman suurin Karstula", jolla voidaan ohjata turistivirtoja Karstulan keskustaan. (Heikkinen 2010.)

Taiteilijan näkemyksen mukaan patsaan rakenne koostuu neljästä osasta: Keskeltä nousee betonipaasi (Suomi), johon noin kahdeksanmetrinen Fieadt'in aika ajoain savuttava piippu nojaa. Keskiöstä kaartuu ulospäin kaksi terässiipeä, itään (Venäjä) ja länteen (Ruotsi). Värivaloilla voidaan vielä korostaa näiden osien symboliarvoa. Koko patsas rakennetaan Karstulan yrittäjien voimin. (Heikkinen 2010.)

Tarkoituksena oli alun perin paljastaa patsas Karstulan taistelun 200-vuotisjuhlapäivänä elokuussa 2008. Erinäisten suunnittelu-, kaavoitus- ja teknisten ongelmien johdosta aikataulu on viivästynyt. Tämä opinnäytetyö antaa suunnitelmat rakenteelle ja valmistustavoille, joten rakennusaikataulu on enää kiinni Karstulan keskustan valmisteilla olevasta uudesta kaavasta, johon patsaalle on varattu paikka. (Heikkinen 2010.)

1.2 Opinnäytetyön tavoitteet ja toteutusmenetelmät

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää patsaalle rakenteelliset ratkaisut. Patsaan osien suunnittelussa tavoitteena oli saada aikaan tukeva ja ulkonäöllisesti hyvä rakenne, joka olisi materiaali- ja valmistuskustannuksiltaan toteutuskelpoinen. Työn tuloksena tuli syntyä työn tilaajalle tehdyt suunnitelmat rakenteisiin sekä valmistuskuvat patsaan eri kappaleista. Suunnittelu sekä valmistuskuvat toteutettiin Autodesk Inventor -ohjelmalla. Palaverit sekä yhteydenotot työn tilaajien kanssa olivat myös oleellinen osa opinnäytetyötä. Patsaan osia valmistaviin yrityksiin olin myös yhteydessä heidän saatuaan tekemäni valmistuspiirustukset.

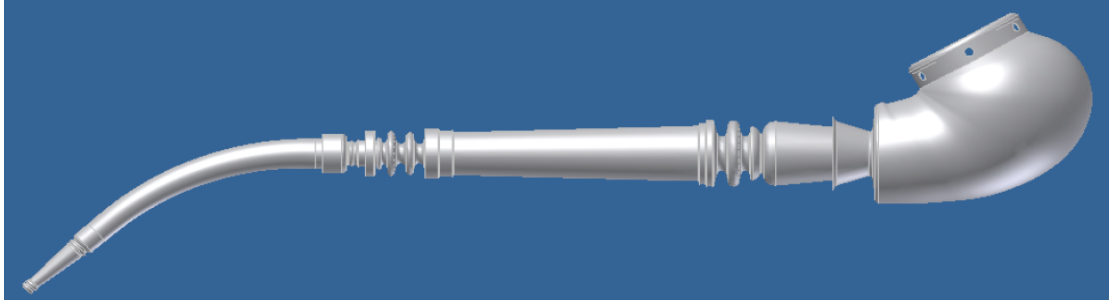
2 TYÖSKENTELYN VAIHEET

2.1 Materiaalipohdinta

Patsaan osien materiaalit olivat pääosin alusta alkaen selvillä. Alun perin patsas oli tarkoitus tehdä kokonaan teräksestä, pois lukien betonista valmistettava taustapalkki sekä jalusta ja lasikuituinen piipun pesä. Ulkonäköasioiden, rakenteiden kestävyys ja etenkin valmistuskustannusten takia eri osien materiaaleja oli mietittävä tarkkaan.

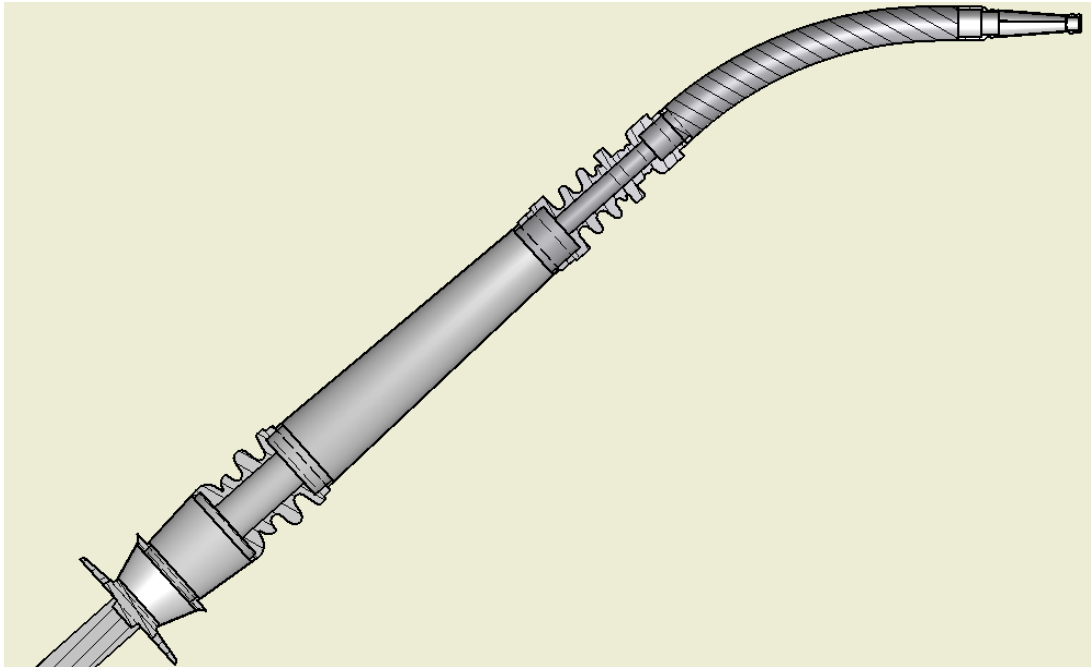
Patsaan siipien valmistusmateriaalivaihtoehtoina olivat betoni tai teräs. Betoni olisi kestävä vaihtoehto sekä muutenkin perinteinen materiaaliratkaisu patsaalle. Hankalanmuotoiselle betonirakenteelle vaadittavan muotin tekeminen olisi kuitenkin työläs toimenpide, ja ulkonäöllisestikin toimeksiantaja ilmoitti haluavansa jotain näyttävämpää. Ulkonäöllisesti parempaan päästäisiin teräsrakenteella. Itsekantavalla kotelorakenteella saataisiin kestävä ja hyvännäköinen ratkaisu. Materiaalina olisi ruostumaton teräs. Kotelorakenne pitää sisällään myös lujitelevyjä, jotka vahvistavat rakennetta.

Haastavinta oli löytää piipun varrelle toteutuskelpoinen ratkaisu. Erityisesti piipun varressa olevat koristesorvaukset (ks. kuvio 2) olisivat vaatineet erittäin paksuseinäistä teräsputkea tai paksua terästankoa, jotta sorvauksista olisi tullut muodoiltaan tarpeeksi syviä. Terästä käytettäessä materiaali- ja työkustannukset sekä patsaan paino olisivat nousseet näiltä osin liian korkeiksi, joten oli keksittävä jokin toinen ratkaisu.



KUVIO 2. Patsaan piippu

Hyvä vaihtoehto koristesorvatuille teräsosille olisi muovi. Se olisi huomattavasti kevyempää, jolloin piipun varresta ei tulisi liian painava. Myös materiaalin hinta ja työkustannukset olisivat huomattavasti pienempiä kuin teräksellä, koska muovi on helppoa ja nopeaa työstää. Koristesorvaukset olisi toteutettu muovista sorvatuilla kiekkoilla, ja piipun varren suorat osat olisi toteutettu teräslevykartioilla (ks. kuvio 3). Tämän rakenteen sisällä rakennetta lujittamassa olisi kulkenut koko piipun varren mittainen teräksinen runkoputki. Muovikiekot olisi pintakäsitelty kovakromaamalla, jotta ne olisivat saaneet ulkonäöllisesti hyvännäköisen sekä säänkestävän pinnan. Näiden halkaisijoiltaan suurten muoviosien saatavuus oli kuitenkin heikko, joten myös tämä ratkaisu tulisi turhan kalliiksi toteuttaa. Jo pelkästään halutunkokoiset materiaalihiot olisivat olleet hintavia, koska niiden saatavuus oli rajallista. Myös teräslevyrakenne kävi mielessä. Siinä hankalanmuotoiset koristeosat olisi toteutettu painosorvaamalla, mutta tämänkin ajatuksen hylkäsin päädyttyäni parempaan ja halvempaan toteutusratkaisuun.



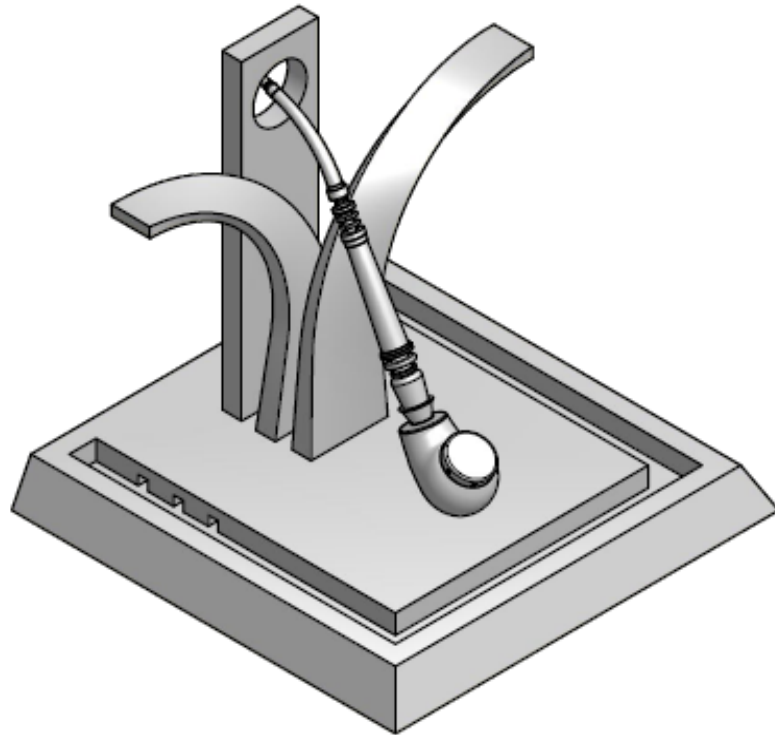
KUVIO 3. Kuva leikatusta piipun muovi-teräsrakenteesta, ilman runkoputkea

Seuraava vaihtoehto oli suunnitella lasikuituvalmisteinen piipun varren rakenne. Lasikuitupiipun sisällä olisi teräsputkirunko. Jotta myös ulkonäkö säilyisi hyvänä, osa piipun varresta päällystettäisiin ohuilla ruostumattomilla teräslevyillä. Lasikuitupinnat pintakäsiteltäisiin niin, ettei lähemmälläkään tarkastelulla selviäisi kyseessä olevan lasikuiturakenne, toisin sanoen lasikuidulle ominaisen pintakuvion tilalla olisi tasainen hyvännäköinen maalattu pinta. Piipun pesän kansi sekä pesän sisässä oleva kotelorunko toteutettaisiin myös ruostumattomista teräslevyistä. Teräslevyistä toteutettaisiin mahdollisesti myös piipun varren suorat osat, kuten pitkä kartiomainen osa piipun varren keskivaiheilla. Tämä rakenne osoittautui niin kustannuksiltaan kuin rakenteeltaan hyväksi, joten tämä hyväksyttiin lopulliseksi suunnitelmaksi.

2.2 Kappaleiden ja niiden rakenteen suunnittelu

Lähtötietoina patsaan suunnitteluun annettiin taiteilijan näkemys patsaasta 3ds Max -muodossa. Tästä mallista sain otettua patsaan tärkeimmät mitat ja mallinsin patsaan osat Autodesk Inventor -ohjelmalla. Patsas oli yhdeksän metriä korkea, ja siipien kär-

kiväli oli myös yhdeksän metriä. Kappaleiden suunnittelussa kokeilin erilaisia rakenteellisia ratkaisuja ja patsaan muodoille pyrin löytämään kompromissin valmistuksen ja ulkonäön väliltä (ks. kuvio 4). Patsaan osista suunnittelin myös alkuperäisestä kooltaan kolmasosan pienemmät versiot, johtuen patsaan sijoituksen suunnitelmien muutoksesta. Tämä pienempi versio myös patsaasta rakennetaan. Patsaan pienemmän version korkeus on 6 metriä, ja jalusta on sekä leveydeltään että pituudeltaan 6,6 metriä, korkeudeltaan 0,7 metriä. Patsaan siipien kärkiväli on 6 metriä.



KUVIO 4. Opinnäytetyössä syntynyt versio patsaasta

Patsaan siipien rakenteen suunnittelussa päädyin kaventamaan siipiä kärkeä kohti, jotta niistä saataisiin ulkonäöllisesti kevyemmän näköiset, mutta myös rakenteellisesti kevyemmät sekä rakenteeltaan tukevammat. Näin myös lumen sekä tuulen aiheuttamat rasitukset pienenisivät, koska pinta-ala, jolle lumi kasaantuu ja jota tuuli kuormittaa, olisi pienempi.

Betonista valmistettavat betonipaasi sekä betonijalusta ovat lähes alkuperäisen suunnitelman kaltaiset. Betonipaasiin suunnittelin tilan sähkökaapille, ja patsaan jalustalle suunnittelin valaistuskanavan sekä käytävät sähköjohdoille. Valaisukanavan suojana ovat lasikannet. Patsaan muut osat kiinnittyvät jalustaan. Sähkölaitteiston sekä lasikansien suunnittelemisen ei kuulunut osaksi opinnäytetyötä.

Piipun rakenne koki suunnittelun edetessä eniten muutoksia. Ensimmäisen version teräsrakenne muuttui teräsputkirunkoiseen muovikielkorakenteeseen, joka taas muuttui edelleen kustannusten takia teräsputkirunkoiseen lasikuiturakenteeseen. Lasikuituisen piipun pesän sisälle suunnittelin teräslevyrakenteisen kotelon, joka samalla kiinnittää piipun pesän kannen patsaan jalustaan sekä antaa suojaisan tilan savukoneelle.

2.3 Kappaleiden kiinnitykset

Patsaan osat kiinnittyvät jalustaan. Tärkeää on, että eri osien kiinnitykset ovat tukevia, jolloin rakenteet eivät pääse irtoamaan jalustasta. Jalustan valuvaiheessa kappaleiden kiinnityskohtiin jätetään syvennykset, joihin patsaan siiville, piipun runkoputkelle, betonipaasille sekä piipun pesän kotelorakenteelle tulevat kiinnitykset.

Siivet joutuvat suurimman rasituksen alaiseksi, ja niiden kiinnitysten lujuus onkin erittäin tärkeää. Siipien kiinnityskohdissa oleviin syvennyksiin valetaan kiinnityksiksi siiville pultit kokoa M24x150, 4 kpl/siipi. Kun jalusta on valmis siiven kiinnitykseen, siiven kotelorakenteen kiertävän 15 mm:n paksuisen kiinnityslevyn reiät kohdistetaan näihin kiinnityspultteihin, ja siipi kiristetään paikoilleen M24-muttereilla. (Ks. kuvio 5.) Siiven kotelorakenteen sisäpuolella on myös lujitelevy samalla kohtaa kiinnityslevyn kanssa lujittamassa rakennetta. Kiinnityksen jälkeen tämä jalustan syvennyys valetaan umpeen, mikä lisää huomattavasti rakenteen ja kiinnityksen lujuutta.



KUVIO 5. Siiven kiinnityksen periaatekuva ilman jalustaa

Patsaan piipun pesän kotelorakenne kiinnittyy samalla tavalla jalustaan. Piipun runkoputkella on myös tällainen kiinnityslevy, jolla se pultataan jalustaan kiinni. Yläpäästään runkoputki kiinnitetään betonipaasissa olevaan terästankoon. Terästanko menee runkoputkeen tehdyn reiän läpi ja runkoputken sisäpinta jää lepäämään terästankoa vasten. Patsaan osien jalustassa olevat kiinnitykset valetaan kaikki piiloon, jolloin ne eivät ole näkyvissä rumentamassa patsasta ja ovat näin ollen myös suojassa säältä ja ilkivallalta. Siiven ja piipun pesän kotelorakenne estävät kiinnitysten peittoon valamisen aikana betonin pääsyn jalustan käytäviin.

2.4 Luonnonkuormat

Patsasta suunnitellessa oli tärkeää ottaa huomioon myös luonnonkuormat. Näitä ovat lumesta sekä tuulesta aiheutuvat voimat. Patsaan siivet ovat erityisen alttiita näille kuormille, joten oli tärkeää tarkastella niihin aiheutuvia kuormituksia. Patsaan muut osat ovat rakenteeltaan niin jykeviä, etteivät luonnonkuormat aiheuta merkittäviä rasituksia niille. Myös piipun pesän kannelle suoritin lujuustarkastelun, koska siihen joku saattaa kiivetä ja näin ollen aiheuttaa rasittavaa kuormaa. Patsaan päälle satanut lumi aiheuttaa kuormaa etenkin siipien kärkien päälle, jolloin tarkastelua vaati, kuinka suuri on lumesta aiheutuva kuorma. Siipiä rasittavat myös mahdollisesta tuulesta aiheutuva kuorma, joka muodostuu voimakkaimmin etummaisesta siiven leveään etupintaan.

Pesän kannelle aiheutuvaksi kuormaksi laskin neljän 75 kg:n henkilön painosta muodostuvan n. 3 kN:n kuorman, jonka sijoitin keskelle pesän kantta pistekuormana. Las-

kutoimitusten tuloksena sain lumesta aiheutuvaksi kuormaksi siiville 3,136 kN (ks. RIL 144-2002, 23-29). Tämän jaoin kahteen osaan ja sijoitin nämä 1,568 kN kuormat siiven kärjen kulmiin painamaan siipiä suoraan alaspäin. Suurempaa kuormaa ei aiheutuisi siiven päälle kiivenneistä henkilöistäkään, talvella kukaan ei pääse kiipeämään jäisen ja liukkaan siiven päälle. Tuulesta aiheutuvaksi kuormaksi sain laskutoimitusten tuloksena 1,69 kN (ks. Heinisuo, 2008). Laskutoimitukset luonnonkuormista löytyvät liitteistä (ks. liite 1).

2.5 Lujuustarkastelu

Lujuustarkastelun suoritin Autodesk Inventor -ohjelmasta löytyvällä Stress Analysis -lujuustarkastelusovelluksella. Ohjelmaan sai syötettyä painovoiman vaikutuksen, kuten myös lumi- ja tuulikuormat. Tarkastelun suoritin patsaan siiville kiinnityksineen sekä pesän kannen kotelorakenteelle.

Lumikuormat sijoitin siiven kärjen kulmiin pistekuormina, jotta saataisiin mahdollisimman kova rasitus. Tuulikuorman sijoitin pistekuormana puoleenväliin siiven etupinnan korkeutta. Erityistä huomiota kiinnitin rakenteille aiheutuviin rasituksiin, taipumaan ja sen vaihteluun eri kuormitustilanteissa sekä rakenteiden varmuuskertoimeen. Kun siiven rakenteelle aiheutuvia rasituksia verrataan rakenteen lujuuteen, saadaan suurimmassa kuormituksessa rakenteelle varmuuskerroin 3 siitäkin huolimatta, että suoritin lujuustarkastelun siivelle, jossa ei ollut vielä lujitelevyjä sisällä. Siiven pään suurin siirtymä oli 22,5 mm. Ilman tuulikuormaa lumikuorman aiheuttama taipuma oli 17,5 mm, joten tuulikuorman vaihtelut eivät aiheuta merkittävää heilumista siivelle. Pelkän painovoiman ja rakenteen oman massan aiheuttama taipuma on 5 mm. Tulokset lujuustarkastelusta sai ohjelmasta kuvina (ks. liite 3). Kuvista näkee selvästi kohdat, joihin suurimmat rasitukset kohdistuvat, ja missä suurin siirtymä tapahtuu. Nämä kohdat ilmaistaan väreillä. Ohjelma liioittelee taipuman kuvissa, jotta sen näkisi helpommin. Lujuustarkastelun perusteella siipien rakenne kestää hyvin siihen kohdistuvat kuormat ja rasitukset, myös samanaikaisen maksimilumikuorman sekä tuulikuorman rasituksen alaisena. Suurimmat rasitukset rakenteelle syntyvät siiven kiinni-

tyspultteihin sekä kotelorakenteen alalaitaan kiinnityslevyn paikkeille. Kiinnityksen päälle valettava betoni lujittaa tätä kiinnitystä entisestään.

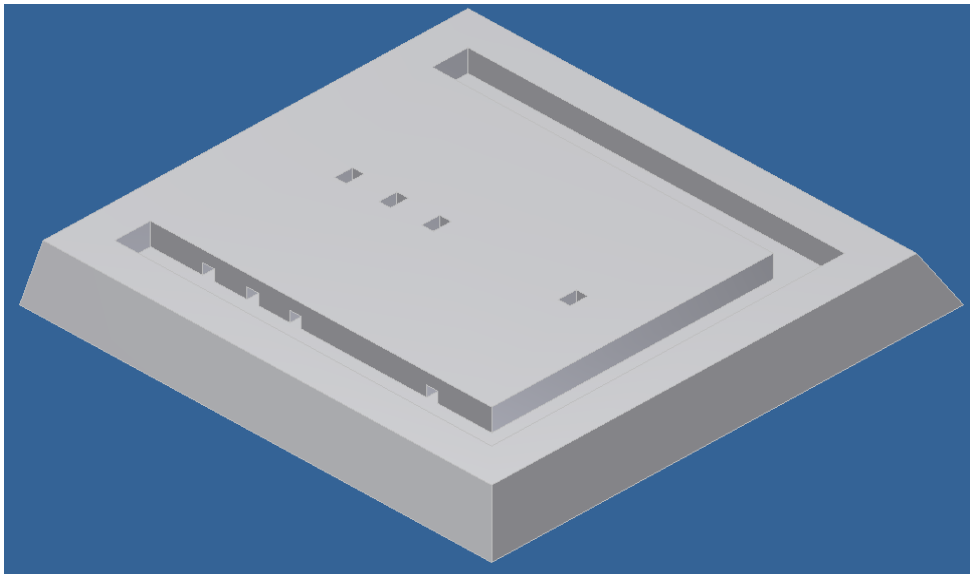
Pesän kannen kotelorakenne kesti myös hyvin sille aiheutetun kuormituksen. 3 kN:n kuorman se kesti mainiosti ja myös tämä rakenne sai varmuuskertoimen 3 (ks. liite 3). Tämä 3 kN vastaa n. 300 kg:n painoista kuormaa, joten kotelorakenteen päälle kiivenneet henkilöt eivät painollaan aiheuta huomattavaa räsitusta rakenteelle. Koska kotelorakenne on kiinnitetty betonijalustaan, pesän kanteen kohdistuva kuorma ei aiheuta räsituksia lasikuituiseen piipun pesään.

3 PATSAS

3.1 Patsaan osat, rakenne ja materiaalit

Patsas muodostuu eri osakokonaisuuksista. Osilla on oma symbolinen tarkoituksensa. Nämä osakokonaisuudet ovat jalusta, betonipaasi, terässiivet sekä varsipiippu.

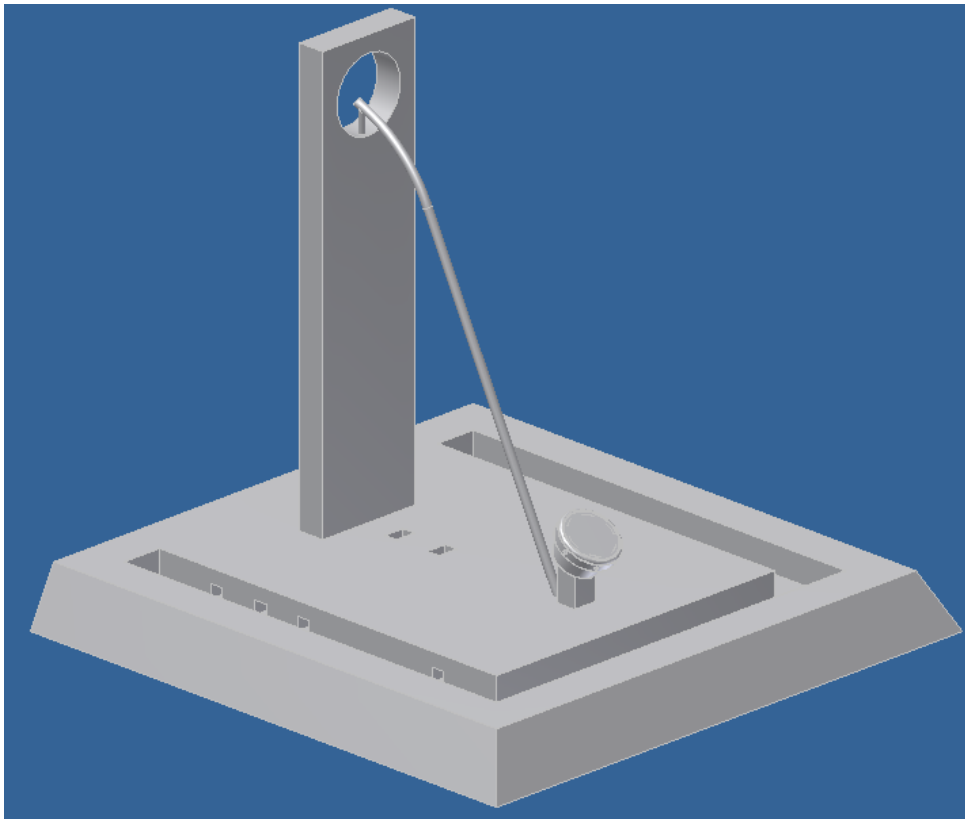
Jalusta yhdistää patsaan osat kokonaisuudeksi. Se nostaa patsaan hieman maanpinnan yläpuolelle lisäten näytävyyttä ja antaa tukevan pohjan muille patsaan osille. Se sisältää myös kanavan valaisimille sekä käytävät sähköjohdoille. Jalustan materiaalina on betoni ja valaisinkanavalle suojan ja peiton antavat lasikannet. Valaisinkanava kiertää jalustan sivut ja edustan yhtenäisenä kanavana antaen tilat patsasta valaiseville valaisimille. Tästä kanavasta lähtevät myös käytävät sähköjohdoille. Sähkönsyöttö patsaalle tapahtuu jalustan läpi betonipaasin sisään, jossa on sähkökaappi. Tästä lähtee käytävä valaisukanavaan, josta sähkö syötetään valaisimille. Valaisukanavasta lähtee käytävä sähköjohtoja varten piipun pesän sisään, jossa on kotelo savukoneelle. Tapahtumissa patsas näin ollen saadaan tupruttelemaan savua. Omat sähköjohtokäytävät menevät myös terässiipien sisään, joihin on myös suunniteltu valaisimia valaisemaan betonipaasia. Valaisukanavassa on myös vedenpoistokanavat mahdollisen kosteuden kerääntymisen varalta. Ks. kuvio 6.



KUVIO 6. Patsaan jalustan käytävät

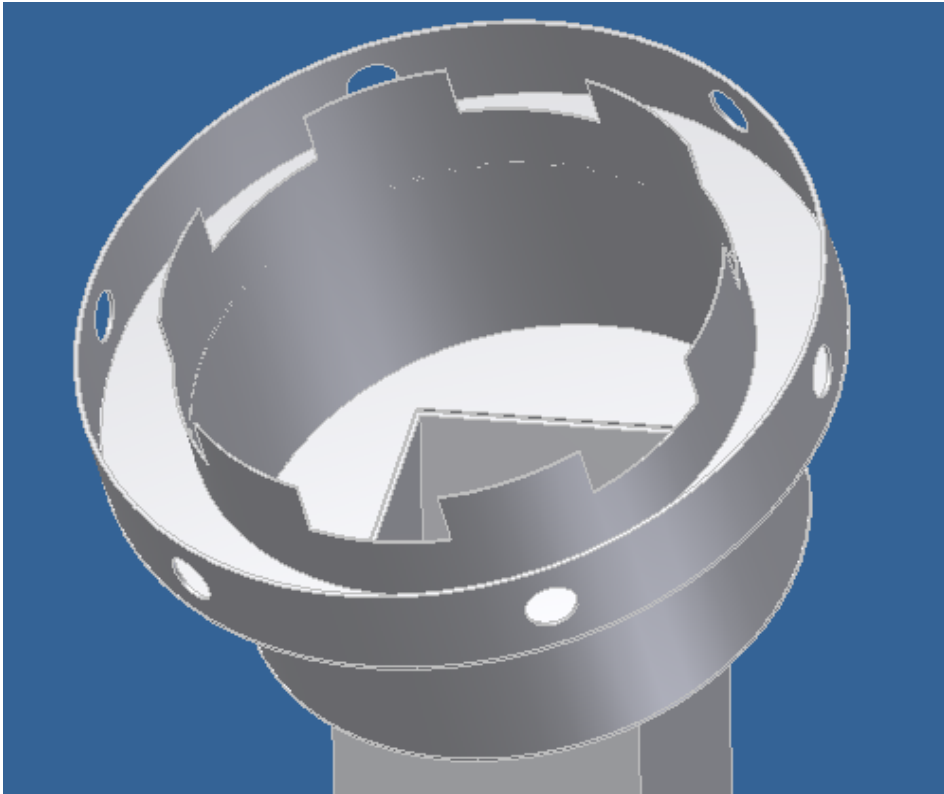
Betonipaasi kuvastaa symbolisesti Suomea. Se pitää sisällään sähkökaapin, jonne sähkönsyöttö tapahtuu. Betonipaasilla on myös tärkeä tehtävä tukea varsipiippu yläpäätään ruostumattomalla terästangolla, joka yhdistää betonipaasin sekä varsipiipun teräsputkirungon. Betonipaasi sekä jalusta ovat betoniluokaltaan Eurocode 2:n mukaista betonia C30/37 (lieriölujuus 30 N/mm^2 ja vastaava kuutiolujuus 37 N/mm^3).

Terässiivet kuvastavat Venäjää ja Ruotsia. Niiden rakenteena ovat ruostumattomat teräslevyt, jotka muodostavat itsekantavan kotelorakenteen. Kotelorakenteen sisässä on myös poikittain olevia teräslevyjä, jotka lujittavat kotelorakennetta. Terässiivet valmistetaan 4 mm paksusta levyistä, joiden materiaalina on ruostumaton teräs.



KUVIO 7. Piipun runkoputki sekä pesän kotelorakenne

Varsipiippu on patsaan keskeisin osa ja se kuvastaa Otto von Fieandt'in polttelemaa varsipiippua. Varsipiipun rakenne muodostuu runkona toimivasta teräsputkesta, joka ankkuroituu betonipaasiin sekä betonijalustaan (ks. kuvio 7), sekä lasikuituisesta varsipiipusta, joka ympäröi teräsputkirungon. Runkoputki valmistetaan standardikoon ruostumattomasta ainesputkesta, joka on kooltaan 100 x 71 mm (ulkohalkaisija x sisähalkaisija). Osa lasikuitupiipusta päällystetään ohuilla ruostumattomilla teräslevyillä näyttävyyden lisäämiseksi. Piipun lasikuituinen pesä pitää sisällään ruostumattomista teräslevyistä (vahvuudet 2mm sekä 4mm) muodostuvan kotelorakenteen, jossa savukone sijaitsee. Samaa teräslevyrakennetta on myös piipun pesän kansi, jonka rei'istä savu pääsee tuprahtelemaan ulkoilmoihin. Tämä rakenne on suunniteltu niin, että rei'istä sisään päässyt sadevesi valuu kannen sisällä piipun pesän etureunaan, jonka alimmasta kohdasta vesi poistuu. Rakenne on suunniteltu sokkelomaiseksi, jottei savukoneelle varattuun tilaan pääse mitään sinne kuulumatonta, mutta savu pääsee kuitenkin kulkeutumaan sieltä vaivatta ulos. (Ks. kuvio 8.)



KUVIO 8. Piipun pesän kannen kotelorakenne ilman kansilevyä

3.2 Patsaan osien valmistajat sekä valmistusmenetelmät

3.2.1 Lasikuituosat

Lasikuitu on säikeistä punottua mattoa, joka yhdistettynä hartsiin muodostaa lujitemuovin. Lujitemuovi on erittäin kovaa ja sitkeää komposiittimateriaalia. Lasikuitua on olemassa sekä mattoina että irrallisina kuituina. Lujimman tuloksen saa käyttäessä lasikuitumattoa. Tämän lujitemuovin tärkeimpiä ominaisuuksia ovat kestävyys, korjattavuus, soveltuvuus sekä sisä- että ulkotiloihin ja rakenteiden keveys. (Suomen Muotilutoimisto 2010.)

Patsaan lasikuituosat valmistaa Karstulan Vene Järvinen Ky. Yritys on valmistanut veneitä, ahkioita, suksibokseja ja alihankintana muita lasikuitu- eli lujitemuovivalmistei-

ta jo reilun 30 vuoden ajan. Yhtiön päätuotteita ovat Näpsä-veneet ja kanootit. Näpsä-veneet valmistetaan alusta loppuun Karstulassa sijaitsevalla tehtaalla. (Karstulan Vene Järvinen Ky 2010.)

Piipun lasikuituosien valmistus poikkeaa yrityksen sarjatuotantovalmisteista melkoisesti, koska kyseessä on kertaluontoisesti valmistettavat osat. Sarjatuotannossa valmistettavat tuotteet tehdään muottien päälle, koska silloin tuotteet ovat nopeampia valmistaa, ja niistä saadaan helposti samanlaisia. Muottien tekeminen piipun osia varten ei kannata, sillä muottikustannukset nostaisivat valmistuskustannuksia melkoisesti. Yksittäistuotteet vaativat siis paljon aikaa ja käsityötä. Piipun lasikuituosille on myös annettu vaatimus, ettei lasikuidulle ominainen lasikuitukuvio saisi näkyä patsaan pinnasta. Tämä hoituu lasikuitupinnan hionnalla ja maalauksella. (Järvinen 2011.)

Piipun lasikuituosat tulevat piipun teräspuutkirungon ympärille. Lasikuitua ei kuitenkaan voida alkaa heti laittamaan teräksen pintaan, koska lasikuidun tarttumisen vaatii hieman karkeamman pinnan. Teräspuutkirungon ympärille veistetään uretaanista haluttu muodot omaavat kappaleet. Nämä kappaleet voivat olla joko holkkeja tai kiekkoja, jotka pujotetaan teräspuutkirungon ympärille, tai ne voivat muodostua useista osista, jolloin niitä ei pujoteta runkoon vaan asetellaan paikoilleen vierekkäin ja puristetaan puutkirungon ympärille toisiinsa esim. kappaleet ympäröivällä lasikuitukerroksella. Piipun pesä taas rakentuu pesän kannen kotelorakenteen ympärille. Ureetaanista veistetään sopivat kappaleet ja samalla tavalla näiden päälle tehdään laminointi. (Järvinen 2011.)

Ureetaanipohjan valmistuttua sen päälle aletaan tehdä laminointia. Tämä tarkoittaa useiden lasikuitumattokerrosten ja hartsin lisäämistä vuorotellen, kunnes saadaan riittävä lasikuitukerroksen paksuus ja lujuus. Suhteessa yhteen kilogrammaan lasikuitumattoa käytetään kaksi kilogrammaa hartsia. Lasikuitumattoja on saatavilla useaa eri vahvuutta, käyttökohteen ja sen muotojen asettamien vaatimusten mukaan. Ohutta mattoa käytetään, jos kappaleen muodoissa on jyrkkiä kulmia, koska ohuen maton taipuisuus on luonnollisesti parempaa kuin vahvemman maton. Paksu matto on taas huomattavasti lujempaa kuin ohut matto. Tässä tapauksessa käytetään lasikuitumattoa,

jonka neliöpaino on 450 g/m^2 . Patsaan osien lasikuitukerrokselle eli laminaatille on alustavasti suunniteltu 6 mm :n paksuutta. Kun riittävän vahva laminaatti on syntynyt, aloitetaan pintatöiden tekeminen. Tämä tarkoittaa hiontaa, tasoituspakkeloitua sekä maalausta. Pintatöillä saadaan kestävä ja ulkonäöllisesti hyvä sekä tasainen pinta. (Järvinen 2011.)

3.2.2 Betoniosat

Betoni on sementin, kiviaineksen ja veden kovettunut seos. Se on yksi käytetyimmistä ja tärkeimmistä rakennusmateriaaleista kestävyytensä, muovailtavuutensa sekä muiden ominaisuuksiensa ansiosta. Betonia käytetään usein rakennuksen rungon ja julkisivujen materiaalina. (Tietoa Betonista 2011.)

Patsaan betoniosat valmistaa Karstulassa sijaitseva Hokkasen Betonituote Oy. Yritys on saanut alkunsa vuonna 1965, jolloin sen valmistamia tuotteita ovat olleet tiilet, viemäriputket ja kaivonrenkaat. Nykyään tuotevalikoimaan kuuluvat maatilaelementit, pilarit, pilarianturat ja muut pienenä elementit kaivonrenkaiden lisäksi. (Hokkasen Betonituote Oy 2011.)

Betonipaasi valmistetaan elementtinä. Sekä paasi että jalusta tarvitsevat rakenteeseensa raudoituksen lujittamaan rakennetta. Raudoituksen suunnittelu ei kuulunut osaksi opinnäytetyötä, vaan se jätettiin alan yrityksen vastuulle. Jalusta valmistetaan suuren koon ja painon vuoksi paikan päällä valamalla. Betoni tuodaan paikalle pyörintäsäiliöautolla. Ennen jalustan tekemistä on tärkeää valmistella maaperä, jolle jalusta tulee. Maaperätutkimus tehdään, ellei valmiita maaperäkartoja ole alueesta saatavilla. Pohjan tulee olla routimatonta, tai siitä on tehtävä sellaista. Routimattomaksi tekeminen tarkoittaa routivan maa-aineen kaivamista pois ja poiskaivettu maa-aine korvataan routimattomalla maa-aineella. Myös salaojitus tehdään tarvittaessa. Ennen valua tehdään lauta- tai levymuotti, johon betoni pumpataan betoniatolla. Nykyään on myös saatavilla valmismuotteja, joiden asennus on helppoa ja nopeaa. Koska patsaan jalusta pitää sisällään useita kanavia ja läpivientejä, valun aikana lisätään muotteja kanaville sekä putkia läpivienneille, jolla betonijalustaan saadaan tarvittavat käytävät.

3.2.3 Teräsosat

Patsaan teräsosat valmistaa Karstulan Metalli Oy. Yrityksen erityisosaamista ovat erilaiset vaativat levy- ja rautarakennetyöt. Yrityksen tuotevalikoimaan kuuluvat hydraulisiäliöt, kiertovoitelukeskukset, levyrakenteiset suojat, muotit, profiilit ja aihiot sekä puhdasilmatuotteet ja –kokonaisuudet. Yrityksen osaaminen ja konekanta onkin omiaan tämän patsaan teräsrakenteiden valmistamiseen. (Karstulan Metalli 2011.)

Piipun pesän kannen teräskotelorakenne valmistetaan muotoon leikatuista teräslevyistä. Teräslevyistä valmistettavat pyöreät kappaleet saavat muotonsa levymankeilla. Kotelorakenteen eri osat hitsataan yhteen.

Koska suurimmat saatavilla olevat teräslevykoot ovat 2 m x 6 m, patsaan siivet joudutaan tekemään useista eri kappaleista. Koska siivet ajateltiin tehtävän ruostumattomasta teräksestä, maalaamattomassa pinnassa näkyisivät pienetkin työstön aikana aiheutuneet jäljet. Siipien ulkopinnan levyjen ja myös siiven sisään hitsattavien lujitelevyjen hitsausaumojen jäljet jäävät tällaisessa rakenteessa helposti näkyviin. Hitsausaumojen sekä työstössä syntyneiden jälkien takia kotelorakenteen pinta olisi hiottava, jotta päästäisiin hyvännäköiseen lopputulokseen. Hiomalla saadaan kuitenkin helposti pinnasta entistä huonommannäköinen, ja se olisikin tehtävä taidolla ja tarkkuudella.

3.3 Pohdinta ilkvallan riskeistä

Koska kyse on julkisella paikalla olevasta patsaasta, on riski, että patsas joutuu töherysten ja tahallisen vahingontekoyritysten kohteeksi. Ottamalla huomioon patsaalle kohdistuvat riskit voidaan kehittää keinoja näiden riskien pienentämiseksi.

Patsaan betoni- ja teräsosat ovat rakenteeltaan jykeviä ja vaativat suurta voimankäyttöä, jotta niille voitaisiin tehdä haitallista vahinkoa. Lasikuiturakenne onkin tässä mielessä hauraampaa, ja sille on mahdollista tehdä ilkvallaa, joka aiheuttaa rakenteellista vahinkoa. Jalusta nostaa patsaan osat selvästi maanpinnan yläpuolelle. Tämä ehkäisee

sen, että mikään ajoneuvo tuskin kolhaisee patsaan hauraampia osia. Lasikuiturakenteen pintakäsittelyt, joilla saadaan lasikuitupinnasta tasainen, tekevät niistä myös lujemman näköisiä ja ehkäisevät näin vahingontekoyrityksiä.

Betonipaasiin upotettu sähkökaappi on saatava lukittua ja sen on oltava rakenteeltaan kestävä, jottei sitä saa helposti murrettua auki. Piipun pesän kannen kotelorakenteessa on reikiä, joten tämä saattaa kerätä sisäänsä roskia ja kaljapulloja yms. Kannen sokkelomainen rakenne estää kuitenkin näiden joutumista syvemmälle rakenteeseen, joten ne on helppo käydä siivoamassa pois eikä niistä pitäisi aiheutua haittaa. Rakenteen roskaantuminen voitaisiin estää kiinnittämällä tiheät teräsverkot piipun kannen reikiin. Patsaan kiinnitykset ovat suojassa ilkivallalta, koska ne ovat valettuina piiloon. Valaisukanavien suojalasin tulisi olla tarpeeksi vahvaa, jottei sitä saada rikottua. Kansien kiinnitysten tulee olla myös vahvoja.

Ilkivallalle altistumisen riski pienenee huomattavasti sillä, että patsas sijaitsee keskeisellä vilkasliikenteisellä paikalla syrjäisen paikan sijaan. Patsaan näkyvyys suurentaa kynnystä ryhtyä ilkivallantekoon. Patsaan valaisu pitää huolen, ettei öiseen aikaan sille pääsisi tekemään ilkivaltaa pimeän turvin. Ilkivallan riskiä pienentäisi myös kameravalvonta, joka pitäisi huolen ettei ilkivallan yrityksestä pääsisi seurauksitta. Tämä myös ehkäisisi riskiä joutua ilkivallan kohteeksi. Myös kaikenlainen patsaan päälle kiipeily tulisi kieltää ja estää, vaikka sillä ei olisi tarkoitustakaan tehdä vahinkoa.

3.4 Patsaan eri valmistustapojen kustannusarviot

Kustannusarviot olen laskenut kahdelle eri versiolle patsaasta. Ensimmäisen piippu on valmistettu piipun pesää lukuun ottamatta kokonaan teräksestä. Toisessa koko piippu on runkorakenteita ja pesän kantta lukuun ottamatta valmistettu lasikuidusta. Kun näitä kahta arviota kustannuksista verrataan toisiinsa, voidaan tehdä selkeät päätelmät siitä että patsas, jossa käytetään lasikuitua piipun varren osissa, on lähes puolet halvempi. Kustannuksiksi sain 60 000 € patsaalle, jossa piipun varsi on lasikuitua ja 100 000 € patsaalle, jonka piippu on terästä. Kustannuslaskelma on vain arvio, mutta antaa

suuntaa patsaasta syntyvistä kustannuksista. Betoniosien kustannusarvion laskin käyttäen löytämäni Napapiirin Betoni Oy:n valmisbetonihinnasto (Valmisbetonihinnasto 2011). Lasikuituosille arvion sain vieraillessani yrityksessä Karstulan Vene Järvinen Ky. Teräsosille laskin kustannusarvion arvioimalla materiaalikustannukset sekä työn tuntimäärän ja tuntiveloituksen. Tätä arviota jouduin tarkentamaan patsaan metalliosat valmistavalta yritykseltä. Kustannusarvio ei sisällä sähkölaitteiston kustannuksia. Kustannusarviolaskelmat löytyvät liitteistä (ks. liite 2).

4 YHTEENVETO

Tavoite ja toteutus

Opinnäytetyön tavoitteena oli löytää patsaan rakenteelle tekniset ratkaisut. Työ toteutettiin tekemällä taiteilijan muotoileman mallin pohjalta 3d-malli, jota jatkojalostettiin ideoimalla erilaisia rakenteita eri materiaaleista, tavoitteena kestävä ja hyvännäköinen rakenne sekä pienet kustannukset. Rakenteelle tehtiin lujuustarkastelu sekä kustannusarviolaskelma.

Tulokset

Opinnäytetyön tuloksena työn tilaaja saa selkeät ratkaisut patsaan osien valmistamiseen. Tuloksissa on otettu huomioon ratkaisut niin valmistuksen ja kustannusten, sekä patsaan ulkonäön kannalta. Patsaan ja sen osien valmistusta ei olla vielä kuitenkaan aloitettu, eikä ole vielä selvää milloin patsaan olisi tarkoitus olla pystytetty.

Työn tuloksena patsaan rakenteille on saatu selkeät suunnitelmat valmistustavoista, rakenteista sekä valmistusmateriaaleista. Patsaan jalusta sekä patsaan korkea paasi valmistetaan betonista, jalusta valetaan paikalla jonne patsas pystytetään ja paasi valmistetaan elementtinä ja kuljetetaan paikan päälle valmiina. Patsaan siipien rakenteena on itsekantava kotelorakenne, jonka materiaalina on ruostumaton teräs 4 mm:n vahvuis-

na. Patsaan piipulle rungon antaa teräsputki, ja piipun muodot tuodaan esille rungon ympäröivällä lasikuiturakenteella. Piipun pesän kannen jalustaan kiinnittää ruostumattomasta teräslevyistä tehty kotelorakenne, jota lasikuituinen piipun pesä ympäröi. Lasikuituista piipun vartta parannetaan ulkonäöllisesti ohuilla teräslevyillä suorista kohdistaan.

Eri rakennevaihtoehdoista lopullinen versio saavutti ulkonäöllisesti hyvän, rakenteellisesti kestävänsä sekä kustannuksiltaan toteutuskelpoisen tuloksen. Riittävät varmuuskerroimet rakenteille osoittavat patsaan kestävänsä hyvin sille aiheutuvat kuormitukset. Kustannusarvion mukaan patsas tulisi maksamaan noin 60 000 €.

Pohdinta

Tässä opinnäytetyössä on hyödynnetty oppeja useilta eri insinööriopiskelijien kursseilta. 3D-mallinnus, luonnonkuormat, rakenteiden suunnittelu sekä materiaalinvalinta ovat tuttuja asioita opiskelijien varrelta, ja niissä opittua tietoutta on hyödynnetty tässä opinnäytetyössä. Tämä opinnäytetyö sisältää myös asioita, jotka eivät olleet tuttuja opiskelijien varrelta ja joihin oli perehdyttävä työn loppuun viemisen kannalta. Tällaisia asioita ovat betonirakenteet ja niiden valmistus, betonin ominaisuudet, lasikuiturakenne ja sen valmistus sekä koko patsaan kustannusarviolaskelma. Työn tekeminen ja rakenteiden suunnittelu oli mielekästä ja mielenkiintoista ja poikkesi perinteisestä rakennesuunnittelusta, koska kyseessä on patsas.

Yhteistyö työn tilaajan kanssa sujui hyvin, ja siltä saamani palaute sekä parannusehdotukset olivat selkeitä. Työn alkuvaiheessa pidetyt palaverit loivat alustavan suunnitelman, minkä jälkeen olin työn tilaajaan yhteydessä sähköpostin sekä puhelimen välityksellä. Koululta saamani apu ja ehdotukset tulivat myös tarpeeseen.

Opinnäytetyössä päästiin sille asetettuihin tavoitteisiin melko hyvin. Patsaassa olevat siivet toteutetaan kuitenkin opinnäytetyön tuloksista poikkeavalla tavalla. Ruostumattoman teräksen sijaan ne valmistetaan 2 - 3 mm vahvoista levyistä, joiden materiaalina

on musta rauta. Näin niiden käsittely on helpompaa ja käsittelystä syntyneet jäljet eivät näy lopputuloksessa, koska siivet maalataan. Siipien sisässä on kevytrunkorakenne, ja siipien ruostuminen sisältä ehkäistään suojarasvalla. Sähkölaitteisto, lasikannet sekä betoniosien raudoitukset vaativat vielä suunnitelmien tekemisen, koska näiden suunnittelua ei asetettu opinnäytetyön tavoitteisiin. Kokonaistulokseen olen kuitenkin tyytyväinen. Kustannuksetkin saatiin toteutuskelpoisiksi patsaan lopullisessa versiossa.

Aikataulullisesti opinnäytetyö pitkittyi hieman alkuperäisestä tavoitteesta. Osaltaan tämä johtuu useista muutoksista patsaan rakenteeseen, tavoitteena kustannusten pienentäminen, sekä patsaan mallien ja piirustusten muutostyöt, jotka johtuivat patsaan koon pienentämisestä. Suunnitelmien muutokset kuitenkin kuuluvat osaksi suunnitteluprosessia, ja tämä kehitti kykyäni löytää uudenlaisia ratkaisuja.

LÄHTEET

Heikkinen, P. 2010. Patsastoimikunta. Tietoa säätiöstä patsaansuunnittelijalle. Sähköpostiviesti 29.11.2010. Vastaanottaja L. Riihimäki. Viitattu 10.1.2011

Heinisuo, M. 2008. Tuulikuormat EN 1991-1-4. Viitattu 20.2.2011
<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=95837&lan=fi>

Hokkasen Betonituote Oy, 2010. Betonielementtivalmistajan sivusto. Viitattu 27.2.2011. <http://www.hokkasenbetonituote.fi/index.htm>

Järvinen, A. 2011. Omistaja, Karstulan Vene Järvinen Ky. Haastattelu 11.2.2011.

Karstulan Metallit Oy, 2010. Ohutlevykonepajan sivusto. Viitattu 27.2.2011.
<http://www.karstulanmetalli.fi/fi/meta1001.php.htm>

Karstulan Vene Järvinen Ky, 2011. Näpsä veneiden valmistajan sivusto. Viitattu 27.2.2011. <http://www.karstulanvene.com>

Pekkanen, J. 2011. Toimitusjohtaja, Karstulan Metallit Oy. Haastattelu 17.3.2011.

RIL 144-2002. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. Rakenteiden kuormitusohjeet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y.

Suomen Muotoilutoimisto, 2010. Lasikuitu- ja lujitemuovialan yrityksen sivusto. Viitattu 26.2.2011. <http://www.suomen-muotoilutoimisto.fi/>

Tietoa betonista, 2011. Betoniteollisuus ry:n sivusto. Viitattu 26.2.2011
<http://www.betoni.com/fi/Tietoa%20betonista>

Valmisbetonihinnasto, 2011. Napapiirin Betoni Oy. Viitattu 12.3.2011.
<http://www.ruskonbetoni.fi/hinnastot/NABE.pdf>

LIITTEET

Liite 1. Luonnonkuormalaskut

Lumikuorma :

Lumikuorman muotokerroin $\mu_1 := 1.2$

Tuulensuojaisuuskerroin $C_e := 1.2$

Lämpökerroin $C_t := 1$

Lumikuorman ominaisarvo $s_k := 2.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

$$s_{\text{m}} := \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k$$

$$s = 3600 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Laskennallinen pinta-ala lumen kerääntymiselle : $a_1 := 0.8712 \cdot \text{m}^2$

Lumesta aiheutunut kuorma siiven päälle : $f_1 := s \cdot a_1$

$$f_1 = 3136.32 \text{ N}$$

Tuulikuorma :

Tuulenpaine $q_p := 0.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$

Laskennallinen pinta-ala tuulen vaikutukselle : $a_2 := 1.3 \cdot \text{m} \cdot 2.6 \cdot \text{m}$

$$a_2 = 3.38 \text{ m}^2$$

Tuulesta aiheutunut kuorma siiven pintaan : $f_2 := q_p \cdot a_2$

$$f_2 = 1690 \text{ N}$$

Liite 2. Kustannusarviolaskelma

Kustannusarvio :

Kustannusarvion hinnoissa on mukana alv 23%

Betonijalusta :

Jalustaan tarvitaan 28m^3 betonia, säiliöautoon mahtuu 5m^3 , joten tarvitaan 6 autollista.

Hinnat betonikustannuksiin on otettu www.ruskonbetoni.fi/hinnastot/NABE.pdf

Betonin hinta otettu laadusta K40 C32/40, notkeusluokkana S2

Betonin hinta: $170\text{€}/\text{m}^3$

$$170 \frac{1}{\text{m}^3} \cdot 28\text{m}^3 = 4760 \text{ €}$$

Kuljetukseen menevät kustannukset:

Betoniyrityksen ja valupaikan välinen etäisyys 4,3km. Yritys veloittaa jokaiselta max 5m^3 kuormalta ensimmäiseltä kilometriltä 54€, jonka jälkeen lisäys jokaiselta alkavalta kilometriltä 3 €.

$$\text{Kuljetus maksaa : } 54\text{€} + 4 \cdot 3\text{€} \cdot 6\text{kpl} = 396\text{€}$$

Betoni + kuljetus 5200€, ja tämän lisäksi valutöihin ja muuhun voidaan varata 1000€

Betonipaasi :

Betonipaasiin tarvitaan $2,3\text{m}^3$ betonia, ja $170\text{€}/\text{m}^3$ hinnalla betoni paasiin maksaa 391€. Tähän työt lisäksi niin voidaan arvioida paasin kustannuksiksi 800€.

Betoniosien kustannuksien arvioksi muodostuu 7000€.

Lasikuituosat :

Lasikuituosia ovat piipun pesä sekä varren osat. Nämä hinnat kysytyt lasikuituyritykseltä. Materiaalikustannukset 230€, työn osuus 1600€, pintatyö 1200€, sekä piipun pesä 1900€

Lasikuituosien kokonaiskustannusarvioksi muodostuu 5000€.

Teräsosat :

Nämä hinnat laskettu materiaalien osalta ruostumattoman teräksen hinnalla 4,5€/kg

Runkoputki painaa 170kg, piipun pesän kotelointi n. 100kg, sirvet 600kg x 2, ja tähän voidaan vielä lisätä vahvikkeisiin 100kg. Yhteispaino näille on 1570kg, ja materiaalikustannukset ovat näinollen 7100€.

Konepajan tuntihinnaksi ulosmyytävälle tavaralle on arvioitu 55€/tunti.

Nämä kappaleet vaativat paljon työtä (arvioitu veloitus n. 550h, sisältää myös suunnittelun siipien uudelle rakenteelle sekä tarkistukset muille rakenteille) ja työn osuudeksi kustannuksis kertyykin 30250€.

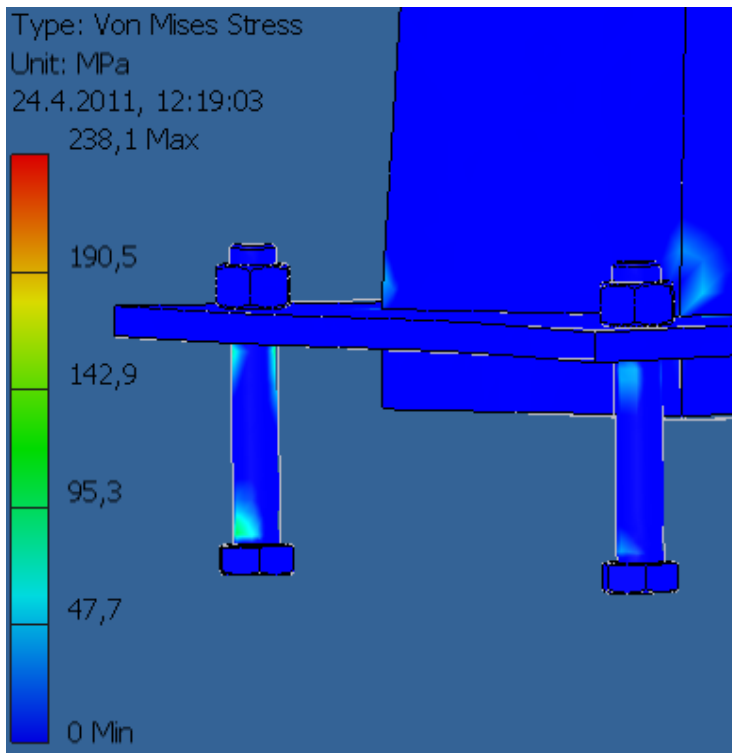
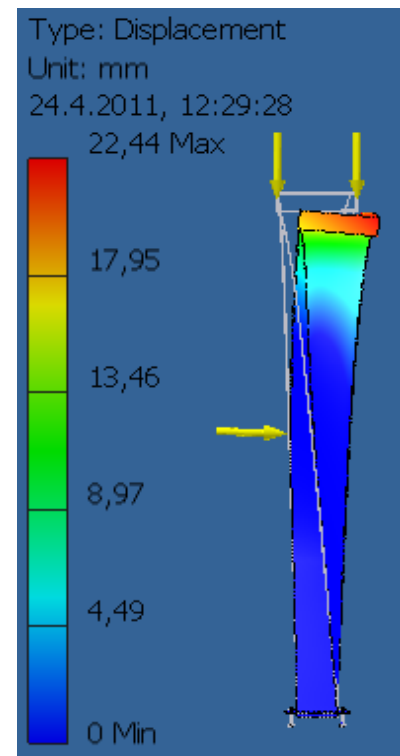
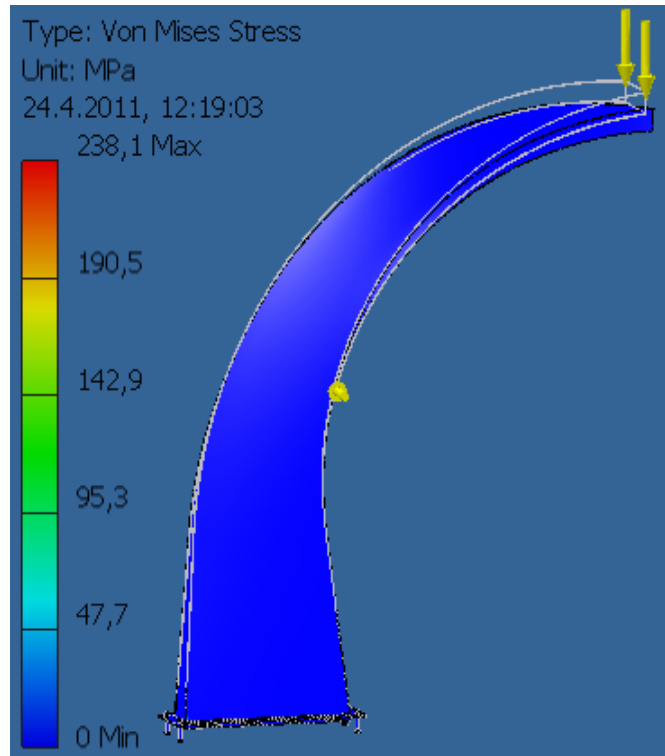
Mikäli piippu olisi myös tehty alkuperäisten suunnitelmien mukaan ruostumattomasta teräksestä, sen valmiiksikoneistetun painon mukaiset materiaalikustannukset olisivat $1700\text{kg} \times 4,5\text{€} = 7650\text{€}$. Tähän kun lisättäisiin vielä koneistuskustannukset sekä kappaleen koneistamaton paino, päästäisiin piipun varren osalta lähelle 50000€ (arvio kysytty konepajalta).

Kokonaiskustannuksen arvioksi patsaalle muodostuu betoniosat 7000€ + lasikuituosat 5000€ + teräsosat 40000€ = 52000€. Tähän voitaisiin vielä lisätä pystytyksestä aiheutuvat kustannukset jolloin päästään lähelle 60000€.

Valmistamalla piipun varsi teräsputkirunkoisesta lasikuidusta säästöä kustannuksissa ja työssä kertyy huomattavan paljon.

Liite 3. Kuvat lujuustarkastelusta

Siipi ja sen kiinnitykset



Piipun pesän kannen kotelorakenne

