

SAIMAAN AMMATTIKORKEAKOULU
Tekniikan koulutusala
Kone- ja tuotantotekniikka

Matias Sinkko

KANAVAN SULKUALUEEN JÄÄNPOISTOLAITTEEN SUUNNITTELU

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Matias Sinkko

Kanavan sulkualueen jäänpoistolaitteen suunnittelu, 40 sivua, 1 liitettä

Tekniikan yksikkö, Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

Tuotantotekniikka ja kunnossapito

Opinnäytetyö, 2010

Ohjaajat: tutkimuspäällikkö Jussi Sopanen, Saimaan ammattikorkeakoulu; työpäällikkö Harri Tuliniemi Meritaito Oy; työnjohtaja koneryhmä Juhani Reini Meritaito Oy

Opinnäytetyön aiheena on jäätä poistavan laitteen suunnittelu Meritaito Oy:lle. Työn tavoitteena oli saada aikaan laite, joka poistaa jäätä Saimaan kanavan sulkualueiden erityisesti sulkujen seinämiltä. Ennakkotietoina suunnitteluun käytetään Meritaito Oy:n edustajilta saatuja tietoja kanavan rakenteiden mitoista ja sulkurakenteiden reunoille syntyvän jääpatin sijaintipaikasta, sekä muodosta. Suunnittelussa huomioidaan myös turvallisuuteen vaikuttavat seikat.

Tutkimusmenetelminä käytettiin jään poistamisesta jo valmiina olevan tiedon tutkimista eri lähteistä sekä jään poiston erilaisten menetelmien tutkimista. Lisäksi Saimaan kanavalla tapahtuvan jään poiston parissa työskenteleviä henkilöitä haastateltiin.

Jäätä poistavan laitteen suunnittelussa hahmoteltiin erilaisia vaihtoehtoja, sekä laskettiin vaadittavia lujuuslaskuja laitteen kestokyvyn ja toimivuuden takaamiseksi. Lopulliseksi ratkaisuksi valittuun malliin tehtiin tarkat valmistuskuvat sekä valittiin tarvittavat käyttölaitteet.

Työn lopputulokseksi saatiin minikaivuriin kiinnitettävä jääjyrsin, joka jyrssi jäätä sulkurakenteiden reunoilta aiheuttamatta vaaraa sulkurakenteille tai jään poistoa suorittaville henkilöille.

Avainsanat: Jään poisto, Saimaan kanava, sulkualue

ABSTRACT

Matias Sinkko

Design of ice removal machine for canal locks, 40 pages, 1 appendices

Saimaa University of Applied Sciences, Lappeenranta

Technology, Mechanical and manufacturing technology

Manufacturing engineering and maintenance

Thesis, 2010

Instructors: Mr. Jussi Sopenen, Research Manager, Saimaa University of Applied Sciences; Mr. Harri Tuliniemi, Chief of Works, Meritaito Oy; Mr. Juhani Reini, Foreman of Mechanical Works, Meritaito Oy

The subject of this thesis was to design an ice cutting machine for Meritaito Oy. The machine is to be used in the Saimaa Canal. As a preliminary information the representatives of Meritaito Oy gave information about the measures and geometry of lock structures and ice in the walls of the locks in the Saimaa Canal. This ice is to be removed from the lock walls by using this ice cutting machine designed in this thesis.

As a research method all the possible knowledge about different de-icing methods that were used in different cases and places was compiled and studied. Also personnel with years of experience in working with de-icing in the Saimaa Canal were interviewed in order to gather more information about the special circumstances involved in working with de-icing in the Saimaa Canal.

The designing of the ice cutting machine consisted of sketching alternative solutions and making calculations about the strength and durability needed from the machine in order to perform in the special circumstances surrounding the Saimaa Canal. The best possible solution was determined and detailed instructions to build the machine were made.

The result of this project was that an ice cutting machine for Saimaa Canal was designed and all the information needed to build this machine was given to Meritaito Oy.

Keywords: De-icing, Saimaa Canal, lock area

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ ABSTRACT

1 JOHDANTO	6
2 SAIMAAN KANAVA JA MERITAITO OY	6
2.1 Saimaan kanavan historia	8
2.2 Meritaito Oy	9
3 JÄÄN POISTAMINEN	9
3.1 Jään poistaminen Saimaan kanavasta	14
3.2 Jäätä poistavan laitteen vaatimusprofiili	17
4 LAITTEEN SUUNNITTELU	18
4.1 Ongelmat	18
4.2 Ratkaisuvaihtoehdot	19
4.2.1 Piikkausrobotti sovellus	21
4.2.2 Jään sulattaminen	22
4.2.3 Minitraktori sovellus	22
4.2.4 Jään piikkain	23
4.2.5 Terän suunnittelu	24
4.3 Lopullisen ratkaisun valinta	25
5 JÄÄJYRSIMEN SUUNNITTELU	26
5.1 Jääjyrsimen lopullinen muoto	26
5.2 Jääjyrsimen geometria	28
5.3 Lujuuslaskut	29
5.3.1 Laakerivoimat	29
5.3.2 Taivutusmomentti	30
5.3.3 Yhdistetty taivutusmomentti	30
5.3.4 Tarvittava taivutusvastus	30
5.3.5 Jännitykset	30
5.3.6 Taivutusvastus	31
6. TYÖSTÖTERÄ	31
6.1 Työstöterän vaatimukset	31
6.2 Työstöterän vaihtoehdot	32
6.3 Työstöterän valinta	32
6.4 Työstöterän lopullinen muoto	32
7 KÄYTTÖ	33
7.1 Moottori	33
7.2 Hammashihnakäyttö	34
7.2.1 Hammashihnapyörät	34
7.2.2 Hammashihna	34
7.3 Hydraulikka	34
7.4 Laakereiden valinta	35
7.5 Turvallisuus	35
8 PÄÄTELMÄT	37
KUVAT	38
TAULUKOT	39
LÄHTEET	40

LIITTEET

Liite 1 Jääjyrsimen valmistuskuvat

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoituksena suunnitella Meritaito Oy:lle laite, jonka avulla poistetaan jäätä kanavan sulkujen reunoilta. Nykyisellään jäätä poistetaan Saimaan kanavalla pääasiassa hakkaamalla sitä rautakangella pois sulkujen reunoilta. Tämä on työnä tekijöilleen erittäin raskasta, hidasta ja aikaa vievää toimintaa. Lisäksi Meritaito Oy:lle tämä on taloudellisesti kallista, koska ylityönä tehdyt jäänhakkuutunnit maksavat yritykselle lisää palkkakuluja. Näiden syiden takia Meritaito Oy on kiinnostunut löytämään jäänpoisto-ongelmiinsa ratkaisun, joka keventäisi työn tekijöiden fyysistä taakkaa sekä säästäisi aikaa ja näin ollen myös rahaa yritykselle. Haasteena laitteen suunnittelussa ovat Saimaan kanavalla vallitsevat erikoisolosuhteet, joiden takia tavanomaiset ratkaisut sujuvampaan jään poistoon eivät ole mahdollisia.

Teen tässä opinnäytetyössä selvitystä jään poistamisesta yleisesti. Suunnittelen vaihtoehtoisia ratkaisumalleja Saimaan kanavan jään poisto-ongelmiin. Näistä eri ratkaisuvaihtoehdoista valitaan toimivin malli yhdessä Meritaito Oy:n edustajien kanssa. Lisäksi teen lopulliseksi ratkaisuksi valitusta ratkaisumallista tarpeelliset lujuuslaskut ja valmistuskuvat, jotta laitteen rakentaminen tämän työn pohjalta on mahdollista. Tutkimus- ja aineistonkeruumenetelminä käytän alaan liittyvää kirjallisuutta, Internetiä sekä Saimaan kanavan kunnossapidosta, käytöstä ja jään poistosta vuosien kokemuksen omaavien henkilöiden haastatteluja.

2 SAIMAAN KANAVA JA MERITAITO OY

Saimaan kanava on tärkeä vesitie Saimaan ja Suomenlahden välillä. Saimaan kanavalla on pituutta noin 42,9 km. Suomen puoleisen osan pituus on noin 23,3 km ja Venäjän puoleisen alueen noin 19,6 km. Kokonaisputous Saimaalta Suomenlahdelle on keskimäärin 75,7 metriä, joka on porrastettu kahdeksalla sululla, joista kolme sijaitsee Suomen puolella ja viisi Venäjän puolella. Kanavan yli johtaa seitsemän avattavaa ja kuusi kiinteää siltaa. Sulkujen ja nostosiltojen ohjaus tapahtuu niin, että Mälkiän kaukokäyttökeskuksesta ohjataan Suomessa sijaitsevia sulkuja sekä Pällin, Lietjärven ja Rättijärven

sulkuja ja lisäksi Kansolan siltaa. Juustilasta ohjataan Juustilan ja Särkijärven sulkuja. Taulukossa 1 on esitetty kaikki Saimaan kanavan sulut, niiden sijainti ja putoukset.

Taulukko 1. Saimaan kanavan sulut.

Sulku	Sijainti	Putoukset
Mälkiä	Suomi	12,4 m
Mustola	Suomi	7,2 m
Soskua	Suomi	8,3 m
Pälli	Venäjä	11,7 m
Lietjärvi	Venäjä	10,2 m
Rättijärvi	Venäjä	5,5 m
Särkijärvi	Venäjä	11,4 m
Juustila	Venäjä	10,0 m

Saimaan kanavassa saa liikennöidä ilman erikoislupaa enintään 82,5 m pitkä, 12,6 m leveä, 24,5 m korkea alus. Syvästä saa olla enintään 4,35 m. Tosin hinattavilta aluksilta sallitaan 4,5 m syväys (Merenkulku.fi). Kuvassa 1 havainnollistetaan mittoja.



Kuva 1. Aluksen maksimitat ilman erikoislupaa (Merenkulku.fi).

Saimaan kanavan tärkein käyttäjäryhmä ovat rahtialukset, mutta myös risteilijät ja huvialukset käyttävät kanavaa paljon. Kanavan sulkuosuuden Mälkiä –

Juustila läpikulku-aika on noin 5 – 8 tuntia riippuen aluksen koosta ja muun kanavaliikenteen määrästä.

2.1 Saimaan kanavan historia

Liikennöitävää vesitietä Saimaan järvi-alueen ja meren välille yritettiin aikaansaada jo 1500- ja 1600-luvuilla, mutta nämä yritykset eivät johtaneet tavoiteltuun tulokseen. Kun niin sanottu Vanha Suomi liitettiin muuhun Suomeen vuonna 1812, nousi kanavakysymys uudelleen vakavasti esille. Tällöin monet tunnetut aikalaiset kuten Carl v. Rosenkamf, Lars Gabriel v. Haartman ja J. W. Snellman tukivat kanavan rakentamista ja työskentelivät kanavan rakentamisen parissa, koska näkivät kanavan erittäin tärkeäksi koko Suomen hyvinvoinnin lisääjäksi. Ensimmäinen Saimaan kanavan rakentaminen aloitettiin toukokuussa 1845 ja kanava vihittiin käyttöön 7.9.1856. Tätä kanavan rakentamista pidetään vieläkin Suomen suurimpana saavutuksena vesirakennuksen alalla, koska työn kustannusarvio oli huomattavasti suurempi kuin Suomen sen aikainen valtion vuosibudjetti. Taloudellisesti kanava osoittautui erittäin kannattavaksi, sillä sen laskettiin maksaneen itsensä takaisin 25 vuodessa ja lisäksi se myös elvytti Itä-Suomen talouden, kuten sen oli tarkoituskin. (Merenkulku.fi)

Liikenteen ja laivakoon kasvaminen johtivat siihen, että vuonna 1926 aloitettiin kanavan uudelleenrakentaminen 1000 tonnin vetoisille aluksille. Työt kuitenkin keskeytyivät vuonna 1939 talvisodan syttyessä. Jatkosodan aikana kanava oli kuitenkin käytössä vuodesta 1942 kesään 1944, jolloin uusi valtakunnanraja katkaisi kanavan siten, että puolet siitä jäi Neuvostoliiton puolelle. Heti sodan päätyttyä Suomi ja Neuvostoliitto aloittivat neuvottelut kanavan kauttakulusta ja käytöstä. Neuvottelut johtivat siihen, että vuonna 1963 aloitettiin kanavan rakentaminen. Aluksi tarkoitus oli viedä loppuun vuonna 1939 keskeytynyt korjaus, mutta tutkimukset osoittivat, että laivakokoa täytyi vieläkin suurentaa, jolloin jouduttiin rakentamaan alusta uudelleen. Rakennustyöt kestivät viisi vuotta ja uusi Saimaan kanava vihittiin käyttöön 5.8.1968. Kanava on yhä tänäkin päivänä tuossa samassa muodossa. (Merenkulku.fi)

2.2 Meritaito Oy

Meritaito Oy on vuoden 2010 alusta aloittanut Suomen valtion omistama vesiteiden ylläpitoon ja kehittämiseen erikoistunut yhtiö. Meritaito Oy on markkinoiden suurin toimija Suomessa.

Meritaito Oy vastaa Saimaan kanavan käyttöpalveluista, sekä kanavan kunnossapito-, asennus-, rakennus- ja korjaustöistä. Kokonaisuudessa Meritaito Oy tuottaa kanavien käyttö- ja kunnossapitopalveluita 37 kanavasululla Järvi – Suomessa. Näiden 37 sulkukanavan joukossa on 2 museokanavaa, sekä 19 avattavaa siltaa. Meritaito Oy:n muihin toiminta-aloihin kuuluvat merenmittaus, vesiväylien hoito, öljyntorjunta, vesirakentaminen, väylien suunnittelu sekä poiju- ja viittatuotanto. Tarjoamistaan palveluista Meritaito Oy:llä on käytössään vuosikymmenten ammattitaito, sekä kyseisissä palveluissa vaadittava erikoiskalusto.

3 JÄÄN POISTAMINEN

Jää on veden kiinteä olomuoto, joka syntyy, kun veden lämpötila laskee alle nollan celsiusasteen. Vesistöjen jäätyminen on tyypillistä maissa, joissa talvella lämpötila laskee pakkasasteiden puolelle. Jäätyminen havaitaan nelivaiheisena. Ensimmäisenä havaitaan rantojen jäätyminen, toinen vaihe on lahtien jäätyminen, jonka jälkeen havaitaan vaihe, jossa koko näköpiiri rannasta katsoen on jäänytynyt. Viimeisessä vaiheessa koko järvi on jäänytynyt.

Ihminen on joutunut tekemisiin jäänpoistamisen kanssa jo varhaisista ajoista lähtien. Jäätä on jouduttu poistamaan, maanteiltä, autoista, rakennuksista, lentokoneista, laivoista ja niin edelleen. Jäätä on myös jouduttu poistamaan esimerkiksi talvikalastuksen takia kairaamalla jäähän reikiä, josta on voitu pilkkiä kalaa syötäväksi. Lisäksi yleiseen turvallisuuteen ns. talvimaissa on kuulunut lumen ja jään poistaminen talojen katoilta, jotta ne eivät aiheuttaisi liian suurta kuormaa tai putoaisi katoilta ihmisten, eläinten tai autojen päälle. Kuvassa 2 jäätä sahataan joesta.



Kuva 2. Jään sahausta Wisconsinissa 1920-luvulla (Weather Almanac, 2005).

Tapoja jään poistamiseen ihminen on keksinyt monia. Esimerkiksi Suomessa jäätä on sahattu avantojen tieltä jo vuosisatoja. Ensin tehtiin kirveellä, tuuralla tai rautakangella jäähän reikä, josta sahaaminen voitiin aloittaa. Nykyisin jään sahaamiseen käytettävät välineet ovat kehittyneet kuten kuvista 3, 4 ja 5 selviää.



Kuva 3
(Sarka, 2005).



Kuva 4
(Green Trail).



Kuva 5
(Jonsered).

Kuvassa 3 on vanhanliiton jääsaha. Kuvassa 4 näkyy nykyaikainen jään sahaukseen käytetty käsikäyttöinen saha. Kuvassa 5 on jään sahaamiseen sopiva moottorisaha. Lisäksi jäätä on poistettu vesillä poraamalla esimerkiksi kairalla.

Maanteiltä jäätä on poistettu suolaamalla. Lentokoneiden siiviltä jäätä poistetaan ruiskuttamalla siiville kuumaa vettä ja jäänestoaainetta yleisimmin propyleeniglykolia. Jään kemiallinen poisto ehkäisee onnettomuuksia sekä maantie- että lentoliikenteessä. Kuvassa 6 näkyy ennen lentoa suoritettavaa jään poistoa lentokoneen siiviltä.



Kuva 6. Jään poisto lentokoneen siiveltä (Wikipedia, deicing. Kuva: Felicity and Phillip).

Jään mekaaniseen poistoon on viime vuosina kehitetty uusia menetelmiä, mutta ensimmäiset jäänleikkauskoneet kehiteltiin jo 1920-luvulla. Kuvassa 7 esitellään tällainen vanha "jääsirkkeli".



Kuva 7. Jäänleikkauskone 1920-luvulta (Northport Michigan).

Esimerkiksi vesijohtojen järviin upottaminen talvella vaatii raskasta jäänpoistoa, joka esimerkiksi käsin tai moottorisahalla sahaamalla on erittäin työlästä ja hidasta. Tästä syystä on ruvettu kehittelemään uusia sovelluksia, jotka voi kiinnittää työkoneeseen esimerkiksi traktoriin. Kuvassa 8 on esimerkki yksinkertaisesta sovelluksesta, joka mahdollistaa raskaan jään työstämisen.



Kuva 8. Suuri sahanterä on kiinnitettyä traktorin kauhaan (Jenergia, 2006).

Kuvan 8 esimerkki on ensimmäisiä työkoneeseen kiinnitettäviä sovelluksia, joka on vielä varsin alkeellinen ja hidas menetelmä paksun jään poistamiseen. Kuvissa 9 ja 10 esitetään Jäämestarit Oy:n traktorin perään kiinnitettävä jääjyrsin, joka mahdollistaa työkoneen ajamisen samalla, kun jyrsinkoneen terät pyörivät murskaten jopa 90 cm paksua jäätä. Jäämestarit Oy on padasjokelainen yritys, joka on kehitellyt erilaisia tapoja jään poistamiseen.



Kuva 9. Jäämestarit Oy:n jääjyrsin (Jenergia, 2006).



Kuva 10. Jääjyrsin toiminnassa (Jenergia, 2006).

Myös muunlaisia niin sanottuja ajettavia laitteita on kehitetty jään poistamiseen. On kehitetty myös ajettavia jäätä sahaavia laitteita, jotka kulkevat ketjuilla ja sahaavat jäätä kulkiessaan eteenpäin. Nämä laitteet ovat mahdollistaneet esimerkiksi jääpatojen paremman ehkäisemisen. Kuvassa 11 esitetään yksi tällainen sovellus.

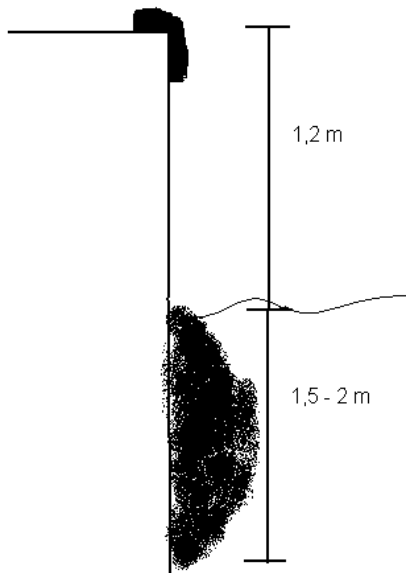


Kuva 11. Jäänsahauskone (Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu. Kuva: Pauli Myllymäki, 2003).

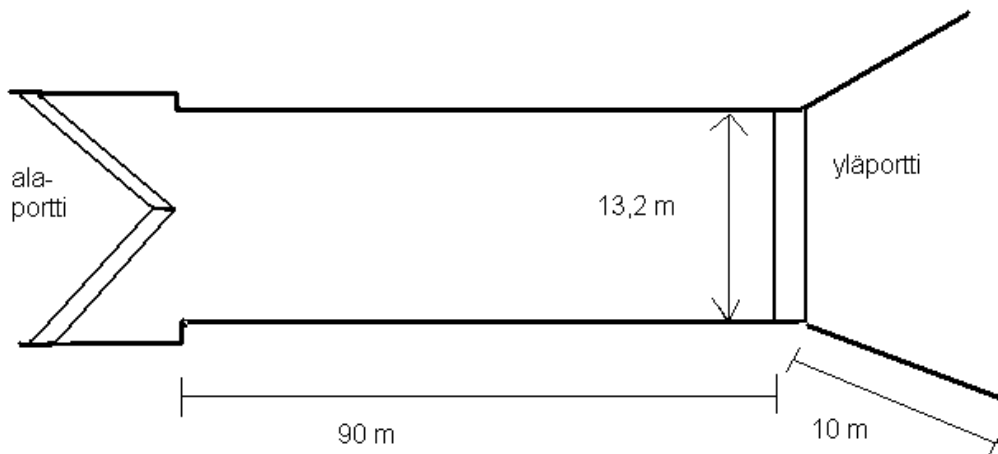
Kuvan 11 konetta käytetään ehkäisemään jääpatojen syntymistä vesistöillä. Jääpadot voivat aiheuttaa pahojakin vahinkoja tulvien muodossa ellei niiden syntymistä saada ehkäistyä poistamalla jäätä.

3.1 Jään poistaminen Saimaan kanavasta

Saimaan kanavalta jään poistaminen tulee ajankohtaiseksi talviliikenteen aikana, jolloin tarvitaan jäänmurtajia raivaamaan rahtialuksille tietä kanavassa. Lisäksi jäätä pitää poistaa sulkuporteista ja sulkujen reunoilta. Sulkuporteista jäätä poistetaan kuumalla vedellä, mutta sulun reunoilta jään poistaminen onkin ongelmallisempaa. Kuvista 12 ja 13 ilmenee, että poistettavaa jäätä on noin 200 metrin matka yhdessä sulussa ja jääpatti sulunreunalla voi ylittää noin 2 metrin syvyyteen veden pinnasta. Sulun leveys on 13,2 metriä.



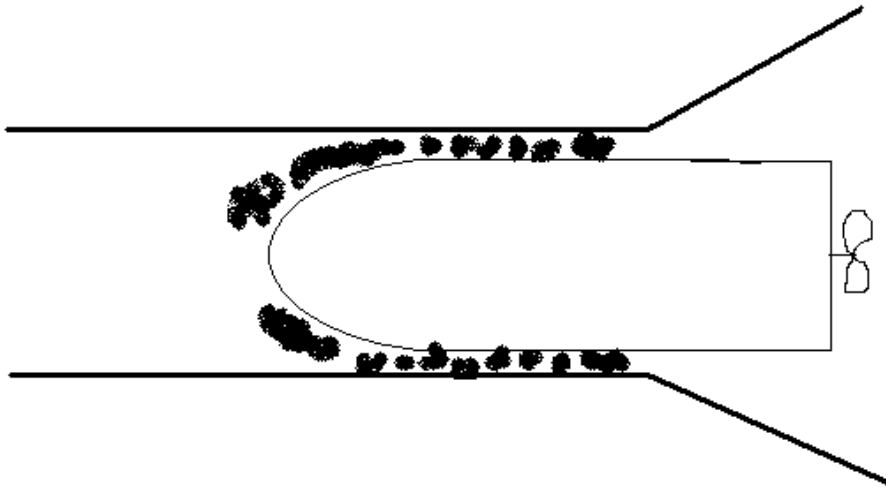
Kuva 12. Jääpatin sijainti.



Kuva 13. Sulun mittoja.

Jääpatti syntyy, kun lähellä maksimimittoja oleva alus ajaa sisään sulkuun ja jäälautat painautuvat laivan massan ja liikkeen seurauksena sulun

betonireunoihin ja jäävät kiinni. Tätä tapahtumaa esitetään kuvassa 14. Kuvassa 15 puolestaan näkyvät nämä jääpatit talviremontin takia tyhjennetyn Lietjärven sulun pohjasta katsottuna.



Kuva 14. Laiva ajaa sulkuun ja murrettu jää painautuu sulun reunaan.



Kuva 15. Nuolet osoittavat sulun reunoille jäätyneitä jäävanoja.

Sulun reunoilta tätä jääpattia on poistettu pääosin käsipelissä lyömällä jäätä esimerkiksi kangen avulla sulun reunalta. Tämä menetelmä on aikaa vievä, koska jääpatti on reunassa erittäin kovasti kiinni. Lisäksi kyseinen menetelmä sitoo monta työntekijää ja työ on tekijöilleen erittäin raskasta. Tästä syystä ongelmaan on yritetty etsiä ratkaisua, mutta jääpatin poistaminen on osoittautunut yllättävän monimutkaiseksi ongelmaksi ratkaista.

3.2 Jäätä poistavan laitteen vaatimusprofiili

Laitteen tulee pystyä poistamaan jäätä sulusta 2 metrin syvyydestä vedenpinnasta. Saimaan kanavalla vedenpinta sijaitsee sulussa noin 1,2 metrin korkeudella vedenpinnasta katsottuna, kuten kuvasta 12. ilmenee. Laitteen sulun reunalla oleva osa saa olla enintään 1,2 metriä leveä, jotta se mahtuu kulkemaan sulun reunaa pitkin. Laitteen tulee olla ajettava ja toimia yhden ihmisen ohjauksella, jotta jään poistaminen tapahtuisi mahdollisimman helposti ja vähän työvoimaa sitovasti. Laitteen tulee toimia nimenomaan kylmissä olosuhteissa. Suluilla pakkanen voi kylmänä talvena nousta yli -30 celsiusasteen. Laite ei saa aiheuttaa vaaraa sitä käyttäville henkilöille eikä kanavan rakenteille ja laitteille. Lisäksi laitteen tulee olla ympäristöystävällinen, eli se ei saa aiheuttaa myrkyllisten aineiden pääsyä kanavan vesiin.

Tarkoituksena on löytää toimiva ratkaisu, jonka rakentaminen ja käyttö aiheuttavat mahdollisimman pienet kustannukset Meritaito Oy:lle. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että laitetta rakennettaessa tarvitsisi tehdä mahdollisimman vähän ns. erikoistilauksia ja ratkaisun pitäisi olla sellainen, jonka voi liittää jo valmiiseen työkoneeseen esimerkiksi minitraktoriin. Koska laitteen valmistus kuitenkin maksaa kohtalaisen summan rahaa tulisi laitteen eliniän olla pitkä ja suunnittelussa olisi huomioitava osien mahdollisimman helppo vaihdettavuus ja osillekin tulisi suunnitella mahdollisimman pitkä elinikä. Lisäksi laite tulisi suunnitella niin, että sen mahdollisesti jumiutuessa jäähän laite ei hajoaisi kokonaan, vaan laitteesta hajoaisi vain vaihdettavissa olevia osia.

4 LAITTEEN SUUNNITTELU

Laitteen suunnittelu alkoi tutkimalla jään poistamista yleisesti ja yrittämällä löytää niin keinoin ratkaisua, joka mahdollisimman hyvin täyttäisi aiemmassa luvussa esitetyt vaatimukset. Etsimällä tietoa Internetistä vastaan tuli muun muassa kuvissa 9. ja 10. näkyvä Jäämestarit Oy:n jääjyrsin. Suoraa ratkaisua ei kuitenkaan löytynyt, koska kanavalla suoritettavaan jäänpoistoon liittyy ongelmia, joiden ratkaiseminen ei millään jo valmiiksi käytössä olevalla laitteella onnistu. Näitä ongelmia esitellään seuraavassa osiossa.

4.1 Ongelmat

Jään poistoon Saimaan kanavasta liittyy erikoisongelmia, jotka vaikuttavat suuresti kehitettävän laitteen muotoon, rakenteeseen ja kustannuksiin. Jotta voi saada aikaiseksi toimivan ja yritystä tyydyttävän ratkaisun täytyy nämä eri ongelmat ratkaista. Seuraavassa esitellään näitä ongelmia, jotka liittyvät jään poistoon Saimaan kanavan sulkujen reunoilta.

Ensimmäinen ja monellakin tapaa laitteen suunnitteluun vaikuttava tekijä on se, että sulun reunaan jäätyneen jääpatin vastustuskyvystä jään poistamiseen ei ole juurikaan saatavilla tietoa. Täten suunnittelussa on varmuuden kannalta käytettävä arvona ajettavan työkoneen omaa painoa, jolloin jään vastuksen ollessa liian suuri pysähtyy työkoneen eteenpäin suuntautuva liike.

Seuraava merkittävä ongelma on se, että kuten kuvasta 12 käy selville jääpatti sijaitsee noin 1,2 metriä maanpinnasta alaspäin ja ulottuu pahimmillaan noin 2 metriä vedenpinnasta alaspäin. Näin ollen laitteen täytyy kyetä poistamaan jäätä noin 3 metriä maanpinnan alapuolelta. Tämä aiheuttaa tiettyjä ehtoja laitteen rakenteelle, jotka puolestaan on otettava huomioon laitteen kuljetuksen suunnittelussa ja lujuuslaskuissa.

Kolmas merkittävä tekijä on se, että laitteen liikerataa sulun reunalla rajoittaa liikkuvien kiinnityspollareiden kohdat, jotka rajoittavat laitteen maksimileveydeksi maanpinnalla 1,2 metriä. Tämä käy esille kuvasta 16.



Kuva 16. Liikkuvan pollarin kohta.

Lisäksi laitteella operoidaan vesistöjen parissa, ja näin ollen laite ei saa aiheuttaa ongelmia luonnolle. Tämä poistaa mahdollisuuden jään hävittämiseen kemikaaleilla. Lisäksi laitteessa mahdollisesti käytettävän teräöljyn olisi oltava täysin biohajoavaa.

4.2. Ratkaisuvaihtoehdot

Laitteen suunnittelu suoritetaan vaatimusten ja ratkaistavien ongelmien pohjalta. Ensimmäisenä on etsittävä erilaisia vaihtoehtoja työkoneista, joiden pohjalle olisi mahdollista rakentaa tällainen laite. Vastaan tuli erinäköisiä ja kokoisia piikkausrobotteja ja minitraktoreita/kaivureita. Tällaiset ovat esillä kuvissa 17 ja 18.



Kuva 17. Brokk piikkausrobotti (HVM). Kuva 18. Minikaivuri (BCHardscapes).

Meritaito Oy:n toiveiden mukaisesti jäätä poistava laite tulisi kiinnittää tällaiseen ajettavaan työkoneeseen, jotta jään poistaminen sulun reunalta olisi mahdollisimman sujuvaa ja nopeaa ja toisaalta taas alusta asti uuden ajettavan laitteen rakentaminen tulisi erittäin kalliiksi yritykselle.

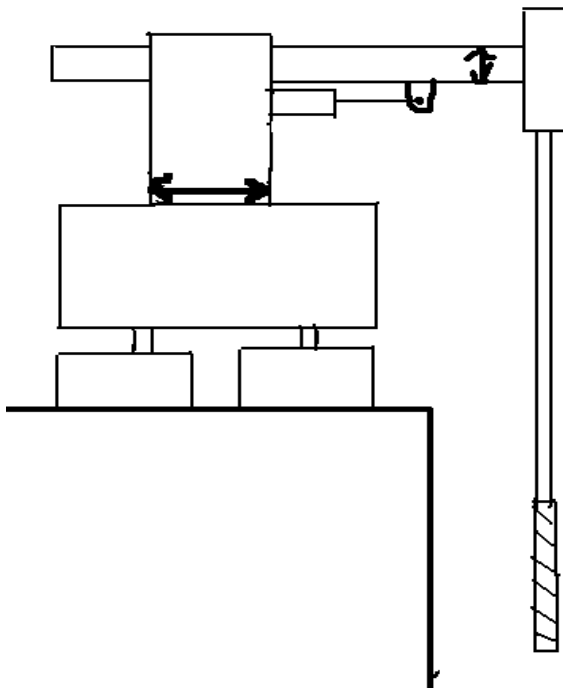
Seuraavaksi täytyi etsiä mitoiltaan Meritaito Oy:lle sopivia piikkausrobotteja ja minitraktoreita. Nopeasti kävi selväksi, että molemmista työkoneista löytyi sopivan kokoisia vaihtoehtoja, joihin voi suunnitella haluttua jäätä poistavaa laitetta. Seuraavaksi täytyi siis suunnitella molempiin työkoneisiin kiinnitettävä vaihtoehto jäänpoistolaitteeksi.

Ensiksi piti kuitenkin pohtia sitä työmenetelmää, millä jäätä tulnaisiin poistamaan kanavan reunalta. Vaihtoehtoiksi muodostui piikkausliike, sahaus ja jysintä sekä jään sulattaminen paineen avulla kuumalla vedellä. Piikkausliikkeen ongelmaksi muodostuu se, että laite ei saisi vahingoittaa sulun reunabetoneja. Jos jäätä piikataan sulun reunalta, on hankala estää piikkaimen osuminen sulun reunaan. Lisäksi tällaisia piikkausmenetelmiä oli kokeiltu automatisoidussa jään poistossa huonolla menestyksellä. Kuitenkin yhtenä vaihtoehtona tutkittiin myös piikkauksen toimivuutta jään poistossa sulkujen reunoilta. Sahauksen ongelma on kallis biohajoava teräöljy. Lisäksi jääpatin pituus aiheuttaa sen, että sahan teräosasta olisi hankalaa saada tarpeeksi kestävä ja ohjattava, jotta se vastaisi vaatimuksia. Myös terän voitelu olisi hankala järjestää. Jäljelle jäi jysintä, joka oli havaittu parhaaksi ja

kestävimmäksi jäänpoistomenetelmäksi myös muun muassa verkkojen laskemisessa jäihin. Jyrsintä oli myös se menetelmä, jota Meritaito Oy mieluiten halusi lähteä kehittämään eteenpäin, vaikkakin myös se aiheutti tiettyjä ongelmia laitteen rakennetta suunniteltaessa.

4.2.1 Piikkausrobotti sovellus

Ensiksi suunniteltiin sovellus piikkausrobottiin. Melko pian kävi kuitenkin selväksi, että piikkausrobottiin joutuisi tekemään varsin suuria muutoksia, jotta siitä saataisiin vaatimuksia vastaava jäätä poistava laite ja tällaiset muutokset mahdollisesti olisivat myös varsin hinnakkaita. Kuvassa 19 esitetään karkeaversio siitä, millaisia muutoksia piikkausrobottiin tulisi tehdä, jotta se voisi toimia siltä vaaditussa tehtävässä.



Kuva 19. Karkeaversio piikkausrobotista muokattuun jään murskaimeen.

Tekemällä yksinkertaisia lujuuslaskuja kävi lisäksi selväksi, että laitteeseen tulisi rakentaa lisätuki, jotta pyöriväksi suunniteltu putki kestäisi vaaditun rasituksen. Lisäksi laitteeseen joutuisi asentamaan korkeutta säättävän nostosylinterin. Piikkausrobotit ovat lisäksi suunniteltu työskentelemään

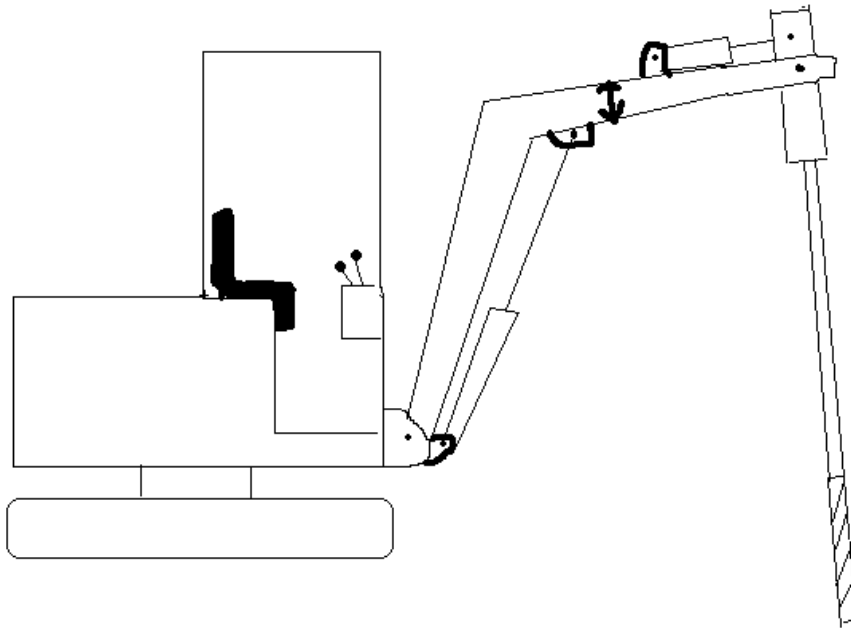
paikallaan, joten niiden samanaikainen liikuttaminen ja työliike saattaisivat aiheuttaa lisäongelmia. Piikkausrobottien hinta suhteessa minitraktoreihin on myös korkea, joka on ehdottomasti merkittävä asia.

4.2.2 Jään sulattaminen

Ennen minitraktoriin sopivan sovelluksen suunnittelua oli tutkittavana myös mahdollisuus sulattaa jäätä kuumalla vedellä paineen kanssa. Alustavan suunnittelun, syvällisemmän pohdinnan ja parin keskustelun jälkeen kävi selväksi, että laite olisi varsin epäkäytännöllinen johtuen siitä, että se vaatisi varsin suuren vedenkuumennus säiliön. Lisäksi tällaisella laitteella olisi äärimmäisen hankala poistaa jäätä sulun ulkopuolelta niin sanotusta suppilo osasta (kuva 13), koska sulun ulkopuolelta vedenkorkeutta ei voi juurikaan säädellä toisin kuin sulusta. Tällöin jään kuumalla vedellä sulattaminen veisi suuren määrän energiaa ja vettä.

4.2.3 Minitraktori sovellus

Seuraavaksi siirryttiin suunnittelemaan sovellusta, jonka saisi asennettua minitraktoriin. Suunniteltiin versio, joka kiinnitetään suoraan minitraktorin puomiin. Tosin aika nopeasti kävi selväksi, että tässäkin tapauksessa puomiin on pakko tehdä muutos, joka mahdollistaa puomin kääntyvän 90 astetta, jotta laitetta on mahdollista kuljettaa ilman suurempia ongelmia. Tämänkin sovelluksen ongelmaksi muodostuu se, että pyöriväksi osaksi on valittava varsin tukeva ainesputki, jotta se on tarpeeksi luja kestämään vaadittua rasitusta. Lisäksi rakenne myös vaatii välituen, jotta ainesputken koko ei karkaa käsistä. Minitraktoriin kiinnitettävän sovelluksen karkea rakenne tulee esille kuvassa 20.

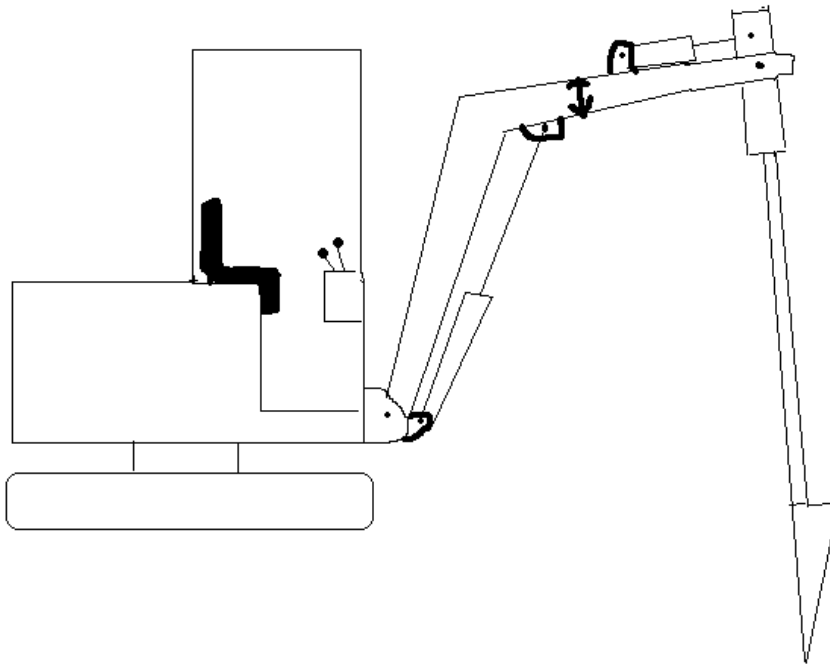


Kuva 20. Minitraktoriin kiinnitettävä jään murskain.

Kuten kuvasta 20 nähdään, minitraktorin puomin sylinteriä lyhennetään, jotta puomin on mahdollista kääntyä noin 90 astetta. Kuvassa ei kuitenkaan esiinny tukitanko, joka asennetaan noin 2 metrin korkeuteen jysinterän keskikohdasta, sen ollessa työasennossa. Tuen toinen pää kiinnitetään minitraktorin runkoon ja toiseen päähän asennetaan puolikas liukulaakeri, jotta se ei haittaa putken pyörimistä. Lisäksi terän yläpuolelle tulee kiinnittää jonkinlainen suoja, joka estää jysinterän osumisen kanavan sulun reunabetoniin.

4.2.4 Jään piikkain

Yhtenä vaihtoehtona oli laite, joka piikkaisi tuuramaisella terällä jäätä sulun reunalta. Laite perustui samaan ideaan kuin jäätä jysivä minitraktorisovellus. Tässä tapauksessa vain työliike olisi jysinnän sijasta piikkaava. Laitteen rakenne esitetään kuvassa 21.



Kuva 21. Jäätä piikkaava sovellus.

Laitteen ongelmaksi muodostuu se, että laitteen terä ei saa aiheuttaa vahinkoa sulun betoniseinille. Tämän estäminen aiheuttaa ongelmia suunnittelussa. Toinen ongelma on se, että laitetta ajetaan sulun reunalta, jolloin laitteen puomi laitetaan etuviistoon ja tällöin työstävä terä myös on vähän vinossa sulussa. Tällöin tämän ”tuuran” asento ei olisi ideaalinen sen suorittamaan työhön. Hyvä puoli taas on se, että laitteen rakenteesta tulisi mahdollisesti kevyempi kuin jysintämallista.

4.2.5 Terän suunnittelu

Terän suunnittelua varten oli tehtävä selvitystä erilaisista jysinteristä ja varsin pian kävi selville, että laitteeseen tarvittavaa noin 1,5 metriä pitkää jysinterää ei ole helppoa saada ostettua kohtuullisilla kustannuksilla. Siksi huomattavasti järkevämpi vaihtoehto on hitsata ainesputken terät, jotka saavat ainesputken alapään muistuttamaan suurta jysinterää. Lisätehtäväksi muodostui siis suunnitella oikeanlaiset kiinnitettävät terät, jotka pyöriessään jysivät jään sulun reunoilta. Yksi mahdollinen ratkaisu oli tutkia kallonporauksessa käytettävän

tekniikan soveltuvuutta jäänpoistoon. Löytyisikö sieltä ratkaisu, joka toimisi tässä tehtävässä, jossa työstöterän täytyy olla suhteellisen pitkä?

4.3 Lopullisen ratkaisun valinta

Toteutettavaksi ratkaisuksi valittiin minitraktoriin kiinnitettävä jääjyrsin. Syynä valinnalle oli laitteen parempi soveltuvuus Saimaan kanavalle, sekä Meritaito Oy:n edustajan mielipide. Meritaito Oy haluaa nimenomaisesti laitteen, jonka kanssa jäätä voi jyrsiä sulun reunoilta ajamalla koko ajan eteenpäin. Syynä tähän on se, että tarkoituksena olisi saada poistettua jäätä mahdollisimman nopeasti, koska jäästä puhdistettavia sulkuja on kahdeksan. Meritaito Oy:n tavoitteena on, että kaikki sulut ehdittäisiin poistaa jäästä yhden työpäivän aikana. Piikkaavan liikkeen kanssa työskentely olisi selkeästi hitaampaa ja ongelmia tulisi myös terän saamisessa oikeaan asentoon. Apuna lopullisen valinnan tekemiseen oli taulukon 2 esittämä vaatimuslista.

Taulukko 2. Jään murskaimen vaatimuslista.

<i>Meritaito Oy</i>		Vaatimuslista <i>Jään murskain</i>
V/T	Paino- arvo	VAATIMUKSET
		Geometria
V		Liikuntaosan leveys maks.1, 2 m
T		Teräosan minimipituus 1,5 m
		Kinematiikka
V		Puomin täytyy kääntyä 90 astetta
		Voimat
V		Täytyy kestää terän keskiosaan kohdistuva 5 kN paine
		Turvallisuus
V		Ei saa aiheuttaa vahinkoa käyttäjälle
V		Ei saa aiheuttaa vahinkoa kanavan rakenteille
		Valmistus
T		Mahdollisimman yksinkertainen valmistaa
		Kuljetus

V		Mahdollisuus kuljettaa kuorma-auton lavalla
		Kunnossapito
T		Mahdollisimman pitkät huoltovälit
		Kustannukset
T		Mahdollisimman valmistuskustannukset pienet

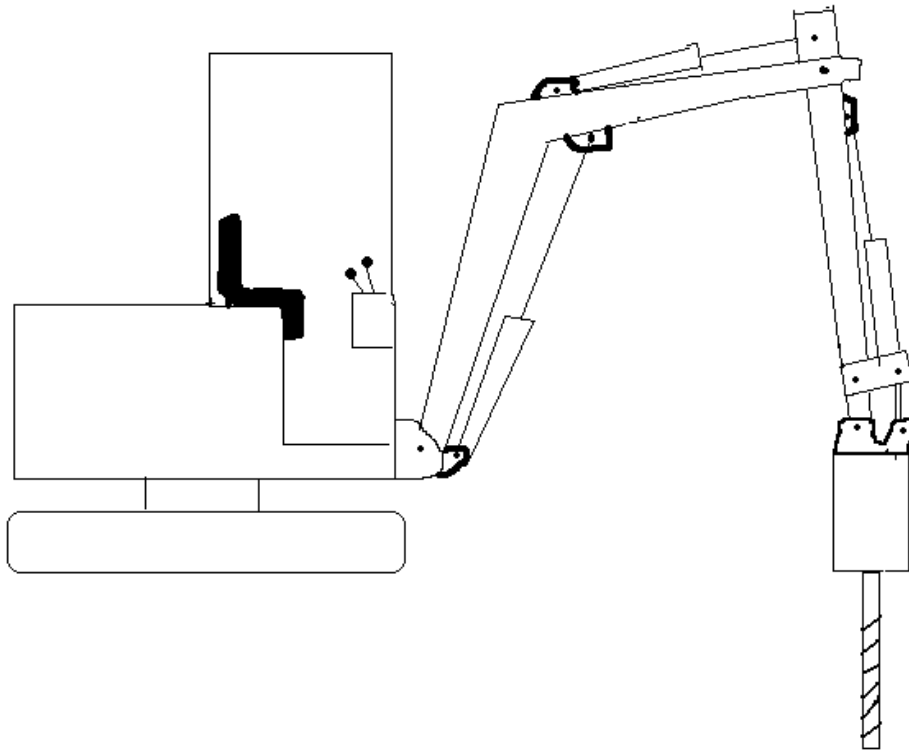
Taulukosta 2 käy ilmi jään murskaimen suunnitteluun liittyvät suurimmat vaatimukset ja toiveet. Vaatimukset ovat taulukkoon merkitty tunnuksella V ja toiveet puolestaan on merkitty tunnuksella T. Nämä vaatimukset tulee suunniteltavan jään murskaimen täyttää ja toiveet pyrin myös toteuttamaan niin hyvin kuin on mahdollista.

5 JÄÄJYRSIMEN SUUNNITTELU

Jääjyrsin tyyppisen ratkaisun tultua valituksi ratkaisumalliksi oli Meritaito Oy:lle suunniteltava toimiva jääjyrsin. Internetistä etsittiin tietoa sopivankokoisista minitraktoreista/kaivureista, joihin voi kyseisen kaltaisen jyrsinratkaisun kiinnittää. Lisäksi piti tutkia näiden minitraktoreiden mittoja ja muita teknisiä tietoja, jotta jyrsinosan suunnittelulla olisi paremmat lähtöarvot. Lisäksi oli tehtävä myös lujuslaskuja, joilla selvitettiin mittoja, voimia ja muita tietoja siitä, minkälaisia materiaaleja ja osia kyseisen kaltaiseen ajettavaan jyrsimeen tarvitaan, jotta se voisi kestää kyseisessä työtehtävässä.

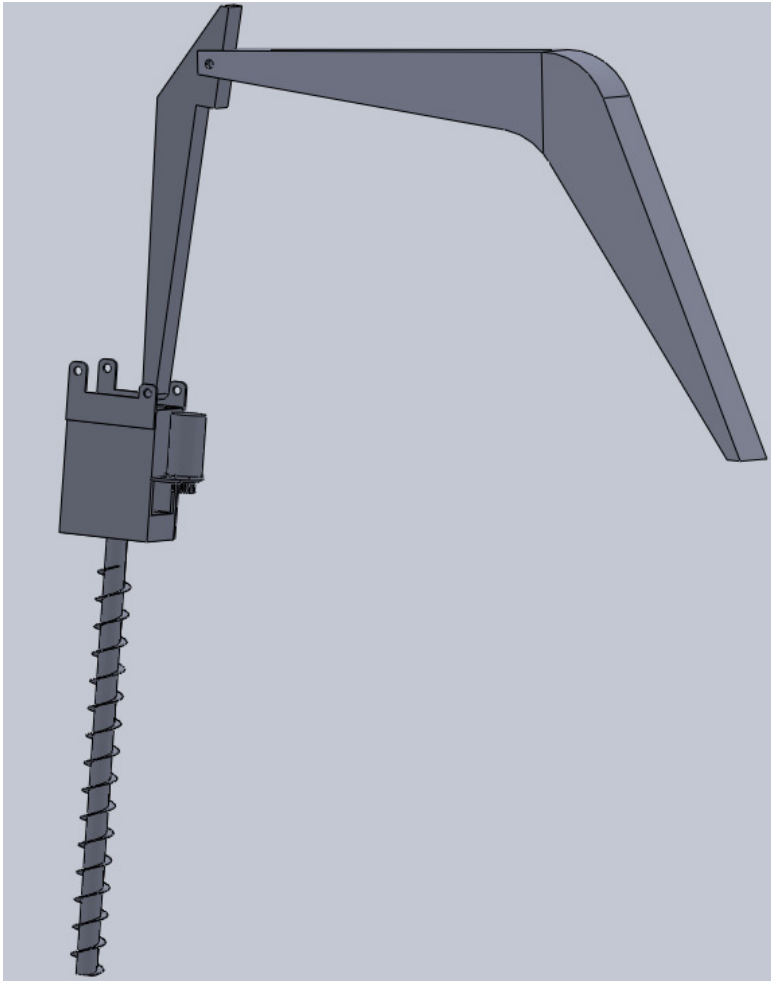
5.1 Jääjyrsimen lopullinen muoto

Laskettujen lujuslaskujen perusteella päätettiin vielä muuttaa jääjyrsimen ulkomuotoa, jotta selvittäisiin pienemmillä kustannuksilla ja kevyemmällä rakenteella. Kuvassa 22 käy ilmi minitraktoriin kiinnitettävän jääjyrsimen lopullinen muoto.



Kuva 22. Karkea versio jääjyrsimen lopullisesta mallista.

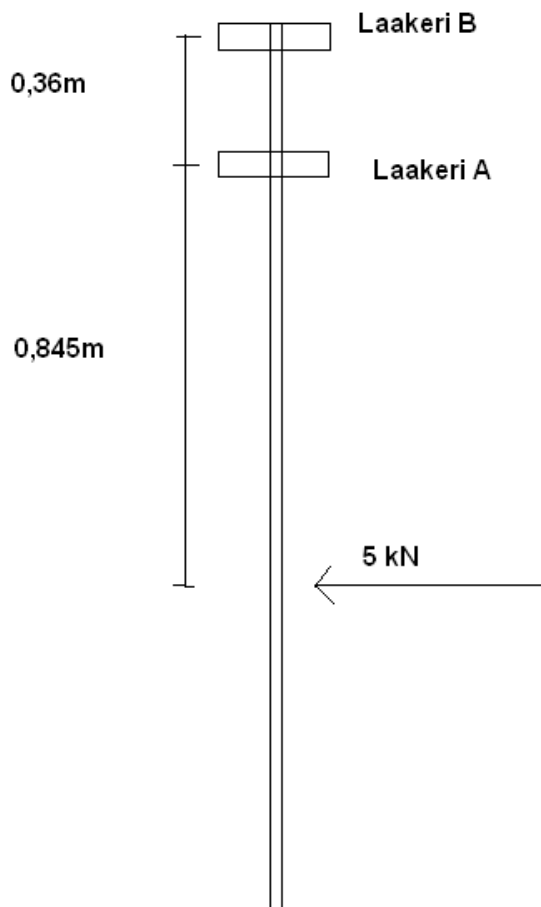
Jääjyrsimen jysinkoneisto päätettiin kiinnittää minitraktorin kauhan paikalle. Näin jysinterän kankiosaan kohdistuu pienemmät voimat ja selvittää kevyemmällä rakenteella. Lisäksi minitraktorin puomiin tarvitsee tehdä vähemmän muutoksia, eikä laitteelle tarvitse rakentaa erillistä tukitankoa. Näin ollen myös jyrsimen valmistus helpottuu. Kuva 23 esittää jääjyrsimen lopullisen muodon hahmoteltuna Solid Works -suunnitteluohjelmalla.



Kuva 23. Jääjyrsin kiinnitetään kaivurin kauhan paikalle.

5.2 Jääjyrsimen geometria

Ennen kuin jääjyrsimen suunnittelussa voi siirtyä lujuuslaskuihin täytyy laitteelle määrittää jonkinlaisia geometrisia mittoja. Kuva 24 esittää laitteen jyrsinosa geometriaa, jonka perusteella laskettiin lujuuslaskuja. Koska laakerivoimat oli pidettävä siedettävänä, valittiin jyrsimen teräosan pituudeksi 1,4 metriä.



Kuva 24. Jyrsimen kiinnityksen perusgeometriaa.

5.3 Lujuuslaskut

Jotta jääjyrsimen voi suunnitella käyttötarkoitusta varten sopivaksi, täytyy lujuuslaskujen avulla varmistaa, että konstruktiosta tulee tarpeeksi kestävä siihen kohdistuviin rasituksiin nähden.

5.3.1 Laakerivoimat

Kuvan 23 esittämän geometrian perusteella laskettiin jyrsinosan laakerivoimat.

$$M_A : -B \times 0,36m - 5kN \times 0,845m = 0 \Rightarrow B = -11,74kN \quad (5.1)$$

$$M_B : -5kN \times 1,205m + A \times 0,36m = 0 \Rightarrow A = 16,74kN \quad (5.2)$$

5.3.2 Taivutusmomentti

Edeltävässä kohdassa määriteltyjen laakerivoimien perusteella määritettiin suurin taivutusmomentti, joka kohdistuu jyrsimen kankiosaan.

$$M_{i \max} = 0,36m \times 11,74kN = 4,226kNm \quad (5.3)$$

5.3.3 Yhdistetty taivutusmomentti

Koska jyrsimen kankiosaan kohdistuu myös moottorin välittämä 115 Nm suuruinen vääntömomentti, täytyy määrittää yhdistetty taivutusmomentti.

$$M_{ti} = \sqrt{4226^2 Nm + 115^2 Nm} = 4228Nm \approx 4,23kNm \quad (5.4)$$

5.3.4 Tarvittava taivutusvastus

Seuraavaksi tuli määrittää taivutusvastus, jonka jyrsimen kankiosan täytyy omata, jotta se kestää momentin aiheuttaman voiman.

$$W_{tarv} = \frac{M_{ti}}{\sigma_{sall}} = \frac{4,23 \times 10^6 Nmm}{\frac{355 N/mm^2}{1,6}} = 19065mm^3 \quad (5.5)$$

5.3.5 Jännitykset

Koska jyrsimen kankiosaan kohdistuu väsyttävä kuormitus, täytyy kankiosaan kohdistuvan maksimijännityksen olla alle 130 MPa.

$$\sigma_{\max} = \frac{M \times y}{I} = \frac{4230 \times 10^3 \times 35}{\frac{\pi \times 70^4}{64}} = 126 N/mm^2 = 126MPa \quad (5.6)$$

Jyrsimen kankiosa tulee siis valmistaa halkaisijaltaan 70 mm paksusta tangosta, jotta jännitykset eivät nouse liian suuriksi.

5.3.6 Taivutusvastus

Tarkistetaan, että halkaisijaltaan 70 mm paksun tangon taivutusvastus riittää.

$$W = \frac{\pi \times 70^3}{32} = 33674 \text{mm}^3 > 19065 \text{mm}^3 \quad (5.7)$$

Taivutusvastus on riittävä.

6 TYÖSTÖTERÄ

Kuten kappaleessa 4.2.5 käy ilmi, täytyy koneeseen suunnitella myös oikeanlainen työstöterä jään jrsintää varten. Tutustuin erilaisiin leikkaaviin teriin, jotta löytäisin mahdollisimman sopivan terämällin jään jrsintään.

6.1 Työstöterän vaatimukset

Työstöterän vaatimuksista täytyi myös tehdä vaatimuslista, jonka perusteella valitaan oikea työstöterän malli. Vaatimuslista käy esille taulukossa 3.

Taulukko 3. Jääjrsimen terän vaatimuslista.

<i>Meritaito Oy</i>		Vaatimuslista <i>Jääjrsimen terä</i>	Sivu 31/41
V/T	Paino- arvo	VAATIMUKSET	Vastaava / Muutokset / Avainsana
V		Kyky jrsiä jäätä kahteen suuntaan	
T		Mahdollisimman kevyt rakenne	
V		Terän pituus noin 1,5 metriä	
T		Mahdollisimman pitkä käyttöikä	
V		Ei lastuamistestien tarvetta	
T		Kustannuksiltaan mahdollisimman edullinen	
V		Ei saa aiheuttaa vaaraa sulkurakenteille	
V		Ei saa aiheuttaa vaaraa laitteen käyttäjille	

Taulukosta 3 tulee esille jääjyrsimen terän valintaan ja suunnitteluun vaikuttavat vaatimukset ja toiveet. Vaatimukset ovat merkitty taulukkoon kirjaimella V ja toiveet kirjaimella T. Terää suunniteltaessa tulee kaikkien vaatimusten täytyä, sekä toiveet tulee pyrkiä toteuttamaan mahdollisimman tarkasti.

6.2 Työstöterän vaihtoehdot

Valittaessa terää jääjyrsimeen nousi esille kaksi erilaista vaihtoehtoa. Ensimmäiseksi vaihtoehdoksi muodostui ratkaisu, jossa jyrsinterä valmistettaisiin liittämällä jyrsimen kankiosana toimivaan ainesputkeen 1,4 metrin alueelle joko ruuveilla tai hitsaamalla jyrsiviä teräosia.

Toiseksi vaihtoehdoksi muodostui malli, jossa jyrsimen terä ja kankiosaksi hankittaisiin valmis ruuvikuljetin, jonka kuljentinosana toimivasta kierteestä muovattaisiin jäätä jyrsivä terä, joko liittämällä siihen jäätä jyrsiviä osia tai koneistamalla siihen niin sanottuja hammastuksia, jotka jyrsisivät jäätä.

6.3. Työstöterän valinta

Työstöteräksi valittiin kuljetinruuvivaihtoehto. Todettiin, että kyseinen vaihtoehto on helpommin toteutettavissa sekä suunnittelun kannalta helpompi. Lujuuslaskujen perusteella työstöterän pituudeksi tuli 1,2 metriä.

6.4 Työstöterän lopullinen muoto

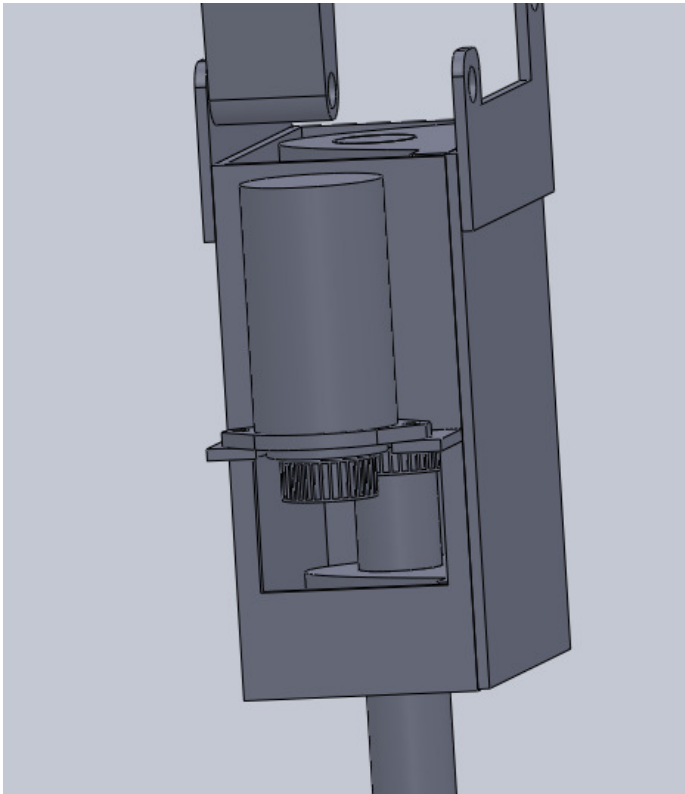
Työstöterän lopullinen muoto jää ratkaistavaksi Meritaito Oy:n harkinnan ja testauksen mukaan. Valittuun kuljetinruuvi vaihtoehtoon on mahdollista koneistaa hammastuksia tai kiinnittää jäätä murskaavia teriä. Tietoa kyseisten vaihtoehtojen kyvystä poistaa jäätä on niin vähän, että laitteen mahdollisimman hyvän toimintakyvyn aikaansaamiseksi on syytä testata kumpaakin mahdollisuutta.

7 KÄYTTÖ

Jääjyrsimen teräosalle täytyy myös suunnitella käyttötapa. Käyttötavaksi valittiin hydraulimoottori, joka pyörittää jyrsimen terää hammashihnavälityksen avulla.

7.1 Moottori

Jyrsimen käyttömoottoriksi valittiin Eaton 74318/74348 tyyppinen hydraulimoottori, joka kiinnitetään jyrsimen kotelo-osaan kuvan 25 esittämällä tavalla.



Kuva 25. Hydraulimoottori on kiinnitetty jääjyrsimen kotelo-osaan.

Moottori kiinnitetään hitsaamalla jyrsimen kotelo-osaan erillinen metallipala, johon moottori kiinnitetään pulteilla.

7.2 Hammashihnakäyttö

Hydraulimoottorin tuottama pyörimisliike välitetään jyrsimen teräosaan hammashihnakäytön avulla. Hammashihnaksi valittiin Megadynen ISORAN RPP8 Gold -hihna ja siihen sopivat hammashihnapyörät. Hammashihnapyörät valitaan niin, että halkaisijaltaan pienempi moottoriin kiinnitetty pyörä pyörii 500 rpm nopeudella ja suurempi jyrsimen kankiosaan kiinnitetty pyörä pyörii hihnavälityksen avulla 350 rpm nopeudella, jolloin jyrsimen terälle saadaan haluttu pyörimisnopeus. Hammashihnan paksuudeksi valittiin 30 mm.

7.2.1 Hammashihnapyörät

Tutkimalla pyörien pyörimisnopeuksia havaitaan, että pyörien suhde on $350 / 500 = 0,7$. Käyttäen tätä suhdetta valitaan Megadynen taulukosta pyöriksi 31 GLD8, jonka halkaisija on 78,94 mm ja 44 GLD8, jonka halkaisija on 112,04 mm. Hammashihnapyöristä ainakin suurempi joudutaan tilaamaan erikoisvalmisteena, koska hammashihnapyöriä ei tyypillisesti kiinnitetä 70 mm halkaisijan omaaviin akseleihin.

7.2.2 Hammashihna

Valittujen hammashihnapyörien perusteella lasketaan hammashihnan pituus.

$$L_p = 2 \times 241,54 \text{ mm} \times \cos 4,04^\circ + \frac{\pi \times (112,04 \text{ mm} + 78,94 \text{ mm})}{2} + \frac{\pi \times 4,04 \times (112,04 \text{ mm} + 78,94 \text{ mm})}{180} = 795,33 \text{ mm}$$

(7.1)

Valitaan hihnanpituudeksi Megadynen taulukosta 800 mm.

7.3 Hydrauliiikka

Jääjyrsimen teräosan pyörittämiseen käytetään hydraulimoottoria, joka kiinnitetään minikaivurin hydrauliiikkaan. Terää pyörittävän moottorin tilavuusvirran (Q) tarve on Eatonin taulukon mukaan 500 rpm kierrosnopeudella noin 30 l/min. Tarve kasvaa, jos moottorin kierrosnopeutta päätetään nostaa.

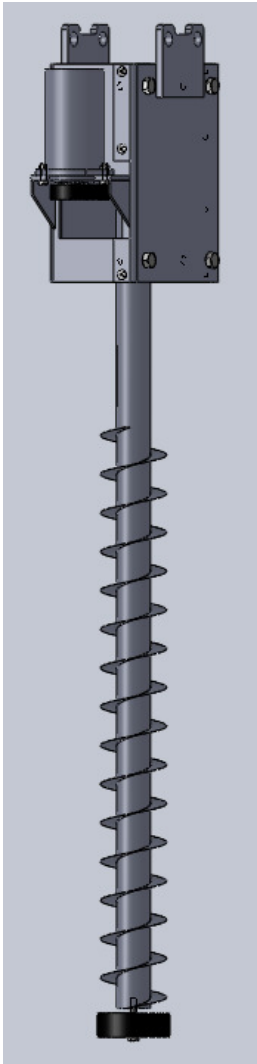
Jos kaivurin sylintereitä halutaan ajaa terän moottorin ollessa käynnissä, on kaivurin hydraulikkaan lisättävä linjasäädin, joka tasaa komponenttien hydraulinesteen käyttöä. Tällöin on kuitenkin myös syytä tarkistaa kaivurin hydraulipumpun kyky tuottaa tarvittava määrä tilavuusvirtaa. Lähtökohtaisesti kaivurin hydraulisylintereitä ei tarvitse ajaa samaan aikaan terän moottorin kanssa, vaan ensin ajetaan terä haluttuun asentoon ja vasta sen jälkeen aloitetaan jään jyräily.

7.4 Laakereiden valinta

Kohdassa 5.3.1 suoritettujen laakerivoimien määritysten mukaan valitaan jyräilylaakeriksi kaksi kappaletta SKF SYNT 70F- laakeriyksikköä. SKF:n laskurin mukaan kyseisen yksikön sisältämä 22214 E-laakeri antaa laakerin kestoikäksi yli 80000 tuntia, joten laakerin kestoikä on tarpeeksi pitkä.

7.5 Turvallisuus

Koska jyräilylaakeri ei saa vahingoittaa kanavan reunabetoneja, täytyy jyräilylaakerin teräosan kantaan kiinnittää pyörä, joka estää jyräilylaakerin vahingoittamasta betoneja. Pohjapyöräksi valittiin SI-150 VV/KL niminen kovakumipyörä. Pyörä sisältää oman laakerinsa, joten sille ei tarvitse erikseen hankkia laakeria. Kuvassa 26 näkyy jääjyräilylaakerin lopullinen muoto ja sulkurakenteita suojeleva pohjapyörä.



Kuva 26. Lopullinen jääjyrsin.

Laitteen käyttöturvallisuuden kannalta on myös tarpeellista, että jään murskaamiseen laitteen avulla osallistuu kaksi työntekijää. Toinen ohjaa kaivuria ja jyrsiä sekä toinen tarkkailee jään poistotapahtumaa ja varoittaa laitetta käyttävää henkilöä, jos jään poistossa ilmenee ongelmia.

Laitetta olisi myös järkevää käyttää niin, että terän pyörintäliike kohdistuisi ajettavaa sulunreunaa kohti, jotta irtoava jäämurska ei aiheuttaisi vaaraa lähistöllä oleville ihmisille.

8 PÄÄTELMÄT

Tehtävänä ollut jään murskaimen suunnittelu Meritaito Oy:lle sekä Saimaan kanavalle tarjosi loistavan tilaisuuden tutustua käytännössä laitteen suunnitteluun, vaikka itse opiskelenkin konetekniikan tuotanto- ja kunnossapitolinjaa. Työ antoi minulle uusia näkökulmia suunnittelutyön haasteista ja käytännön työskentelystä suunnittelutyön parissa.

Itselleni tärkeä havainto oli huomata, kuinka paljon työtä yksinkertaistenkin konstruktioiden suunnittelu voi teettää, jos suunniteltava laite tulee käyttöön erikoisolosuhteisiin. Jäänmurskainta suunniteltaessa oli otettava huomioon monia erilaisia teknisiä seikkoja ja olosuhteita, jotka vaikuttavat Saimaan kanavalla. Vastaavanlaista laitetta ei ainakaan minun tietääkseni ole aiemmin suunniteltu, joten työtä tehdessä täytyi niin sanotusti keksiä uutta, vaikka lopullinen laite koostuukin pitkälti jo valmiiksi käytössä olevien laitteiden ja komponenttien yhdistämisestä.

Tehdyn työn tulokset tulevat näkyviin parhaiten, jos Meritaito Oy päättää valmistaa laitteesta prototyypin ja testata laitteen toimivuutta. Toisaalta vaikka laite jäisikin vain suunnitteluasteelle, toimii työni joka tapauksessa apuna, kun kanavan jään poistoa kehitetään.

Teknisen oppimisen kannalta opinnäytetyö lähensi koulussa saamiani teoretietoja ja käytännön toimintaa työn teon parissa. Lisäksi työtä tehdessäni sain tutustua lähemmin esimerkiksi erilaisten laakereiden ja hydraulikkamoottoreiden toimintaan ja näin syventää tietojani niiden osalta.

KUVAT

Kuva 1. Kanavassa liikennöivän aluksen maksimimitat, s. 7

Kuva 2. Jään sahausta Wisconsinissa 1920-luvulla, s. 10

Kuva 3. Vanha jääsaha, s. 10

Kuva 4. Nykyaikainen jääsaha, s. 10

Kuva 5. Jään sahaukseen sopiva moottorisaha, s. 10

Kuva 6. Jään poisto lentokoneen siiveltä, s. 11

Kuva 7. Jäänleikkauskone 1920-luvulta, s. 12

Kuva 8. Kaivuriin kiinnitetty jääsaha, s. 12

Kuva 9. Jäämestarit Oy:n jääjyrsin, s. 13

Kuva 10. Jäämestarit Oy:n jääjyrsin toiminnassa, s. 13

Kuva 11. Jäänsahauskone, s. 14

Kuva 12. Jääpatin sijainti, s. 15

Kuva 13. Sulun mittoja, s. 15

Kuva 14. Jääpatin syntyminen, s. 16

Kuva 15. Jääpatit luonnossa, s. 16

Kuva 16. Liikkuvan pollarin kohta, s. 19

Kuva 17. Brokk piikkausrobotti, s. 20

Kuva 18. Minikaivuri, s. 20

Kuva 19. Karkeaversio piikkausrobotista muokattuun jään murskaimeen, s. 21

Kuva 20. Minitraktoriin kiinnitettävä jään murskain, s. 23

Kuva 21. Jäätä piikkaava sovellus, s. 24

Kuva 22. Karkea versio jääjyrsimen lopullisesta mallista, s. 27

Kuva 23. Jääjyrsin hahmoteltuna SolidWorksilla, s. 28

Kuva 24. Jyrsimen kiinnityksen perus geometriaa, s. 29

Kuva 25. Hydraulimoottorin kiinnitys jyrsimeen, s. 33

Kuva 26. Lopullinen jääjyrsin, s. 36

TAULUKOT

Taulukko 1. Saimaan kanavan sulut ja putouskorkeudet, s. 7

Taulukko 2. Jään murskaimen vaatimuslista, s. 25

Taulukko 3. Jää jyrsimen terän vaatimuslista, s. 31

LÄHTEET

BC Hardscapes, equipment. <http://www.bchardscapes.com/equipment.html> (Luettu 26.11.2010)

Green Trail Oy. Kalastustarvikkeet. <http://www.greentrail.fi/> (Luettu 12.11.2010)

HVM, kalusto. <http://www.hv-maarakennus.fi/kalusto.htm> (Luettu 12.8.2010)

Jenergia, Jyväskylän Energia-yhtiöiden asiakaslehti (1/2006) .
<http://www.jenergialehti.fi/index2.php?id=18&articleId=175&type=4> (Luettu 25.11.2010)

Jonsered. Moottorisahavalmistaja. <http://www.jonsered.fi/node246.aspx> (Luettu 15.11.2010)

Merenkulku.fi. Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusviraston www-sivut. http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi (Luettu 10.10.2010)

Merenkulku.fi. Liikenneviraston ja Liikenteen turvallisuusviraston www-sivut. Saimaan kanavan historia. http://portal.fma.fi/sivu/www/fma_fi/merenkulun_palvelut/vaylat_kanavat/kanava_t/saimaankanava/saimaankanavanhistori (Luettu 25.10.2010)

Northport, Michigan, kotisivut. <http://www.leelanau.com/northport/northport-history.html> (Luettu 20.11.2010)

Sarka, Suomen maatalousmuseo. <http://www.sarka.fi/> (Luettu 10.11.2010)

Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelu, toiminta tulvatilanteessa. <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8172&lan=sv> (Luettu 25.11.2010)

Weather Almanac. The Weather Doctor. <http://www.islandnet.com/~see/weather/almanac/arc2005/alm05jan.htm> (Luettu 1.11.2010)

Wikipedia, deicing. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Aircraft_Deicing_Syracuse.jpg (Luettu 17.11.2010)