



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Masinaehituse instituut
Tootearenduse õppetool

ME70LT

Merilin Roodus

INTELLIGENTNE LUMESAHK

Magistritöö

Autor taotleb
tehnikateaduste magistri
akadeemilist kraadi

Tallinn
2015

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Toivo Tähemaa juhendamisel.

“.....” 2015 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....” 2015 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” 2015 a.

..... allkiri

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2015. aasta 4. semester

Üliõpilane: Merilin Roodus, 132349

Õppekava: MATM02/11

Eriala: Tootearendus

Juhendaja: dotsent Toivo Tähemaa

Konsultandid: Tõnis Ots; Raoul Renser

MAGISTRITÖÖ TEEMA:

Intelligentne lumesahk

The Intelligent snowplow

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Turu-uuring ja konkurentsiuuring	20.02.2015
2.	Kronsteini projekteerimine	20.03.2015
3.	Tugevusarvutused	17.04.2015
4.	Keskkonnadeklaratsioon	24.04.2015
5.	Aruande koostamine ja töö vormistamine	08.05.2015

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid: Kronsteini projekteerimine juhtpuldile; keskkonnadeklaratsiooni koostamine; prototüübi katsetamine.

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: eesti keel

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt: 12.05.2015

Üliõpilane Merilin Roodus

kuupäev.....**Juhendaja** Toivo Tähemaa

kuupäev.....

Töö esitamise tähtaeg:

/allkiri/.....

/allkiri/.....

SISUKORD

<i>MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE</i>	3
Seled	6
Tabelid.....	7
EESSÕNA.....	8
1. SISSEJUHATUS.....	9
1.1. Intelligentse lumesaha kontseptsioon	9
2. TURU-UURING – INTELLIGENTSE LUMESAHA VAJADUS	11
2.1. Esmase turunõudluse analüüs	11
2.2. Täpsustav turunõudluse analüüs	12
3. INTELLIGENTSETE TRANSPORDISÜSTEEMIDE RAKENDAMINE TALVISES TEEHOOLDUSES	14
3.1. Mis on ITS süsteemid?	14
3.2. Olemasolevad ITS süsteemid teeholduses.....	14
3.3. Eesti teeholdusettevõtete suhtumine ITS lahendustesse.....	16
4. KONKURENTIDE TOOTED	20
4.1. „Intelligentne maantee“	20
4.2. Ettevõtte Komatsu automaatne lumesaha tera ja survejõu kontrollimissüsteem.....	21
4.3. Ettevõtte Mowic teekatte sensor ja meteoroloogia keskus	22
4.4. Ettevõtte Vaisala DST111 sensoriga temperatuurimõõdik	23
4.5. Firma DMI (Data Mining Innovators) Airport Report lennujaama lennuradade olukorra hindamise süsteem	24
4.6. Firma Lufft intelligente teeolude hindaja Marwis by Lufft.....	25
4.7. Ettevõtte Mählers teeholdusmasinate juhtsüsteem	26
5. INTELLIGENTSE LUMESAHA ANDURID JA JUHTPULT	27
5.1. Kiirendusanduri tööpõhimõte ja anduri korpuse sisemus.....	29
5.2. Andurite ja andurikarbi paiknemine sahal	31

5.3.	Juhtpult ning sellel teostavad toimingud	32
6.	KRONSTEIN JUHTPULDILE.....	35
6.1.	Juhtpuldi kirjeldus ja nõudmised kronsteinile	35
6.2.	Kronsteini võimalikud lahendused	37
6.2.1.	Variant 1	37
6.2.2.	Variant 2	37
6.2.3.	Variant 3	39
6.2.4.	Variant 4	40
6.3.	Parim lahendus	40
6.4.	Tugevusarvutused kronsteinile	42
7.	ESIMESE PROTUTÜÜBI TESTIMINE JA TULEMUSED	44
7.1.	Juhtpuldi täiendamine ning selle funktsioonide kontrollimine.....	44
7.2.	Andurite testimine ning kokkuvõtte testi tulemustest	46
8.	TOOTE KESKKONNADEKLARATSIOON NING SAHA HÕLMA TOOTMISE ANALÜÜS.....	49
8.1.	Saha hõlma analüüs keskkonna seisukohalt	49
8.2.	Terase transport tootmiskohast Paide Masinatehasesse	52
8.3.	Saha hõlma tootmine Paides ja tekkivad emissioonid.....	54
8.4.	Utiliseerimisel tekkivad keskkonnamõjud.....	56
8.5.	Lumesaha hõlma tootmise kokkuvõtte	57
8.6.	Toote keskkonnadeklaratsioon	59
9.	INTELLIGENTSE LUMESAHA KASUTUSJUHEND	61
	Sahaga töötamise üldised ohutusnõuded ja juhised	61
	Juhtpuldi kasutusjuhend	61
	KOKKUVÕTE.....	62
	SUMMARY	63
	Tsiteeritud teosed	64

SELED

Sele 1.1. Intelligentne teehooldussüsteem.....	10
Sele 3.1.Uute ITS lahenduste kasutuselevõtu tingimused [1].....	17
Sele 3.2. ITS rakendamise negatiivsed küljed [1].....	18
Sele 3.3. Kasutusel olevate lahenduste positiivsed küljed [1].....	18
Sele 3.4. Talihooldde murekohad [1]	19
Sele 4.1. „Intelligentse maantee“ toimimine praktikas [5].....	20
Sele 4.2. Tera asend kinnisuritud (1) ja pehme lume (2) korral [6]	21
Sele 4.3. Andurite asukohad lumesahal [6].....	22
Sele 4.4. Teekattesse sensori paigaldamine [7].....	22
Sele 4.5. Tee ääres olev infotahvel, mis teavitab autojuhte teeoludest [9].....	23
Sele 4.6. Andmekeskuse ekraanilt on näha, kus on tekkinud uus õnnetus või takistus [10] ...	24
Sele 4.7. Erinevate värvidega on tähistatud erinevad tegevused lennuradadel [10]	25
Sele 4.8. Nutiseadmesse kuvatav pilt [11]	25
Sele 4.9. Mählersi juhtkang ning ekraan, kuhu kuvatakse infot [12].....	26
Sele 5.1. Esimene kasutuses olnud vibratsiooniandur.....	27
Sele 5.2. Ühes tasapinnas saadud mõõtetulemused diagrammil	28
Sele 5.3. Esimese intelligentse lumesaha prototüübi andmete kogumise ja edastamise karbi sisu.....	28
Sele 5.4. Andurikarbi sisemus.....	30
Sele 5.5. Andurite paiknemine sahal	31
Sele 5.6. Sahk külge- ja pealtvaates	31
Sele 5.7. Puutetundliku ekraaniga juhtpult.....	32
Sele 5.8. Terade surve muutmine	33
Sele 5.9. Maanteeharja kasutamisel kuvatav menüü.....	34
Sele 6.1. Puutetundliku ekraani mõõtmed [19].....	35
Sele 6.2. Ekraani tagakülg [19].....	36
Sele 6.3. Lakke paigaldatav kronstein.....	37
Sele 6.4. Põranda külge polditav kronstein	38
Sele 6.5. Ekraani paigaldamine reguleeritava laiusega hoidjasse	38
Sele 6.6. Teleskoopühendusega kronstein.....	39

Sele 6.7. Painutatud lehest kronstein.....	40
Sele 6.8. Koht, kuhu mõjub nupu vajutamisel jõud	42
Sele 6.9. Maksimaalne läbipaine.....	43
Sele 6.10. Maksimaalne tekkiv pinge.....	43
Sele 7.1. Lisatud suunaventiil koos elektriliste pistikutega.....	44
Sele 7.2. Lisatud kontrolleri juhtme jootmine juhtmekõidisega	45
Sele 7.3. Juhtpult ühendatud hüdraulika komponentidega.....	45
Sele 7.4. Lihtsustatud skeem rakisest.....	47
Sele 7.5. Saha tera ja andurite testimiseks mõeldud seade.....	48
Sele 7.6. Andurikarp enne ja pärast katset	48
Sele 8.1. Graanulid, millest toodetakse terast [16].....	50
Sele 8.2. Terastoorikute tootmine kõrgahjus [17]	50
Sele 8.3. Peamised väljundid terase tootmisel	52
Sele 8.4 Terase transpordil Rootsist Paidesse tekkivad emissioonid	54
Sele 8.5. Hõlma tootmisel tekkivad emissioonid	56
Sele 8.6. Emissioonid utiliseerimisel	57
Sele 8.7. Terase valmisest hõlma utiliseerimiseni tekkivad emissioonid	58

TABELID

Tabel 6.1. Hindamismaatriks	41
Tabel 7.1. Osa tabelist funktsioonide kontrollimiseks	46
Tabel 8.1. Terase tootmiseks vajalikud sisendid [17]	51
Tabel 8.2. Emissioonid raudteetranspordis [21].....	52
Tabel 8.3. Emissioonid meretranspordis Luleå sadamast Muuga sadamasse [23]	53
Tabel 8.4. Emissioonid sadultranspordil Muuga sadamast Paide Masinatehasesse [25].....	53
Tabel 8.5. Laserpingi kasutamisel tekkivad emissioonid [26]	55
Tabel 8.6. Painutuspingi kasutamisel tekkivad emissioonid [26]	55
Tabel 8.7. Utiliseerimisel tekkivad emissioonid [26].....	57

EESSÕNA

Lõputöö teema, milleks on „Intelligentne lumesahk“, on saadud ettevõttelt Meiren Engineering OÜ. Meiren Engineering on juba enam kui kümme aastat tegelenud lumesahkade projekteerimise ja arendusega. Uue põlvkonna lumesaha arendus pakkus töö autorile huvi ning seetõttu sai otsustatud antud magistritöö teema kasuks.

Antud töö käigus sai uuritud, millised intelligentse lumesaha lahendused on juba olemas, millised on olemasolevate sahade puudused ning missuguseid omadusi tahaksid kliendid uue saha puhul näha. Magistritöö käigus sai osaletud aktiivselt uue lumesaha välja töötamisel. Töö autor oli abiks katsetuste läbiviimisel, juhtpuldile kronsteini projekteerimisel ning lisaks koostati saha hõlma tootmise kohta keskkonnamõjude deklaratsiooni.

Töö autor soovib omalt poolt tänada enda magistritöö juhendajaid Toivo Tähemaad ja Tõnis Otsa ning kõiki teisi, kes andsid nõu ja jagasid soovitusi lõputöö kirjutamise ajal. Lisaks tänatakse Raoul Renseri ning retsenseerijat Heigo Raamatut.

1. SISSEJUHATUS

Selle magistritöö eesmärgiks on intelligentse lumesaha arendamine ning seeläbi keskkonna säästmine. Käesolevat tööd kirjutades tutvuti erinevate olemasolevate intelligentsete teehoolduslahendustega, tehti klientide tagasiside põhjal järeldused, millised on olemasolevate toodete eelised ning puudused.

Tänapäeval on tehnikavaldkonnas üheks peamiseks märksõnaks intelligentsed lahendused. Inimesed soovivad masinaid, mis oleksid võimalikult lihtsasti kasutatavad ning samal ajal teeksid vajaliku töö ära võimalikult kiiresti ja hästi. Eelpool nimetatud põhjused ongi viinud vajaduseni muuta ka lumesahkasid vastavalt nõudlusele intelligentseks. Uudne lumesahk peaks suutma anda infot teehooldusmasina juhile teepinnal valitseva olukorra kohta ning olema abiks õigete tööriistade ja töökiiruste valimisel.

Paljud ettevõtted püüdlevad keskkonnasõbralikuma tuleviku poole. Intelligentse lumesaha arenduse käigus koostati selle hõlmale keskkonnadeklaratsioon ning analüüsi tekkiva saaste hulka. Saadud tulemuste põhjal on võimalik tootmist edaspidi veelgi optimeerida ning muuta seda keskkonda säästvamaks.

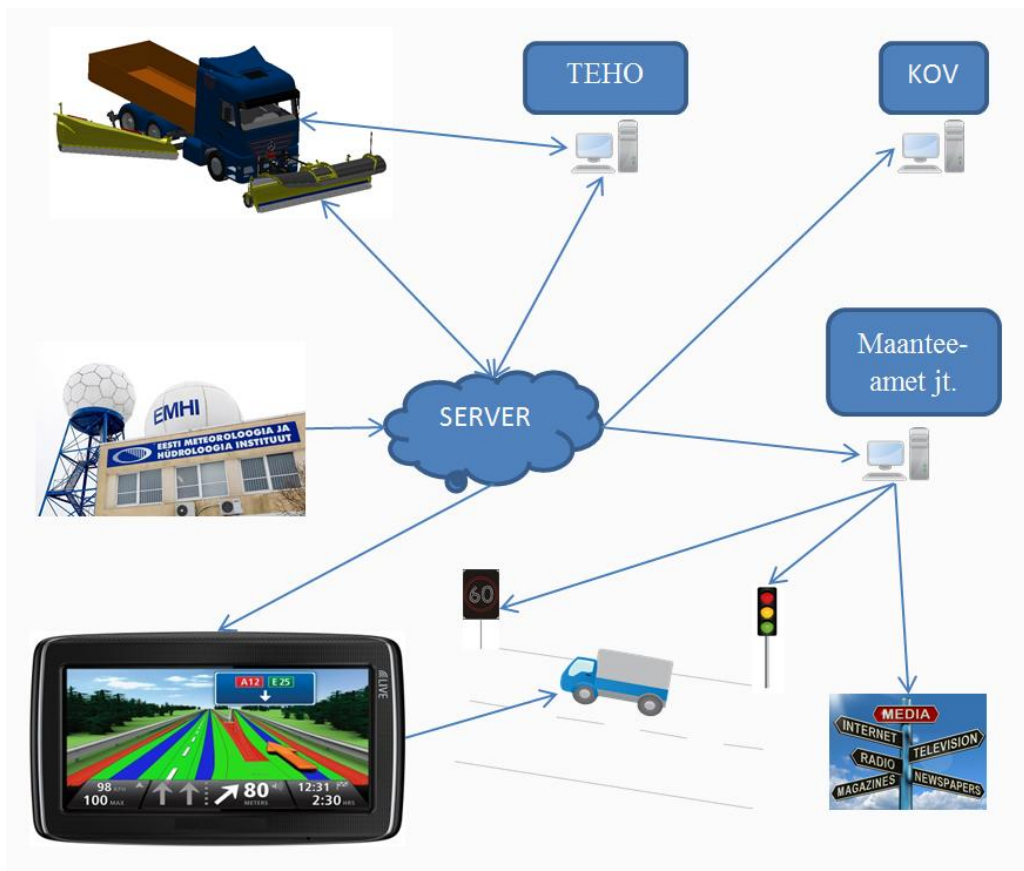
Joonised ja mudelid on tehtud Autodesk Inventor programmi kasutades. Tugevusarvutused on tehtud Solidworks programmiga. Keskkonnadeklaratsioon on koostatud tuginedes „Maksumuse- ja keskkonnakeskse projekteerimise“ õppeaine käigus saadud teadmistele ning lisaks on konsulteeritud sama eriala õppejõu Ahti Põlderiga.

1.1. Intelligentse lumesaha kontseptsioon

Intelligentne lumesahk on teehooldusauto (TEHO) seadmete töö- ja teinfo koguv, töötlev ning juhtimisotsuseid assisteeriv süsteem. Andurite abil kogutakse seadmete asendite ja hüdrocilindrite rõhkude info kokku. See info töödeldakse ning seejärel edastatakse teehooldusauto juhile (ekraanile). Arendatav süsteem peab olema liidetav ka kolmandate osapooltega (tee- ja tööinfo edastamine, TEHO auto seadmete töörežiimide korrigeerimine vastavalt väljaspoolt saabunud andmetele, positsioneerimine). Sele 1.1. Intelligentne teehooldussüsteem ära toodud intelligentse teehooldussüsteemi skeem.

Intelligentse lumesaha puhul on tegu uue põlvkonna lumesahaga, mille peamiseks komponendideks on:

- teehooldusauto seadmetele lisatud andurid
- kontrolleri
- juhtpult (*joystick* ja puuetundlik ekraan)
- juhtarvuti
- tarkvara



Sele 1.1. Intelligentne teehooldussüsteem

Teehooldusautost liiguvad sõiduki ja seadmete andmed (sõiduki kiirus, kas lumesahk on töös, kas teekattel on jää või lumi ja muu selline) serverisse, kus seda töödeldakse ning tehakse prognoos, millised on teelud näiteks mõne tunni pärast. Saadud info saadetakse tagasi teehooldusautole ning jagatakse laiali ka teistele osapooltele (KOV – kohalik omavalitsus; TEHO – teehooldusettevõtte; sõidukijuhid jne). Selle põhjal saab maanteeamet välja saata hoiatusi liiklejatele, et nad oleksid tähelepanelikumad ja valiks sobilikud sõidukiirused.

2. TURU-UURING – INTELLIGENTSE LUMESAHA VAJADUS

Intelligentse lumesaha projekti alustades viidi läbi turu-uuring, et teha kindlaks, milline on nõudlus sellise toote järele. Turunõudlust hinnati nelja huvigrupi huvidest lähtuvalt. Nendeks olid saha-auto juhid, kes otseselt teostavad libeduse- ja lumetõrjet; teemeistrid, kes koordineerivad ja kontrollivad sahujuhtide tööd; tehhooldusettevõtte juhid/omanikud, kes soovivad teenuse osutamisel ressursse säästlikult kasutades maksimeerida ettevõtte kasumit ning tööde tellijad/omavalitsused, kes soovivad, et neile osutataks võimalikult madala hinnaga võimalikult kvaliteetset teenust. Järgnevates alampeatükkides on tehtud saadud vastustest kokkuvõtte ning järeldus intelligentse lumesaha vajaduse kohta.

2.1. Esmase turunõudluse analüüs

Esmase turuanalüüsi tulemusena võib öelda, et täielikult kõiki osapooli rahuldavat lahendust hetkel turul ei pakuta. Küsitlusest selgus aga, et sellist lahendust oleks vaja ning huvi sellise saha vastu on olemas.

Sahujuhtidele esitatud küsimustest selgus, et hetkel valivad nad saharežiime tuginedes enda kogemusele ning nad ei tea, milliseid režiime kasutades on võimalik saavutada parim sahkamistulemus. Sahujuhtide arvates on juhtpuldid, mida nad praegu kasutavad keerulise ülesehituse, ebamugava kasutajaliidesega ja ebaülevaatlikud. Siit saab teha järelduse, et sahujuhtidele on oluline juhtpult, mis oleks lihtsa ülesehitusega ning neile mugav kasutada. Lihtsasti kasutatav juhtpult tagab ka suurema liiklusohutuse, sest juht saab tegeleda ainult saha juhtimisega ning ei pea liialt keskenduma režiimide valikule.

Teemeistril on kasutada navigatsioonisüsteem (GPS), mis näitab saha asukohta kaardil ning kas sahk on üleval või all (rõhuanduri signaal) ning soolapuisturi töö parameetreid. Saha tegelikke töörežiime nad ei tea, neid ei salvestata ning puudub võimalus analüüsida töörežiimide efektiivsust. Seega võib öelda, et hetkel kasutatav süsteem ei vasta tegelikele nõudmistele ning vaja oleks paremat alternatiivi.

Küsitlusest tuli välja, et teehooldusettevõtte juhil on keeruline juhtida ettevõtte kasumlikkust, kuna tööefektiivsus sõltub inimfaktorist ning seetõttu on selle kvaliteet ebahühtlane (sahajuhtide arusaam kasulikust töörežiimist võib olla olenevalt kogemusest väga erinev). Ettevõtete juhid toetaksid väga erinevate IT lahenduste kasutuselevõttu teehoolduses.

Töö tellijatel on hetkel keeruline hinnata teehoolduse kvaliteeti. Selgus, et töö tellijale on oluline ka keskkonna säästmine (näiteks soola koguste vähendamine libeduse tõrjumisel).

Esmase küsitluse põhjal järeldus, et intelligentse lumesaha lahenduse järele on vajadus olemas.

2.2. Täpsustav turunõudluse analüüs

Esmasel turunõudluse analüüsil püstitati hüpoteesid, mida kontrolliti kliendiküsitlustega. Küsitluse sihtgrupiks olid teehooldusautojuhid ja teehooldusega tegelevate ettevõtete juhtivtöötajad Eestist, Soomest ja Saksamaalt. Täpsustavas turunõudluse analüüsis kontrollitakse esmase analüüsi paikapidavust intervjuude käigus.

Müügiosakonna poolt läbi viidud intervjuudest selgub, et Meiren Engineeringu poolt loodavat nutisaha laadse toote lahendust hetkel turul ei pakuta. Vestlustes mainitakse ainsa konkureeriva tootena Arctic Machine iRoad'i. Kliendid ootavad töökindlat toodet, mida oleks lihtne kasutada. Oluliseks peeti näiteks alussaha hüdroüsteemi töörihkude ja -nurkade määramist juhtpuldi abil lihtsustamaks saajuhtide tööd.

Saadi esimeses etapis püstitatud hüpoteesile kinnitust, et saajuhid ei tea, milliseid töörežiime kasutades on võimalik saavutada parimad tulemused. Režiimid valitakse tuginedes enda kogemusele ja seetõttu on töö tulem väga erinev olenevalt juhi töökogemusest. Ühe intervjuueeritava (Soome teehooldusettevõtte YIT tehnikaosakonna juht) sõnul ei tunne ta hetkel puudust ühestki täiendavast teabeparameetrist ning praegused on piisavad tema arvates. Samas lisas intervjuueeritav, et kui lisainfo abil on võimalik talihoolduskulusid optimeerida, siis oleks need tema jaoks huvipakkuvad.

Esimeses etapis kõlas väide nagu oleks teeholdusmasinate juhtpuldid keerulised ja ebamugavad kasutada. Täiendaval analüüsil see hüpotees kinnitust siiski ei leidnud. Juhtpuldi kasutajad on pigem olemasolevate lahendustega rahul.

Käidi Tallinna linna teeholdust vaatamas ning siis selgus, et autojuhid ei ole siiski pädevad juhtpulti kasutama – soolapuisturit ei osatud sisse lülitada, kui paluti seda teha.

Siit võib teha järelduse, et praegused juhtpuldid siiski pole lihtsad kasutada. Lisaks selgus, et eriti suure tähelepanu all on ringteed, kus võiks soolapuistamine olla GPSi abil automatiseeritud. Soola kogust määravad samuti saha juhid pigem ise ning puistavad soola mõnikord vähem teele kui tegelikult tellija on neile ette näinud.

Ettevõtte Oskando Ltd pakub SeeMe nimelist GPS süsteemi, mille abil saab näha, kus sahaauto parajasti asub, kas sahk on üles tõstetud või alumises asendis (rõhuanduri signaal) ning soolapuisturi parameetreid. Saha töörežiime ei edastata ning antud süsteemilt saadud infot ei salvestata ja puudub analüüs, kas töö tehti efektiivselt või mitte. Seetõttu ei saa teeholdusettevõtte juhid juhtida ettevõtte kasumlikkust. Intervjuudest selgub, et teeholdusettevõtte juhid toetaksid väga IT-lahenduste kasutuselevõttu, kui see aitab neil ressursse säästa.

Küsitlusest selgus, et juhtpuldid peavad olema tavaliste nuppude ja juhtkangiga, et sahaautojuht saaks maksimaalselt pöörata tähelepanu masina juhtimisele (ei pea nuppe otsima). Sahaade automaatset juhtimist vajalikuks ei peetud, pigem ei tohiks sahk olla automaatjuhtimisega, kuna see tekitab liiklusohutlikke olukordi.

Turuanalüüside kokkuvõtteks võib öelda, et kliendid soovivad endale lihtsat ja mugavat süsteemi, millega teeholdust teha. Küsitlustest selgub, et kasutajad on pigem rahul praeguse süsteemiga. Tehti järeldus, et seda seetõttu, et nad ei ole osanud paremat hetkel tahta ning on kinni harjumustes (valivad ise töörežiime vastavalt oma kogemusele, lisavad soola vastavalt enda tunnetusele jne).

3. INTELLIGENTSETE TRANSPORDISÜSTEEMIDE RAKENDAMINE TALVISES TEEHOOLDUSES

Eesti Teedeklastri poolt telliti 2014. aastal uuring, et hinnata, kuidas saaks intelligentseid transpordisüsteeme (ITS) rakendades tõsta talviste teede hooldamise efektiivsust ning liiklusohutust. Uurimustöö viidi läbi Eestis ning meie naaberriikides. Järgnevas peatükis tehakse kokkuvõtte uuringu tulemustest ning tuuakse välja olulisemad järeldused.

3.1. Mis on ITS süsteemid?

ITS süsteem on kogum rakendustest ja teenustest, mis rajanevad kaasaegsetel info- ja kommunikatsioonitehnoloogiatel (IKT) ning mille eesmärk on muuta transpordisüsteeme ühiskonna ja keskkonna jaoks efektiivsemaks, ohutumaks ja jätkusuutlikumaks. [1]

ITS süsteemidel on kolm peamist funktsiooni:

1. Monitooring – erinevad andurid, millega saab mõõta õhu või teepinna temperatuuri; jälgida tee- ja ilmastikuolusid.
2. Automatiseeritud analüüs – kui info on hetkel valitsevatest oludest saadud, siis antud teabe põhjal saab teha analüüse ning leida seaduspärasusi. Näiteks on võimalik info töötlemise järel prognoosida, millal võib tee tõenäoliselt muutuda libedaks.
3. Toimingud – kui info on töödeldud ja sellest on saadud järeldused, siis tehakse ennetavaid toiminguid: muudetakse valgusfooride programme ja reguleeritakse teabega liiklusmärke, hoiatatakse liiklejaid, muudetakse ümber ühistranspordi sõiduplaane.

3.2. Olemasolevad ITS süsteemid teehoolduses

Teekaamerad on ühed levinumad kasutusel olevad ITS süsteemid. Neid kasutatakse laialdaselt paljudes Euroopa riikides, kaasa arvatud Eestis, kus neid on kokku 91, millest reaalajas vahendavad pilti 19 kaamerat. [1]

Teehooldajatele on abiks teeilmajaamad, mis annavad edasi infot teedel valitseva olukorra kohta. Teeilmajaamad mõõdavad õhutemperatuuri, niiskust, sademeid, tuule kiirust,

nähtavust, teepinnatemperatuuri jne. Teeilmajaamasid kasutatakse kõikides Põhjamaades, Taanis ning Balti riikides. Eestis on hetkel kasutusel 63 maantee ääres asuvat teeilmajaama. [2]

Teeandurid kuuluvad üldjuhul teeilmajaamade juurde, aga neid võib ka sõltuvalt anduri funktsioonist eraldiseisvana paigaldada. Teeandurid fikseerivad libeduse tekke ja kemikaalide olemasolu teel. Eestis (ja ka Rootsis) kasutatakse teekattes sensoreid PT-100. Teeandureid kasutatakse ka liiklusuuringute tegemiseks. Automaatne liiklusloendur mõõdab maanteel liikuvate sõidukite hulka ja kiirust ning määrab liigi. Statsionaarne liiklusloendur mõõdab liiklust aastaringselt. Lisaks on Eestis kasutusel külmumisandurid, mille põhjal on võimalik reguleerida massipiirangu kehtestamist ja määrata näiteks metsavedude või muid marsruute. [3] Teedeklastri poolt tellitud uuringu küsitluste tulemusena selgus, et teeandureid peaks juurde paigaldama, et teehooldajate töö oleks efektiivsem.

Talihooldde tugisüsteem on tarkvararakendus, mis kogub ja analüüsib erinevatest allikatest (näiteks teeilmajaamadest või andurautodelt) tulenevat infot. Tegemist on abivahendiga hooldetsuste langetamiseks: millal, kus ja mis tüüpi tegevus täpselt sooritada. Erinevates riikides on kasutusel erinevad tarkvararakendused, kuid oma olemuselt ja funktsioonidelt on need kõik sarnased. Lisaks selgusid olulisemad andmed, mida on vaja tugisüsteemi loomiseks. Nendeks on õhu- ja kastepunkti temperatuur, sademete andmed, tuule kiirus, pilvkate ja õhurõhk. Mida rohkem andmeid on teada, seda parem ja täpsem saab olema tugisüsteem. [3]

Optimeerimaks kasutatava soola kogust on vajalik teada, kui palju on juba teekattel soola. SOBO20 on kaasaskantav seade, mida kasutatakse Islandil teede soola jääkkoguse mõõtmiseks. Seadmele on integreeritud temperatuuri kompensator, mis teeb mõõdetud väärtused sõltumatuks mõõtmise temperatuurist. [3] Nii Eestis kui ka Skandinaaviamaades kasutatakse rohkelt talvistel teedel ohutuse tagamiseks soola. Praegu seda otseselt ei mõõdetata, vaid saajuhid puistavad soola teedele vastavalt enda kogemustele (see selgus Meiren Engineeringu poolt läbi viidud küsitlustes). Soola kogust oleks aga vaja kindlasti optimeerida, kuna liigse soola kasutamine kahjustab keskkonda, autosid ning on lisakuluks teehooldusettevõttele, kui seda kasutatakse rohkem kui vajalik oleks.

Kokkupõrke hoiatussüsteemid võimaldavad tuvastada ohutussaari, piirdeid ja muid objekte, mis talvistes tingimustes on hooldetegijale tihtipeale raskesti märgatav. [3] Hetkel need veel väga laialdaselt hooldussõidukitel kasutusel pole, kuid lähitulevikus võib nende populaarsus kasvada.

Marsruudi planeerimise ja jälgimise vahendid – geograafiline infosüsteem (GIS) andmebaase on hakatud kasutama ka teehooldamisel. [3] GIS on omavahel seotud kogum tarkvarast ja andmetest, mida kasutatakse geograafilise info vaatamiseks ja haldamiseks, ruumiliste seoste analüüsimiseks ning ruumiliste protsesside modelleerimiseks. [4] GIS põhine süsteem on kõikehõlmav, võimaldades organiseerida ja juhtida tee hooldustöid ja langetada otsuseid, kohandada tööde kvaliteeti ja kasutatavate materjalide kogust, sõltuvalt kiiresti muutuvatest ilma- ja teeoludest. [3]

Andurauto on mõeldud teeolude kohta info kogumiseks ja jagamiseks. Kui teeilmajaamad edastavad infot vaid ühest punktist, siis andurautodega on võimalik infot saada sisuliselt kogu teedevõrgu kohta. Andureid võib paigaldada igasugustele sõidukitele (näiteks bussid, postiautod ja muud) ning samuti on võimalik analüüsida juba seda infot, mida on võimalik autodelt saada ilma spetsiaalseid andureid paigaldamata (pidurdussüsteemid, veojõukontroll, külglibisemisvastased andurid ja muud). [3]

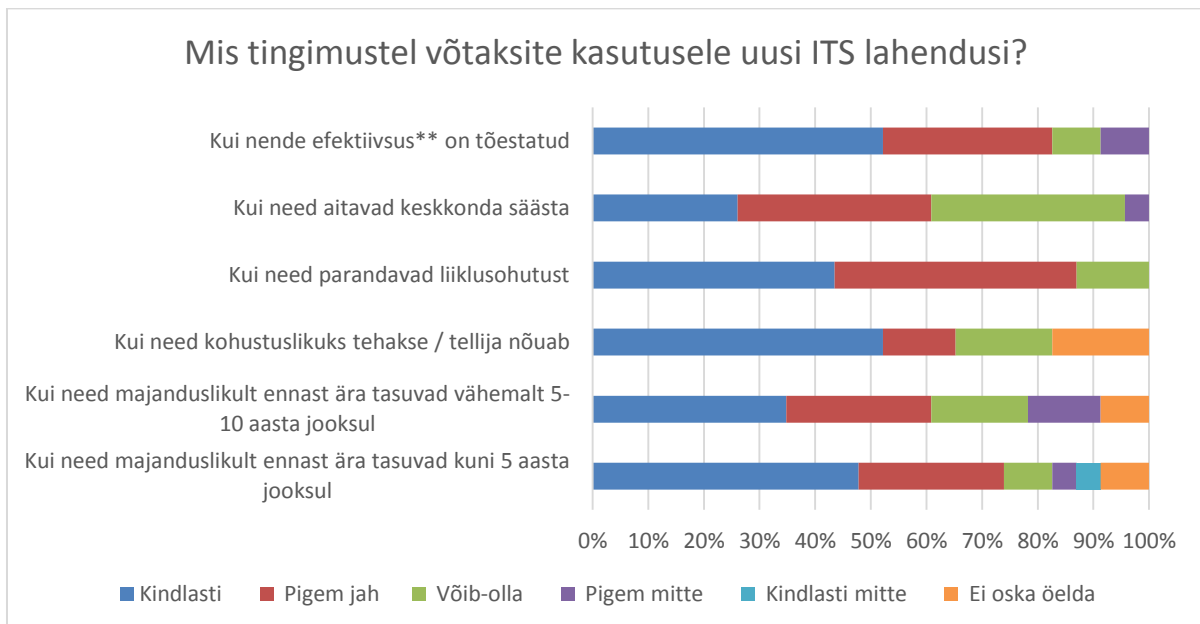
3.3. Eesti teehooldusettevõtete suhtumine ITS lahendustesse

Teedeklastri poolt tellitud uuringus küsiti Eesti teehooldusettevõtelt arvamust ITS süsteemide kohta. Küsitlusele laekus vastuseid kokku 23 ning järgnevalt tehakse saadud vastuste põhjal kokkuvõte.

Küsitlusele vastanud teehooldusega tegelevatest ettevõtetest 70% kasutab sageli töö teostamisel teekaameraid, EMHI poolt pakutavat ilmateadet ja teeilma infosüsteemi kasutab tihti 74% vastanutest ning välisriikide ilmaennustusi kasutab pidevalt 83%. Lisaks on hooldemasinatel olemas ka GPS seadmed, mille abil on võimalik kindlaks teha masina kiirus, kellaeg ning kas puistatakse soola või sahatakse teed.

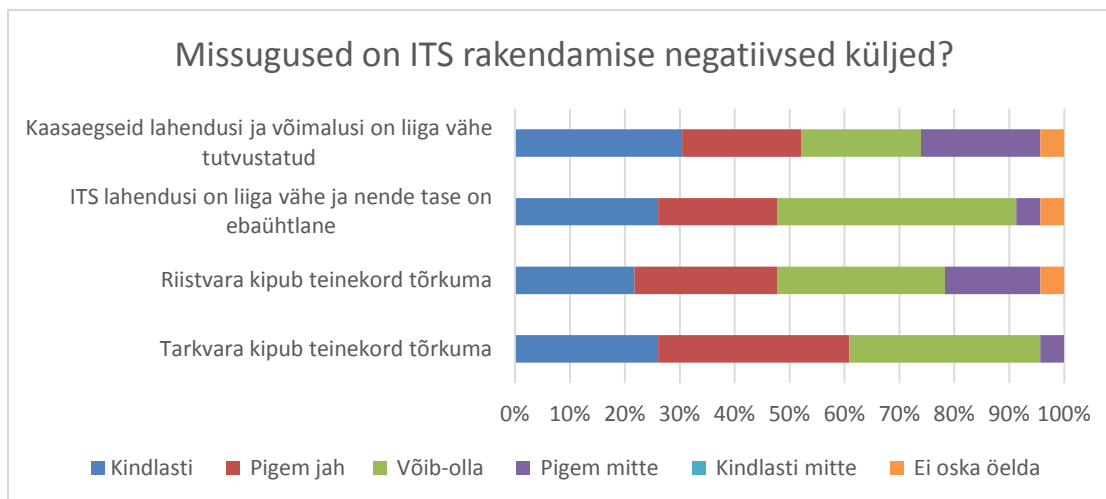
Märkustes on hooldusettevõtted toonud välja selle, et nad usaldavad ilma jälgimisel pigem välisilmateadet kui kohalikku, kuna Eesti ilmateade ei ole nii täpne kui välisriikide oma. Lisaks toodi välja, et GPS süsteemid vajavad kindlasti täiustamist. Hetkel pole võimalik saada piisavat infot teehooldustoimingute kohta ega soola puistenormide kohta.

74% vastanutest oleks nõus võtma kasutusele uusi ITS lahendusi teehoolduse hõlbustamiseks ja efektiivsuse tõstmiseks, kui see tooks ka majandusliku kasu järgneva 5 aasta jooksul. Kui uus lahendus tõstaks liiklusohutust, siis võtaks selle kasutusele 87% küsitletutest. Uusi ITS lahendusi oleks teehooldusettevõtted nõus kasutama, kui need oleks innovaatilised, muudaks masinajuhi töö mugavamaks ja tõstaks töö efektiivsust.



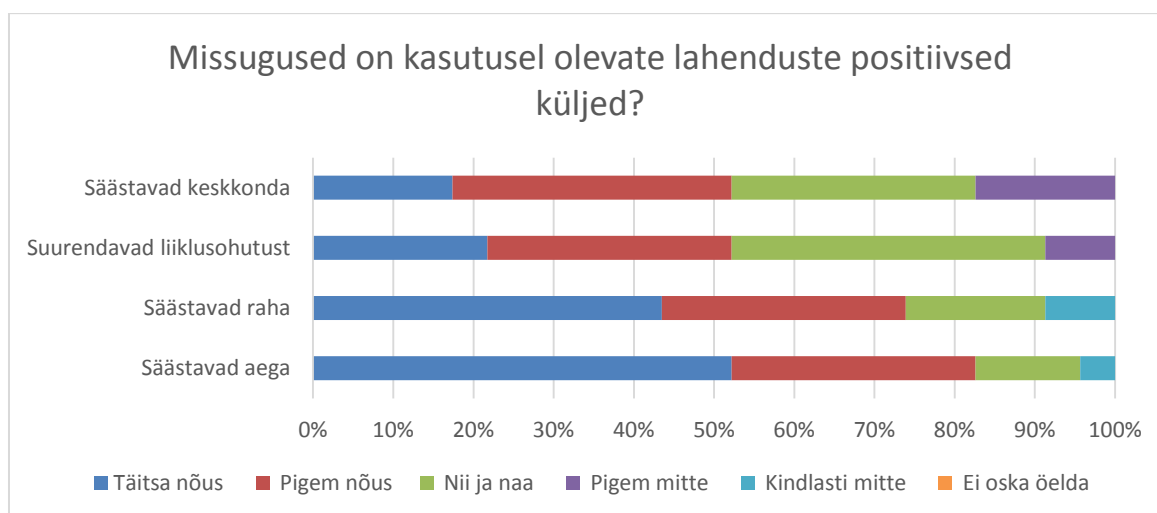
Sele 3.1. Uute ITS lahenduste kasutuselevõtu tingimused [1]

ITS süsteemide negatiivsete külgedena tõi 61% välja tarkvara võimaliku tõrkumise. Riistvaras esinevaid vigu kardab 48% vastanutest. Lisaks kardeti, et ITS süsteemide kvaliteeditase ei pruugi olla ühtlane. Küsitluses toodi välja ka fakt, et ITS süsteemide on liiga vähe tutvustatud ning seetõttu ettevõtted pelgavad nende kasutamist. Uute süsteemide asemel eelistaks osa vastanutest tihedamat teilmajaamade ja liikluskaamerate võrgustikku. Lisaks märgiti ära, et kogu teolude kohta tulev info võiks koonduda ühte rakendusesse, sest muidu kulub info hankimiseks liiga palju aega.

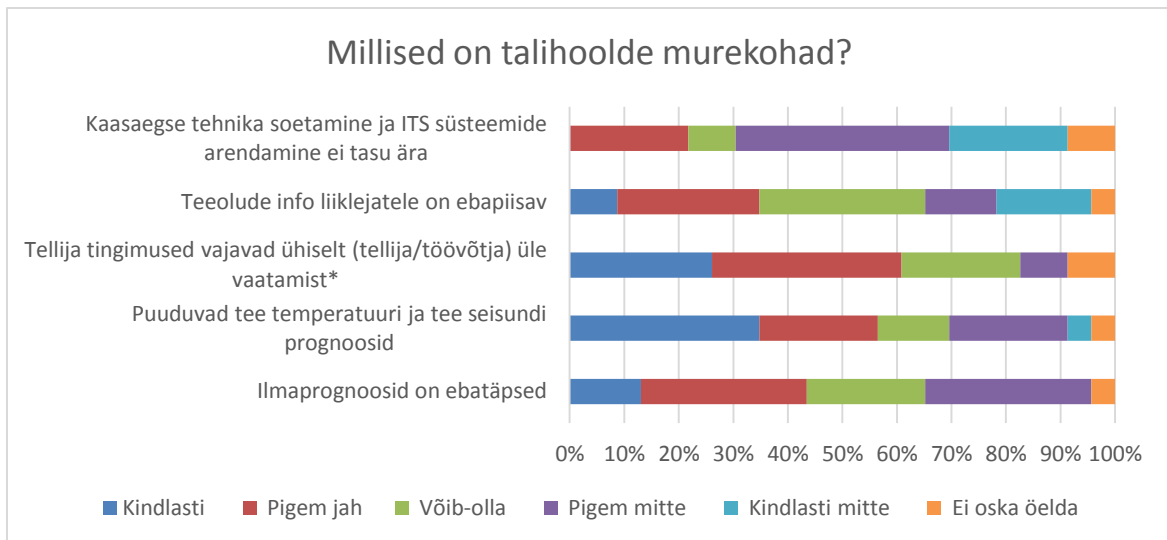


Sele 3.2. ITS rakendamise negatiivsed küljed [1]

Praegu kasutusel olevate ITS süsteemide positiivsete külgedena toodi ära keskkonna, raha ja aja säästmine ning liiklusohutuse tõstmine. Negatiivsena toodi välja ilmaprognooside ebatäpsus, puudulik info teepinna temperatuuri ja seisundi kohta. Lisaks kardeti, et ITS süsteemide soetamine ja arendamine ei tasu end ära.



Sele 3.3. Kasutusel olevate lahenduste positiivsed küljed [1]



Sele 3.4. Talihoolde murekohad [1]

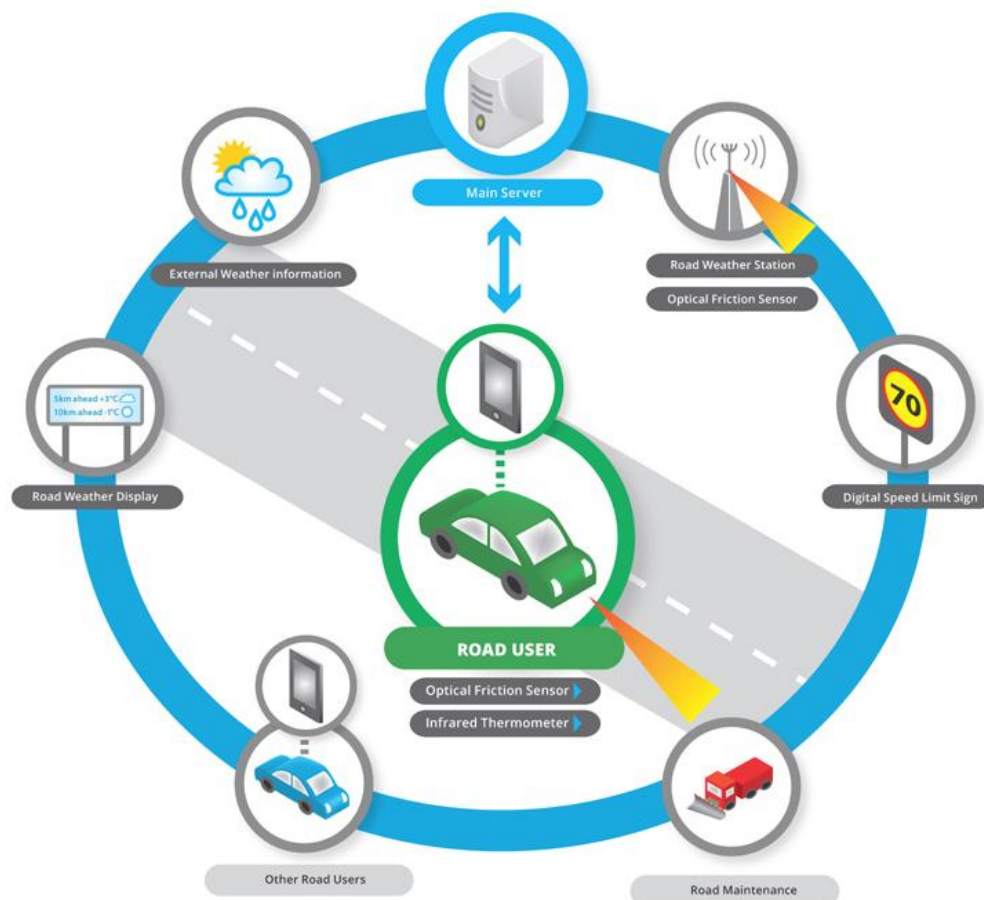
Teehooldajatelt uuriti, millised on nende ootused seoses ITS lahendustega. Selle küsimuse juures toodi välja, et teandureid oleks kindlasti juurde vaja, mis muudaks nende töö lihtsamaks ning efektiivsemaks. Leiti, et rohkem võiks olla nutiseadmetes kasutatavaid rakendusi, aga need peaks olema töökindlamad ja kiiremad kui praegused. Laialdasemalt võiks kasutusele võtta hõõrdeteguri mõõtmise infosüsteemi. Toodi välja ka lisaandurite vajadus puisturitele ja sahkadele.

4. KONKURENTIDE TOOTED

Alljärgnevates alampeatükkides on välja toodud peamised konkurentide tooted, mida oleks võimalik võrrelda loodava intelligentse lumesahaga. Välja on toodud ka alternatiivsed lahendused, mille abil saavad saajuhid infot teoludest. Alampeatükke on refereeritud ning välja on toodud vaid olulisim.

4.1. „Intelligentne maantee“

„Intelligentne maantee“ jälgib teelusid sensorite abil, mis on paigaldatud auto külge ning mis teevad kindlaks teekatte ja rehvide vahelise hõõrde suuruse. Hõõrdetegur μ on jagatud viide erinevasse intervalli (0-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6, 0.6-0.8 ja 0.8-1). Kui sensorid tuvastavad hõõrdeteguriks $\mu=0,4$ või vähem, siis see tähendab võimalikku libeduseohtu (libedus oleneb ka sõiduki rehvidest). [5]

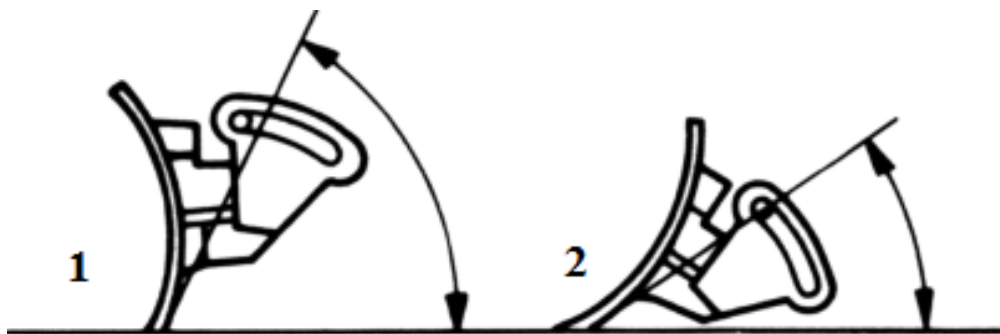


Sele 4.1. „Intelligentse maantee“ toimimine praktikas [5]

Kogu süsteemi keskmes asuv peaserver saab infot ilmateenistusest ning teolusid jälgivatelt sensoritelt. Saadud infot analüüsitakse ning seejärel saadetakse see autodes olevatesse mobiilsetesse seadmetesse, teeäärsetele ekraanidele ning digitaalsetele liiklusmärkidele. Antud süsteem annab liiklejatele reaalajas infot teolude kohta ning digitaalsed liiklusmärgid määravad vastavalt teoludele ka kiiruspiirangud. „Intelligentse maantee“ prototüüp on kasutusel Rootsis Luleås ning seda testiti esmakordselt 2012/2013 talvel [5]

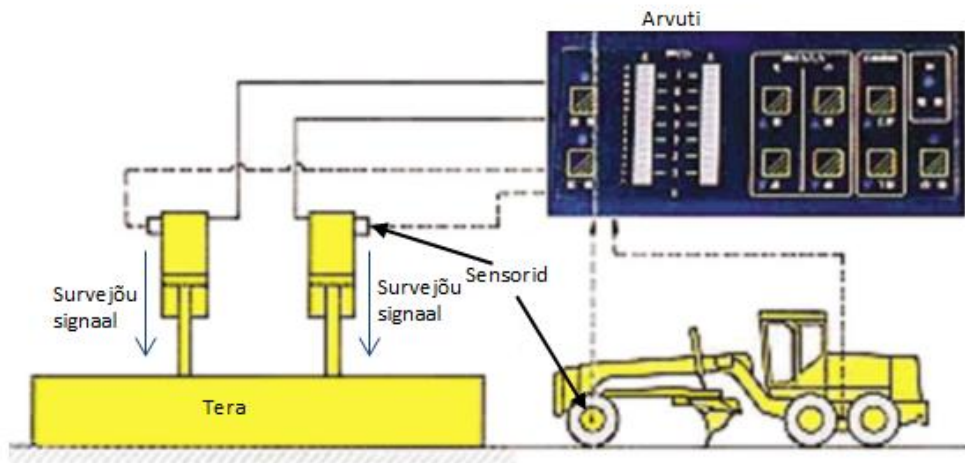
4.2. Ettevõtte Komatsu automaatne lumesaha tera ja survejõu kontrollimissüsteem

Komatsu automaatne lumesaha tera kontrollimissüsteem muudab lume lükkamisel teranurka ja jõudu vastavalt teoludele. Pehme lume korral on nurk väiksem ning kinnisurutud lume korral on nurk suurem. Kinnisurutud lume korral suurendatakse esmalt löikenurka ja seejärel survejõudu, et lume eemaldamine teelt oleks efektiivne. Löikenurk liigub tagasi väiksemaks ja survejõud väheneb järk-järgult, kui teekate muutub (lumi muutub taas pehmeks). [6]



Sele 4.2. Tera asend kinnisurutud (1) ja pehme lume (2) korral [6]

Infot teekatteolude kohta saab süsteem piesoelektrilistelt vibratsioonianduritelt. Kui lumelükkamisel on vibratsioon väike, siis see tähendab, et lund on veel teepinnal (tera libiseb mööda lund). Kui vibratsioon on suur, siis see tähendab, et tera puutub vahetult vastu teekatet (lund pole). Antud info põhjal paneb süsteem paika teranurga ja survejõu. [6]



Sele 4.3. Andurite asukohad lumesahal [6]

Antud süsteemi esmane prototüüp valmis 1999 aastal. Aasta hiljem seda täiustati ning 2001 aastal hakati täiustatud mudelit tootma. [6]

4.3. Ettevõtte Mowic teekatte sensor ja meteoroloogia keskus

Mowic teekatte sensor mõõdab teekatte temperatuuri ning seisundit (kas on kuiv või niiske). Sensorid paigaldatakse teekatte sisse ning saadud andmed edastatakse juhtmevabalt peaüksusele. Sensori ja peaüksuse vaheline maksimaalne kaugus võib olla kuni 100 meetrit. [7]



Sele 4.4. Teekattesesse sensori paigaldamine [7]

Mowicu meteoroloogia keskuses mõõdetakse sensorite abil õhutemperatuuri ja õhuniiskust. Andmete edastamisel ja vahendamisel kasutatakse GPRS süsteemi. Koos teekatte sensorilt saadud andmetega on võimalik vältida ohtlike olukordi. Sensori töökeskkonna temperatuur peab jääma vahemikku -40 ... +55 °C. [8]

4.4. Ettevõtte Vaisala DST111 sensoriga temperatuurimõõdik

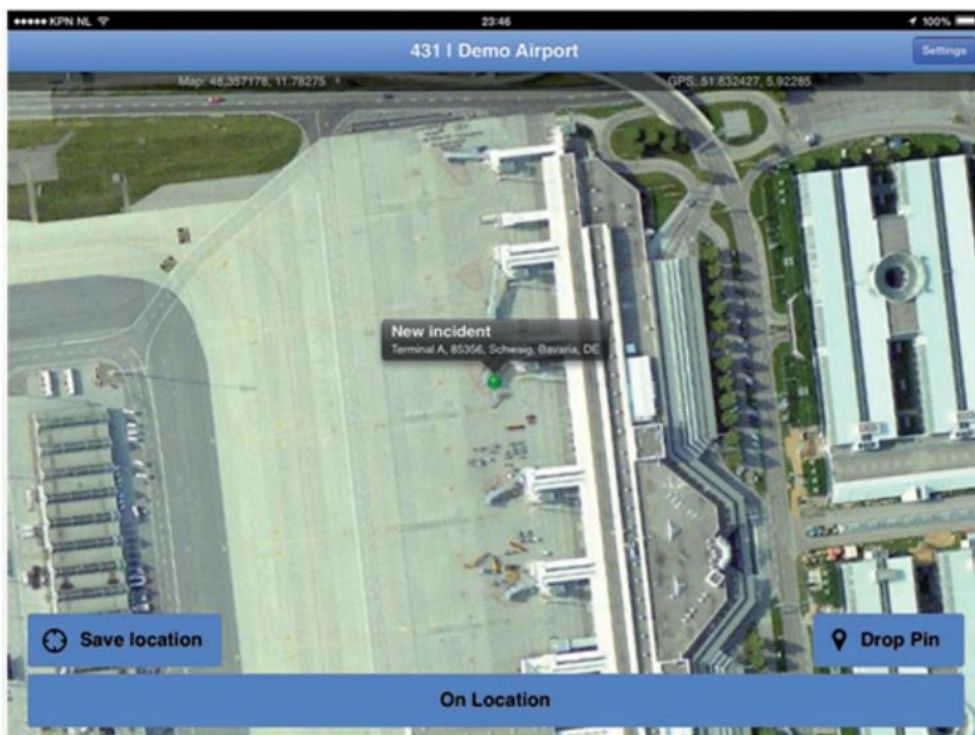
Vaisala DST111 sensor mõõdab teepinna temperatuuri kaugmõõtmisega. DST111 infrapunaanduriga mõõdik on usaldusväärsem ja täpsem, kui teised müügil olevad samalaadsed tooted. DST111 sensori resolutsioon on 0,1 °C ning see mõõdab temperatuuri vahemikus -40...+60 °C. Iga 30 sekundi järel uuendatakse andmeid, mõõtekaugus peab jääma vahemikku 2...15 m. Antud anduri paigaldamine on lihtne - selle võib paigaldada näiteks tee ääres oleva masti külge. DST111 sensorit on võimalik ühildada DSC111 sensoriga, mis mõõdab niiskust ning teeb kindlaks jää ja lume olemasolu. Sensoritelt saadud info kuvatakse tee ääres olevatel ekraanidel, mis hoiatavad autojuhte näiteks libeduse eest. [9]



Sele 4.5. Tee ääres olev infotahvel, mis teavitab autojuhte teeoludest [9]

4.5. Firma DMI (Data Mining Innovators) Airport Report lennujaama lennuradade olukorra hindamise süsteem

DMI Airport Report annab reaajas ülevaate lennuradade seisukorra kohta. Mobiilsete seadmete abil tehakse koheselt kindlaks õlilekked, linnud/loomad ja prügi lennuradadel. Modemid paigaldatakse masinate külge ning nende abil saab täpselt teada masinate asukohad ja tegevused (näiteks lennuradade pühkimine, lumest puhastamine, soolatamine). Saadud info kogutakse ja edastatakse andmekeskusele. Andmete kuvamisel kaartidel kasutatakse erinevaid värve, mille põhja saab kindlaks teha, kas masinaga alles tehakse tööd või lennurada hooldatud. Selle abil saab planeerida lennuvälja hooldustöid. Tänu sellele süsteemile saavad lennujaamad andmeid koguda ja hoiustada tunduvalt lihtsamalt kui varem ning paberitööd jääb vähemaks. Samuti aitab see süsteem ennetada võimalikke ohtlikke olukordi. [10]



Sele 4.6. Andmekeskuse ekraanilt on näha, kus on tekkinud uus õnnetus või takistus [10]



Sele 4.7. Erinevate värvidega on tähistatud erinevad tegevused lennuradadel [10]

4.6. Firma Lufft intelligente teolude hindaja Marwis by Lufft

Firma Lufft on loonud intelligentsse teolude hindaja, mis töötab sensorite abil. Eelnevalt on firma Lufft loonud teolude hindaja, mis töötab siis kui masin on paigal, kuid antud toode kogub andmeid ka liikumise ajal. Marwise abil on võimalik teada saada teepinna temperatuur ja niiskus ning jää, lume või härmalise olemasolu. Lisaks on võimalik mõõta veekihi paksust ning teha kindlaks, kui suur hõõrdumine on tee ja rehvide vahel. Tänu täpsetele andmetele on võimalik vähendada maanteele puistatava soola hulka ning teha kindlaks täpne sõidule kuluv aeg. Andmed edastatakse *bluetooth*'i abil nutiseadmesse ning tänu sellele on seda väga lihtne kasutada. [11]



Sele 4.8. Nutiseadmesse kuvatav pilt [11]

4.7. Ettevõtte Mählers teehooldusmasinate juhtsüsteem

Mählersi uue süsteemi MC2 abil on võimalik juhtida nii teehöövli tera kui lumesahka. Juhtimine toimub juhtkangi abil. *CANbus* tüüpi andmeedastussüsteemiga varustatud juhtpuldiga saab juhtida teehöövli tera või lumesahka, muuta nende nurka ja survet teepinna suhtes. Juhtkangiga ühenduses oleval ekraanil kuvatakse veateated, parameetrid, graafilised esitlused aktiveeritud funktsiooni kohta. [12]



Sele 4.9. Mählersi juhtkang ning ekraan, kuhu kuvatakse infot [12]

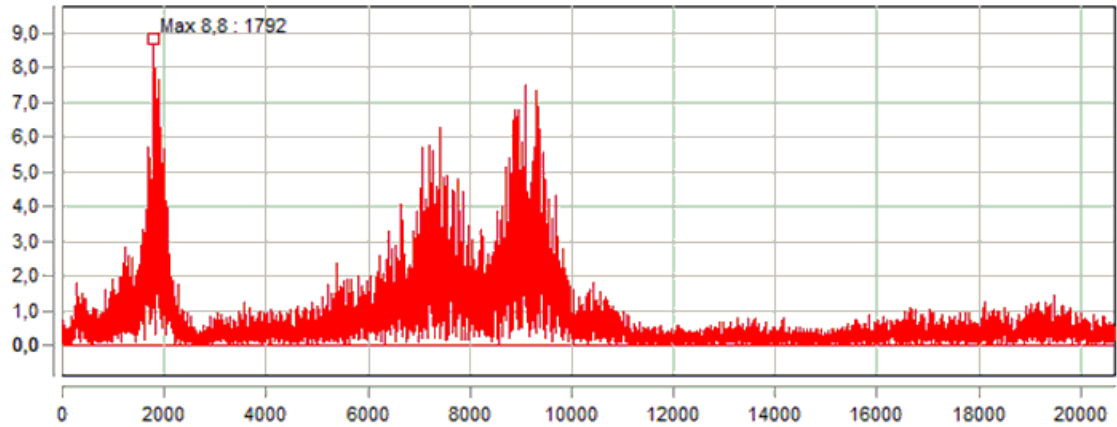
5. INTELLIGENTSE LUMESAHA ANDURID JA JUHTPULT

Loodava lumesaha muudab intelligentseks juhtimissüsteem koos anduritega. Anduritest on kasutusel asendiandurid, rõhuandurid ja vibratsiooniandurid. Vibratsiooniandurid mõõdavad lumesaha tera kiirendusi. Saadud info töödeldakse juhtsüsteemi poolt ning tehakse seejuures kindlaks, kas teel on jää või lumi, kas peaks lisama soola või lükkama lund. Andurilt tulev info antakse edasi saahjuhtidele ning nemad saavad vastavalt olukorrale tegutseda. Vajalikud toimingud saab teostada kasutades uudset juhtpulti, mille sarnast siiani teistel lumesaha tootjatel veel pole. Antud magistritöö raames pandi kokku juhtpulti esmase prototüübi tarvis. Lisati puudu olevad kontrollid, joodeti tagastusjuhe teiste juhtmete kimpu ja lisati kaks mähist. Projekteeriti kronstein juhtpulti kinnitamiseks teeholdusauto kabiini.

Sele 5.1 on ära toodud vibratsiooniandur, mis paigaldati lumesaha terale. Esimene test teostati vibratsioonianduri mõõteulatuse kindlakstegemiseks. Sama tüübilise anduriga teostati esimesed testid teolude ja vibratsiooni vahelise korrelatsiooni leidmiseks. Andur võimaldas mõõta vibratsioone ühes tasapinnas. Koostöös TTÜ Proaktiivtehnoloogiate laboriga otsustati, et ühest tasapinnast saadud tulemused ei ole piisavad vajalike tunnusjoonte ja mustrite leidmiseks. Seetõttu otsustati kolme telje suunas kiirendusi mõõtva anduri kasuks. Sele 5.2 on toodud diagramm, kus on vibratsioonianduri mõõtmiste tulemused. Vertikaalteljel on kiirendus ja horisontaalteljel on sagedus.



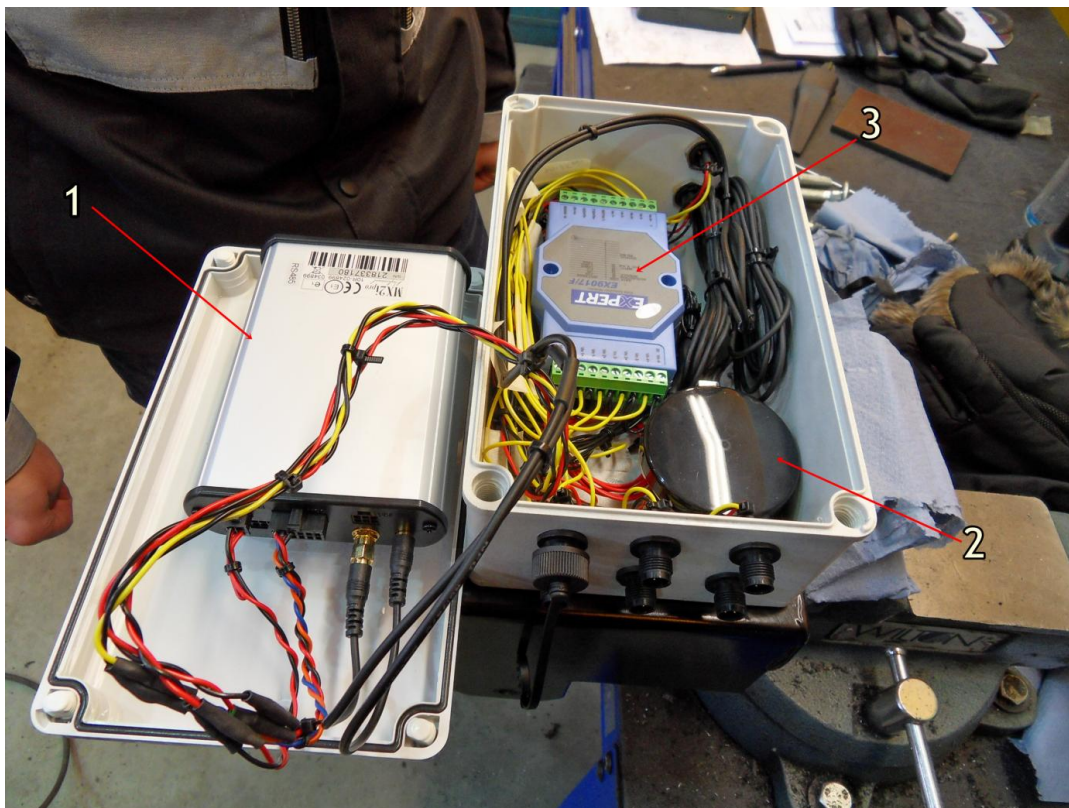
Sele 5.1. Esimene kasutuses olnud vibratsiooniandur



Sele 5.2. Ühes tasapinnas saadud mõõtetulemused diagrammil

Sele 5.3 on ära toodud esimese intelligentse lumesaha prototüübi andmete kogumise ja edastamise karbi sisu. Numbritega on märgitud selle komponendid:

- 1 – Modem (andmete edastamine)
- 2 – GPS/GPRS antenn
- 3 – Kontroller (andmete kogumine)



Sele 5.3. Esimese intelligentse lumesaha prototüübi andmete kogumise ja edastamise karbi sisu

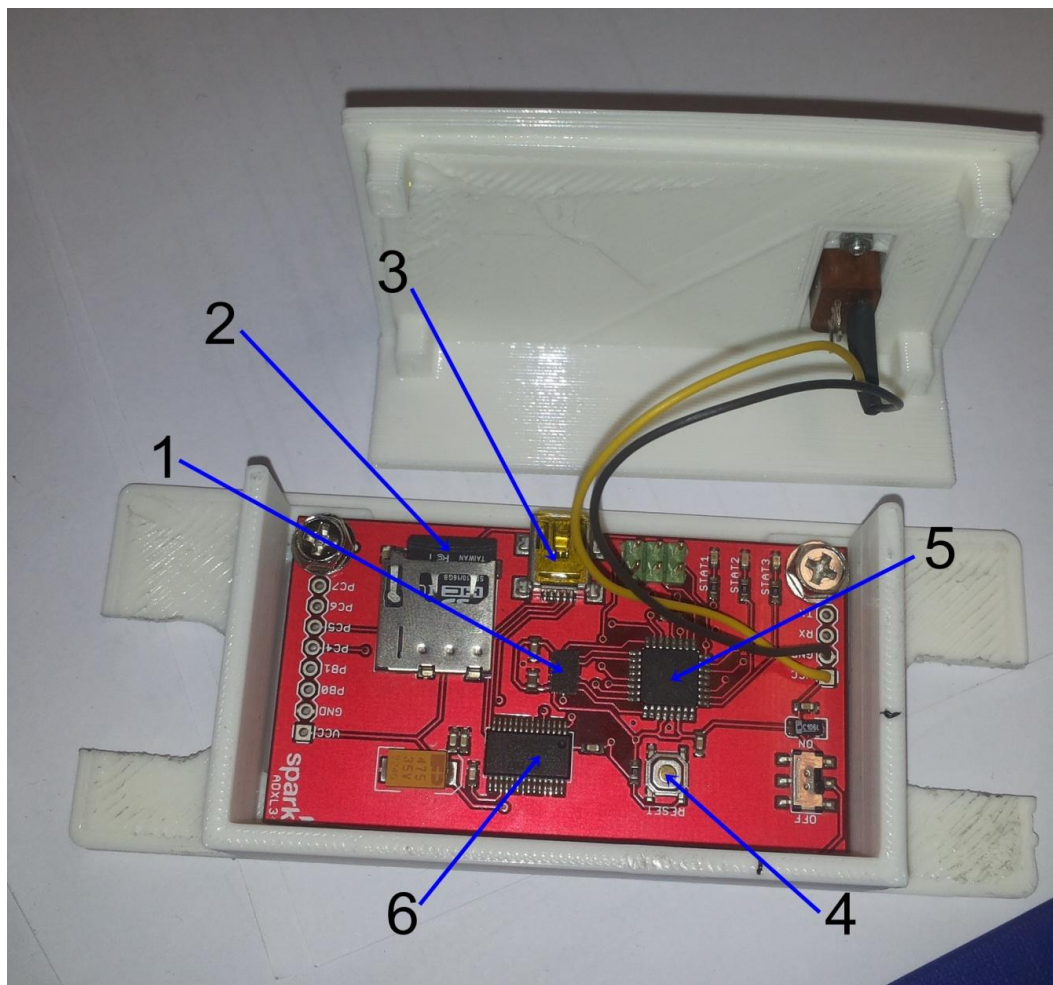
Järgnevates alapeatükkides on välja toodud andurite tööpõhimõtte ning kirjeldatud on juhtpuldi funktsioone ja seda, mis teeb selle paremaks konkurentide omast.

5.1. Kiirendusanduri tööpõhimõtte ja anduri korpuse sisemus

Kiirendusandurit kasutatakse peamiselt kiiruste muutuste mõõtmiseks. Samuti saab kiirendusanduriga mõõta anduri nurka maapinna suhtes. Kiirendusandurid on konstrueeritud ja valmistatud mikroelektromehaanika tehnoloogial, kus elektroonika ja mehaanika komponendid on integreeritud mikrotasandil. [19]

Tüüpiline kiirendusandur koosneb mikrofreesitud mahtuvuslikust andurelemendist (g-rakk) ja mõõte- ning andmetöötluselektronikast. Mõõteelement koos elektronikaga on suletud vee ja õhukindlalt anduri korpusesse. g-rakk on mikrokiipi söövitatud polüsilikooni kiht, mis koos kahe fikseeritud mahtuvusliku plaadiga moodustab kaks kondensaatorit. Kui andurile rakendada mingi kiirendus, siis g-raku keskmine kiht liigub vastavalt ühe või teise fikseeritud plaadi poole ning kondensaatorite mahtuvus muutub proportsionaalselt kiirendusele. Andurisse sisse ehitatud elektroonika tegeleb g-rakkude mõõtmisega ning analüüsimisega. Elementidest tulev informatsioon võimendatakse, filtreeritakse ning teisendatakse pingeks, mida saab otse ühendada mikrokontrolleri sisendiga. Tavaliselt lisatakse anduritesse ka 0 g väljund, millega on võimalik kontrollerrisse tekitada katkestus juhul kui andur tuvastab 0 g ehk kukkumise. [19]

Allpool on näha pilti uuest andurikarbi sisemusest, mida hetkel kasutatakse uute katsetulemuste saamiseks (Sele 5.4). Selle sisu peamised komponendid on ära nummerdatud. Numbrite selgitused on lisatud pildi alla.



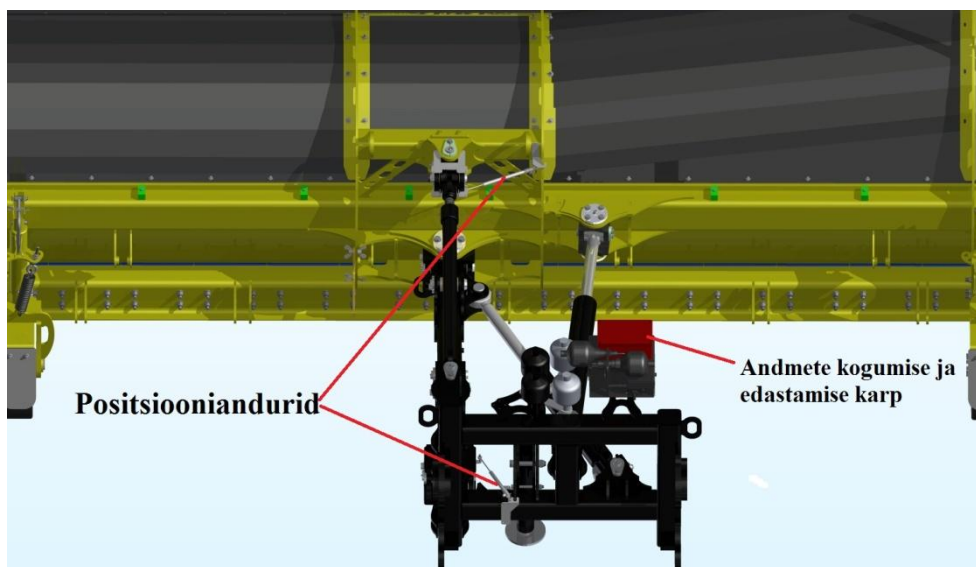
Sele 5.4. Andurikarbi sisemus

- 1 – Kiirendusandur
- 2 – Micro SD kaart (andmete salvestamiseks)
- 3 – USB pesa
- 4 – Lähtestamise (reset) nupp
- 5 – Protsessor
- 6 – Mikrokiip

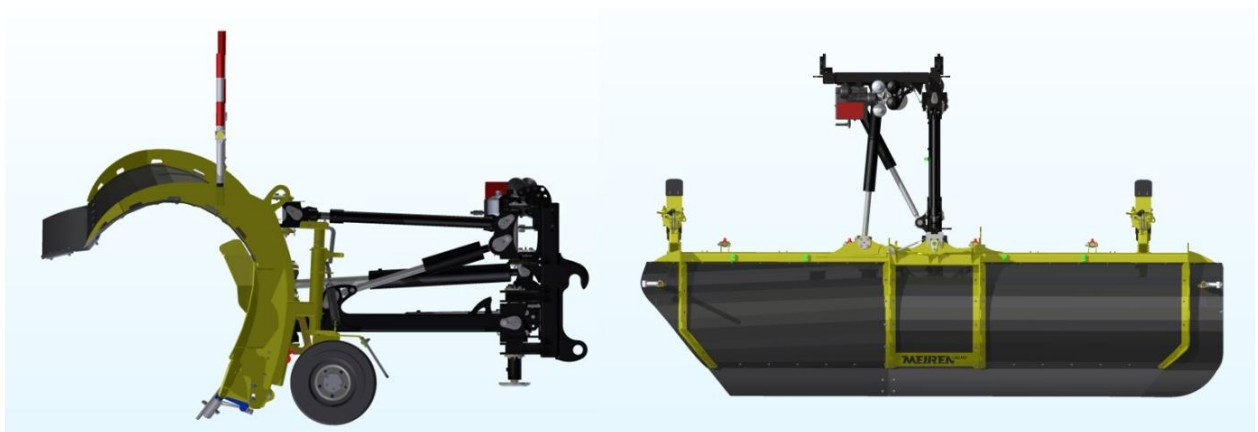
Lisaks kiirendusandurile on sahal kasutusel ka positsiooniandur Novotechnik TX2 0100 716 002 101, positsiooniandur Novotechnik TX2 0150 716 002 101 ja rõhuandur Gems3201-S-0250S-01-E-R-0001. Positsioonianduritega mõõdetakse saha asendeid – pöördenurka ja nihutust ning rõhuanduriga saab hüdro süsteemi rõhu abil teada, kas sahk on üles tõstetud või alumises asendis.

5.2. Andurite ja andurikarbi paiknemine sahal

Järgnevatel seledel on ära näidatud, kus paiknevad sahal andurid. Lisaks kiirendusandurile, mis asub andurikarbis terahoidja küljes, on sahal ka kaks positsiooniandurit, mis teevad kindlaks saha asendi ja rõhuandurid. Rõhuandurid mõõdavad pöördsilindri rõhku kokkupõrke kindlakstegemiseks, saha põhitera ja lisatera surve leidmiseks. Maantesahk nihutatava parallelogrammiga ei ole projekteeritud antud magistritöö käigus, kuid antud töö käigus on lisatud sahale positsiooniandurid ja andmete kogumise ja edastamise karp (intelligentselumesaha koostejoonis on lisas, joonis ITS-00000).



Sele 5.5. Andurite paiknemine sahal

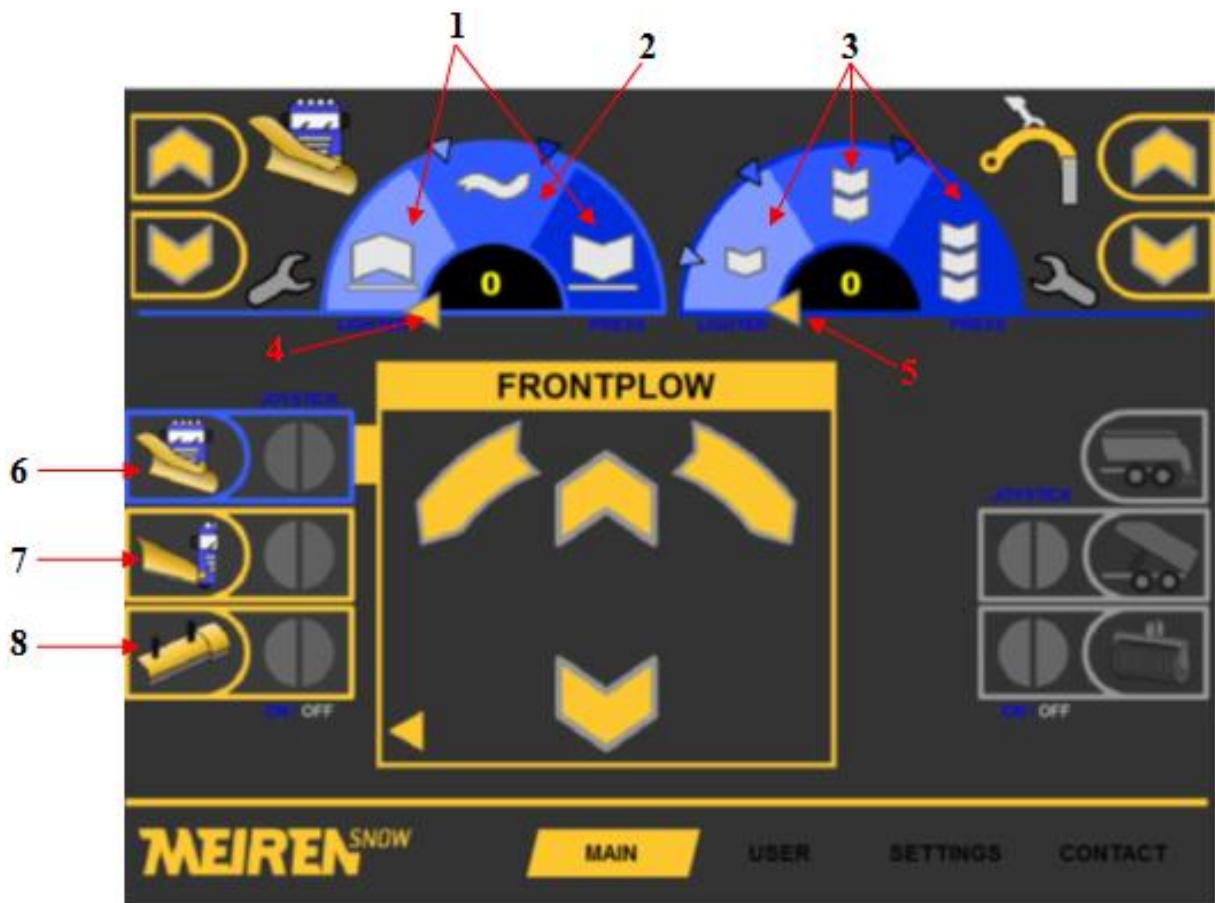


Sele 5.6. Sahk külg- ja pealtvaates

5.3. Juhtpult ning selle teostavad toimingud

Juhtpult on valminud koostöös Rootsi ettevõttega Hydagent AB. Võrreldes konkurentide sarnaste toodetega on antud juhtpuldil rohkem funktsioone ning seadistusvõimalusi. Lisaks sellele on ekraan suur (12-ne tolline), tänu millele on sealt lihtne infot lugeda. Puutetundliku ekraani taust on tume ja ikoonid ning tekst piisavalt heledad, mis ei väsita silmi. Lisaks puuteekraanile on võimalik juhtida intelligentset lumesahka ka tavalise juhtkangiga (*joystick*). On oluline, et sajahuhid, kes ei ole veel kaasaegsete tehnoloogiliste uuendustega (puutetundlike ekraanidega) harjunud, saaksid oma tööd harjumuspäraselt jätkata. Esimesel prototüübil on juhtpuldi menüü inglise ja rootsi keeles, kuid tulevikus on plaan lisada menüü keelevalikusse ka vene, eesti ja soome keel.

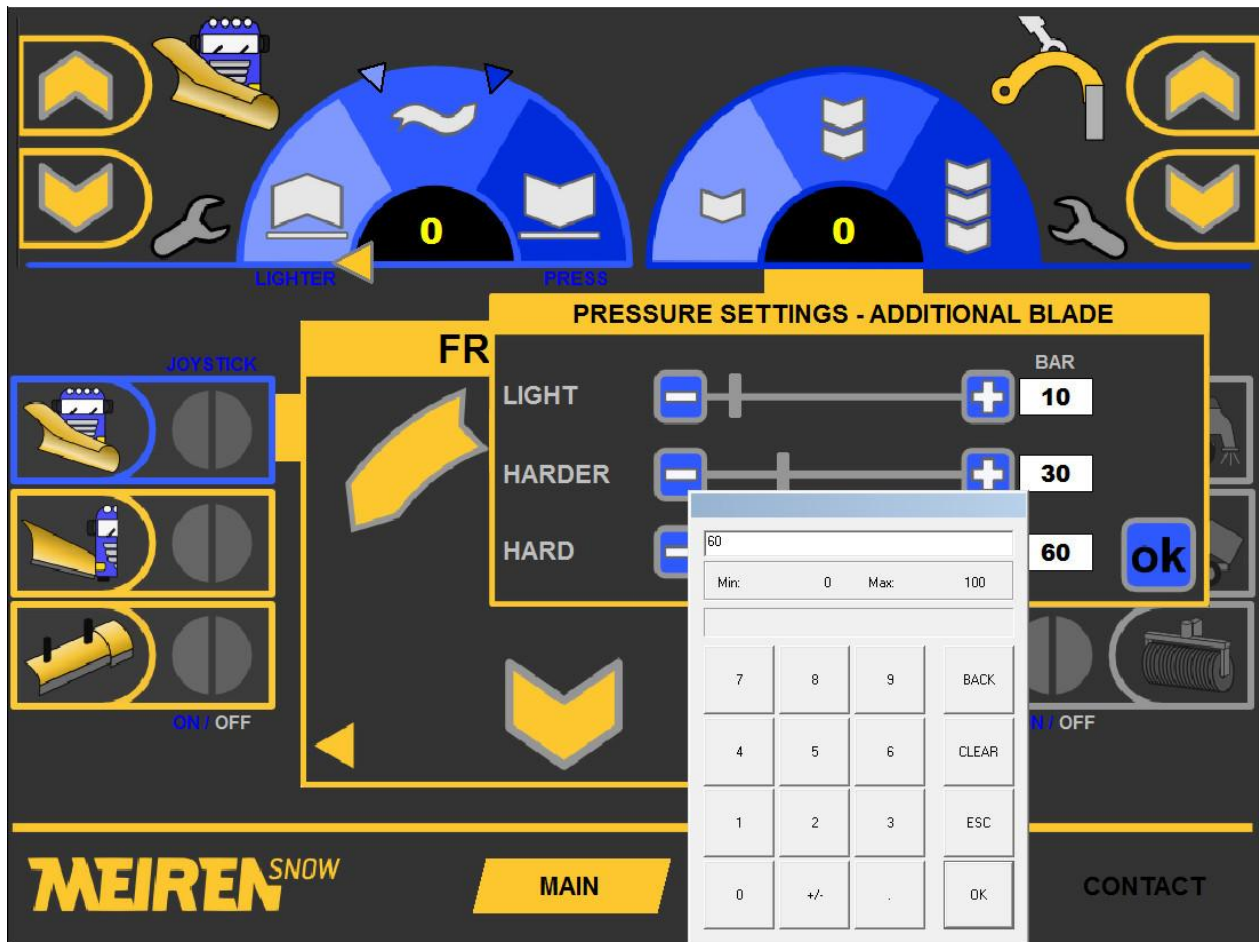
Järgenvatel pildidel on kuvatud pildid puutetundliku ekraaniga juhtpuldist ning lühidalt kirjeldatud, mida saab sealsete käskudega teha. Erinevad käsud on tähistatud numbritega ning allpool on selgitus numbri juures.



Sele 5.7. Puutetundliku ekraaniga juhtpult

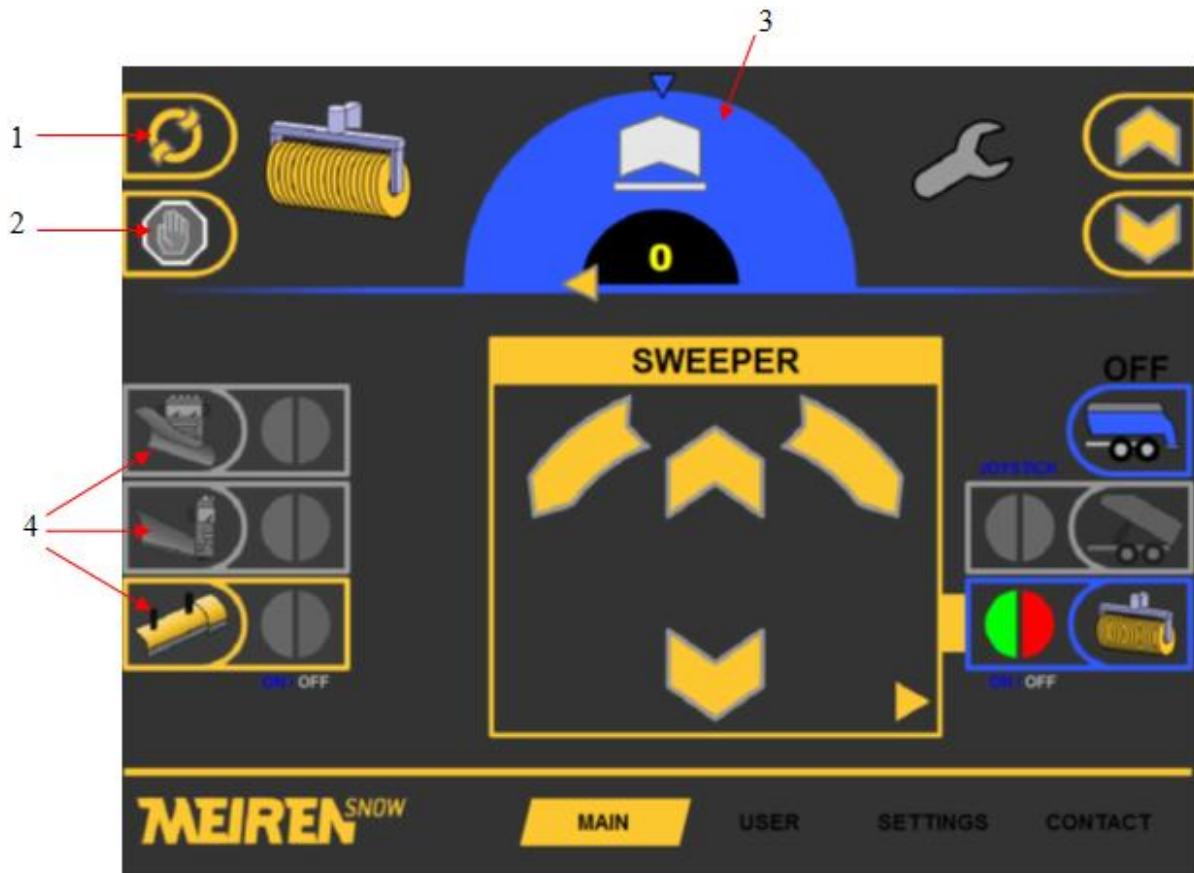
- 1 – Saab muuta lumesaha tera survet teepinnale
- 2 – Lumesahk hüdrauliliselt ujuvas asendis
- 3 – Lumesaha lisatera töörežiimi valik
- 4 – Esisaha põhitera kontaktsurve reguleerimine (näidatud protsentides)
- 5 – Lisatera kontaktsurve reguleerimine (näidatud protsentides)
- 6 – Esisaha juhtimise sisse/välja lülitamine
- 7 – Külgsaha juhtimise sisse/välja lülitamine
- 8 – Alussaha juhtimise sisse/välja lülitamine

Esisaha, külgsaha ning lisatera survet maapinnale saab lihtsalt muuta ja neile saab määrata soovitud rõhu väärtuse. Surve reguleerimisel ekraanile kuvatav pilt on ära toodud Sele 5.8.



Sele 5.8. Terade surve muutmine

Juhtpuldi tarkvarasse on lisatud ka maanteeharja funktsioonid ja menüü. See on ära toodud Sele 5.9.



Sele 5.9. Maanteeharja kasutamisel kuvatav menüü

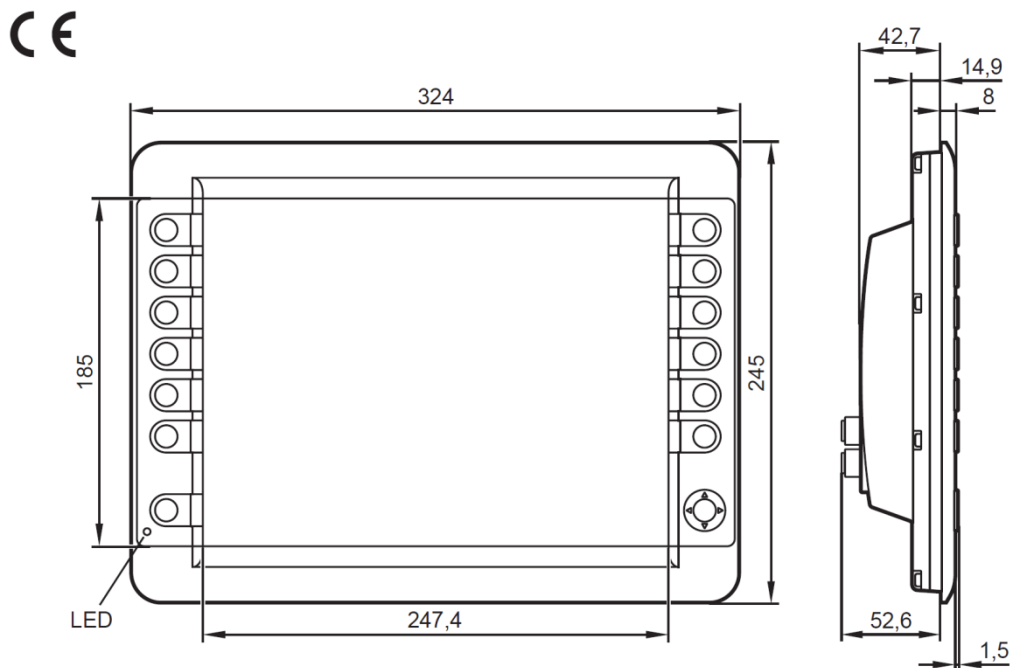
- 1 – Harja pöörlemise sisse lülitamine
- 2 – Harja pöörlemise välja lülitamine
- 3 – Harja üles tõstmine
- 4 – Selleks, et harja juhtida tuleb lülitada esisahk, külgsahk ning alussahk välja. Need on nupud selle teostamiseks.

6. KRONSTEIN JUHTPULDILE

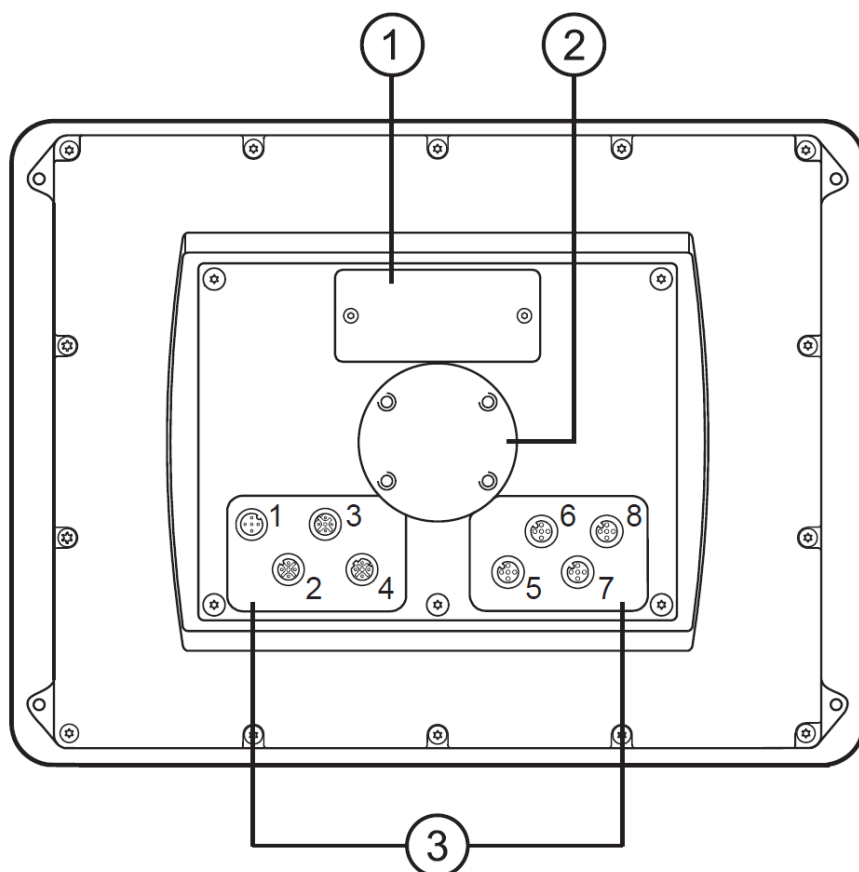
Järgnevates alapeatükkides on välja toodud erinevad võimalikud lahendused juhtpuldi kinnitamiseks teeholdusauto kabiinis ning lõpplahenduseni jõudmine. Teostatud on ka tugevusarvutused, et veenduda kronsteini vastupidavuses ja jäikuses.

6.1. Juhtpuldi kirjeldus ja nõudmised kronsteinile

Juhtpult koosneb kahest lumesaha juhtimisseadmest – puutetundlikust ekraanist ning juhtkangist. Mõlemad seadmed peavad olema teeholdusauto juhile käepärases kohas. Juhtkang paigaldatakse autos juhitooli paremale küljele kohta, kus on tavaliselt käetugi. Puutetundlik ekraan peab samuti asuma autojuhi paremal käel ning see peaks olema reguleeritava ning fikseeritava nurgaga. Ekraani mass on 3,6 kg ning see peaks olema stabiilselt paigal olenemata töökäigus tekkivast vibratsioonist. Puutetundlikul ekraanil on tagaküljel olemas ringikujuline ava, mis on mõeldud ekraani kinnitamiseks kronsteini külge. Sele 6.1 on ära toodud ekraani üldmõõdud ning Sele 6.2 on ära toodud ekraani tagakülg koos numeratsiooniga, allpool on numbrite kohta olevad selgitused.



Sele 6.1. Puutetundliku ekraani mõõtmed [19]



Sele 6.2. Ekraani tagakülg [19]

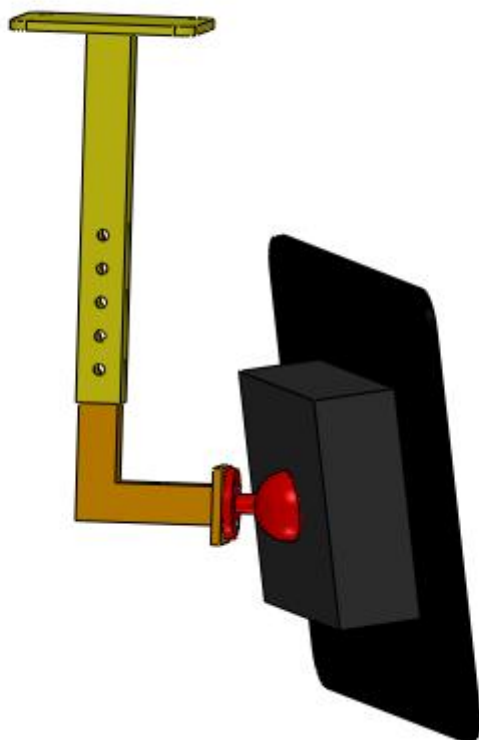
- 1 – Katte taga asub USB ühendus, aku ning taaskäivitusnupp
- 2 – Katte taga asub ava, mis on mõeldud ekraani kinnitamiseks
- 3 – Erinevad pistikud

Ekraani kinnitamiseks kabiini on kolm võimaliku varianti. Üks neist on auto armatuurile kinnitamine, teine on põranda külge ning kolmas on auto lakke. Pärast mõningast arutelu selgus, et armatuurile kinnitamine ei ole siiski võimalik, kuna auto vajaks sel juhul ümberehitamist. Seega jäid võimalike variantidena alles auto põrand ja lagi. Välja tuli töötada lahendus, mis oleks ühtlasi funktsionaalne, lihtne autole juurde lisada ning võimalikult odav. Allpool on näidatud erinevad võimalikud lahendused.

6.2. Kronsteini võimalikud lahendused

6.2.1. Variant 1

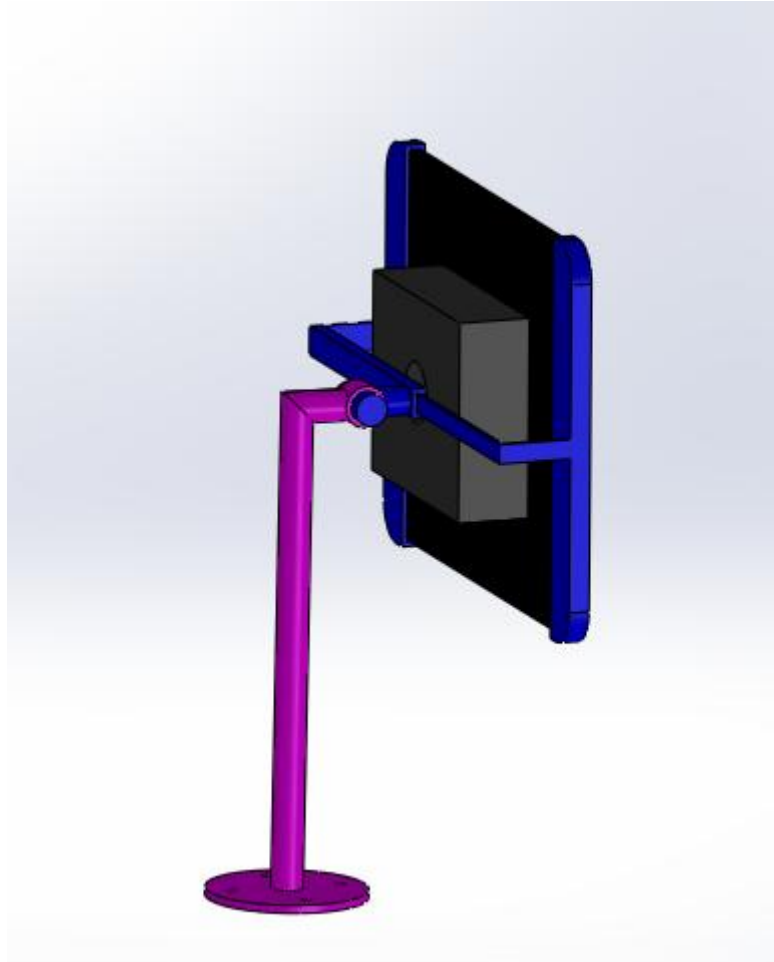
Esimeseks variandiks on poltidega lakke kinnitatav kronstein. Kronsteini kaugus laest on kergesti reguleeritav rõngassplindi abil. Ekraani nurka saab juht vastavalt vajadusele muuta tänu sfääriline liigendile (Sele 6.3 olev punane detail). Lihtsustatud kujul on ekraan näidatud pildil musta ja halliga.



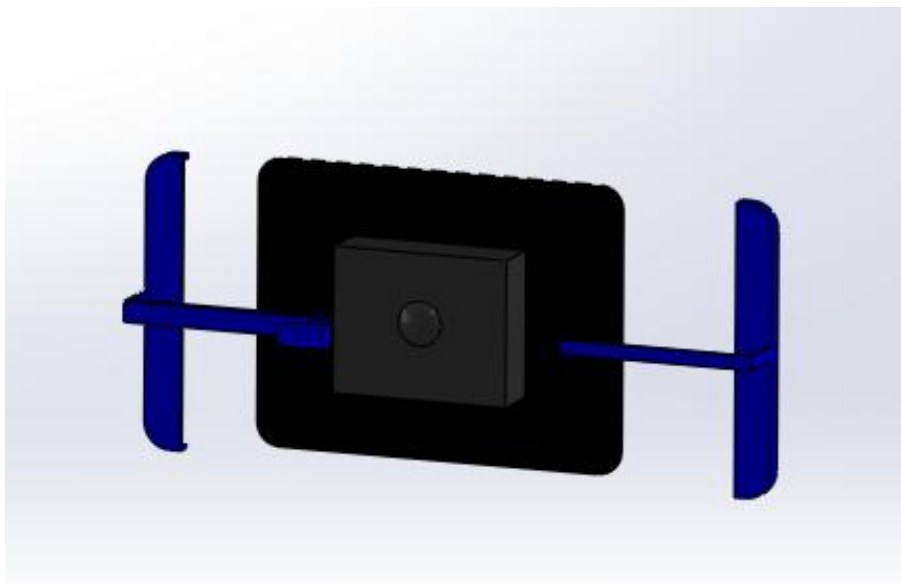
Sele 6.3. Lakke paigaldatav kronstein

6.2.2. Variant 2

Teiseks variandiks on pööranda külge polditav kronstein. Kronsteinil on silindriline liigend, millel on seespool tapid, mis hoiavad kronsteini vajaliku nurga all. Ekraan on kahelt poolt reguleeritava laiusega hoidjasse paigaldatav (Sele 6.5 sinised detailid). See hoiab ekraani turvaliselt paigal.



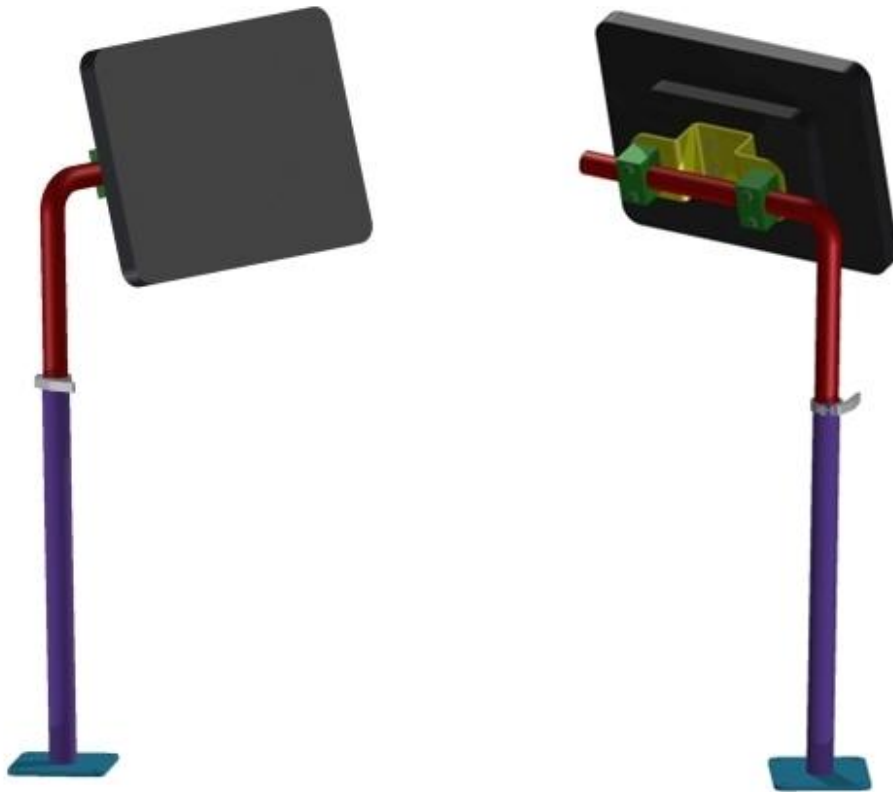
Sele 6.4. Põranda külge polditav kronstein



Sele 6.5. Ekraani paigaldamine reguleeritava laiusega hoidjasse

6.2.3. Variant 3

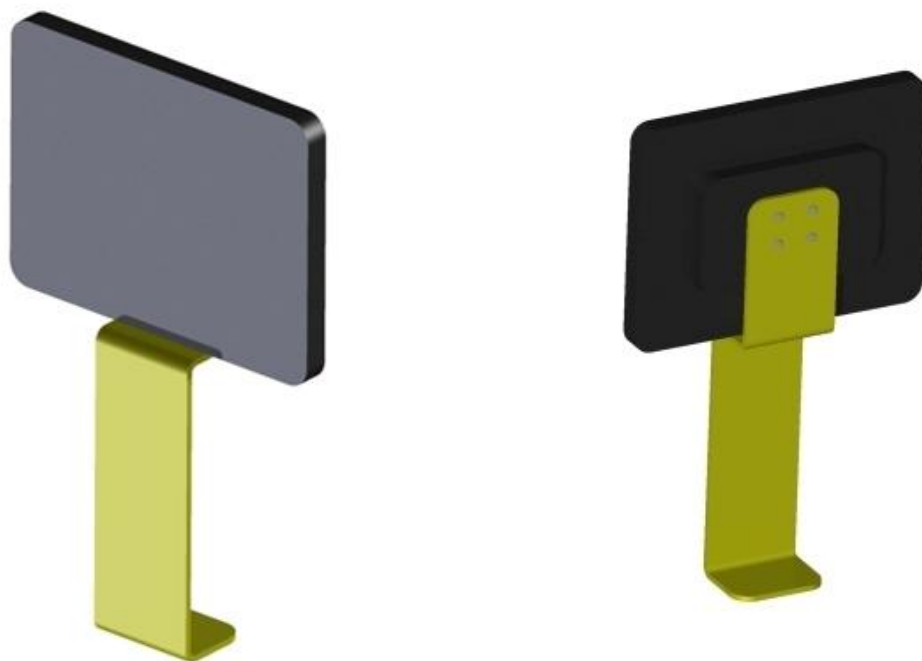
Kolmandaks variandiks on poltidega pöranda külge kinnitatav kronstein. Kronsteini kõrgust saab reguleerida teleskoopühendusega – üks toru liigub teise sees ning on fikseeritav klambriga. Ekraani nurk on muudetav toruklambrite abil (Sele 6.6 rohelised detailid).



Sele 6.6. Teleskoopühendusega kronstein

6.2.4. Variant 4

Neljandaks variandiks on painutatud lehest kronstein. Ka see kronstein on põranda külge polditav. Konsool on painutatud 6 mm paksusest teraslehest. Ekraani kaugust ega nurka pole võimalik muuta.

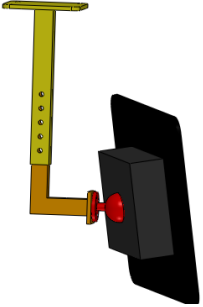
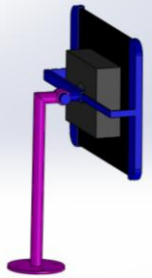




Sele 6.7. Painutatud lehest kronstein

6.3. Parim lahendus

Selleks, et leida nelja erineva variandi hulgast parim lahendus kasutatakse hindamismatriksit. Hindamiskriteeriumiteks on valmistamise kulukus, autosse paigaldamise lihtsus ja reguleeritavus. Hindamiskaala on viie punkti süsteemis, kus viis on väga hea ning üks väga halb. Kõige olulisem kriteerium on reguleeritavus, selle osakaal hindamisel on 3. Teiseks peab see olema võimalikult vähete kuludega valmistatav, selle osakaal hindamisel on 2 ja kolmandaks peab see olema lihtsalt paigaldatav, selle osakaal on 1.

Tabel 6.1. Hindamismatriks

Variant	Valmistamise kulukus	Paigaldamise lihtsus	Reguleeritavus	Kokku
Variant 1 	3·2	4·1	3·3	19
Variant 2 	3·2	5·1	3·3	20
Variant 3 	4·2	5·1	5·3	28
Variant 4 	5·2	5·1	1·3	18

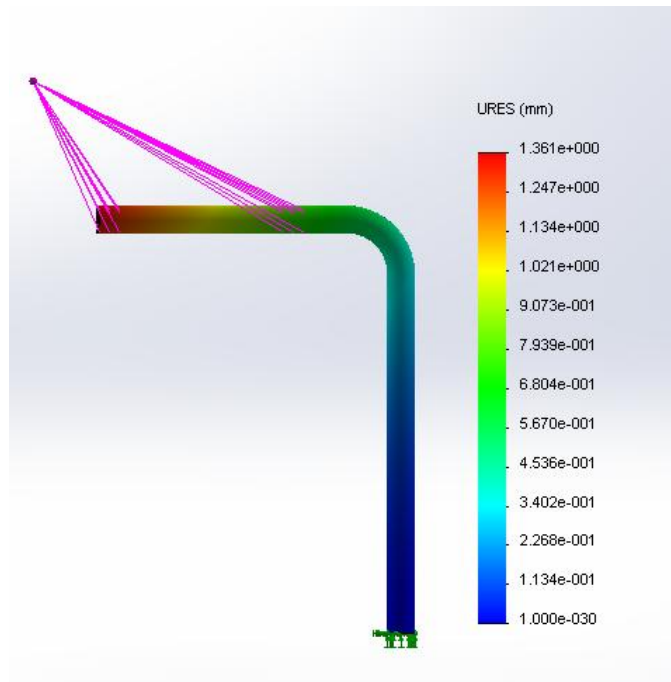
Eespool olevast tabelis selgub, et parimaks lahenduseks on kolmas. Valituks osutunud kronsteinil saab lihtsalt muuta ekraani nurka ja kõrgust. Tehnoloogiliselt on seda lihtne ja soodne valmistada ning selle koostamiseks vajalikud materjalid on kergesti hangitavad. Seega on kõik olulised kriteeriumid täidetud, mis sai ülesande algul püstitatud.

6.4. Tugevusarvutused kronsteinile

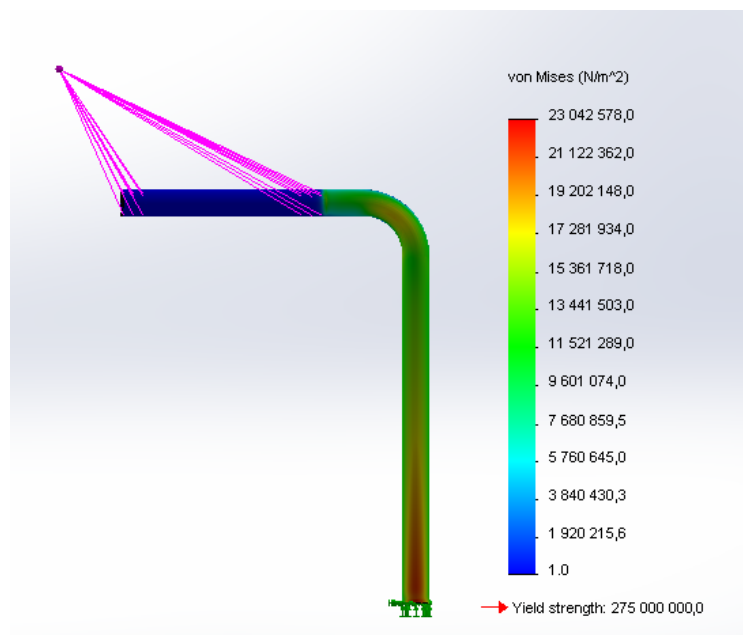
Kronsteini külge on kinnitatud puutetundlik ekraan massiga 3,6 kg. Toru läbimõõt on 25 mm ja seinapaksus on 1,5 mm ning materjal on konstruktsiooniteras S355J0. Järgnevalt leitakse kui suur läbipaine tekib, kui teehoolde autojuht vajutab ekraani kõige ülemises servas olevale nupule (Sele 6.8. Koht, kuhu mõjub nupu vajutamisel jõud. Selleks, et teehoolde autojuhil oleks mugav tööd teha ei tohiks läbipaine olla rohkem kui 2 mm. Tugevusarvutuste tegemisel on arvestatud, et teehoolde autojuhi nupule vajutamise jõud on umbes 50 N. Tugevusarvutused on teostatud Solidworks programmiga.



Sele 6.8. Koht, kuhu mõjub nupu vajutamisel jõud



Sele 6.9. Maksimaalne läbipaine



Sele 6.10. Maksimaalne tekkiv pinge

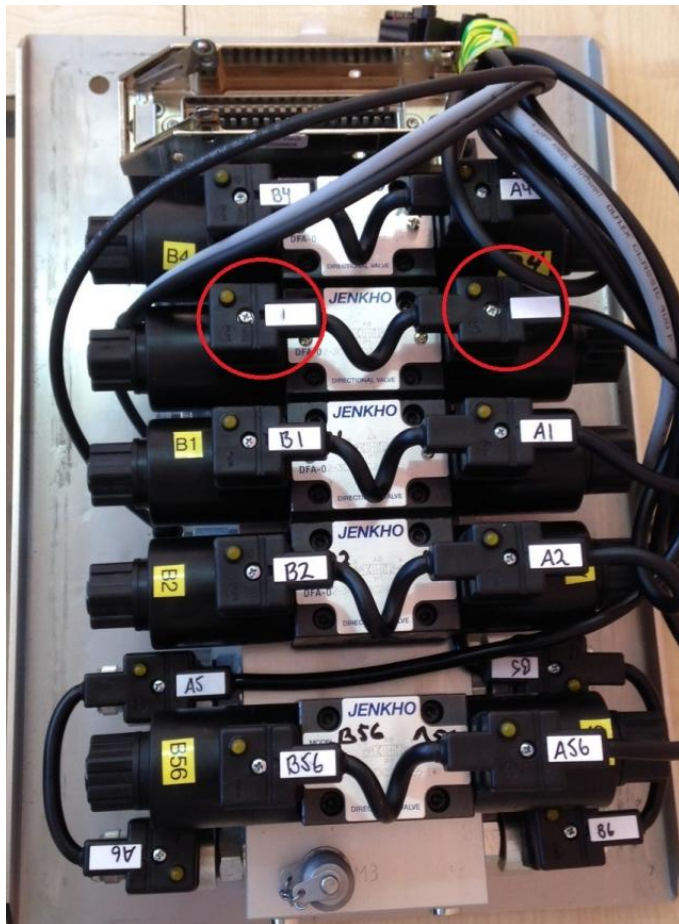
Tekkiv läbipaine on 1,36 mm ning maksimaalne pinge on 23 MPa. Lubatud läbipaine oli 2 mm ning saadud läbipaine oli 1,36 mm, kuna 2 mm > 1,36 mm, siis on kronsteini jäikus antud olukorras tagatud.

7. ESIMESE PROTOTÜÜBI TESTIMINE JA TULEMUSED

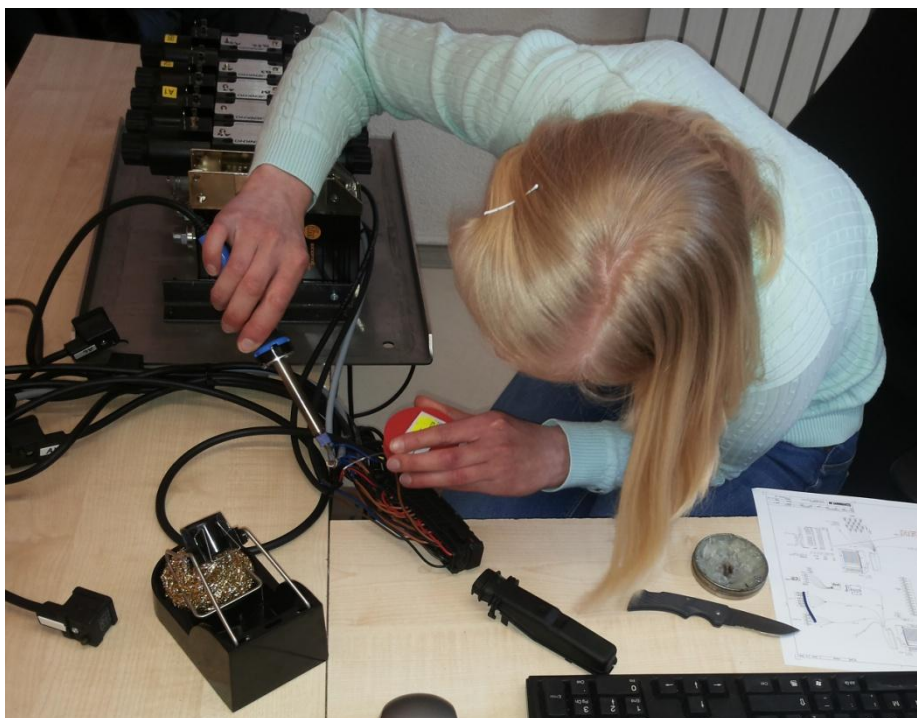
Selles peatükis on kirjeldatud esimese prototüübi valmimist ning katsete tulemusi.

7.1. Juhtpuldi täiendamine ning selle funktsioonide kontrollimine

Intelligentsele lumesahale tarnitud hüdraulikasüsteemil puudus alussaha pööramisfunktsioon. Süsteemi parandamiseks oli vajalik lisada hüdraulikakastile suunaventiil, asendada kontrollid ja täiendada kontrolleri ja suunaventiili vahelist ühendust. Lisaks sai joodetud kontrolleri juhe juhtmeköidisega (Sele 7.2).



Sele 7.1. Lisatud suunaventiil koos elektriliste pistikutega



Sele 7.2. Lisatud kontrolleri juhtme jootmine juhtmekõidisega



Sele 7.3. Juhtpult ühendatud hüdraulika komponentidega

Lõpuks, kui puudu olnud kontrolleri oli lisatud ning juhtpult ühendatud hüdraulikakastiga, tuli testida, kas kõik funktsioonid toimivad nii nagu peab. Selleks koostati tabel (Tabel 7.1. Osa tabelist funktsioonide kontrollimiseks), kuhu pandi kirja funktsioonid ning lisasati juurde millise mähise tuled peaks süttima (märgitud rohelisega), kui puuetundlikult ekraanilt näiteks

„Esisahk pöörab vasakule“ valida. Paralleelselt tuli kontrollida nii juhtkangi kui puuetundliku ekraani käske, kuna need pidid töötama ühtemoodi (samade mähiste tuled pidid põlema hakkama).

Tabel 7.1. Osa tabelist funktsioonide kontrollimiseks

Funktsioon	1A	2A	3A	4A	5A	6A	1B	2B	3B	4B	5B	6B	1C	3C	6C	K	Korras?
Esisahk üleval (ujuv)	■												■			■	
Esisahk all (ujuv)							■									■	
Esisahk pöörab vasakule		■														■	
Esisahk pöörab paremale								■								■	
Külgsahk üleval (ujuv)			■											■		■	
Külgsahk all (ujuv)									■							■	
Külgsahk pöörab sisse				■												■	
Külgsahk pöörab välja										■						■	
Esisahk pöörab vasakule					■											■	
Esisahk pöörab paremale											■					■	
Esisaha lisatera üleval						■									■	■	
Esisaha lisatera all												■				■	

Kontrollimine osutus edukaks ning kõik käsud ja funktsioonid töötasid nii nagu oli ette nähtud.

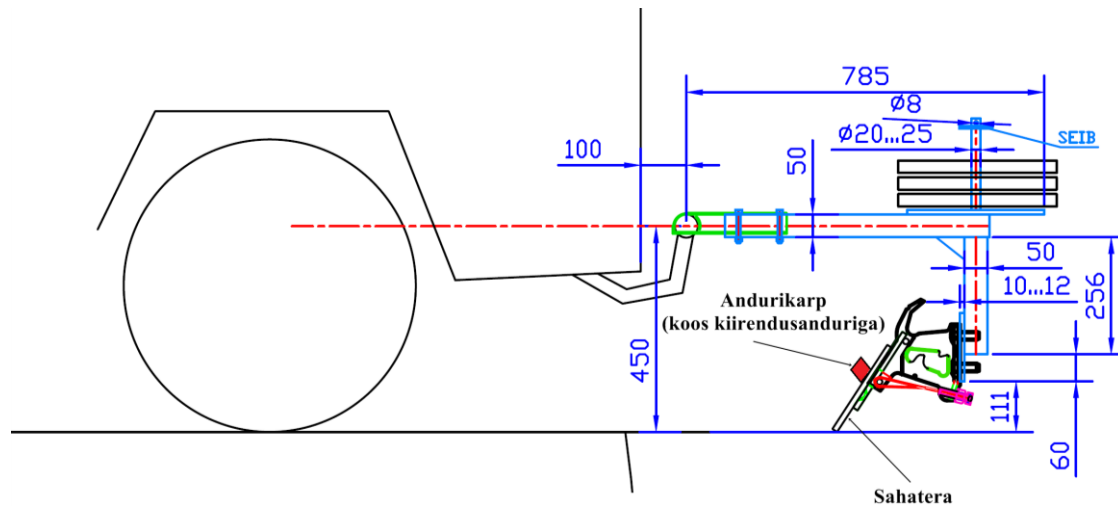
7.2. Andurite testimine ning kokkuvõtte testi tulemustest

Kiirendusandurite arendus toimub koostöös TTÜga. Selleks, et anduritelt saadav info oleks võimalikult täpne peab see suutma infot lugeda kolme telje suunas (x, y ja z-telje suunas). Katse käigus anduritelt saadav info kogutakse kokku ning püütakse leida mustreid, mille järgi oleks võimalik eristada kas teel on lumi, jää või on tee puhas (ilma lume, lörtsi ja jääta).

Esimene anduri testimine, mis luges infot kolme telje suunas, toimus 23.märtsil 2015 aastal. Andur, mis hakkas infot koguma, kinnitati saha tera külge. Katsete läbi viimiseks oli spetsiaalselt ehitatud rakis (Sele 7.5), kuhu oli kinnitatud sahatera.

Katsetamise päeval sadas erineva intensiivsusega lörtsi ning õhutemperatuur kõikus nullkraadi piiril. Katse käigus sõideti erineva kiirusega (kiirused olid vahemikus 30-70 km/h) ning läbiti erinevas seisukorras olevaid teelõike. Katse viidi läbi hea kvaliteediga, auklikul ning pinnatud asfaldil.

Kiirendusandur ei töötanud koguaeg, vaid see tuli autokabiinis olevast lülitist sisse lülitada ning mõõtmisi teostati umbes 5 minutiliste tsüklitena. Ühe tsükli vältel hoiti ühtlast kiirust ning sõideti ühel ja samal teepinnal. Näiteks esimese tsükli ajal sõideti pinnatud asfaldil 30 km/h ja järgmise tsükli ajal hea kvaliteediga ühtlasel asfaldil 50 km/h. Kokku teostati 25 erinevat mõõtmist. Saha tera ei olnud täielikult katsete teostamisel vastu maad, vaid toetus kergelt tugiratastele.



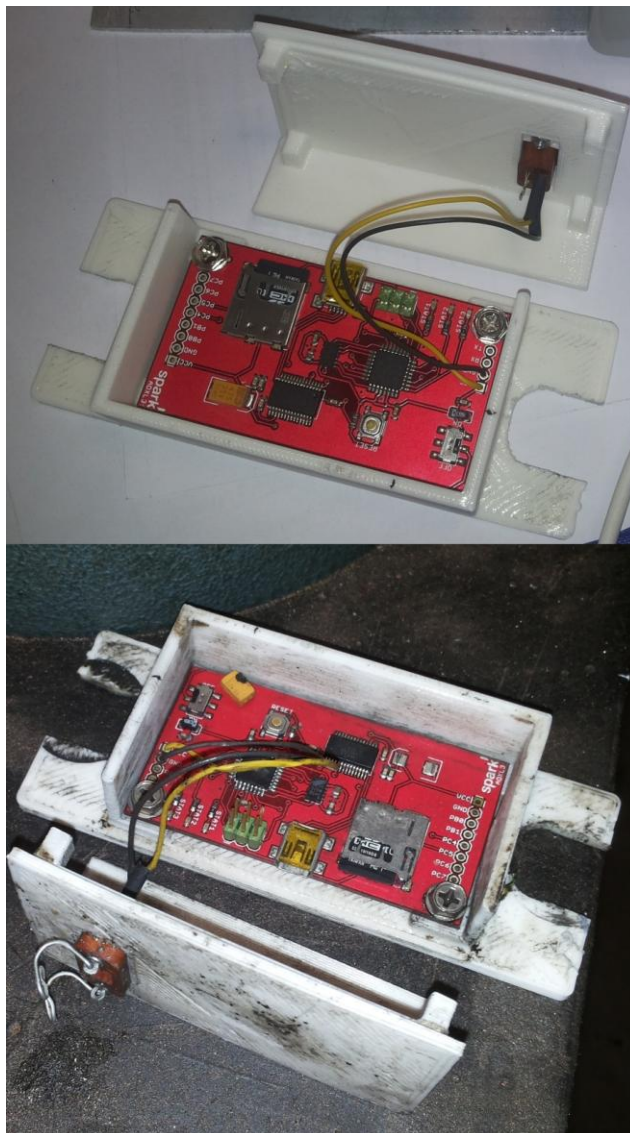
Sele 7.4. Lihtsustatud skeem rakisest

on lihtsustatud skeemil ära toodud peamised rakise komponendid. Sahatera liigub mööda maapinda ning sealt saadav vibratsioon tuvastatakse kiirendusanduri abil ja salvestatakse micro SD kaartile, mis asub andurikarbis. Tera toetamiseks on rakise küljes kaks ratast.

Katsete tulemusi ei õnnestunud kahjuks kätte saada, kuna kiirendusandur oli niiskust saanud (andur oli küll pandud andmeid lugema karp, kuid karp polnud piisavalt niiskuskindlaks tehtud). Lisaks oli karbis plaadi küljest lahti tulnud kondensaator ning oletatavalt vajutas see korduvalt alla taaskäivitus nuppu (*reset* nuppu), mis nullis salvestatud tulemused. Seetõttu ei õnnestunud sealt katsetulemusi sel korral kätte saada. Seega võib lugeda esimese katse ebaõnnestunuks. Antud katsest õpiti, et järgmisel katsel tuleb isoleerida andurikarp silikoniga, et niiskus ja mustus sisse ei pääseks ning eemaldada tuleb andurikarbi sees olev taaskäivitus nupp, et vältida võimaliku katsetulemuste nullimist. Uus katse on plaanis teha järgmisel talvel.



Sele 7.5. Saha tera ja andurite testimiseks mõeldud seade



Sele 7.6. Andurikarp enne ja pärast katset

8. TOOTE KESKKONNADEKLARATSIOON NING SAHA HÕLMA TOOTMISE ANALÜÜS

Lisaks uute toodete arendamisele on oluline ka keskkonna aspekt ning seetõttu on antud magistritöö käigus koostatud intelligentse lumesaha hõlma keskkonnadeklaratsioon. Meiren Engineeringul on ISO14001:2004 sertifikaat alates märtsist 2014 ning seetõttu on keskkonnajuhtimine ja hoidmine meile eriti olulised.

Mis on toote keskkonnadeklaratsioon? Toote keskkonnateatiseid (keskkonnadeklaratsioonid) on organisatsiooni/ettevõtte enda poolt vabatahtlikult koostatud deklaratsioonid oma toote või teenuse keskkonnasõbralikkuse demonstreerimiseks (ISO tüüp 3). [13]

8.1. Saha hõlma analüüs keskkonna seisukohalt

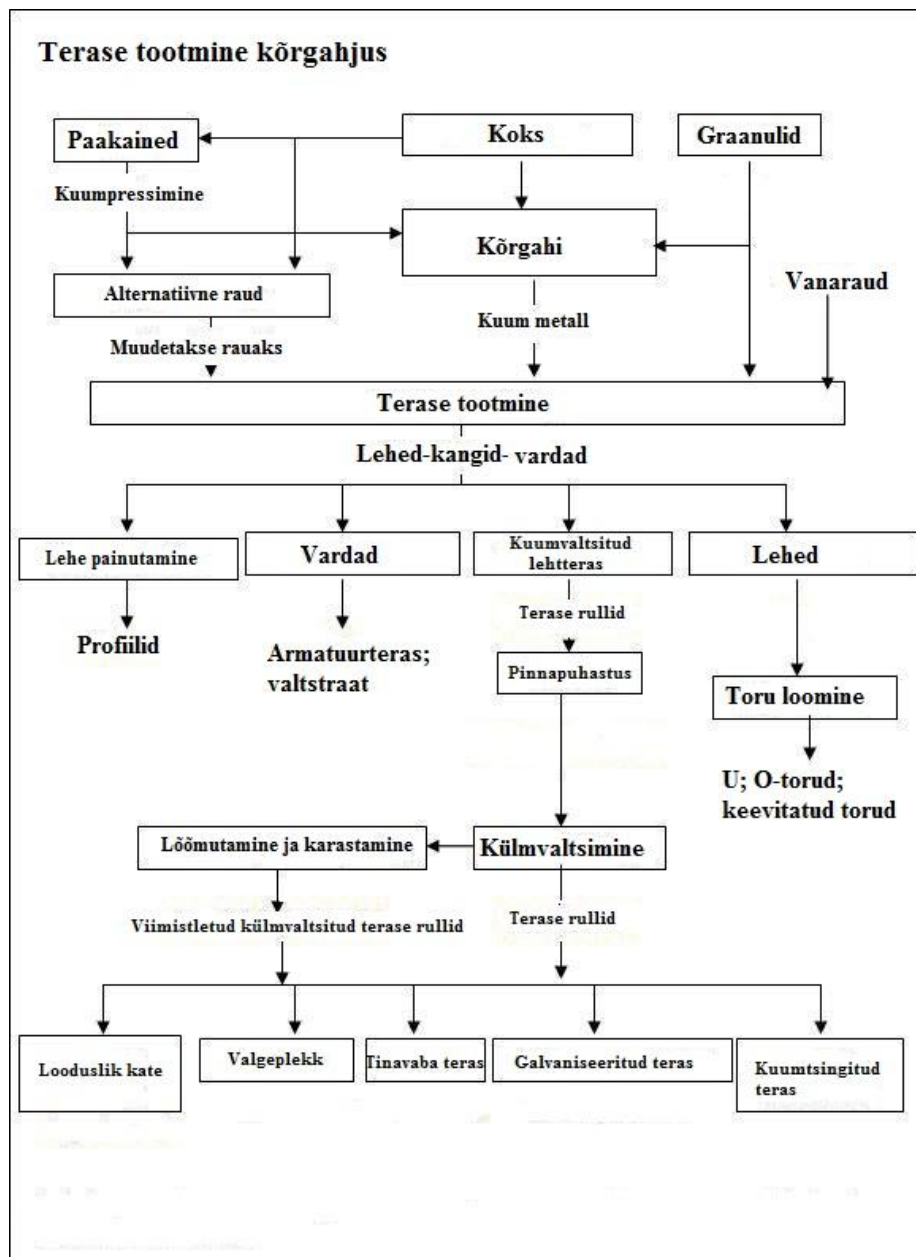
Ettevõtte Meiren Engineering OÜ nõudmisel on tehtud lumesaha hõlma analüüs. Intelligente lumesahk luuakse MSPN'i (MSPN – Maantesahk nihutatava parallelogrammiga) saha mudelile. Kuna saha hõlm on üks peamistest saha komponentidest, siis seetõttu tuuakse järgnevalt ära, kuidas saha hõlma valmistatakse ning millised on selle valmistamise keskkonnamõjud. Keskkonnamõjud on saadud arvutamise tulemusena ning reaalseid mõõtmisi pole teostatud.

Teras, mida lumesahkade tootmisel kasutatakse on pärit Rootist firmale LKAB kuuluvast Kiruna kaevandusest. LKAB on üks maailma kõige uuenduslikumaid ja energiatõhusamaid rauakaevandusi terves maailmas. Terasel tootmisel kasutatakse graanulite meetodit. [14] Ühe tonni terase tootmisel koksist paisatakse keskmiselt õhku 824 kg CO₂, aga ühe tonni terase tootmisel graanulitest paisatakse õhku ainult 75 kg CO₂. [15] See tähendab, et CO₂ emissioonid on ligikaudu 91% väiksemad graanulitest terast tootes.



Sele 8.1. Graanulid, millest toodetakse terast [16]

Allpool on näha skeem, kus on kirjeldatud terastoorikute tootmist kõrgahjus peale toormaterjali saamist.

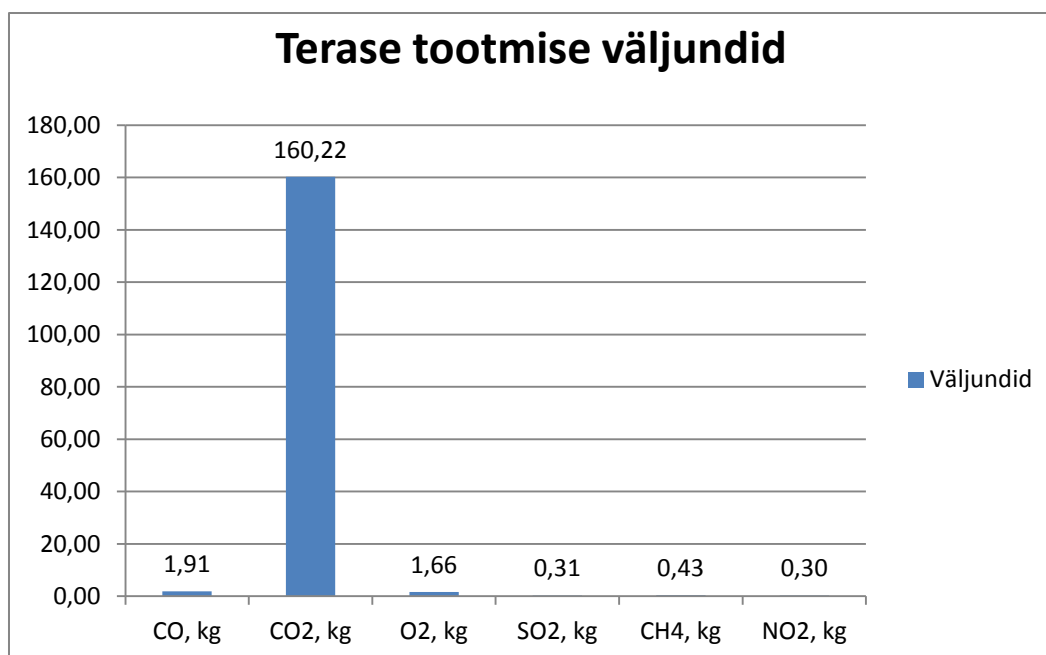


Sele 8.2. Terastoorikute tootmine kõrgahjus [17]

Järgnevas tabelis on ära toodud kõrgahjus terase tootmisel tekkivad emissioonid. Kõik väärtused emissioonide arvutamiseks on saadud lehelt „European Platform on Life Cycle Assessment.“

Tabel 8.1. Terase tootmiseks vajalikud sisendid [17]

	1 kg terase tootmine			143,9 kg terase tootmine		
	Nimetus	Kogus	Ühik	Kogus	Ühik	
Sisendid	Taastuvad materiaalsed ressursid (õhk)	2,4625	kg	354,3523	kg	
	Taastuvad materiaalsed ressursid (pinnavesi)	4,8914	kg	703,8768	kg	
	Taastuvad materiaalsed ressursid (põhjavesi)	1,0375	kg	149,2948	kg	
	Mitte-taastuvad materiaalsed ressursid (kivisüsi)	9,9020	MJ	1424,8920	MJ	
	Mitte-taastuvad materiaalsed ressursid (maakivi)	3,1611	kg	454,8880	kg	
	Mitte-taastuvad materiaalsed ressursid (boksiit)	0,0039	kg	0,5655	kg	
	Mitte-taastuvad materiaalsed ressursid (puhas raud)	0,2930	kg	42,1656	kg	
	Mitte-taastuvad energiaallikad (maagaas)	3,3428	MJ	481,0304	MJ	
	Mitte-taastuvad energiaallikad (pruunsüsi)	0,5562	MJ	80,0429	MJ	
	Mitte-taastuvad energiaallikad (dolomiit)	0,0427	kg	6,1488	kg	
	Mitte-taastuvad energiaallikad (toornafta)	0,2040	MJ	29,3570	MJ	
	Taastuvad energiaallikad (päikseenergia)	0,1488	MJ	21,4138	MJ	
	Taastuvad energiaallikad (tuuleenergia)	0,1233	MJ	17,7472	MJ	
	Taastuvad energiaallikad (hüdroenergia)	0,5149	MJ	74,0912	MJ	
	Taastuvad energiaallikad õhust (CO2)	0,0157	MJ	2,2564	MJ	
Väljundid	Vingugaas	0,0132	kg	1,9052	kg	
	Emissioon õhku	Süsinikdioksiid	1,1134	kg	160,2211	kg
		Hapnik	0,0115	kg	1,6577	kg
		Vääveldioksiid	0,0021	kg	0,3079	kg
		Jääksoojus	3,8232	MJ	550,1628	MJ
		Metaan	0,0030	kg	0,4331	kg
		Lämmastikdioksiid	0,0021	kg	0,3022	kg
Raskemetallid (Hg, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, V, Zn)	0,0000	kg	0,0006	kg		
Emissioon vette	Kloriid	0,0038	kg	0,5439	kg	
	Jääksoojus	0,5274	MJ	75,8900	MJ	
	Vesi	5,0006	kg	719,5921	kg	
Protsessi jätmed	Kõrgahjus tekkiv räbu	0,0751	kg	10,8069	kg	
	Terase räbu	0,0743	kg	10,6975	kg	
	Plii	0,0017	kg	0,2475	kg	
	Katend	2,9233	kg	420,6600	kg	



Sele 8.3. Peamised väljundid terase tootmisel

8.2. Terase transport tootmiskohast Paide Masinatehasesse

Terase tootmine toimub Rootsis Kirunas LKAB kaevandusettevõttes, kust see transporditakse Eestisse. Esmalt toimub Kirunast teras transport Luleå kaubasadamasse rongiga (Tabel 8.2). Selle teekonna pikkus on ca 340 km ning minimaalne kogus rauda, mida transporditakse on üks tonn (sellest saab 4 saha hõlma). [21] Luleå sadamast viiakse teras Muuga sadamasse. Selle teekonna pikkus on ca 535 meremiili ehk 990 km. [22] Muuga sadamast toimetatakse kaup Paidesse sadulveokiga. Selle teekonna pikkus on ca 101 km. [24]

Tabel 8.2. Emissioonid raudteetranspordis [21]

		1 t*km		340 t*km		Ühe hõlma osakaal	
	Nimetus	Kogus	Ühik	Kogus	Ühik	Kogus	Ühik
Sisend	Diisel kütus	0,209880	MJ	71,359200	MJ	17,839800	MJ
Väljundid	Süsinikdioksiid (CO ₂)	0,015600	kg	5,304000	kg	1,326000	kg
	Lämmastikoksiidid (NO _x)	0,000130	kg	0,044200	kg	0,011050	kg
	Vääveldioksiid (SO ₂)	0,000000	kg	0,000034	kg	0,000009	kg
	Süsivesinik (HC)	0,000003	kg	0,000884	kg	0,000221	kg
	Süsinikoksiid (CO)	0,000003	kg	0,000884	kg	0,000221	kg

Tabel 8.3. Emissioonid meretranspordis Luleå sadamast Muuga sadamasse [23] on välja toodud peamised väljundid diisel kaubarongide puhul Rootsi näitel. Ära on näidatud nii ühe kilomeetri jooksul tekkivad emissioonid kui ka teekonnal Kirunast Luleåsse (kauba kogus üks tonn) ning kui suure osa emissioonidest moodustab ühe hõlma valmistamiseks vajaminev terase kogus.

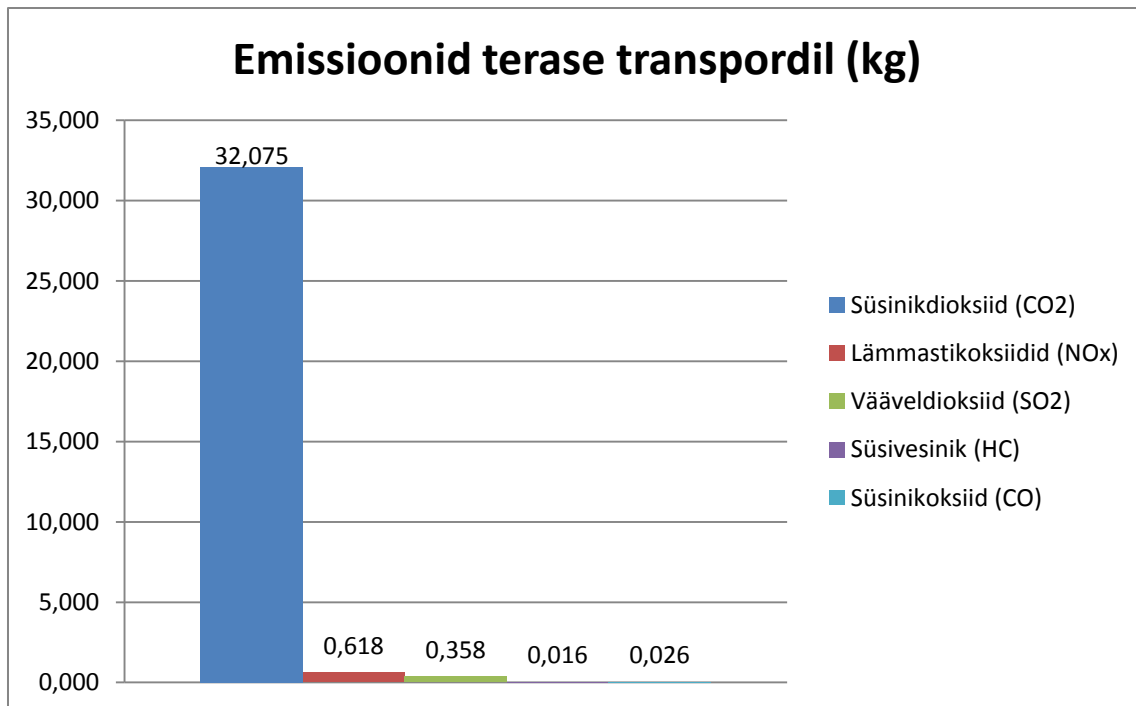
Tabel 8.3. Emissioonid meretranspordis Luleå sadamast Muuga sadamasse [23]

	Nimetus	1 t*km		990 t*km		Ühe hõlma osakaal	
		Kogus	Ühik	Kogus	Ühik	Kogus	Ühik
Sisend	Kütus	0,279000	MJ	276,210000	MJ	69,052500	MJ
Väljundid	Süsinikdioksiid (CO ₂)	0,021328	kg	21,114720	kg	5,278680	kg
	Lämmastikoksiidid (NO _x)	0,000535	kg	0,529650	kg	0,132413	kg
	Vääveldioksiid (SO ₂)	0,000362	kg	0,358380	kg	0,089595	kg
	Süsivesinik (HC)	0,000015	kg	0,014553	kg	0,003638	kg
	Süsinikoksiid (CO)	0,000025	kg	0,024255	kg	0,006064	kg

Tabel 8.4. Emissioonid sadultranspordil Muuga sadamast Paide Masinatehasesse [25]

	Nimetus	1 t*km		101 t*km		Ühe hõlma osakaal	
		Kogus	Ühik	Kogus	Ühik	Kogus	Ühik
Sisend	Kütus (diisel)	0,770000	MJ	77,770040	MJ	19,442510	MJ
Väljundid	Süsinikdioksiid (CO ₂)	0,056000	kg	5,656000	kg	1,414000	kg
	Lämmastikoksiidid (NO _x)	0,000440	kg	0,044440	kg	0,011110	kg
	Vääveldioksiid (SO ₂)	0,000000	kg	0,000034	kg	0,000009	kg
	Süsivesinik (HC)	0,000009	kg	0,000879	kg	0,000220	kg
	Süsinikoksiid (CO)	0,000009	kg	0,000879	kg	0,000220	kg

Järgneval diagrammil (Sele 8.4) on ära toodud kogu emissioonide hulk, mis tekib terase transpordil Kirunast Paide Masinatehasesse (ühe tonni terase korral).



Sele 8.4 Terasse transpordil Rootsist Paidesse tekkivad emissioonid

8.3. Saha hõlma tootmine Paides ja tekkivad emissioonid

Paides lõigatakse teraslehtedest laserlõikepingis välja saha hõlma kontuur (ühe hõlma kontuuri lõikeaeg on ca 4,5 min). Seejärel pannakse leht painutuspingi (ühe hõlma painutamiseks kuluv aeg on ca 8 min) ning leht painutatakse vajalike nurkade alla. Laserlõikepingi ja painutuspingi puhul leitakse emissioonid lähtudes elektri tootmisel tekkivatest emissioonidest. Masinate võimsuse ja lõike- ning painutusaegade kohta pärinevad andmed Paide Masinatehasest.

Laserpink tarbib ühes tunnis 6 kW energiat. Järgnevalt leitakse kui palju tarbib laserpink 4,5

minuti jooksul energiat: $\frac{t_1 \cdot E}{t_2} = \frac{6 \cdot 4,5}{60} = 0,45 \text{ kW}$

t_1 – ühe saha hõlma kontuuri välja lõikamiseks kuluv aeg, min

t_2 – laserpingi tööaeg, mil see kulutab 6 kW energiat, min

E – ühes tunnis tarbitav energia hulk, kW

Tabel 8.5. Laserpingi kasutamisel tekkivad emissioonid [26]

		1 kW		0,45 kW	
Nimetus		Kogus	Ühik	Kogus	Ühik
Sisendid	Põlevkivi	1,300	kg	0,585	kg
	Vesi	0,100	m ³	0,045	m ³
Väljundid	Süsinikdioksiid (CO ₂)	1,100000	kg	0,495000	kg
	Tuhk	0,500000	kg	0,225000	kg
	Vääveldioksiid (SO ₂)	0,008800	kg	0,003960	kg
	Lämmastikoksiid (NO _x)	0,001100	kg	0,000495	kg
	Vesinikkloriid (HCl)	0,000100	kg	0,000045	kg
	Sulfaadid	0,000009	kg	0,000004	kg
	Süsinikoksiid (CO)	0,000009	kg	0,000004	kg
	Üldine lämmastik	0,000000	kg	0,000000	kg

Painutuspink tarbib ühes tunnis 22 kW energiat. Järgnevalt leitakse kui palju energiat tarbib pink 8 minuti jooksul: $\frac{t_1 \cdot E}{t_2} = \frac{22 \cdot 8}{60} = 2,93 \text{ kW}$

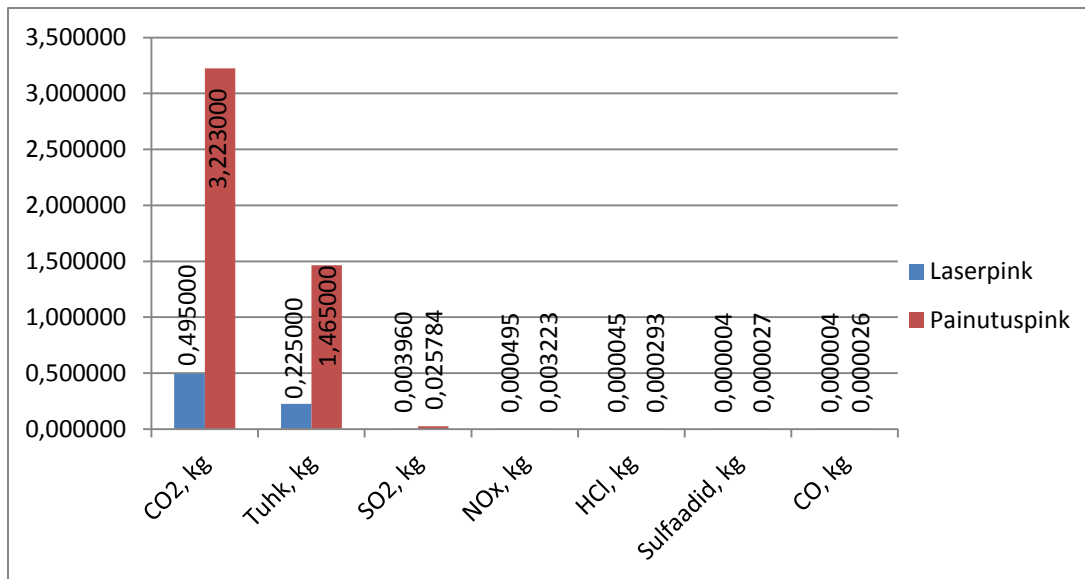
t_1 – ühe saha hõlma painutamiseks kuluv aeg, min

t_2 – painutuspingi tööaeg, mil see kulutab 22 kW energiat, min

E – ühes tunnis tarbitav energia hulk, kW

Tabel 8.6. Painutuspingi kasutamisel tekkivad emissioonid [26]

		1 kW		2,93 kW	
Nimetus		Kogus	Ühik	Kogus	Ühik
Sisendid	Põlevkivi	1,300	kg	3,809	kg
	Vesi	0,100	m ³	0,293	m ³
Väljundid	Süsinikdioksiid (CO ₂)	1,100000	kg	3,223000	kg
	Tuhk	0,500000	kg	1,465000	kg
	Vääveldioksiid (SO ₂)	0,008800	kg	0,025784	kg
	Lämmastikoksiid (NO _x)	0,001100	kg	0,003223	kg
	Vesinikkloriid (HCl)	0,000100	kg	0,000293	kg
	Sulfaadid	0,000009	kg	0,000027	kg
	Süsinikoksiid (CO)	0,000009	kg	0,000026	kg
	Üldine lämmastik	0,000000	kg	0,000001	kg



Sele 8.5. Hõlma tootmisel tekkivad emissioonid

8.4. Utiliseerimisel tekkivad keskkonnamõjud

Saha hõlma muutumisel kasutuskõlbmatuks tuleb see viia vanametalli kokkuostu, kust see edasi viiakse ümbersulatamisele. Järgnevas tabelis on ära näidatud kui palju emissioone tekib saha hõlma ümbersulatamise käigus. Lähtutud on elektri tootmisel tekkivast saaste hulgast. Saaste on arvatud metalli sulatusahju puhul, mille võimsus on 50 kW ning mille sulatusaeg on 20...60 minutit 350 kilogrammi metalli sulatamisel. [27]

Sulatusahi tarbib ühes tunnis 50 kW energiat. Järgnevalt leitakse kui palju energiat tarbib tööpink 30 minuti jooksul: $\frac{t_1 \cdot E}{t_2} = \frac{50 \cdot 30}{60} = 25 \text{ kW}$

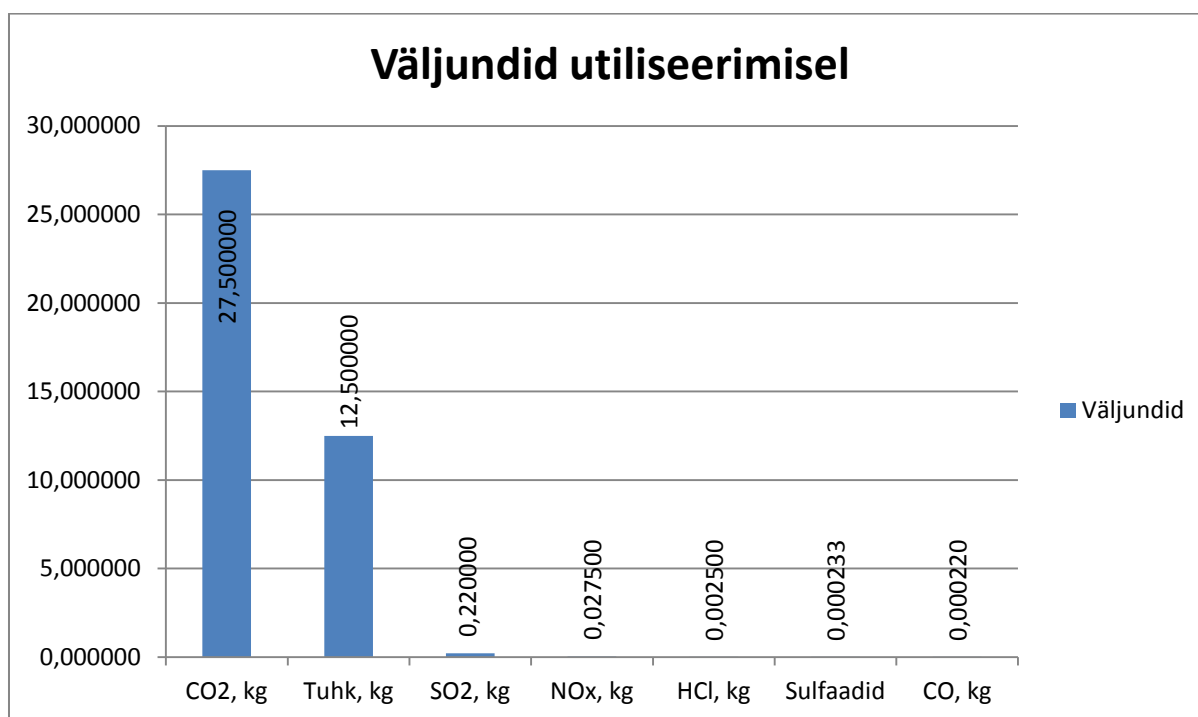
t_1 – ühes tunnis metalli sulatamisele kuluv aeg, min

t_2 – 30 minuti jooksul tarbitav energia hulk, min

E – ühes tunnis tarbitav energia hulk, kW

Tabel 8.7. Utiliseerimisel tekkivad emissioonid [26]

	Nimetus	1 kW		25 kW	
		Kogus	Ühik	Kogus	Ühik
Sisendid	Põlevkivi	1,300	kg	32,500000	kg
	Vesi	0,100	m ³	2,500000	m ³
Väljundid	Süsinikdioksiid (CO ₂)	1,100000	kg	27,500000	kg
	Tuhk	0,500000	kg	12,500000	kg
	Vääveldioksiid (SO ₂)	0,008800	kg	0,220000	kg
	Lämmastikoksiid (NO _x)	0,001100	kg	0,027500	kg
	Vesinikkloriid (HCl)	0,000100	kg	0,002500	kg
	Sulfaadid	0,000009	kg	0,000233	kg
	Süsinikoksiid (CO)	0,000009	kg	0,000220	kg
	Üldine lämmastik	0,000000	kg	0,000010	kg



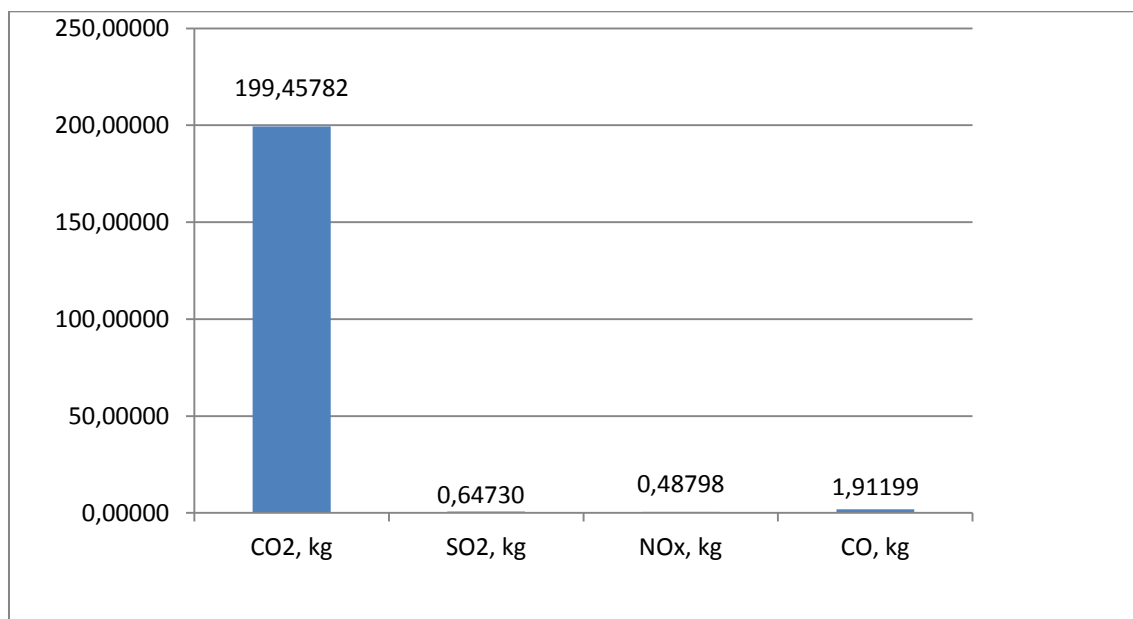
Sele 8.6. Emissioonid utiliseerimisel

8.5. Lumesaha hõlma tootmise kokkuvõte

Lumesaha hõlma valmimisprotsessi on vaadeldud päris algusest, kus toimub rauast terase tootmine, sellele järgneb materjali transportimine Paidesse. Paide Masinatehases lõigatakse teraslehest hõlma välja laserlõikepingis ning välja lõigatud lehe painutamine vajalike nurkade alla. Lõpuks pannakse hõlm lumesaha koostu ning transporditakse kliendi juurde.

Kui lumesaha hõlm muutub kasutuskõlbmatuks sulatatakse metall ümber ning seda saab taaskasutada.

All oleval diagrammil on näha põhilised väljundid kogu protsessi käigus (terase valmistamisest hõlma valmimiseni).



Sele 8.7. Terasest hõlma valmistamisest hõlma valmimiseni tekkivad emissioonid

8.6. Toote keskkonnadeklaratsioon

Firmast ja tootest

Meiren Engineering OÜ on Eesti kapitalile kuuluv ettevõtte, mis arendab, toodab ja turustab Meiren Snow kaubamärgi kandvaid lumesahkasid, mille abil hoitakse talviseid teid lumevabana Eestis, Skandinaavias ja mujalgi Euroopas. Firma asutati aastal 2003.



Väike Männiku 7

11216 Tallinn, Eesti

Tel: +372 682 5002

Veebileht: www.meiren.ee

Keskkonnajuhtimissüsteemid

Alates 13.märtsist 2014 omab Meiren Engineering OÜ keskkonnajuhtimise sertifikaati ISO14001:2004.

Toote kirjeldus

Lumesaha hõlm on üks peamisi komponente lumesahkade puhul. Hõlmad on erinevatel lumesaha mudelitel erinevate kujude, mõõtude ning massiga. Antud deklaratsioon on koostatud maanteelumesaha hõlmale, mis on osa arenduses olevast intelligentsest lumesahast. Materjaliks on ehitusteras S355 J2G3.

Utiliseerimine

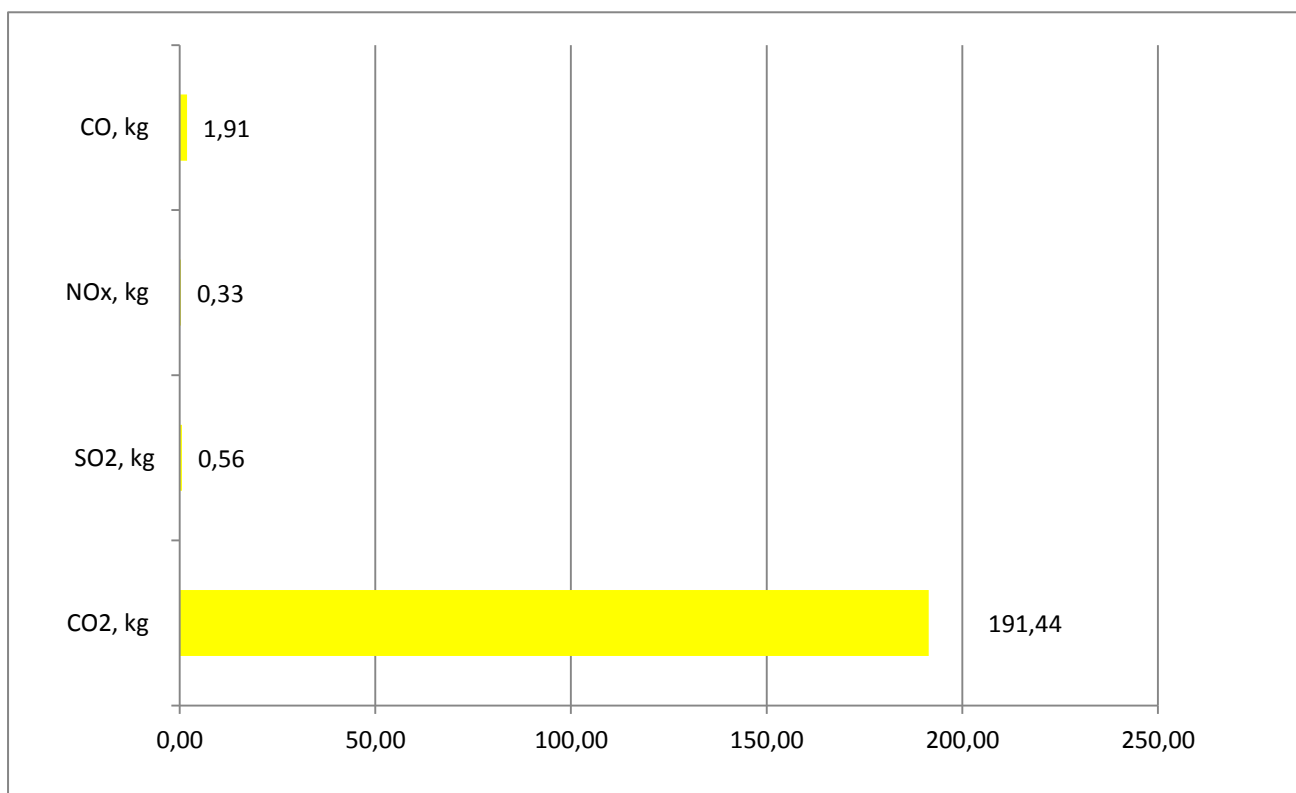
Sahkamiseks kasutuskõlbmatu lumesaha hõlma võib tagastada Meiren Engineering OÜ'le, kes toimetab selle vanametalli ümbertöötlemisse.

Deklaratsiooni koostisosad

Toote keskkonnamõjude analüüs koosneb järgmistest osadest:

1. Teras tootmine
2. Hõlma lähtematerjali transport Paidesse
3. Hõlma valmistamine
4. Utiliseerimine

Toote keskkonnadeklaratsioon						
Lumesaha hõlma tootmine		Toormaterjal	Tootmine (laserlõikamine)	Tootmine (painutamine)	Utiliseerimine	Kokku
Kliimasoojenemine	kg CO2	160,221138	0,495000	3,223000	27,500000	191,44
Hapestumine	kg SO2	0,307946	0,003960	0,025784	0,220000	0,56
Lämmastiksaaste	kg NOx	0,302190	0,000495	0,003223	0,027500	0,33
Vingugaas	kg CO	1,905236	0,000004	0,000026	0,000220	1,91



9. INTELLIGENTSE LUMESAHA KASUTUSJUHEND

Intelligentse lumesaha üldised ohutusnõuded ja töötamise juhised on refereeritud maantee lumesaha kasutusjuhendist.

Sahaga töötamise üldised ohutusnõuded ja juhised

- Enne sahaga töö alustamist peate veenduma, et see oleks tehniliselt korras.
- Veenduge, et läheduses ei oleks inimesi või esemeid, mida sahk võiks vigastada.
- Üles tõstetud saha all on keelatud töötada, kui sahk ei ole toestatud.
- Kontrolliga saha kinnitusi enne tööga alustamist.
- Kontrolliga, et kõik saha turvamärgised oleks korras ja nähtavad (tuled, helkuribad).
- Kontrolliga terade ja hüdraulika komponentide korrasolekut.
- Kontrollige, et saha liikuvad osad oleks määritud.
- Sahajuht peab olema vähemalt 18 aastane ja omama vastava kategooria juhiluba ning peab olema tutvunud kasutusjuhendiga.
- Sahkamisel peavad olema ohutuled sisse lülitatud ning peab olema tähelepanelik kaasliiklejate suhtes.
- Heade teeolude (kõva kattega tee) korral on maksimaalne töökiirus 70 km/h.
- Pehme pinnase korral tuleb töökiirust vähendada ja saha peaks toetama liugtaldadele, ratastele või lisaterale.
- Sahk on mõeldud lahtise lume lükkamiseks. Keelatud on lükata jäätunud lund, kruusa, liiva jms.
- Saha liikuvate osade külge on keelatud paigaldada lisaseadmeid, kui see pole tootjaga kooskõlastatud ja puudub tootja poolne nõusolek.
- Sahka on lubatud tõsta ainult tõsteasadest.

Juhtpuldi kasutusjuhend

- Kui olete veendunud saha tehnilises korrasolekus lülitage sisse juhtpult.
- Juhtpulti võib seadistada inimene, kes on eelnevalt tutvunud juhtpuldi põhjaliku kasutusjuhendiga.
- Seadistage kõigi sahaauto küljes olevate seadmete töörežiimid ja töörohud vastavalt väljas valitsevatele ilmastikuoludele.
- Peale seadistamist kontrollige juhtpuldilt, et funktsioonid töötaksid.

KOKKUVÕTE

Antud magistritöö on kirjutatud teemal „Intelligente lumesahk.“ Töö teema on pärit firmalt Meiren Engineering OÜ, kes tegeleb juba enam kui 10 aastat lumesahkade projekteerimisega.

Intelligentse lumesaha puhul on tegemist uue põlvkonna lumesahaga, mis hõlbustab saha juhtide tööd ning muudab teed puhtamaks ja vähendab muuhulgas ka keskkonnamõjusid. Saha küljes asub kiirendusandur koos abiseadmetega, mis töötleb teepinnalt saadavat vibratsiooni ning selle põhjal on võimalik teha järeltõrje milline on sahatava tee olukord. Sahaauto kabiinis asub igas suunas reguleeritav kronstein koos puutetundliku juhtpuldi ning käsikangiga, kust saab valida ja töö käigus muuta kõiki sahkamiseks olulisi parameetreid nagu survet teradele, tera töönurka, lisatava soola kogust ja muud sellist vastavalt ilmastikuoludele.

Uue saha arenduse käigus on viidud läbi mitmeid katsetusi ning aktiivselt on osaletud ka juhtpuldi koostamisprotsessis. Katsetatud on kiirendusandurit koos selle lisaseadmetega ja kontrollitud on juhtpuldi kõigi funktsioonide toimimist vastavalt etteantud skeemile.

Intelligentse lumesaha hõlmale on koostatud keskkonnadeklaratsioon, kus on välja toodud peamised tekkivad emissioonid ühe lumesaha hõlma tootmisel. Saadud info põhjal on võimalik edaspidi tootmisel tekkivate emissioonide hulka optimeerida ning muuta toodet veelgi keskkonnasõbralikumaks.

Kokkuvõtteks saab öelda, et intelligentse lumesaha arendamisel on suur osa tööst tehtud, kuid veel on parandamist ning lihvimist vajavaid kohti, millega ka edaspidi tegeleda. Näiteks kiirendusanduri ja abiseadmete abil info töötlemine ning mustrite leidmine (milline vibratsioon on pehme lume korral, milline jäätunud tee puhul).

SUMMARY

This Master's thesis is written on the topic "Intelligent Snow Plow". The topic was inspired by the company Meiren Engineering OÜ, which has been designing snow plows for more than 10 years now.

The intelligent snow plow is a next generation snow plow that makes the job of the plow drivers a lot easier, the roads cleaner and reduces environmental effects. There is an acceleration sensor attached to the plow, which analyses the vibration of the road surface and determines the condition of the road being plowed. In the cabin of the plow car there is a corbel that can be moved in all directions with a touchscreen console and a joystick, where parameters important for plowing can be controlled, such as blade pressure, the angle of the blade, the amount of salt distributed etc. according to the weather conditions.

There have been numerous tests and active work with designing the console in the process of developing this new snow plow. The acceleration sensor has been tested with its accessories and the correct function of the console has been tested according to the scheme.

Additionally a lot of attention has been paid to environmental issues. On the side of the intelligent snow plow there is an environmental declaration stating the main emissions from producing one plow. Based on the information received it is possible to optimize production emissions in the future and make the product even more environmentally safe.

In conclusion it can be said that a lot of work has been put into developing the intelligent snow plow, but there are still details to improve that require further attention. For example the analysis of gathered data from the acceleration sensor and finding patterns in it (what kind of vibration refers to soft snow, which to ice).

TSITEERITUD TEUSED

1. *ITS lahenduste rakendatavus talvise teehoolde vallas*. OÜ, Stratum. töö nr 0914, Tallinn : s.n., 2014. a.
2. Maanteeamet. [Võrgumaterjal] Eesti Maanteeamet. [Tsiteeritud: 28. veebruar 2015. a.] <http://www.mnt.ee/index.php?id=24858>.
3. Maanteeamet . [Võrgumaterjal] Eesti Maanteeamet. [Tsiteeritud: 28 . veebruar 2015. a.] <http://www.mnt.ee/index.php?id=24787>.
4. Eesti Geoinformaatika Selts. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 2015. märts 01. a.] <http://www.gispaev.ee/avaleht/mis-on-gis/>.
5. intelligentroad.eu. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://www.intelligentroad.eu/technology/>.
6. komatsu.com. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] http://www.komatsu.com/CompanyInfo/profile/report/pdf/150-02_E.pdf.
7. mowic.se . [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://www.mowic.se/en/products/road-sensors/> .
8. mowic.se. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://www.mowic.se/en/products/mother-unit/> .
9. vaisala.com. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://www.vaisala.com/en/roads/products/roadweathersensors/Pages/DST111.aspx> .
10. dmi-report.com. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://www.dmi-report.com/our-products/airport-report/introduction.aspx>.
11. Firma Lufft blogi. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://blog.lufft.com/en/the-future-is-mobile-meet-marwis-en/> .
12. mahlers.se. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 07. märts 2015. a.] <http://mahlers.se/en/mahlers/products/accessories/product.html?productName=MC2> .
13. eco-net.ee. [Võrgumaterjal] [Tsiteeritud: 21. märts 2015. a.] <http://www.eco-net.ee/?mid=24&id=93>.
14. www.lkab.com. [Võrgumaterjal] LKAB. [Tsiteeritud: 22. märts 2015. a.] <https://www.lkab.com/Global/Documents/Strategi/Strategy/Sustainable%20development.pdf>.
15. ec.europa.eu. [Võrgumaterjal] European Commission. [Tsiteeritud: 22. märts 2015. a.] <https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/ldna25543enn.pdf>.
16. www.lkab.com. [Võrgumaterjal] LKAB. [Tsiteeritud: 22. märts 2015. a.] <https://www.lkab.com/en/Our-Approach/Quality-and-Environment/Green-Pellets/>.

17. European Platform on Life Cycle Assessment. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 22. märts 2015. a.] <http://eplca.jrc.ec.europa.eu/ELCD3/resource/processes/9c0c2f04-fd6a-4d3c-950c-f9dead3639fe?format=html&version=03.00.000>.
18. ifm.com. [Võrgumaterjal] 29. märts 2015. a. <http://www.ifm.com/products/file/CR1200/CR1200.pdf>.
19. home.roboticlab.eu. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 01. aprill 2015. a.] <http://home.roboticlab.eu/et/examples/sensor/accelerometer>.
20. Center for environmental assessment of product and material systems. [Võrgumaterjal] 12. aprill 2015. a. http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/ILCD/data/processes/CPM_process_cpmcth0071997-11-21266_6054642d-ce48-48ea-88f4-ffeebc68b224.xml.
21. google.ee. [Võrgumaterjal] 14. Aprill 2015. a. <https://www.google.ee/maps/dir/Kiruna+vald,+Rootsi/Lule%C3%A5+vald,+Rootsi/@66.6645602,17.979548,6z/data=!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x45d08e2ae4257c2b:0x4034506de8c8660!2m2!1d20.2252821!2d67.8557995!1m5!1m1!1s0x467f6314d2e8b867:0x4034506de8c8620!2m2!1d22.156702>.
22. <http://www.sea-distances.org/>. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 14. aprill 2015. a.] <http://www.sea-distances.org/>.
23. Center for environmental assessment of product and material systems. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 14. aprill 2015. a.] <http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/Scripts/sheet.asp?ActId=cpmcth0071997-11-11835>.
24. Google maps. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 16. aprill 2015. a.] <https://www.google.ee/maps/dir/Muuga+sadam,+Harju+County/Paide+Masinatehas+AS,+T%C3%B6stuse,+Paide/@59.1824086,24.6501172,9z/data=!3m1!4b1!4m13!4m12!1m5!1m1!1s0x4692ed86019d87ab:0x7d65bdd0bd1ac22e!2m2!1d24.968451!2d59.483261!1m5!1m1!1s0x4693369a5952>.
25. Center for environmental assessment of product and material systems. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 16. aprill 2015. a.] <http://cpmdatabase.cpm.chalmers.se/Scripts/sheet.asp?ActId=cpmcth0071997-11-21261>.
26. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 16. aprill 2015. a.] <http://www.hot.ee/thalfeldt/1kwh.htm>.
27. Foshan Hengyang Furnace Manufacturing Co. [Võrgumaterjal] [Tsitereitud: 18. aprill 2015. a.] <http://hengyang-furnace.en.made-in-china.com/product/yBUxSVuzCnWj/China-Scrap-Metal-Melting-Furnace.html>.

