



**EESTI MAAÜLIKOOL**  
**Tehnikainstituut**

**Janno Jõesaar**

**VEEKOGU HOOLDUSNIIDUKITE UURIMUS**

RESEARCH OF AQUATIC WEED HARVESTERS

Bakalaureusetöö  
Tehnika ja tehnoloogia õppekava

Juhendaja: lektor Lemmik Käis

**Tartu 2017**

## ABSTRACT

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor's Thesis	
Author: Janno Jõesaar		Speciality: Tehnika ja tehnoloogia	
Title: RESEARCH OF AQUATIC WEED HARVESTERS			
Pages: 44	Figures: 21	Tables: 5	Appendixes: 4
Department: Põllundus- ja tootmistehnika osakond  Field of research: 4. Natural Sciences and Engineering 4.16. Biotechnology relating to Natural Sciences and Engineering T 420 Agricultural engineering, agricultural machines, farmhouse construction Supervisors: Lektor Lemmik Käis  Place and date: Tartu 2017			
<p>The present bachelor thesis did a research about different aquatic weed harvesters. Studied plants for which there is a need to plan the harvester. Covers different solutions raft buoyancy of the raft and made the necessary calculations for the load-bearing capacity. In addition to examining how the raft is distributed to the masses. Explores the power starts to move and the raft that makes the cutting mechanism in motion. Cutting mechanism to select different hay meadow investigated solutions that would be suitable for this project. It also points to the cutter mechanism for alternative solutions. Alternative solutions among choose out of square teeth mowing solution. In this solution, the Solid Edge environment and prepare drawings for a smaller type of model tests in order to see how this solution would work. During the tests will explain out of the power should be cut in a variety of aquatic weeds. Using Solid Edge 3D aquatic harvester program drawn up, which would be suitable for a small Estonian lakes and ponds. Checked whether the proposed raft meets the criteria that was previously set, namely the weight and size.</p>			
Keywords: aquatic harvester, mechanism, cutting			

# LÜHIKOKKUVÕTE

Eesti Maaülikool		Bakalaureusetöö lühikokkuvõte	
Kreutzwaldi 1, Tartu 51014			
Autor: Janno Jõesaar		Õppekava: Tehnika ja tehnoloogia	
Pealkiri: Veekogu hooldusniidukite uurimus			
Lehekülgi: 44	Jooniseid: 21	Tabeleid: 5	Lisasid: 4
Osakond: Põllumajandus- ja tootmistehnika osakond			
Uurimisvaldkond:			
4. Loodusteadused ja tehnika			
4.16. Biotehnoloogia (loodusteadused ja tehnika)			
T 420 Põllumajandustehnika, põllumajandusmasinad, põllumajanduslike hoonete ehitus			
Juhendaja: Lektor Lemmik Käis			
Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu 2017			
<p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärk on läbi viia uurimus erinevate lahendustega hooldusniidukite kohta. Uuritakse taimi, mille jaoks on vaja kavandada antud niiduk. Käidakse läbi erinevad lahendused parve ujuvuse kohta ja tehakse vajalikud arvutused parve kandevõime jaoks. Lisaks uuritakse kuidas jaotuvad parve peal massid. Uuritakse, mis jõul hakkab parv liikuma ja, mis paneb niitmise mehhanismi tööseadme liikuma. Lõikeseadme valimiseks uuritakse erinevaid heinaniidu lahendusi, mis võiksid sobida antud projekti jaoks. Tuuakse välja ka alternatiivseid niitmise seadme lahendusi. Alternatiivsete lahenduste hulgast valiktakse välja kandiliste hammastega lattniidukilaadne niidulahendus. Antud lahendusest tehakse Solid Edge ST8 keskkonnas joonised ja valmistatakse katsete jaoks väiksemat tüüpi mudel, et saaks näha kuidas antud lahendus töötaks. Katsete käigus selgatakse välja millise jõuga tuleb lõigata erinevaid veetaimi. Kasutades Solid Edge 3D programmi koostatakse hooldusniiduk, mis oleks sobilik Eesti väikeveekogude jaoks. Kontrollitakse, kas kavandatud parv vastab kriteeriumitele, mis oli eelnevalt seatud, milleks olid mass ja mõõtmed.</p>			
Märksõnad: hooldusniiduk, pontoonparv, niitmise (katse) seade			

# SISUKORD

ABSTRACT .....	2
LÜHIKOKKUVÕTE .....	3
SISUKORD .....	4
SISSEJUHATUS .....	5
1. VEETAIMED JA VEEKOGUDE HOOLDAMINE.....	7
2. VEETAIMEDE HOOLDUSNIIDUKI KIRJELDUS .....	12
3. HOOLDUSNIIDUKI ARENDUS.....	13
3.1. Kasutatav terminoloogia .....	13
3.2. Ujuvus ja kandevoime .....	13
3.3. Parve liikumine .....	18
3.4. Niitmise seadme tootearendus .....	19
3.5. Pontoonparv tüüpi hooldusniiduk .....	33
KOKKUVÕTE .....	35
KASUTATUD KIRJANDUS .....	36
Summary .....	38
LISAD.....	39
Lisa 1. Pontoonparve mudeli eestvaade.....	40
Lisa 2. Pontoonparve mudeli paremaltvaade .....	41
Lisa 3. Pontoonparve mudeli vasakultvaade.....	42
Lisa 4. Pontoonparve mudeli tagantvaade .....	43

# SISSEJUHATUS

Veekogude rohkuse tõttu on Eestis tekkimas vajadus veesilmade hooldamise järele. Veekogude hoolduse all mõeldakse eriti intensiivse kasvuga taimede eemaldamist. Taimede kasv on peamiselt põhjustatud sellest, et veekogud on madala põhjalised. Madalad veekogud on head elukohad erinevatele taime- ja loomaliikidele. Madalad veekogud on enamjaolt toitainerikkad, mis soosivad taimede kasvu. Veetaimede eemaldamiseks on mitmeid võimalusi. Üheks võimaluseks on veetaimed eemaldada spetsiaalselt selle jaoks ehitatud hooldusniidukiga. Teisteks võimalusteks on kasutada herbitsiide, eemaldada käsitsi kitkudes või kasutades abivahendeid nagu näiteks kaldareha. [15]

Antud lõputöö eesmärk on uurida veekogu hooldusniidukeid ja projekteeritakse ning mudelleeritakse sobivaim niitmaks Eesti väiksemaid veekogusid. Kriteeriumiteks seatakse antud töös kaalupiirang, mis ei tohiks ületada 350 kg ja mõõtmed, mis peaksid olema pikkuselt alla 3000 mm ja laiuselt alla 1500 mm, et võimaldaks vedada niidukit kerghaagisega.

Töö ülesanded:

1. Uurida taimi ja veekeskkonda.
2. Teha ülevaade olemasolevatest hooldusniidukitest.
3. Hooldusniiduki lahenduse projekteerimine (Solid Edge ST8).
4. Uurida erinevate heinaniidukite lõikeseadmete tööd.
5. Alternatiivsete tööseadmete projekteerimine.
6. Ühe teatud tööseadme lahenduse edasiarendus.
7. Lõikekatsete teostamine.
8. Katsete analüüs.
9. Hooldusniiduki koostamine.
10. Kokkuvõtte tegemine.

Töö läbiviimisel peaks tekkima arusaam, miks tuleb veekogusid hooldada ja millised lahendusi on selleks. Tuuakse välja miks just hooldusniiduk võiks olla kõige sobilikum. Uuritakse erinevaid niitmise mehhanisme, mis võiksid sobida niitmaks vee keskkonnas ja mis ei sobi selleks üldse. Töös tuuakse välja üks võimalik töötav niitmise seade, mille järgi valmistatakse mudel, millega viiakse läbi katsed. Katsete tulemusena saadakse teada kui

suurt jõudu peab rakendama lõikeseade veetaimede lõikamiseks. Katsetega selgitatakse välja, kas antud lahendus on sobilik lõikama erinevaid veetaimi.

Antud töö on ülesehituselt uurimusliku suunitlusega, millel on ka praktiline osa. Kirjandus analüüsina uuritakse erinevaid taimi ja mille pärast tuleks neid eemaldada. Lisaks vaadeldakse erinevaid võimalikke eemaldamise meetodeid. Seejärel keskendutakse hooldusniiduki arendusele, kus võetakse läbi erinevad punktid. Esiteks uuritakse kuidas oleks kõige mõistlikum muuta niiduk ujuvaks. Teiseks, mis oleks jõuallikaks ja kuidas parv liiguks. Kolmandaks uuritakse milliseid lahendusi on kasutatakse taimede niitmisel. Tuues välja kõikide uuritavate niitmise seadmete eelised ja puudused. Parimale lahendusele valmistatakse katseseade, millega viiakse läbi erinevad lõikekatsed. Seejärel analüüsitakse tehtud katseid. Uurimustöö lõpuks komplekteeritakse pontoonparv tüüpi hooldusniiduk.

# 1. VEETAIMED JA VEEKOGUDE HOOLDAMINE

## Siseveekogude fauna ja flora

Veekogudes on tähtis roll veetaimedel. Taimed tagavad veekogu isepuhastusvõime, toodavad hapnikku, pakuvad veekoguelanikele toitu ning varjumis- ja varitsuspaiku. Mitut liiki loomadele on taimed vajalikud ka paljunemiseks. Ühtlasi on taimed head veekogu seisukorra indikaatorid. Kui aga taimed vohavad on tegemist toitainete üleküllusega. Toitaineterikkas veekogus võtavad sageli võimust taimeliigid (nt: laialeheline hundinui, pilliroog), mis tõrjuvad teised veetaimed välja. Liigne taimestik varjab päikesevalguse, muutes veekogus oleva vee külmaks. Selle tõttu osa taimi laguneb tuues sellega omakorda kaasa hapnikupuuduse, mille tõttu loomastik hakkab antud veekogus vähenema. Hundinui näitab küll suurt toitainete sisaldust vees, kuid toimib samas ka vee puhastajana. Hoolimata sellest tuleks hoida hundinuia levikut kontrolli all, kuna taim soodustab veekogu kinnikasvamist ja omakorda teiste liikide hävimist antud keskkonnas. [15]

Probleeme tekitavate suurtaimestiku uurimusena kirjeldatakse taimi lähemalt, mis on probleemiks erinevate väikeste veekogude kinnikasvamisel.

## Harilik pilliroog (*Phragmites australis*)

Laia ökoloogilise amplituudiga taim. Leplik põhja iseloomu ja vee keemilise koostise suhtes. Võib kasvada nii niiskel pinnasel kui ka 1,5-2 meetri sügavuses vees. Talub ka hästi tuult ja lainetust. Selle tõttu paljudes veekogudes domineeriv. [1]

## Järvkaisel (*Scoenoplectus lacustris*)

Natuke väiksema leviku alaga taim kui pilliroog. Eelistab kasvukohaks toitaineterikkamat vett ja mudastunud põhja. Madalamates veekogudes kasvab 1,5-2 meetri sügavusel. [1]

## Hundinuiad (*Typha s.*)

Eestis esindatud kahe liigiga. Tuntum, laialeheline hundinui, kasvab rohkem soodes, soostunud ja õõtsikkallastel ning väikeveekogudes kui järvevees.

Ahtaleheline hundinui on rohketoiteliste järvede kaldaveetaim. Tema levik annab märku järve vananemisest. Eelistab kasvuks mudast pinda. Hundinuiad on tugevad veekogude kinnikasvatajad oma taimelise massi ja juurestiku tõttu. [1]

### **Kalmus (*Acorus calamus*)**

Paljuneb juurevõsundite abil, kuna seemned Euroopas ei valmi. Asustab inimtegevusest mõjutatud veekogusid ja veekogude külastatavamaid kaldalõike. Näitab toitainete sissetuleku kohti. [1]

### **Niitmise vajalikkus**

Veekogude tervendamise ja hooldamise põhivõtteks on liigse taimemassi eemaldamine veekogust pikema aja jooksul. Kuid see töö ei lõppe, nagu ka igasugune muu aia- või põllutöö. Taimestiku eemaldamist tuleks alustada talvel kuivanud taimevarte koristamisest. Suve jooksul tuleks niita ja eemaldada liigne taimemass - esimesel aastal kaks kuni kolm korda, hiljem piisab juba vähemast. Selle tulemusel kurnatakse taimed, nende kasv väheneb ja taimestik hõreneb. Kalda- ja veetaimestiku ohtrale levikule aitavad kaasa toitainete rikkad setted. Levinumad taimed on pilliroog, hundinui ja järvekaisel, mille kasvualad võivad olla sedavõrd ulatuslikud, et piiravad pääsu veekogule. Kaldalähedases vees jätkub muda ja kõduneva taimestiku kuhjumine seega suureneb veekogu sisekoormus. Selliste omadustega veekogud ei sobi puhke- ega kalamajandusliku kasutamise seisukohast. Soovituslik on roostiku leviku piiramiseks pidevalt niita. Kõige õigem aeg roostiku niitmiseks on hilissuvi. Roostiku täielikuks eemaldamiseks tuleks veel pärast niitmist juurestik purustada rootorkultivaatoriga 20-35 cm sügavuseni. Taimestiku eemaldamisel ei tohiks piirduda üksnes niitmise, vaid niidetud materjal tuleks ka pärast ära koristada, sest vesi muidu rikastub täiendavalt toitainete ja kahjulike ühenditega. Veetaimestiku eemaldamisel tuleb lähtuda pigem tervendamise põhimõttest, st tähelepanu pöörata ökoloogilise seisukorra paranemisele, sest veekogu ääristaval taimestikul on tähtis roll vette saabuvate toitainete kinnipidamisel. Enne taimestiku eemaldamist tuleks läbi viia uuringud, et saada andmeid taimestiku koguse ja koosseisu kohta ja välja selgitada, et antud veekogus ei oleks haruldasi liike. Looduskaitse all olevate taimede eemaldamine on kuritegu. Taimestiku eemaldamine veekogust peab olema hästi läbi mõeldud ja selle teostamine väikeses ulatuses on kasulik rikkaliku kalda- ja veetaimestikuga järvedel. Taimestikurikastel suurtel järvedel on soovitatav niita kitsaste 10- meetriste, äärmisel juhul kuni 30-meetriste sektoritena roostikes



ja nendes piirkondades ka veesise taimestiku osaline piiramine. Kui järves on piisavalt suuri taimestikuvabu alasid, siis teostatakse roostike ja veetaimestiku piiramist. Lähtutakse otsesest vajadusest järvele pääsu või supluskohta tarvis. Ära niidetud taimede ladustamine peaks toimuma veekogust eemal. Töid veetaimestiku eemaldamiseks ja roostike niitmiseks võib sageli üheaegselt teostada. [6] [11] [13]

Veetaimede olemasolevate hooldusniidukite ülevaatenähtena tuuakse välja erinevad laiast maailmast leitavad niidumasinad. Hooldusniidukite juurde tuuakse välja mõningad neid masinaid iseloomustavad näitajad, et oleks ülevaade millise suuruse ja võimsusega niidukitega on tegemist ning juurde lisatakse pilt antud seadmest.

### **Truxor 5000 andmed :**

- Mootor: Kubota D1305 diisel mootor 29 hp
- Mõõdud: pikkus 4,7 m, laius 2,06 m ja kõrgus 2,1 m
- Kaal: 1380 kg
- Ujuvus: pontoonid, mis on valmistatud merevees vastupidavast alumiiniumist
- Liikumine/töötamine: lahendatud hüdrosteemiga, kus üks juhtkang juhhib niidumasina liikumist ja teisega reguleeritakse niitmise seadme kõrgust
- Kiirus: 0-100 m/min
- Niidusügavus: 0-1,4 m
- Niitmise mehhanism: vikatniiduk [14]



**Joonis 1.1.** Truxor 5000 [14]

## Aqua Tractor

- Mootor: Kubota V 1500 cc vesijahutusega diisel
- Mõõdud: pikkus 6,07 m, laius 1,8 m ja kõrgus 1,6 m
- Kaal: 2280 kg
- Ujuvus: pontoon 3 mm paksusest pehmest terasest plaatidest (võimalik ka tellida merevees vastupidavast alumiiniumist)
- Niidusügavus: 0-1,95 m
- Niitmise mehhanism: vikatniiduk [2]



**Joonis 1.2.** Aqua Tractor [2]

## Hockney HC-10H

- Mootor: Briggs & Stratton 8 hp
- Mõõdud: pikkus 3,65 m, laius 1,22 m, kõrgus 0,3 m
- Kaal: 220 kg
- Niiduulatus: 0-1,5 m ja veepinnast üleval pool kuni 0,45 m
- Niitmise mehhanism: vikatniiduk [8]



**Joonis 1.3.** Hockney HC-10H [8]

### **Hooldusniidukite kokkuvõte**

Hooldusniidukeid on erinevaid, kuid nende niitmise mehhanismid on üldiselt samalaadsed ehk vikatniiduki tööpõhimõttel ülesse ehitatud. Sarnaselt on enamus neid tüüpi niidukeid ehitatud pontoonide peale. Samuti kasutavad kõik niidukid töötamiseks sisepõlemismootoreid, mis annavad jõu hüdroüsteemile. Erinevusena võiks välja tuua nende suuruste ja masside erinevused. Vaadeldi väiksemat tüüpi hooldusniidukeid, kuna planeeritav niiduk hakkaks konkureerima väiksemat tüüpi niidukitega, mis on sobilikumad väiksemate veekogude jaoks.

## **2. VEETAIMEDE HOOLDUSNIIDUKI KIRJELDUS**

### **Hooldusniiduk**

Veetaimede hooldusniiduk on seade, mida kasutatakse veealuse umbrohu, pilliroo ja muude veetaimede eemaldamiseks. Antud tegevust võib ka nimetada veekeskkonna koristamiseks. Veekogu hooldusniidukid on välja töötatud, et saaks eemaldada järvedest, jõgedest ja tiikidest üleliigsed veeorganismid nagu vetikad ja muud taimed, mis võivad negatiivselt mõjuda veekogu ökoloogiale. Suured ujuvad mehhaanilised kombainid on seadmed, millel on veealused lõiketerad veetaimede varte lõikamiseks. Selle töö tagajärjena tekivad taimejäätmel, mis tuleb kokku koguda ja toimetada kaldale. Taimede kaldale saamiseks kasutatakse kas käsitsi korjamist, konveiersüsteemi või pumpa. Veetaimede jääke komposteeritakse, kasutatakse maaparanduses või viiakse ära prügilasse. Koristatud taimestikku kasutatakse ka loomade söödaks. Kui tahetakse veetaimi transportida edasi siis lastakse sel kuivada või purustatakse ja pressitakse, et vähendada vee sisaldust, mis omakorda muudab transportimise kergemaks. [15]

### **Eelised ja puudused**

Veetaimede hooldusniidukite kasutamine veekogudes võib olla efektiivne, aga masina kasutamine on kallis ja antud protsessi tuleks korrata mitmed korrad veetaimede kasvuperioodil jooksul. Väike osa veetaimede jääke jääb veekogusse ja see võib soodustada taimede levikut uutesse kohtadesse. Osa veekogusi võivad olla osaliselt liiga madalad kasutamaks hooldusniidukit seega niitmata võivad jääda kohad kuhu antud seadmega ei pääse. Ohtlikud on antud seadmetele kändud ja kivid, mis võivad kahjustada niitmise mehhanismi. Alternatiiviks mehhaanilisele eemaldamisele oleks herbitsiidide kasutamine, mida on lihtne rakendada ja on odavam, kuid sel võib olla soovimatu mõju keskkonnale. Alati jääb ka võimalus eemaldada taimed veekogust käsitsi kasutades selleks kaldareha, mis võib olla küll aeganõudev aga samas ka ohutum vee keskkonnale, kui kasutades herbitsiide.

## **3. HOOLDUSNIIDUKI ARENDUS**

### **3.1. Kasutatav terminoloogia**

Seadis – tarinduselt terviklik, kuid iseseisvalt mittekasutatav seadme, aparaadi või masina osa.

Seadeldis – masinavärk, kaadervärk.

Seade – omavahel ühendatud seadiste või plokkide kogum.

Pontoon – ujuk, ujusild,

Pontoonparv – ujuv parv, hooldusniiduki lahendus

Sõuratas (sõude ratas) – parve liikuma panev labadega ratas

### **3.2. Ujuvus ja kandevõime**

#### **Paat**

Ujuvuse saavutamiseks on lahendus kasutada paati. Paate valmistatakse puidust, alumiiniumist ja plastikust. Paadid on erineva kuju, pikkuse ja laiusega, mis annab neile erineva kandevõime ja stabiilsuse. Enamus paadid on kiiluga aga on ka olemas lamedapõhjalisi paate madalamate veekogude jaoks. Kiiluga paadid on paremini juhitavamad aga samas ebastabiilsemad kui lamedapõhjalised paadid.

#### **Pontoon**

Parve ujuvaks tegemiseks on hea lahendus kasutada pontoone. Pontoone kasutatakse ujusildade, -parvede, -saunade ning rabateede valmistamisel. Erinevate projektide jaoks kasutatakse erineva kuju ja suurusega pontoone. Eesmärgi täidavad need objektid õhukindla ruumi sees oleva rõhuga, mis tagab seadme ujuvuse. Nende valmistamiseks kasutatakse ka erinevaid materjale. Kõige levinum materjal pontoonide valmistamiseks on plastmass, kuid neid saab valmistada ka rauast, alumiiniumist ja kummist.

## Valitud lahendus

Niiduki veepeal hoidvaks valitud lahenduseks on pontoonid. Alumiiniumist pontoonid on vastupidavamad ja nende seinapaksus on 2 mm. Materjaliks on AlMg3Mn, mida kasutatakse survemahutite ehituses. Pontoonid on ristküliku kujulised, eest aga kalde all parema juhtivuse ja suurema kiiruse saavutamise eesmärgil. Pontoonid on valitud laiapõhjaga, et oleks tagatud parem ujuvus ja stabiilsus. Pontoon on jagatud 3 sektoriks, et oleks vastupidavam külgsuunaliste jõudude suhtes ja ohutum kuna, kui peaks tekkima pontooni auk siis ei vaju parv kohe põhja. Lisaks on taga pool pontoon, mis stabiliseerib tagumise osa. Arvutused näitavad, et kahe pontooni täielik kandevõime on 924 kg. Lisa tagumise pontooni kandevõime on 150 kg. Parvel on ka seest tühjad sõurattad, mis suurendavad kandevõimet. Sõuratuste kandevõime on kokku 240 kg. Kokku annavad need täielikuks kandevõimeks 1314 kg, millest pole maha arvestatud parvpontooni enda kaalu koos seadmetega. Kandevõimete ja üleslükkejõu jaoks tehtud arvutused on järgmised:

## Kandevõime arvutamine

Külgmise pontoonide kandevõime arvutamine:

$$V_{\text{pon}} = a_{\text{pon}} \cdot b_{\text{pon}} \cdot c_{\text{pon}} = 2,366 \cdot 0,4 \cdot 0,4 + (0,534 \cdot 0,4 \cdot 0,4) / 2 = 0,462 \text{ m}^3 \quad (1)$$

$$k_{\text{pon}} = V_{\text{pon}} \cdot \rho = 0,462 \cdot 1000 = 462 \text{ kg} \quad (2)$$

kus,  $V_{\text{pon}}$  – pontooni ruumala  $\text{m}^3$ ,

$a_{\text{pon}}$  – pontooni pikkus m,

$b_{\text{pon}}$  – pontooni laius m,

$c_{\text{pon}}$  – pontooni kõrgus m,

$k_{\text{pon}}$  – pontooni kandevõime kg,

$\rho$  – vee tihedus  $\text{kg/m}^3$ .

Tagumise pontooni kandevõime arvutamine:

$$V_{\text{taga}} = a_{\text{taga}} \cdot b_{\text{taga}} \cdot c_{\text{taga}} = 0,616 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,15 \text{ m}^3 \quad (3)$$

$$k_{\text{ptaga}} = V_{\text{taga}} \cdot \rho = 0,15 \cdot 1000 = 150 \text{ kg} \quad (4)$$

kus,  $V_{\text{taga}}$  – tagumise pontooni ruumala  $\text{m}^3$ ,

$a_{\text{taga}}$  – tagumise pontooni pikkus m,

$b_{\text{taga}}$  – tagumise pontooni laius m,

$c_{\text{taga}}$  – tagumise pontooni kõrgus m,

$k_{\text{taga}}$  – tagumise pontooni kandevõime kg.

Sõuratta kandevõime arvutamine:

$$V_{\text{ratas}} = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot h = 3,14 \cdot 0,3^2 \cdot 0,35 = 0,12 \text{ m}^3 \quad (5)$$

$$k_{\text{ratas}} = V_{\text{ratas}} \cdot \rho = 0,12 \cdot 1000 = 120 \text{ kg} \quad (6)$$

kus,  $V_{\text{ratas}}$  – sõuratta ruumala  $\text{m}^3$ ,

$k_{\text{ratas}}$  – sõuratta kandevõime kg,

$\pi$  - konstant 3,14159,

$r$  – ringi raadius m,

$h$  – silindri kõrgus m.

Üleslükkejõu arvutamine:

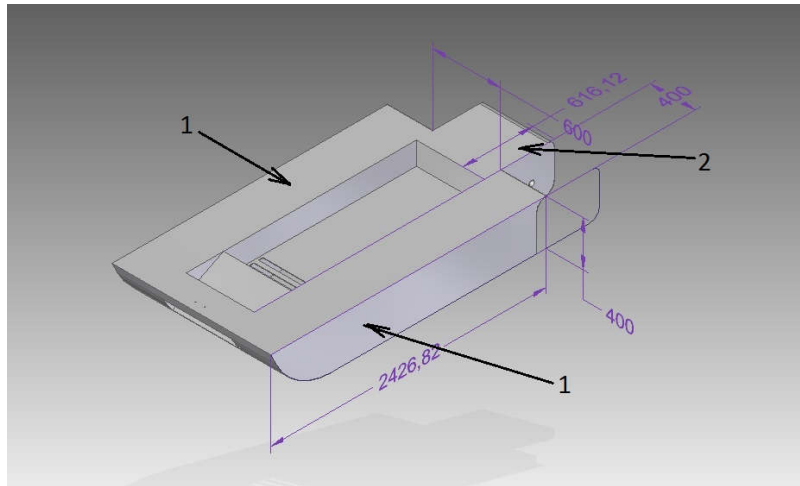
$$F_B = g \cdot \rho \cdot V = 9,81 \cdot 1000 \cdot 1,314 = 12890,34 \text{ N} \quad (7)$$

kus,  $F_B$  – üleslükkejõud N,

$g$  – raskuskiirendus  $\text{m/s}^2$ ,

$V$  – ruumala kokku (liites ( $V_{\text{pon}} \cdot 2 + V_{\text{taga}} + V_{\text{ratas}}$ )).

Pontoonparve pontoonide paigutus on näidatud 3D keskkonnas koostatud joonisel (Joonis 3.1.).



**Joonis 3.1.** Pontoonide paigutused parvel: 1-külgmised pontoonid, 2-tagumine pontoon

### Parve massi arvutamine

Massi saamiseks tuleb leida erinevate komponentide kaalud. Selleks tehakse materjalide kulu arvutusi ja leitakse ligikaudsed seadmete massid. Pontoonparve massi leides saab arvutada ka tegeliku kandevõime, lahutades kogu kandevõimest pontoonparve mass. Tulemus leitakse kilogrammides.

Pontoonide materjali massi leidmiseks leitakse pindalad ja korrutatakse saadud tulemused materjali tihedusega. Pontoonide materjaliks on 2 mm paksune alumiiniumplekk (AlMg3Mn), mille ruutmeeter kaalub 5,4 kg.

Külgmise pontooni pindala ja massi arvutamine:

$$S_{\text{pon}} = a \cdot b = 1,89 \cdot 0,4 + (0,53 \cdot 0,4) : 2 + 2,42 \cdot 0,4 + (0,71 + 1,89) \cdot 0,4 + 0,4 \cdot 0,4 = 4,38 \text{ m}^2 \quad (8)$$

$$m_{\text{pon}} = S_{\text{pon}} \cdot m = 4,378 \cdot 5,4 = 23,65 \text{ kg} \quad (9)$$

kus,  $S_{\text{pon}}$  – külgmise pontooni pindala  $\text{m}^2$ ,

$a$  – külgmise pontooni ühe külje pikkus m,

$b$  – külgmise pontooni teise külje pikkus m,

$m$  – materjali ruutmeetri kaal kg,

$m_{\text{pon}}$  – külgmise pontooni mass kg.



Tagumise pontooni pindala ja massi arvutus:

$$S_{\text{ptaga}}=0,616\cdot 0,6+0,616\cdot 0,4+0,6\cdot 0,4=1,712 \text{ m}^2 \quad (10)$$

$$m_{\text{ptaga}}= S_{\text{ptaga}} \cdot m=1,712\cdot 5,4=9,25 \text{ kg} \quad (11)$$

kus,  $S_{\text{ptaga}}$  – tagumise pontooni pindala  $\text{m}^2$ ,

$m_{\text{ptaga}}$  – tagumise pontooni mass kg.

Sõuratta pindala ja massi arvutus:

$$S_{\text{ratas}}=2\pi r\cdot(r+h)=2\cdot 3,14\cdot 0,3(0,3+0,35)=1,22 \text{ m}^2 \quad (12)$$

$$m_{\text{ratas}}= S_{\text{ratas}} \cdot m=1,22\cdot 5,4=6,6 \text{ kg} \quad (13)$$

kus,  $S_{\text{ratas}}$  – sõuratta pindala  $\text{m}^2$ ,

$m_{\text{ratas}}$  – sõuratta mass kg.

Katuse pindala ja massi arvutamine:

$$S_{\text{katus}}=a\cdot b=1,3\text{m}\cdot 1,4\text{m}=1,82 \text{ m}^2 \quad (14)$$

$$m_{\text{katus}}=S_{\text{katus}}\cdot m=1,82\cdot 5,4=9,83 \text{ kg} \quad (15)$$

kus,  $S_{\text{katus}}$  – katuse pindala  $\text{m}^2$ ,

$m_{\text{katus}}$  – katuse mass kg.

Kanttoru materjali mass arvutamine:

$$m_{\text{toru}}=l_{\text{toru}}\cdot k_{\text{toru}}=(1,2\cdot 4+1,36\cdot 2+1,22+0,75+0,35\cdot 2+0,8+0,25\cdot 2)\cdot 2,31=26,55 \text{ kg} \quad (16)$$

kus,  $m_{\text{toru}}$  – kanttoru materjali mass kg,

$l_{\text{toru}}$  – toru meetreid m,

$k_{\text{toru}}$  – toru meetri kaal kg.

Pontoonparve tühimassi leidmiseks koostatakse tabel, kuhu kantakse erinevad parve materjalide ja seadmete massid. Tühimass leitakse selleks, et teada kui palju pontoonparv kaalub, mis omakorda annab võimaluse arvutada kandevõime, mis saadakse pontoonide kandevõimest tühimassi lahutamisel (Tabel 3.1.).

**Tabel 3.1.** Pontoonparve tühimassi leidmise koondtabel

Seade/materjal	Kaal (kg)
Pontoon (3 pontooni, 2 sõuratast)	69.75
Muu materjal (kanttoru ja plekk)	36.37
Bensiinimootor koos hüdropumbaga	65
Hüdmootorid (3tükki)	19.5
Hüdrojagaja	4
Hüdrosilinder	7
Iste	30
Lõiketera	7.22
Muu (voolikud, paadimootor)	35
Kokku	273.84

### Parve kandevõime

Kandevõime arvutamiseks lahutatakse pontoonide kandevõimest parve tühimass.

Parve kandevõime valem:

$$M_{\text{parv}} = k_{\text{pon}} \cdot 2 + k_{\text{ptaga}} + k_{\text{ratas}} \cdot 2 - m_{\text{kokku}} = 462 \cdot 2 + 150 + 120 \cdot 2 - 273,84 = 1040 \text{ kg} \quad (17)$$

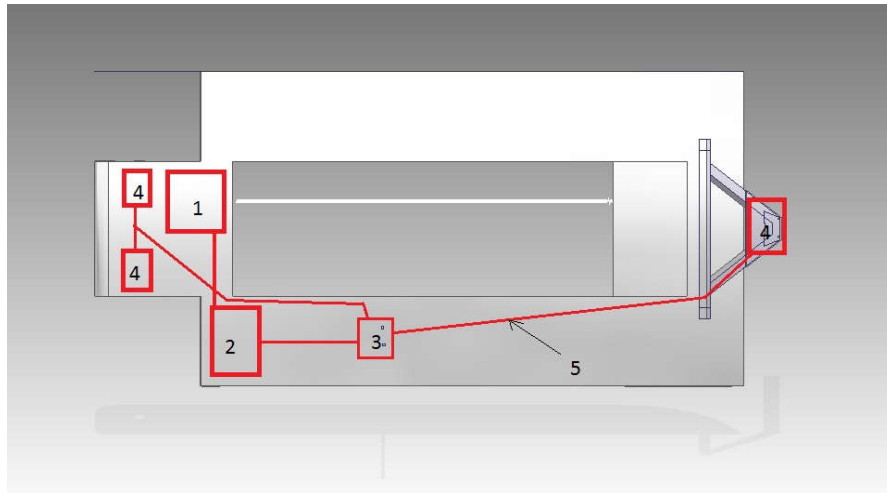
kus,  $M_{\text{parv}}$  – parve kandevõime millest on lahutatud parve tühimass kg,

$m_{\text{kokku}}$  – pontoonparve tühimass.

### 3.3. Parve liikumine

Niitmiseks peab olema parve liikumine stabiilne ja sujuv, selleks on parvel kaks 600 mm läbimõõduga sõuratast, mille panevad pöörlema hüdmootorid. Rattad on seest tühjad, mis annavad lisaväärtusena juurde parvele kandevõimet, kuna toimivad pontoonina. Sõuratastel on üheksa laba, mis on kinnitatud kolme poldiga rataste külge. Labasid on võimalik kergesti vahetada, kui peaksid purunema või ära kuluma. Labad on 25 mm laiused. Mõlemat ratast saab liigutada edasi-tagasi kahest eraldiseivast kangist (Joonis 3.2.). Hüdropumbale antakse jõud eraldiseisva bensiinimootoriga. Liikumiskiiruseks on parvel 10 kuni 20 cm/s, mis teeb

36 kuni 72 meetrit tunnis. Kiirema liikuvuse saavutamiseks kasutatakse lisamootorit, milleks on väiksemat sorti paadimootor (5 kuni 10 hp). Lisamootorit on vaja juhul kui veekogu on suur ja on vaja liikuda ühest kaldast teise või kiiremaks taimejääkide mahalaadimiseks. Lisamootorit on vaja ka kui on ebasobivad ilmastikuolud ehk tuulise ilma korral võib parve liikumine olla raskendatud.



**Joonis 3.2.** Pontoonparve jõuallika süsteem: 1- bensiinimootor, 2- hüdropaak, 3- hüdrojagaja, 4- hüdro mootor, 5- hüdrovoolikud

### 3.4. Niitmise seadme tootearendus

#### Niitmise seadme ideede genereerimine

Niitmise seadme ideede genereerimiseks tuuakse välja erinevaid võimalusi taimede niitmiseks maismaal. Erinevate niitmise seadmete uurimisel vaadeldakse lähemalt tööseade, kuidas need löikavad ja kuidas oleks võimalik neid kasutada vee keskkonnas. Selle käigus tuuakse välja erinevate niitmise seadmete eelised ja puudused.

#### Vikatniiduk

Vikatniiduk on edasi-tagasi liikuvate teradega. Niitmise seade koosneb vikatist, sõrmlatist koos sõrmedega. Vikatniiduk on kas ühe- või kahevikatilised. Vikat koosneb ristküliku kujulisest metallist roost (latist), mille külge on needitud trapetsjad löiketerad. Niiduk on lihtsa ehitusega ja kergesti hooldatav. Terad on vahetatavad või vahetatakse välja latt koos teradega. Niiduk on rippniiduki tüüpi. Väikse takistusega niiduk sobib hästi nii kõrgema kui

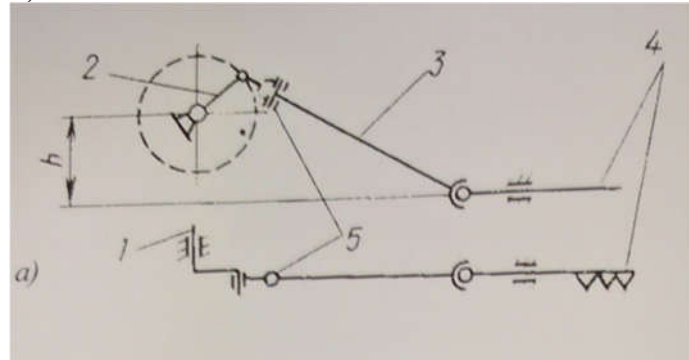
ka madalama heina niitmiseks. Niiduk on kerge kaaluga ja kergesti käsitletav. Ei ole sobilik heinamaadele kus on oksid ja kivid. [11]

Kasutus vees võimalik kuna terade liikumine edasi-tagasi seega takistus väike ja vee määrded omadused head.

a)



b)



**Joonis 3.3.** Lattniiduk: a- KC-2.1; b- lattniiduki vântkepsmehhanismi tööpõhimõtte skeem: 1- võll, 2- vânt, 3- keps, 4- vikat, 5- liigend [11]

### Lintsae meetod

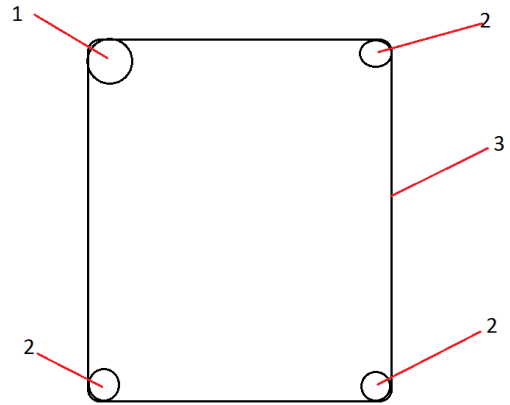
Lintsae meetodiga oleks võimalik ehitada seade, millel oleks neli rullikut kahe suurema asemel (Joonis 3.4.). Lõikamiseks on lindi ühes küljes lõikehambad mis võivad olla kas suuremate või väiksemate hammastega vastavalt vajadusele. Seade sobib hästi kohtadesse, kus on oht leida oksid, kuna on võimalik valida sellised lõikehambad, mis sobivad lõikama oksid. Oht on tera purustada kergesti, kui liigutakse liiga kiiresti oksa või kivide pihta. Kruusased ja kivid põhjad võivad tera kiiremini nüritada. [7]

Kasutus vees võimalik, kuna tera liigub ühesuunaliselt. Seega takistus on väike ja veejahutus omadused head.

a)



b)

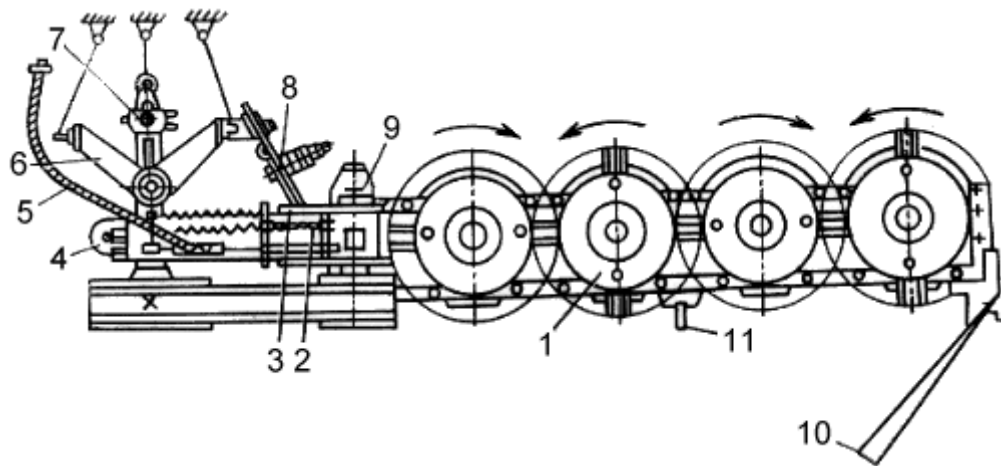


**Joonis 3.4.** Lintsae meetodil töötav niiduki tööseadis: a- lintsaaag Holzstar HBS 351; b- lintsae tööpõhimõttel töötav niitmise seadise skeem: 1- vedav ratas, 2- veetav ratas, 3- lintsae tera [7]

### Rootorniiduk

Rootorniiduk on rippüsteemiline niiduk. Niiduki terad on lendlevad. Terad on ristküliku kujulised, mille ühes otsas on üks ümmargune auk. Kahe pikema külje peal on poole tera ulatuses teritatud küljed, mis aitaksid lõigata tera lennutades (Joonis 3.5.). Vajab raskemat ja võimsamat traktorit, kuna seade on raske ja terade pöörlemiskiirus umbes 3000 p/min. Sobib hästi nii kõrgema kui ka madalama heina lõikamiseks. Niitmise seadme terad kergesti vahetatavad, kuna kinnituvad vaid ühe poldiga. [16]

Kasutus vees, sellisel kujul nagu seade hetkel on, võiks pidada seda võimatuks või siis vähe tõenäoliseks. Niitmise mehhanism oleks reaalne, kui lendlevad terad muuta statsionaarseteks, seega ei vaja enam kiirust, mis enne. Kasutada tuleks väiksemaid kettaid, et seadme pöörlemine oleks kergem ja seoses sellega ei keeraks põhjast nii palju muda ülesse.



**Joonis 3.5.** KDN-210: 1- lõiketera; 2- tasakaalustamise mehhanismi; 3- raam; 4- asend; 5- hüdraulika; 6- kinnitus; 7- ajam; 8- veojõukontrolli kaitse [16]

### Hooldusniiduk

Hooldusniidukid on järelveetavad või rippüsteemilised. Niidukil on lendlevad vasarnoad. Lagarde FX 160 mudeli rootor pöörleb kiirusega 2500 pööret minutis (joonis 3.6.). Niidulaiuseks on 1.6 m, mis vajab võimsust 55-65 hj ja kaalub 840 kg. [9]

Niiduki tööpõhimõtte kasutamine veekogus pole sobilik kuna lendvasara lennutamiseks vajaliku kiiruse saavutamine on ebatõenäoline. Kasutades niidukit fikseeritud vasaratega oleks niitmiseks vajaliku kiiruse saavutamine reaalsem aga takistus oleks suur ja seega vajaks seade veel võimsamat mootorit. Niiduk tekitaks oma tööga palju vee segamist seega veeloomade elukeskkond oleks häiritud.



**Joonis 3.6.** Hooldusniiduk Lagarde FX [9]

Morfoloogiline tabel on koostatud, et võrrelda ja tuua välja erinevate niitmise mehhanismide head ja halvad omadused. Tabelis on võrreldud erinevaid heinaniidukeid ja nende sobivust kasutamaks nende tööpõhimõtet veetaimede hooldusniidukina.

**Tabel 3.2.** Heinaniidukite erinevate kriteeriumite võrdlemine

	Vikatniiduk	Lintniiduki meetod	Rootorniiduk	Hooldusniiduk
Hooldamine	Hea	Keskmine	Keskmine	Keskmine
Kaal	Hea	Hea	Keskmine	Halb
Niidulaius	Hea	Hea	Hea	Hea
Niidukiirus	Hea	Keskmine	Hea	Hea
Takistustele vastupidavus	Halb	Keskmine	Halb	Keskmine
Niidukõrgus	Hea	Hea	Keskmine	Halb
Juhitavus	Hea	Hea	Hea	Hea
Kasutamine vees	Hea	Hea	Halb	Halb

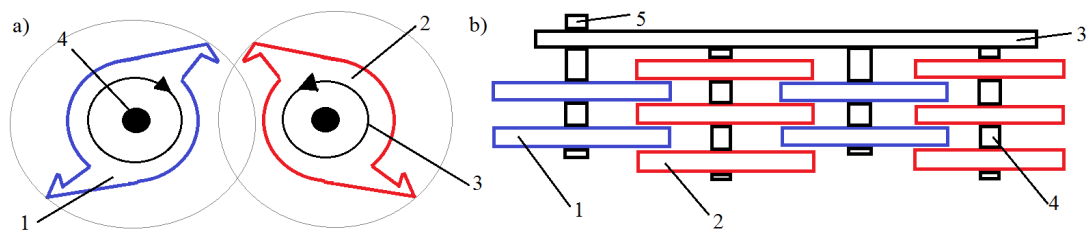
Märkused: halb – raskendatud, kitsas või mittedobilik, keskmine – vähe raskendatud, keskmise laiusega või enamjaolt sobilik, hea – lihtne, lai või sobilik

### **Alternatiivsed niitmise mehhanismid**

Alternatiivsete mehhanismide väljatöötamine, lisaks olemasolevatele heinaniiduki lahendustele, tuuakse välja võimalikud lahendused veealuseks niitmiseks. Võrreldes alternatiivseid niitmise mehhanismide morfoloogilise tabeli näol. Saadud tulemusi võrreldakse olemasolevate heinaniidukitega ja valitakse välja sobilik niitmise mehhanism edasi arenduseks.

### **Hammasketastega niiduk**

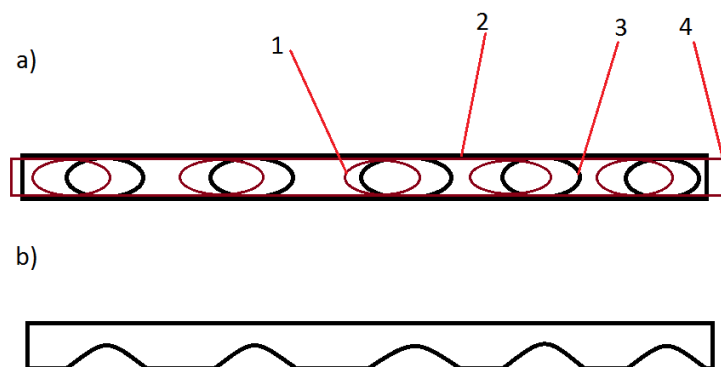
Niiduk, mille niitmise mehhanism on metallipurustaja põhimõttel lahendatud, üksteise suhtes kokku keerlevat kaasahaarava sakiga kettad. Lõike seadme lõige toimub kaasahaaratud taime jõudmisel kahe ketta vahele, kus taim purustatakse (Joonis 3.7.). Seade oleks uuenduslik, kuna antud tehnoloogiat pole kasutatud taimede lõikamiseks (purustamiseks). Selline niiduk oleks väga hea niitmaks sellistes kohtades, kus võib olla oksti või muid tugevamaid taimi või võsa (noored pajud). Selline lahendus on kindlasti töökindel aga sellist laadi lõikeseade võib olla liiga raske (suure massiga) väiksemate mõõtmetega veetaimede hooldusniiduki jaoks.



**Joonis 3.7.** Vanaraua purusti meetodil lõikeseade: a- lõikeseade pealtvaates: 1- vasak lõikepea; 2- parem lõikepea; 3- pöörlemis suund; 4- völli; b- lõikeseade eest vaates: 1-vasak lõikepea; 2- parem lõikepea; 3- veekindel lõikepeade ringi vedamise karp; 4- völli; 5- veovölli

### Toruniiduk

Toruniiduk on niiduk, mille niitmise mehhanismiks on toru sees edasi-tagasi liikuv teine toru. Toruniiduki lõikeseade on sälkudega toru, mille sees on teine sälkudega toru, mis lõikab kui sälgud kattuvad. Tööpõhimõtte poolest sarnaneb lattniidukiga (Joonis 3.8.). Suurimaks erinevuseks on see, et puuduvad sõrad, mis teeb antud lahenduse teistsuguseks. Suurimaks puuduseks võib pidada võimalust, et taimejäägid võivad koguneda kahe toru vahele mis seiskab niitmise mehhanismi, mille ummistusest vabanemine pole lihtne.

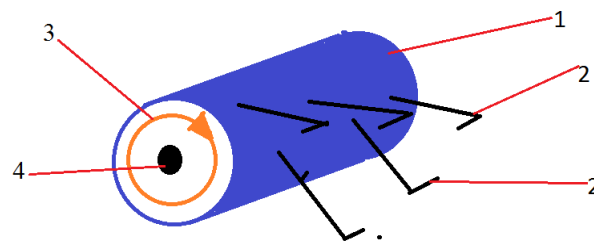


**Joonis 3.8.** Toruniiduki töö: a) 1- sisemise toru sisselõige, 2- välimine toru, 3- välimise toru sisselõige, 4- sisemine toru mis liigub välimise suhtes edasi-tagasi b) pealt vaates toru sisselõiked

### Taimede kitkumise (tirimise) meetod



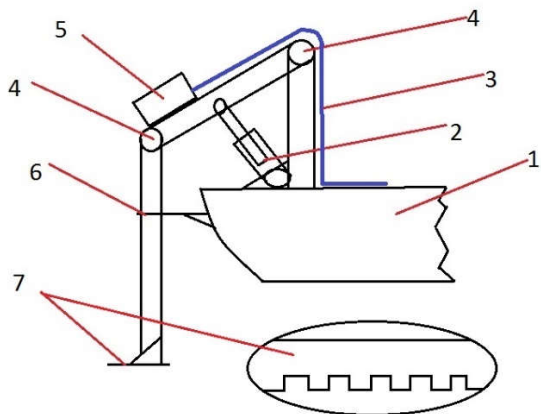
Kitkumis meetodiga on võimalik taimi eemaldada rullikuga, mille külge on kinnitatud tugevast terasest painutatud otstega traadid. Traadid on paigutatud sammuga 20 cm (Joonis 3.9.). Parema tulemuse saavutamiseks on järgmise rea traadid kohtadel, kus eelmisel real oli tühimik ehk siksakilise paigutusega. Taimed jäävad traatide külge kinni, mis võimaldab neid tirida välja, mis on hea tihedamate ja risti-rästi kasvavate taimede eemaldamiseks. Taimed võivad kiirelt ummistada seadme ja seega peab seadet pidevalt puhastama. Seade mittesobilik suuremate taimede jaoks, kuna traadid võivad anda kergesti järgi ehk ei kinnitu taime külge kuna taimede paigutus on hõredam.



**Joonis 3.9.** Taimi kitkumise (tirimise) meetod: 1- pöörlev rull, 2- kitkumis traadid, 3- pöörlemis suund, 4- völl

### Neljakandiliste hammastega niitmise seade

Neljakandiliste hammastega niitmise seade on lattniiduki laadne kahe teraga üksteise suhtes edasi-tagasi liikuvad terad. Hambad on tavapärasest teistsuguse ehk ruudu kujulised. Niiduki terad on ühes tükis plaadid, mille lõiketerad on kandilised ja neid pole võimalik ühe kaupa vahetada (Joonis3.10.). Lõiketerasid liigutab edasi-tagasi hüdmootor, mis on hea kuna neid on võimalik panna käima teist pidi, kui peaks olema juhus, et terad jäävad kinni. Kui õnnestub mootor panna teistpidi käima pannes ummistus eemaldada siis ei pea tera välja tõstma ja käsitsi ummistust eemaldama.



**Joonis 3.10.** Neljakandiliste hammastega niitmise seade: 1- parv, 2- hüdrosilinder, 3- hüdrovoolik, 4- liikuvõlm, 5- hüdro mootor, 6- stabilisaator, 7- lõikeseade

Morfoloogiline tabel on koostatud, et võrrelda alternatiivseid niitmise mehhanisme erinevate kriteeriumite alusel, tuues välja nende head ja vead (Tabel 3.3.).

**Tabel 3.3.** Alternatiivsete niitmise seadmete võrdlemine

	Hammasketastega	Toruniiduk	Kitkuv eemaldamine	Neljakandiliste hammastega
Hooldamine	Halb	keskmine	hea	keskmine
Kaal	Halb	keskmine	hea	keskmine
Niidukiirus	Hea	hea	halb	hea
Vastupidavus	Hea	keskmine	halb	Hea
Takistustele vastupidavus	Hea	halb	halb	Keskmine
Niidukõrgus	Hea	hea	hea	hea
Kasutamine vees	Hea	hea	hea	Hea

Märkused: halb - raskendatud või mittesobilik, keskmine – vähe raskendatud või enamjaolt sobilik, hea – lihtne või sobilik

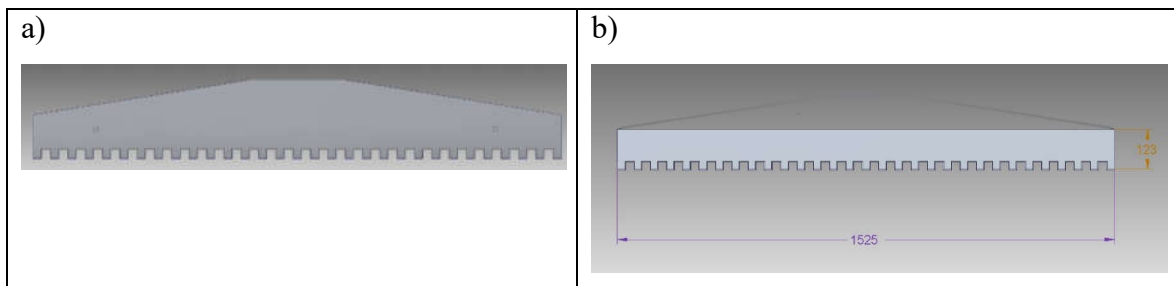
### **Arendatava niitmise mehhanismi valimine**

Valiku tegemiseks analüüsitakse morfoloogilisi tabeleid (Tabel 3.2. ja Tabel 3.3.). Koostatud tabeli tulemused näitavad, et sobivaid niitmise mehhanisme on mitmeid. Kõige paremad olemasolevad heinaniiduki lahendused on lattniiduk ja lintsae meetod. Alternatiivsetest on parimad lahendused toruniiduk ja neljakandiliste hammastega niitmise mehhanism. Masside poolest on kõik need lahendused kergemad ja lihtsamad hooldada. Toruniiduki lahendus võiks toimida hästi, aga miinuseks võib pidada selle seadme võimalust

ummistuda, kui taimed või oksa osakesed kiiluvad kahe toru vahele. Lintsae meetod on hea aga miinuseks võib pidada seadme veetavate rullikute halbasid asukohtasid, mis võivad tugevamate okste või kivide otsa sõites kõveraks minna või puruneda. Allesjäänud kaks lahendust vikatniiduk ja neljakandiliste hammastega niitmise mehhanism on põhimõttelt samad seadmed. Lattniiduki miinuseks võib pidada teise lahenduse ees seda, et on raskem kui alternatiivne lahendus. Arenduseks valitakse neljakandiliste hammastega niiduk, kuna on lahenduselt õhem ja seega ka kergem, mis on sobilik kergemat tüüpi hooldusniiduki jaoks.

### **Neljakandiliste hammastega niiduki katseseadme projekteerimine ja valmistamine**

Niitmise seadme valmistamiseks joonistatakse Solid Edge ST8 keskkonnas valmis 25 mm sammuga hammasniiduki tööseade pikkusega 1525 mm, mille järgi valmistatakse väike 500 mm pikkune hammastega niiduki mudel (Joonis 3.11.). Mudeliga viiakse läbi lõikekatsed ja seejärel analüüsitakse kas, projekteeritud lõikeseade on sobilik veetaimede lõikamiseks.

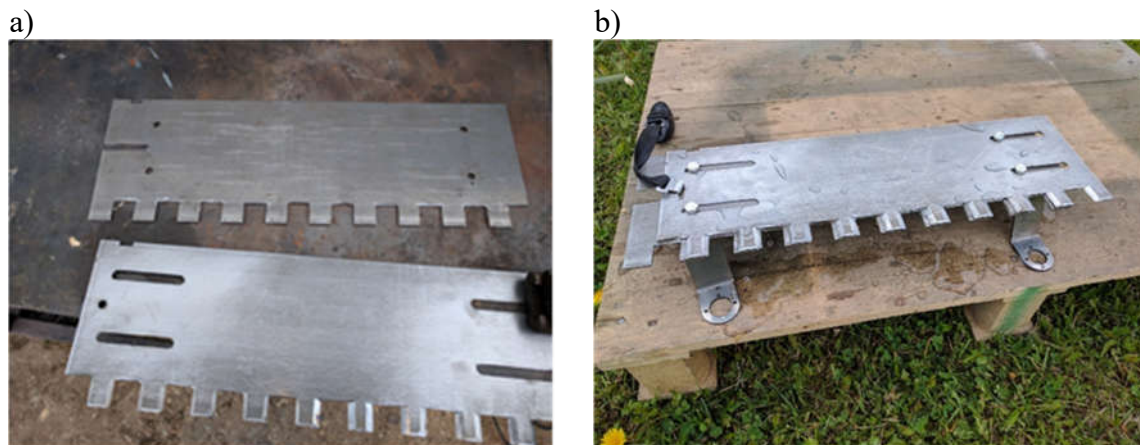


**Joonis 3.11.** Lõikeseadme lõikeplaatide joonised: a- alumine statsionaarne(liikumatu) plaat; b- ülemine liikuv lõikeplaat

### **Katseseadme valmistamine**

Katseseadme valmistamiseks võetakse kaks ühesugust 3 mm paksust ja 500 mm pikkust terasplekki ning mõlemale lõigatakse 25 mm sammuga sisselõiked, mis on 25 mm sügavad ja 25 mm laiad. Pärast lõigete tegemist saadakse hambuline niitmise seade, mille ühe plaadi hamba servad jäävad täisnurksed aga teise plaadi ehk lõikeplaadi hambaservad teritatakse nurga alla, et tekiks lõikeserv. Lõikeplaat on alumise plaadi suhtes nihutatud 5 mm väljapoole, et lõikeservad liigutaksid taimi. Taimede liigutamiseks aidatakse kaasa taimede sattumist lõikevahesele. Katse seadmel seda printsiipi ei kasutata, kuna lõikekatsete

tegemiseks pole seda vaja. Plaatide liikuvaks muutmiseks üksteise suhtes puuritakse alumisele plaadile 4 auku ja ülemisele plaadile, nende alumiste aukudega võrdselt, 4 lõhikut, millega tagatakse plaadi liikumine alumise plaadi suhtes (Joonis 3.12.a). Plaatide omavahel ühendamiseks kasutatakse 8 mm polte, mille vahel on omakorda 4 mm paksused vasest puksid, et poldid saaks tõmmata täpselt sellise kauguse peale kinni, millega tagatakse lõikeplaadi vaba liikumine alumise plaadi suhtes. Alumise plaadi külge monteeritakse 4 jalga, kuna siis on katseseade maast kõrgemal. Sellega tagatakse katsete tegemisel parem taimede asetamine lõikeseadme vahele. Igal jalal on 3 väiksemat ja üks suurem auk kinnitamiseks, kas laua külge kruvidega või vaiaga maa külge. Lõiketera külge on otsa valmistatud lõhe, mis on sobilik kohvrikaalu kinnitamiseks, tegemaks erinevaid lõikekatseid. Lõikeseade on näha valmis kujul (joonisel 3.12.b).



Joonis 3.12. Neljakandiliste hammastega niitmise tööseadis (-seade): a- lõikeplaadid eraldi; b- valmis katseseade

Katsetamiseks valitakse kaks erinevat veekogu ja nende veekogude tugevamad ja probleemsemad taimed, millega viiakse läbi lõikekatset. Lõikekatsete tegemisel ei rakendatud dünaamilist jõudu. Katsete tegemiseks monteeritakse katseseadme külge kohvrikaal, mis töötab tõmbejõu rakendamisel.

Katse viiakse läbi järgmiselt:

1. Valitakse katsetaim.
2. Asetatakse taim hammaste vahele.
3. Tõmmatakse taim kaaluga hammaste vastu.
4. Lõikeseadmele valatakse vett, et imiteerida vees lõikamist (Joonis 3.13.).
5. Jõu rakendamisel vaadeldakse, kui suure jõu juures toimub läbibistav lõikamine.



**Joonis 3.13.** Lõikeseadmele vee valamine

### **Katsekoht - objekt 1**

Objektiks on kinni kasvav tiik, kus vohab hundinui. Tegemist on klassikalise näitega madalaks jäänud tiigiga, kus hakkab vohama toitainete külluse tõttu suurem taimestik (Joonis 3.14). Antud veekogu päästmiseks oleks üks lahendustest suurtaimestiku eemaldamine kas käsitsi või niites. Tiigi süvendamine ekskavaatoriga oleks üks viimaseid lahendusi, kuna sellega hävitatakse tekkinud elukeskkond erinevatele sisalikele ja muudele veetaimedele ja loomadele. Katsed viiakse läbi erinevate hundinuiade taimede lõikamisega. Taimed eemaldatakse veekogust käsitsi. Lõigatakse noori rohelisi taimi ja ka vanu taimi, mis on üle talve kuivanud ja pruuniks muutunud. Selle katsega tahetakse näha, kui suuri jõude kasutatakse erineva vanusega taimede lõikamiseks. Katsete läbiviimise tulemused on koondatud tabelis 3.4. Tabelis kajastub vana ja noore (Joonis 3.15.) hundinuiade läbilõike tõmbejõud njuutonides.



**Joonis 3.14.** Kinni kasvav tiik

a)



b)



**Joonis 3.15.** Lõikekatsete jaoks valitud taimed: a- taim 1 (vana hundinui); b- taim 2 (noor hundinui)

Esimes katseobjekti läbiviidud katsetetulemused koondati alljärgnevasse tabelisse (Tabel 3.4.). Katsetulemused teostati kohvrikaaluga (VTBAL27), millega saadi tulemused kilogrammides, mis teisendati ümber njuutonitesse.

**Tabel 3.4.** Katsekoht - objekt 1 hundinua lõikekatsed

Katse	Tõmbejõud N, noor hundinui	Tõmbejõud N, vana hundinui
1	74,5	168,7
2	54	189,3
3	61,8	151
4	78,5	251,1
5	65,7	324,7
6	46,1	222,7
Keskmine	63,4	217,8

### **Katsekoht - objekt 2**

Objektiks on järv, mille äärtes vohab pilliroog, mis takistab pääsu veekogule (Joonis 3.16.). Klassikaline järve kinnikasvamise juhtum, kus äärtes hakkab vohama suurtaimestik, mis võtab enda alla järk-järgult erinevad kaldad. Kui taimede eemaldamisega ei hakata piisavalt varakult pihta siis võib 10 aastaga olla see veekogu muutunud tundmatuseni. Hoides taimestiku kasvu kontrolli all kindlustatakse veekogu loomastiku ja taimestiku püsijäämine. Kuna peamiseks probleemiks oli antud veekogus pilliroog siis tehti katsed nendega ja nagu ka eelmises katses kasutati katsetel nii noori kui ka vanu taimi. Katsete läbiviimise tulemused on koondatud tabelis tabelis 3.5. Tabelis kajastuvad noore (Joonis 3.17.) ja vana pilliroo läbilõike tõmbejõud njuutonite.



**Joonis 3.16.** Kinni kasvav järv



**Joonis 3.17.** Pilliroog noor taim

Teise katseobjekti katsetulemused koondati all olevasse tabelisse (3.5.). Kus lõikekatsete tulemused on välja toodud tõmbejõuna njuutonides.

**Tabel 3.5.** Katsekoht - objekt 2 pilliroo lõikekatset

Katse	Tõmbejõud N, Noor pilliroog	Tõmbejõud N, Vana pilliroog
1	78,5	173,6
2	68,7	251,1
3	129,5	313,9
4	95,2	152,1
5	66,7	276,6
6	151,1	219,7
Keskmine	98,1	231,5

### **Katsete kokkuvõte**

Katsete analüüsiks kasutatakse kahe veekogu erinevate taimede lõikekatsete arvuliste tulemuste võrdlemist. Esimese katse objekti tulemuste põhjal on näha, et noorema taime lõikamisel ei ole tarvis rakendada väga suur jõudu, piisab keskmiselt 63,4 N suurusest jõust. Vaadeldes vanema taime tulemusi näeme, et taime lõikamiseks on vaja märgatavalt rohkem



jõudu (3,5 korda), kuna taim on puisem ja tihedam kui noor hundinui. Keskmiselt on vaja vanema taime lõikamiseks jõudu 217,8 N. Maksimaalselt rakendati jõudu 324,7 N ja väikseim jõud mis saadi oli 151,1 N, mis näitab, et vanemate taimede tiheduste erinevus on suurem kui noorematel, seega oleks mõistlik kasutada veelgi suuremat jõudu, olles kindel läbilõikamises igal katsel. Vaadeldes teise objekti katseid näeme sarnasusi esimesega, kus noorema taime läbilõike tugevus erineb vanema taime omadest vähemalt 2 korda. See näitab taas, et vanemad taimed on tugevamad ja vajavad rohkem jõudu läbilõike saavutamiseks. Vanema pilliroo katsetulemuste erinevus oli sarnaselt esimesele suur ja seega võib tähendada, et kindluse mõttes tuleks rakendada lõikeseadmele vähemalt 392 N suurust jõud tagamaks igakordse lõike. Katseid võib pidada kordaläinuks, kuna seade toimis ja tulemustega võib rahule jääda. Selgelt on näha, kui suuri jõude on vaja rakendada nende kahe levinuma taimetüübi lõikamiseks.

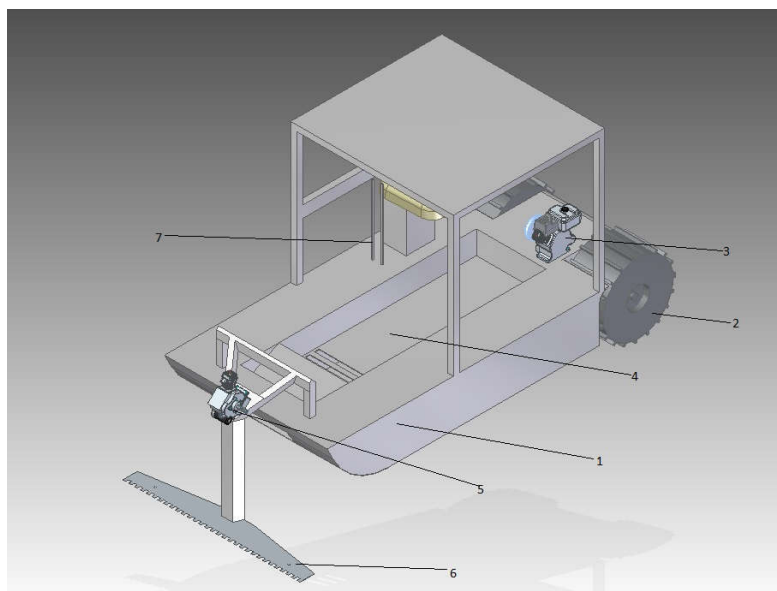
### **Taimejätmete eemaldamine veekogust**

Taimed tuleb pärast lõikamist kokku koguda ja transportida kaldale, sest settides veekogu põhja soodustab see muda teket ja toitainete küllust. Lõigatud taimi saab edukalt eemaldada käsitsi kasutamaks selleks reha ja tõsta, kas otse kaldale või koguda pontoonparvel olevale taimejätmete kogumiskasti, kust pärast on hea kaldale maha tõsta. Suuremate veekogude puhul oleks hea piirata ala sisse kummist õhkpontoonide ketiga nagu tehakse naftareostuse puhul [17]. Piirates ala sisse, ei ole ohtu, et taimsed jätmed hajuksid laiali, mis teeb koristamise lihtsamaks.

### **3.5. Pontoonparv tüüpi hooldusniiduk**

Projekteeritud parve lõpplahendus kokkupandud kujul on koondatud erinevate vaadetega lisadesse 1 kuni 4. Pontoonparve raskuskese on viidud taha poole parema juhtivuse eesmärgil ja ka selleks, et parve esimene ots oleks kergem, kui peaks juhtuma olukord, kus jäädakse madalas vees kinni, siis lahti saamine on kergem. Eespool ja parve keskel on taimejätmete kogumise kast, kuhu on võimalik koguda taimejätmeid (Joonis 3.18.). Kasti põhi sõrestik, et ei koguneks vett üleliigse massina parvele. Taimejätmed kogutakse kogumiskasti transportörlinti mööda kogumiskasti ette otsa. Kuna kogutakse ainult ette otsa, siis on vajalik käsitsi tõsta kogutud materjali edasi, et mahuks rohkem üleliigset

materjali parve peale. Kui veekogu on väike, siis ei hakata transportööri üldse kasutama, vaid piiratakse piirkond sisse kummist õhkpontoonide ketiga mille abil saab kogutud massi vedada kalda poole ja eemaldada jäätmed rehaga.



**Joonis 3.18.** Modeleeritud pontoonparve sõlmed ja osad: 1- külgmine pontoon, 2- sõuratas, 3- bensiinimootor 4- taimejätmete kogumiskast, 5- hüdro mootor, 6- lõikeseade, 7- juhtimine

## KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureuse töö eesmärk oli arendada (modelleerida) kõige sobivama lahendusega veekogu hooldusniiduk, mis oleks sobilik väiksemate veekogude taimestiku eemaldamiseks. Hinnates erinevaid variante valiti kõige sobilikum, võttes arvesse ette antud kriteeriumid.

Eesmärgi saavutamiseks uuriti veetaimi, mida tuleks eemaldada väikeveekogudest. Veekogudes taimestiku eemaldamisega aidatakse kaasa vee keskkonna püsima jäämisele. Selle käigus vaadeldi, kas on olemas ka alternatiivseid võimalusi veetaimede eemaldamiseks. Hooldusniiduki arenduse käigus vaadeldi erinevaid ujuvuse võimalusi ja milline oleks kõige mõistlikum parve liikumine. Parve kandvaks lahenduseks valiti pontoonid, mis on kõige stabiilsemad ja sobilikumad selle projekti tarvis. Parve ujuvuse juures tehtud arvutused näitavad, et üleslükkejõud on antud parvel 12890 N ja kandevõime 1040 kg, kust on mahaarvestatud parve tühimass. Pontoonparve tühimassiks saadi arvutuste teel 273,8 kg, mis mahub seatud kriteeriumite piiridesse. Pontoonparv mõõtmete suhtes jäi ka etteantud kriteeriumite piirides olles laiuselt 0,1 m kitsam ehk 1,4 m lai ja pikkuselt samuti 0,1 m võrra lühem ehk 2,9 m. Mõlemad tulemused näitavad, et andud seadme vedamiseks pole vaja muud kui B- kategooria lube, mis võimaldavad vedada pontoonparve kerghaagisega. Kõige rohkem tegeleti antud töö käigus erinevate niiduvõimaluste väljatöötamisega. Uurides erinevaid heinaniidukeid ja tuues välja alternatiivsed lahendused veetaimede niitmiseks veekogudes. Välja sai töödeldud parima lahendusega niitmise seade, millest loodi Solid Edge ST8 vahendusel 3D mudel. Katsetamiseks valmistati 50 cm pikkune hammastega lõikeseade, et saaks läbi viia veetaimede lõikekatseid. Lõikekatsetega selgitati välja, kas antud mudel toimiks veetaimede niitmisel. Katsetega saadud tulemused näitasid, et erinevates veekogudes on küll erinevad taimed, aga lõikejõud, mis oleks mõistlik rakendada, on 392 N, kuna selle jõuga suudab lõikeseade lõigata nii noori kui ka vanu taimi. Lõpuks modelleeri Solid Edge 3D keskkonnas kokkupandud pontoonparv, selleks et annaks eelaimduse, milline oleks antud hooldusniiduk valmis kujul.

Töös püstitatud ülesanded ja kriteeriumid said täidetud, tehes erinevaid arvutusi ja mõõtmiseid.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Aime Mäemets veekogude suurtaimestikust. Kättesaadav:  
[http://www.keskkonnaharidus.ee/wp-content/uploads/2016/11/Veekogude\\_suurtaimestikust\\_Aime\\_Maemets.pdf](http://www.keskkonnaharidus.ee/wp-content/uploads/2016/11/Veekogude_suurtaimestikust_Aime_Maemets.pdf)
2. Aqua tractor. Kättesaadav: <http://www.aquatractor.com/>
3. A. Järvekülg (1994) eesti jõgede ja järvede seisund ning kaitse
4. A. Karpenko, K. Polevitski (1962) põllumajanduslikud masinad ja riistad
5. Feldmann, Tõnu, Järvedes valitsevad tingimused veetaimestiku kujundajatena.  
Kättesaadav: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?sid=c44ab67a-b7f0-4a2c-a5d3-1d6579ef27db%40sessionmgr4010&vid=0&hid=4211&bdata=JnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d#AN=euls.10492.204&db=ir01081a>
6. Hellström, K., 2010. Maastikuhooldus. Argo, Tallinn, 134 lk.
7. Holzstar hbs 351. Kättesaadav: <https://www.pasaisa.com/en/holzstar-hbs-351-bandsaw.html>
8. Hockney HC-10H. Kättesaadav: <http://weedcutter.com/hockney/aquatic-weed-cutting/>
9. Hooldusniiduk Lagarde FX 160. Kättesaadav: <http://www.atammel.ee/lagarde-hooldusniidukid/>
10. Jõesaar, G. Tootearendus.- Tartu: Kirjastanud OÜ Inter- Meedia- Group, 2006.- 168 lk.
11. Jüri Olt, Põllumajandustehnika 1 põllundusmasinad – 120-122 lk.
12. Laanetu, N., Mugra, T., Tupits, I., 2011. Keskkonnamõju hindamine ja järvede hooldus. EMÜ põllumajandus- ja keskkonnainstituudi limnoloogiakeskus.  
Kättesaadav:  
<http://pk.emu.ee/struktuur/limnoloogiakeskus/teadustoo/publikatsioonid/jarvede-tervendamine-kogumik/>
13. Skeltmer 2006-2011.  
Kättesaadav:[http://www.skeltmer.ee/Veekogude\\_hooldus.html](http://www.skeltmer.ee/Veekogude_hooldus.html)
14. Truxor 5000. Kättesaadav:  
[http://www.aquaclearwatermanagement.com/sales\\_truxor5000.php](http://www.aquaclearwatermanagement.com/sales_truxor5000.php)

15. Voldemar Rannap, Riinu Rannap, Ilona Lepik, Tiikide korrashoid toetab looduslikku mitmekesisust. Kättesaadav: [http://www.eestiloodus.ee/artikkel4849\\_4822.html](http://www.eestiloodus.ee/artikkel4849_4822.html)
16. Rootorniiduk kdn-210. Kättesaadav: <http://allspectech.com/selhoztehnika/dlya-zemledeliya/uborochnaya/kosilki/kdn-210.html>
17. Õhkpontoonide kett kummist. Kättesaadav: <http://www.desmi.com/booms/ro-boom.aspx>

# RESEARCH OF AQUATIC WEED HARVESTERS

## Summary

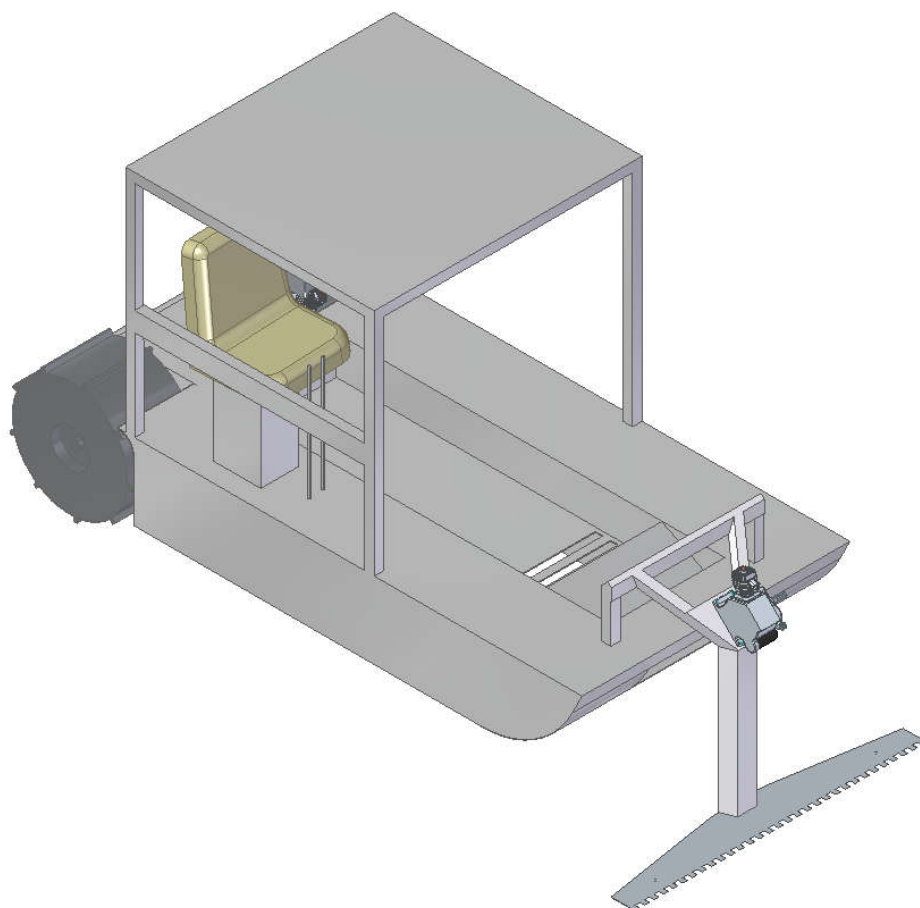
This bachelor work was designed to develop (simulate) the most appropriate solutions to the aquatic weed harvester that would be suitable for smaller ponds and lakes, vegetation removal. When evaluating the different options and selecting the most appropriate taking into account pre-determined criteria.

Studying aquatic weeds that should be removed from the smaller ponds and lakes. Aquatic weeds vegetation contribute to the removal of water environmental survival. It also looked at whether there are alternative ways to remove aquatic plants. Harvesters development is being looked at different ways of buoyancy and how to make it move the best. Raft-structural solution chosen pontoons that are more stable and better suited for this project. Raft of buoyancy in the calculations to show the buoyancy of the raft 12890.34 N and 1040 kg load capacity which is deducted from the mass of the empty raft. Harvesters unladen mass was obtained by calculation of 273.8 kg, which can fit within the criteria set. Harvesters dimensions of predetermined parameters also remained in the range being narrower than the width of 0.1 m namely 1.4 m wide and 0.1 m in length as well as namely 2.9 m. Both of these results indicate that the carriage can be made by Category B licensed driver, which allow tow harvester with a light trailer. Mostly dealt with the work of different possibilities how to mow weeds. Examining different harvesters and bringing out alternative solutions to mow aquatic plants in small lakes and ponds. Choosing the best solution for mowing mechanism, this will be created in Solid Edge ST8 via a 3D model. 50 cm long will be built for testing toothed cutting device in order to be able to carry out tests on aquatic cutting. Cutting tests shall identify the model of the functioning of aquatic plants mowing. Test results showed that different plants have different density, however, shear forces that it would be prudent to apply a force of 392 N because it is capable of cutting equipment to cut both young and old plants. Finally, the simulated 3D harvester is complete raft that will give idea what would be this harvester going to look.

The work set tasks and criteria were met by a variety of calculations and measurements.

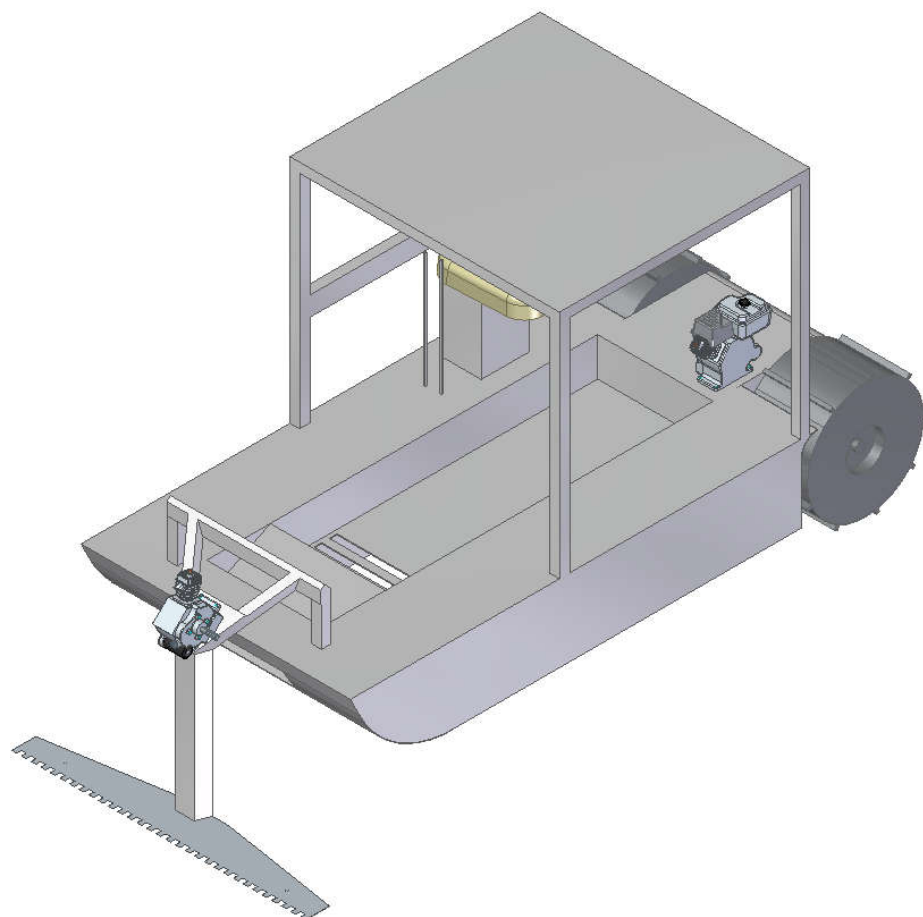
**LISAD**

## Lisa 1. Pontoonparve mudeli eestvaade

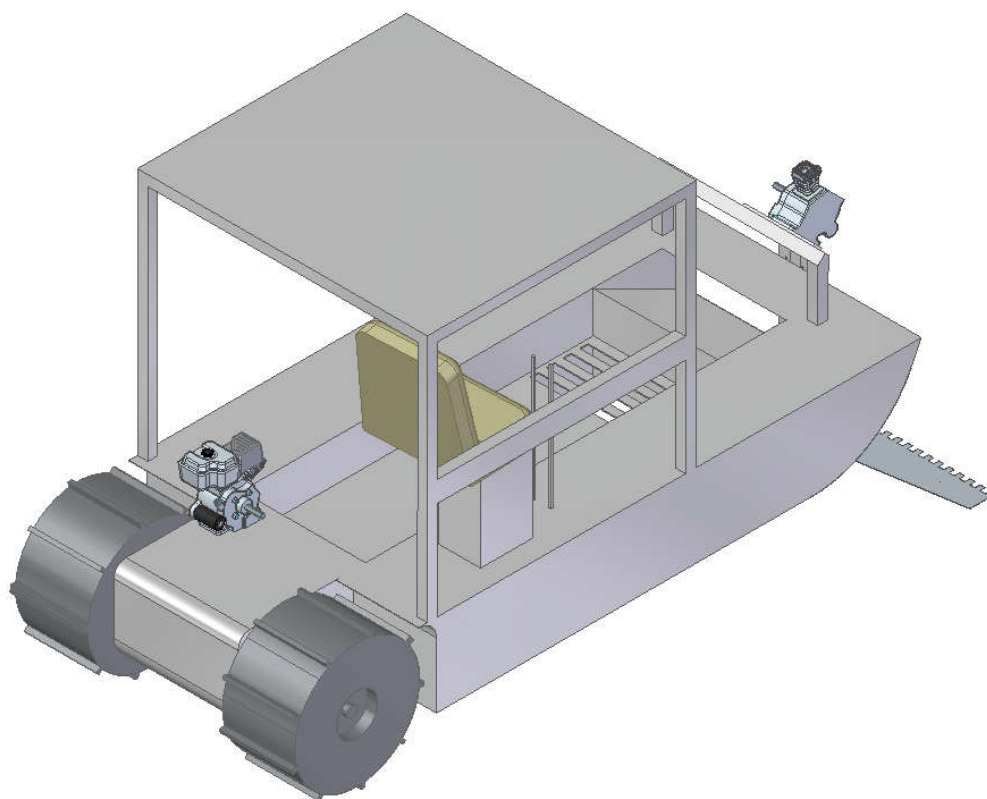




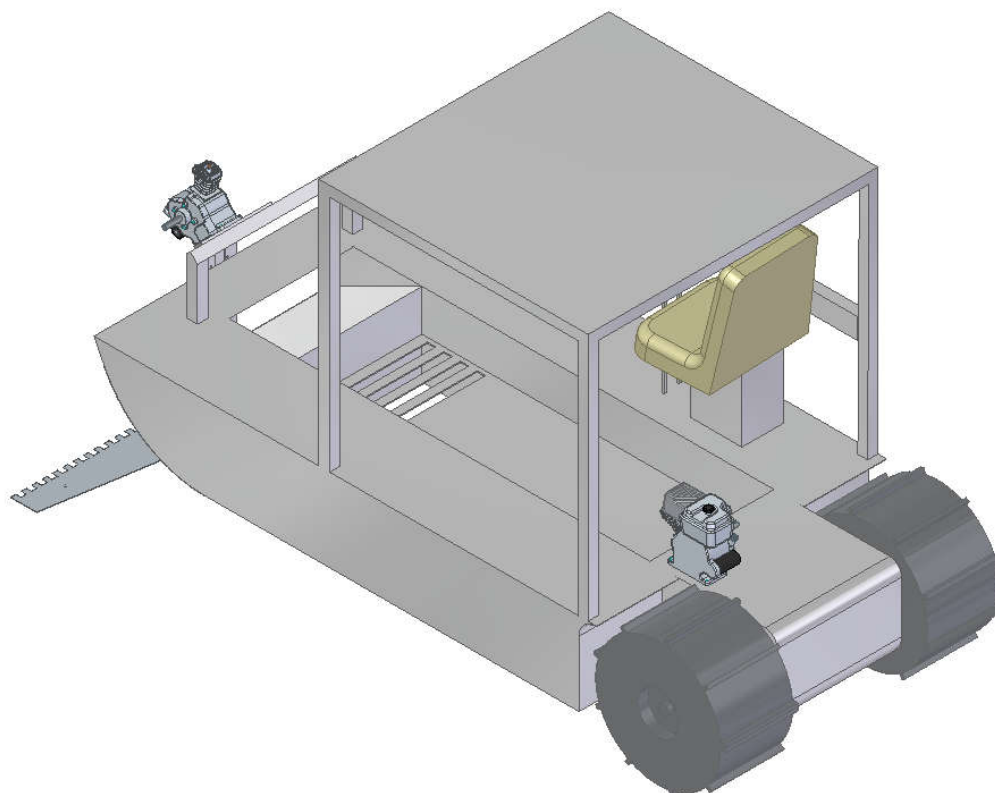
## Lisa 2. Pontoonparve mudeli paremaltvaade



### Lisa 3. Pontoonparve mudeli vasakultvaade



## Lisa 4. Pontoonparve mudeli tagantvaade



**Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks  
ning juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Mina, Janno Jõesaar,  
(isikukood 38910262784)

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
Veekogu hooldusniidukite uurimus, mille juhendaja on Lemmik Käis,

- 1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,
- 1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja
- 1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor

\_\_\_\_\_

Allkiri

Tartu, 5.06.2017

---

**Juhendaja(te) kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta**

Luban lõputöö kaitsmisele.

\_\_\_\_\_

*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_

*(kuupäev)*

\_\_\_\_\_

*(juhendaja nimi ja allkiri)*

\_\_\_\_\_

*(kuupäev)*