



Krastā izskalotu aļģu savākšanas aprīkojums un tehnoloģija

Sagatavotājs: Nodibinājums “Attīstības fonds “Stari”

Pasūtītājs: Kurzemes plānošanas reģions

Liepāja, 2021

Dokuments ir izstrādāts pēc Kurzemes plānošanas reģiona pasūtījuma INTERREG Baltijas jūras reģiona programmas 2014.-2020. gadam līdzfinansētā projektā Nr. R097 „Baltijas jūras aļģu ilgtspējīga izmantošana “(GRASS) ar Eiropas Reģionālās attīstības fonda atbalstu.

Dokuments atspoguļo autora viedokli, un INTERREG Baltijas jūras reģiona transnacionālās sadarbības programmas vadošā iestāde neatbild par tajā ietvertās informācijas iespējamo izmantošanu.

Saturs

Ievads.....	5
1. Pētījumā izvēlētā tehnika un tās pielietojums.....	5
2. Režģu kausu salīdzinošie izmēģinājumi un to rezultāti.....	5
3. Kausa mehānisms	13
3.1. Spēki, kas darbojas uz kausu rakšanas procesā.....	16
3.2. Uzlabotā režģu kausa apraksts un rasējumi	21
4. Uzlabotā režģu kausa konstrukcija	27
5. Režģu kausa ekspluatācijas instrukcija.....	27
6. Rekomendācijas.....	28
7. Aļģu biomasas savākšanas tehnoloģijas vispārējs apraksts Kurzemes piekrastē.....	29
8. Komercializācijas iespējas.....	31
Secinājumi	32
Izmantotā literatūra	33
Pielikums Nr.1. MASSEY FERGUSON 6615 DYNA-4 4WD tehniskā specifikācija.....	34
Pielikums Nr.2. Vispārīgā drošības tehnika darbā ar frontālajiem iekrāvējiem	40
Pielikums Nr. 3. Uzlabotā kausa rasējums	41

Tabulu un ilustrāciju uzskaitījums

<i>Ilustrācija 1. Bāzes kauss.</i>	6
<i>Ilustrācija 2. Uzlabotais kauss.</i>	7
<i>Ilustrācija 3. Aļģu iekraušana.</i>	8
<i>Ilustrācija 4. Aļģu transports.</i>	9
<i>Ilustrācija 5. Aļģu izkraušana pagaidu kaudzēs.</i>	9
<i>Ilustrācija 6. Savākto aļģu pieaugušais apjoms.</i>	10
<i>Ilustrācija 7. Intensīva aļģu atūdeņošanās.</i>	10
<i>Ilustrācija 8. Pagaidu kaudzes.</i>	11
<i>Ilustrācija 9. Kausa un kausa mehānisma shēma.</i>	13
<i>Ilustrācija 10. Kausa un kausa mehānisma shēma.</i>	14
<i>Ilustrācija 11. Kausa un kausa mehānisma shēma.</i>	14
<i>Ilustrācija 12. Kausa rakšanas procesa shēma.</i>	16
<i>Ilustrācija 13. Rakšanas procesa 3 fāzes.</i>	17
<i>Ilustrācija 14. Spēka diagramma augsnes ķīlī.</i>	18
<i>Ilustrācija 15. Spēku darbība uz kausu.</i>	19
<i>Ilustrācija 16. Sakarība starp iedziļinājumu un spēku.</i>	21
<i>Ilustrācija 17. Rasējums "kaus_05_01".</i>	22
<i>Ilustrācija 18. Nekustīgas virsmas.</i>	23
<i>Ilustrācija 19. Stiprinājumu virsmas.</i>	24
<i>Ilustrācija 20. Pieliktie spēki.</i>	24
<i>Ilustrācija 21. Pieliktie spēki (šķērsgriezums).</i>	25
<i>Ilustrācija 22. Spriegumi spēka pielikšanas vietās.</i>	26
<i>Ilustrācija 23. Konstrukcijas ģeometriskie stāvokļi.</i>	26
<i>Ilustrācija 24. Režģa kausa prototips (skats no priekšas).</i>	27
<i>Ilustrācija 25. Pagaidu kaudzes.</i>	29
<i>Ilustrācija 26. Izlīdzinātais aļģu slānis.</i>	30
<i>Ilustrācija 27. Aļģu savākšana ar salmu presi.</i>	30
<i>Tabula 1. Aļģu savākšanas procesa hronometrāža (bāzes kauss).</i>	11
<i>Tabula 2. Aļģu savākšanas procesa hronometrāža (uzlabotais kauss).</i>	12

Ievads

Aļģu izmantošanas iespēju paplašināšanās aktualizē nepieciešamību pēc makroaļģu efektīvas savākšanas tehnikas un tehnoloģijas. Krastā izskaloto makroaļģu savākšanu apgrūtina vairāki faktori, galvenokārt smilšu piemaisījums un augsts mitruma saturs, kā arī ierobežots savākšanas laiks.

Lai noskaidrotu efektīvāko aļģu savākšanas risinājumu, 2020. gada rudenī Liepājas pludmalē tika testēti vairāki frontālo iekrāvēju režģu kausi. Režģu kausi tika izvēlēti tāpēc, ka Zviedrijā, Treleborgā veiktajā pētījumā [1] tas tika norādīts kā viens no visefektīvākajiem instrumentiem krastā izskaloto aļģu savākšanai.

Inženieris J.Mažerikovs, izmantojot SolidWorks programmu paketi, izstrādāja jauna režģu kausa prototipa konstrukciju un veica tās stiprības aprēķinus. Detalizēti detaļu rasējumi tika nodoti firmai “Imograndi”, kas izgatavoja kausa detaļas pēc dotajiem rasējumiem un veica konstrukcijas montāžas metinājumus.

Kad prototips tika izgatavots, tas tika testēts un rezultāti salīdzināti ar iepriekš testēto, citas konstrukcijas režģu kausu. Testa rezultāti bija labāki jaunajam prototipam, kā jau tika prognozēts. Ekonomisko salīdzinājumu veica ekonomists Arvils Jākabsons un rezultāti parādīja režģu kausa jaunās versijas pārākumu.

1. Pētījumā izvēlētā tehnika un tās pielietojums

Krastā izskalotu aļģu savākšanai pasaulē tiek izmantots plašs tehnoloģiju un aprīkojuma klāsts. Visbiežāk tiek izmantota lauksaimniecības vai komunālā tehnika; Francijā un Kanādā ir radītas speciālas mašīnas uz kombainu bāzes, ar augstu ražību un augstu savāktā materiāla kvalitāti.

Savāktām aļģēm ir divi galvenie, noteicošie parametri – mitrums un smilšu piejaukums. Specializētām mašīnām ir augsta savāktu aļģu kvalitāte, jo aļģes tiek vāktas seklumā, netālu no krasta, tāpēc tajās ir maz smilšu un mitrums notek īsā laikā.

Lietojot lauksaimniecības vai komunālo tehniku, aļģes nav iespējams vākt ūdenī. Šīs mašīnas izmanto, lai aļģes savāktu no pludmales. Šādā gadījumā vispiemērotākās ir tās mašīnas, kas nodrošina vismazākos smilšu piemaisījumus savāktajās aļģēs. Režģu kausi, kas nostiprināti uz frontālajiem iekrāvējiem, pētījumos Treleborgā [1] uzrādīja vislabāko savāktā materiāla kvalitāti. Pētījuma uzdevums bija atrast visoptimālāko režģa kausa konstrukciju, lai savāktu jūras krastā izskalotās makroaļģes. Lai pārliecinātos, vai ir iespējama aļģu kompaktēšana, izmantojot rulonu presi, tika testēta salmu prese CLAAS 62.

2. Režģu kausu salīdzinošie izmēģinājumi un to rezultāti

Pieredze rāda, ka visefektīvākais instruments krastā izskalotu *Furcellaria lumbricalis* aļģu savākšanai ir režģu kausi. Nostiprinātiem uz frontālajiem iekrāvējiem, šiem instrumentiem piemīt divas ļoti svarīgas īpašības –

tie veic aļģu atūdeņošanu un savāktā materiāla daļēju atbrīvošanu no smiltīm. Šīs īpašības ir svarīgas, ja aļģes paredzētas tālākai pārstrādei.

Režģu kausi ir konstruēti dažādos izpildījumos un pētījuma uzdevums bija pārbaudīt šos dažādos izpildījumus, kā arī atrast atbilstošāko aļģu savākšanai pludmalē.

Pirmais režģu kausa paraugs (turpmāk -bāzes kauss), kas tika testēts, bija MTM tipa režģu kauss (<https://www.voka.lv/>) - 1,5 m plats, 18 stieņu 90 mm attālumā viens no otra, kas izgatavoti no Hardox 450 markas tērauda, ar 242 kg masu. Horizontālo zaru garums – 1m, vertikālo zaru garums – 0,52 m (1. ilustrācija).



Ilustrācija 1. Bāzes kauss.

Testu rezultāti parādīja, ka šis režģu kausa tips ir piemērots aļģu savākšanai pludmalē. Tas nodrošina galveno kritēriju izpildi – atūdeņošanu un samazina smilšu piejaukumu. Tomēr kausa konfigurācija nav optimāla – tam ir pārāk īsi vertikālie zari. Šo zaru nelielais garums samazina paceļamo aļģu daudzumu un līdz ar to samazina aļģu savākšanas procesa ražību.

Lai palielinātu ražību, tika konstruēts jaunas konfigurācijas kauss. Jaunās detaļas tika rasētas, izmantojot SolidWorks programmu paketi metāla detaļu projektēšanai. Detaļu parametri tika noteikti, lai nodrošinātu nepieciešamo stiprību, izmantojot minētās programmu paketes moduļus statisko slodžu un spriegumu

modelēšanai. Visas detaļas tika izgatavotas, izmantojot CNC plazmas griešanas un locīšanas iekārtas. Detaļu montāža tika veikta metinot. Visa konstrukcija tika pārklāta ar poliuretāna krāsu. Detaļu rasējumi ir doti 3.pielikumā.

Uzlabotais kauss (2. ilustrācija) ir 1,5m plats, ar 13 zariem, ar vienādu horizontālo un vertikālo garumu ap 1m, izgatavotu no cieta tērauda sakausējuma, ar kopējo svaru 256 kg (turpmāk – uzlabotais kauss).



Ilustrācija 2. Uzlabotais kauss.

Abiem (bāzes un uzlabotajam kausam) ir Eiropas standarta ātrās sakabes mezgls. Abos gadījumos testēšanā tika izmantots Massey- Ferguson 6615 traktors - frontālais iekrāvējs.

Šis traktors pārstāv jaunu Massey Ferguson traktoru sēriju. Ar praktiski neierobežotu vilkmes spēku šādas klases traktoram, 4.9 litru AGCO POWER e3 SCR motors nodrošina lielu griezes momentu. Tas ir spēcīgākais vidējas klases traktors ar 185 ZS motoru ar Motora Jaudas Vadību (Engine power Management) EPM, kas ļauj attīstīt efektīvu motora darbību dažādos apstākļos. Tehniskais apraksts – 1. pielikumā. Testi tika veikti Liepājas pludmalē, 2020. gada oktobrī. Gaisa temperatūra ap 10⁰ C, bez nokrišņiem. Pirmais tika izmēģināts MTM režģu kauss - 1,5 m plats, 18 stieņi, 90 mm attālumā viens no otra, izgatavoti no Hardox 450 markas tērauda, ar kopējo masu 242 kg. Horizontālo stieņu garums – 1m, vertikālo – 0,52 m, - bāzes kauss (1. ilustrācija).



Ilustrācija 3. Aļģu iekraušana.

3. ilustrācijā redzama aļģu iekraušana bāzes kausā. Vidēji viena kausa iekraušanas process ilga 14,1 sekundi un bija atkarīgs no virsmas īpašībām un traktora vadītāja iemaņām. No kausa pacelšanas momenta sākas intensīvs aļģu atūdeņošanas process, kas beidzas izkraujot kravu pagaidu kaudzēs turpat pludmalē.



Ilustrācija 4. Aļģu transports

4. ilustrācijā redzama aļģu transportēšana uz izkraušanas vietu, kas ilga vidēji 13,6 sekundes un galvenokārt bija atkarīga no transportēšanas attāluma. Braukšanas apstākļi visur bija aptuveni vienādi – līdzens, smilšains krasts, pārklāts ar mainīga biezuma aļģu slāni.



Ilustrācija 5. Aļģu izkraušana pagaidu kaudzēs.

5. ilustrācijā redzama aļģu izkraušana pagaidu kaudzēs. Aļģu kraušana pagaidu kaudzēs ļauj papildus atūdeņot savākto materiālu.



Ilustrācija 6. Savākto aļģu pieaugušais apjoms.

Izmantojot uzlaboto kausu, aļģu savākšanas efektivitāte ievērojami pieauga. Kausā iekrauto aļģu daudzums bija par 60% līdz 80% vairāk nekā bāzes kausam. Iekraušanas laiks nemainījās. Kausa lielums būtiski neietekmēja iekraušanas laiku. Iekraušanas laiks galvenokārt atkarīgs no braukšanas apstākļiem un traktora vadītāja iemaņām.



Ilustrācija 7. Intensīva aļģu atūdeņošanās.

7. ilustrācijā redzama kausā uzkrauto aļģu intensīva atūdeņošanās transportēšanas laikā uz pagaidu kaudzi. Lielākā daļa ūdens iztek no kausa, pateicoties tā režģu konstrukcijai. Atūdeņošanās šajā gadījumā ir intensīvāka, jo aļģu daudzums kausā ir lielāks un respektīvi – smagāks, un ūdens tiek izspiests vairāk. Tā ir papildus priekšrocība uzlabotajam kausam ar lielāku materiāla slāni tajā.



Ilustrācija 8. Pagaidu kaudzes.

Izkraušanas laiks uzlabotajam kausam vidēji ir tas pats, izņemot gadījumus, kad traktora vadītājs atkārtoti kustina kausu, lai atbrīvotu to no materiāla atliekām kausā un to iztīrītu.

Tabula 1. Aļģu savākšanas procesa hronometrāža (bāzes kaus).

Nr.	Uzkraušana	Transports uz	Izkraušana	Transports no	Kopā	Tilpums
	s	s	s	s	s	m³
1.	8	14	4	17	43	0,3
2.	30	8	7	10	55	0,4
3.	10	11	6	12	39	0,4
4.	12	11	5	15	43	0,3
5.	16	12	6	13	47	0,4
6.	14	16	5	16	51	0,4
7.	12	15	7	16	50	0,4
8.	13	16	6	18	53	0,4
9.	17	16	7	16	56	0,4
10.	9	17	6	18	50	0,4
Kopā	141	136	59	151	487	3,8
Vidēji	14,1	13,6	5,9	15,1	48,7	0,38

Tabula 2. Aļģu savākšanas procesa hronometrāža (uzlabotais kauss).

Nr.	Uzkraušana	Transports uz	Izkraušana	Transports no	Kopā	Tilpums
	s	s	s	s	s	m ³
1.	6	8	6	12	32	0,6
2.	8	15	9	8	40	0,9
3.	7	15	6	8	36	0,5
4.	10	15	6	10	41	0,5
5.	19	12	7	15	53	0,8
6.	5	12	5	10	32	0,7
7.	10	10	10	11	41	0,9
8.	21	13	6	11	51	0,8
9.	3	15	5	10	33	0,6
10.	5	15	5	15	40	0,7
Kopā	94	130	65	110	399	7
Vidēji	9,4	13	6,5	11	39,9	0,7

Salīdzinoši testi tika veikti ar bāzes kausu un uzlaboto kausu. Katram kausam tika veikta 10 braucienu hronometrāža. Katrs brauciens sastāvēja no 4 posmiem (uzkraušanas, brauciena turp, izkraušanas un brauciena atpakaļ). Katra posma laiks tika fiksēts un apkopots tabulā. Pārvesto aļģu tilpums arī tika fiksēts. Tā kā patērētās degvielas daudzums bija neliels, tas netika ņemts vērā, un, nosakot katra kausa ražību, šis faktors tika pieņemts un ir vienāds ar 1.

$$\text{Ražība} = \frac{V_{\Sigma}}{t_{\Sigma}} \text{ kur:}$$

$$V_{\Sigma} = \text{kopējais aļģu transportētais daudzums (m}^3\text{)} = V_1 + V_2 + \dots + V_n$$

$$t_{\Sigma} = \text{kopējais patērēto resursu daudzums (h)} = t_1 + t_2 + \dots + t_n$$

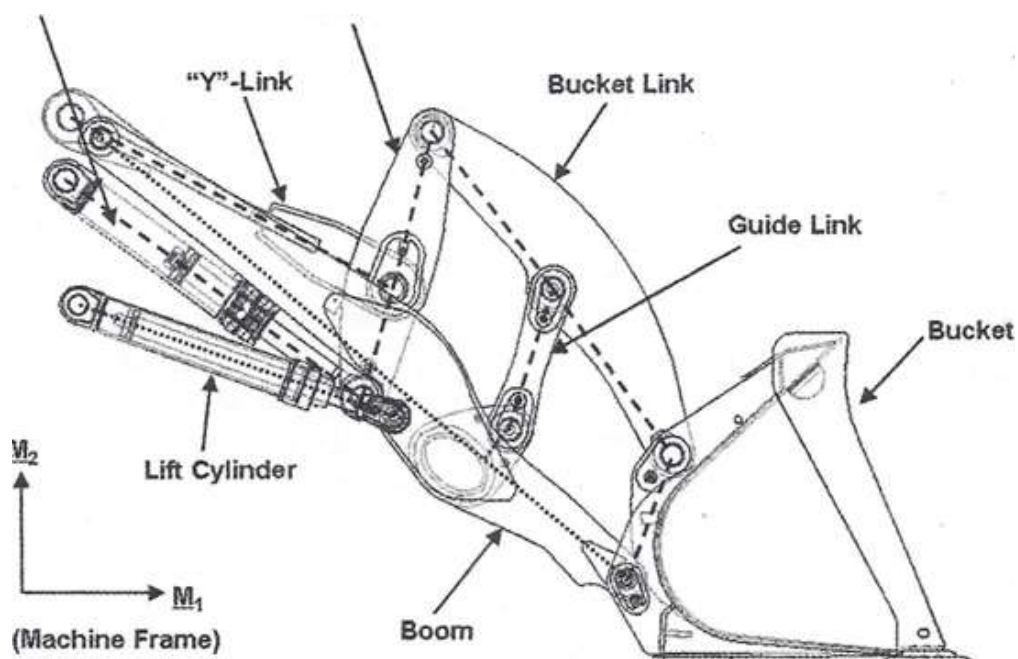
$$\text{Bāzes kausa ražība} = \frac{3,8}{0,135} = 28,15 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{Uzlabotā kausa ražība} = \frac{7}{0,11} = 63,63 \text{ m}^3/\text{h}$$

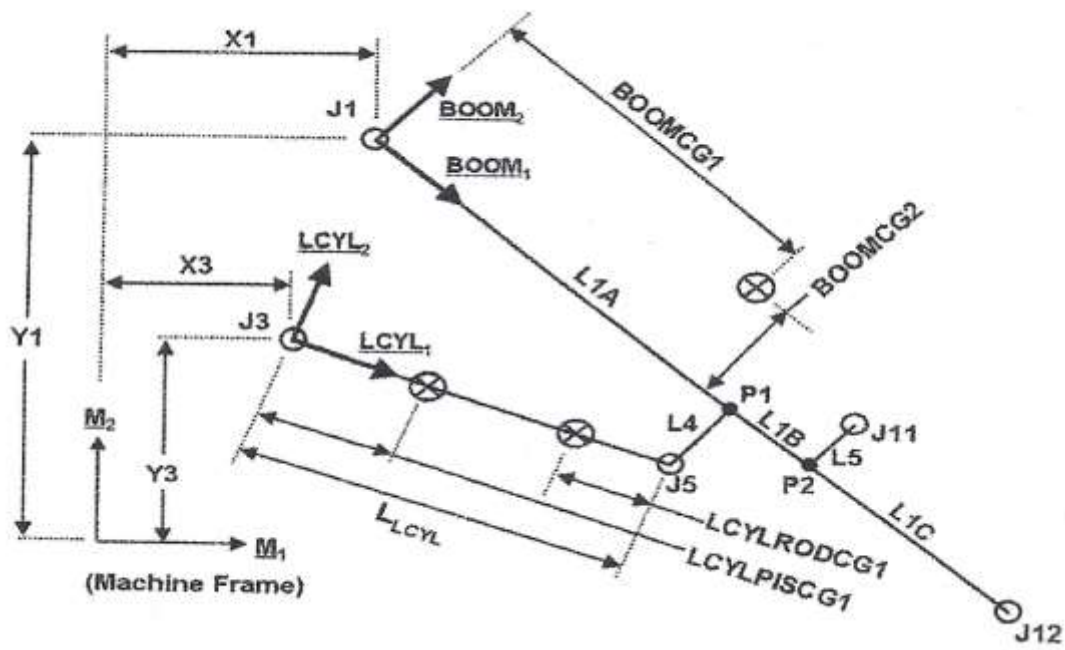
Salīdzinot bāzes kausa ražību ar uzlabotā kausa ražību = $\frac{63,63}{28,15} = 2,26$, rezultāts liecina, ka uzlabotā kausa ražība ir 2.26 augstāka nekā bāzes kausam.

3. Kausa mehānisms

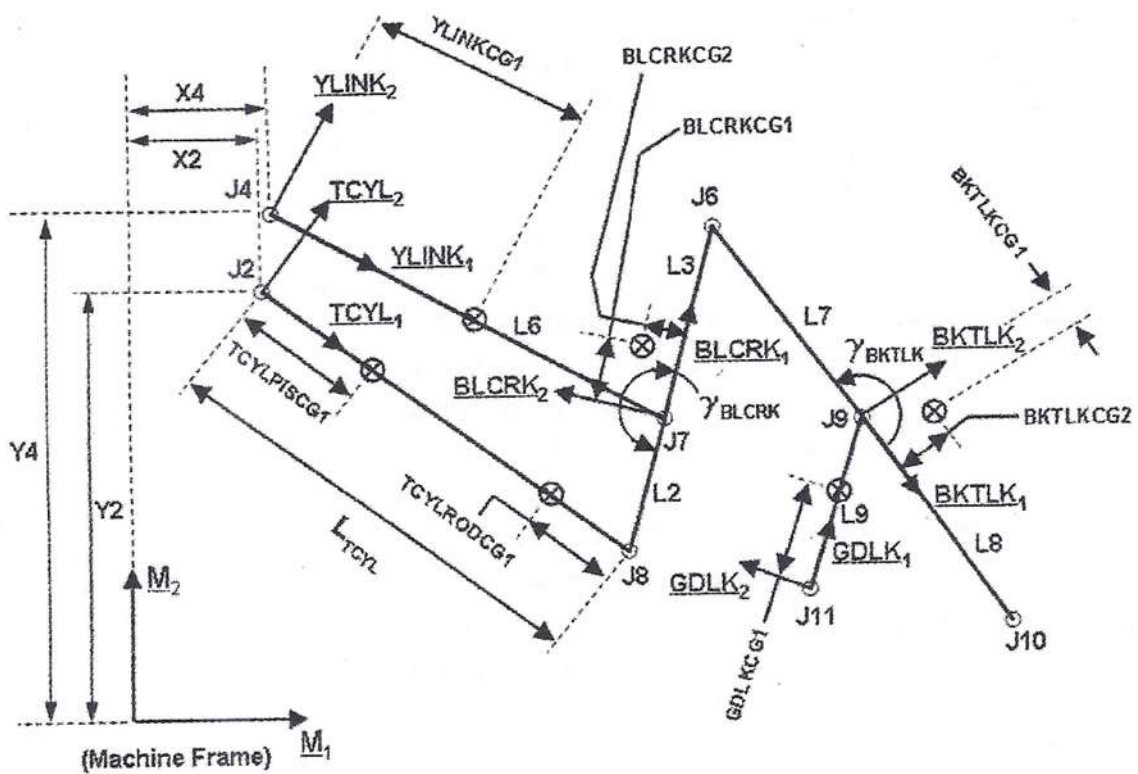
Analizējamais kausa mehānisms ir parādīts 9. ilustrācijā. Tam ir relatīvi jauns kausa manipulatora savienojuma tips, kuru ieviesa John Deere 2004. gadā savās Powerl111™ mašīnās, un tas tika izvēlēts savas nestandarta konstrukcijas dēļ: klaņa centra šarnīrsavienojums nav savienots ar sijas konstrukciju tā kā tas ir citās konstrukcijās. Klaņa šarnīri atrodas uz atsevišķas saites, apzīmētas kā 'Y-saite', jo to konstrukcija atgādina burtu Y. Y-saites šarnīri atrodas priekšējā rāmī. Kinemātiskā ģeometrija, kas saistīta ar siju un pacelšanas cilindru, ir attēlota ar punktētu līniju. Līdzīgi, svītrlīnijas attēlo kausa manipulatora saišu ģeometriju savēruma cilindram.



Ilustrācija 9. Kausa un kausa mehānisma shēma.



Ilustrācija 10. Kausa un kausa mehānisma shēma.



Ilustrācija 11. Kausa un kausa mehānisma shēma.

10. un 11. ilustrācijā atsevišķi parādītas siju konstrukciju un kausa saišu shēmas pēc kurām nosaka raksturlielumus, kas nepieciešami sistēmas matemātiskam modelim. Šim mehānismam ir 10 cieti elementi un 2 brīvības pakāpes. Sistēmas kustības vienādojumus var iegūt, izmantojot jebkuru simboliski aprakstāmu manipulatoru. Šajā gadījumā, izmantojot “Autolev” programmu, aprēķina vienādojumus un iegūst atrisinājumus. Tā kā vienādojumi ir gari, te tie netiek aprakstīti. Tomēr to īss apraksts ir izklāstīts zemāk tekstā.

$$U_1 = \frac{N d}{dt}(L_{LCYL}) = \dot{L}_{LCYL} = v_{LCYL_ROD} \quad (1)$$

$$U_2 = \frac{N d}{dt}(L_{TCYL}) = \dot{L}_{TCYL} = v_{TCYL_ROD} \quad (2)$$

$$U_3 = \frac{N d}{dt}(\phi_{LCYL}) = \omega_{LCYL} \quad (3)$$

$$U_4 = \frac{N d}{dt}(\phi_{TCYL}) = \omega_{TCYL} \quad (4)$$

$$U_5 = \frac{N d}{dt}(\phi_{BOOM}) = \omega_{BOOM} \quad (5)$$

$$U_6 = \frac{N d}{dt}(\phi_{BLCRK}) = \omega_{BLCRK} \quad (6)$$

$$U_7 = \frac{N d}{dt}(\phi_{BKTLK}) = \omega_{BKTLK} \quad (7)$$

$$U_8 = \frac{N d}{dt}(\phi_{BKT}) = \omega_{BKT} \quad (8)$$

$$U_9 = \frac{N d}{dt}(\phi_{GDLK}) = \omega_{GDLK} \quad (9)$$

$$U_{10} = \frac{N d}{dt}(\phi_{YLINK}) = \omega_{YLINK} \quad (10)$$

Sekojošie kustību ierobežojumi ir spēkā šai sistēmai;

$$N v^{J5_LCYL} = N v^{J5_BOOM} \quad (11)$$

$$N v^{J7_YLINK} = N v^{J7_BLCRK} \quad (12)$$

$$N v^{J11_GDLK} = N v^{J11_BOOM} \quad (13)$$

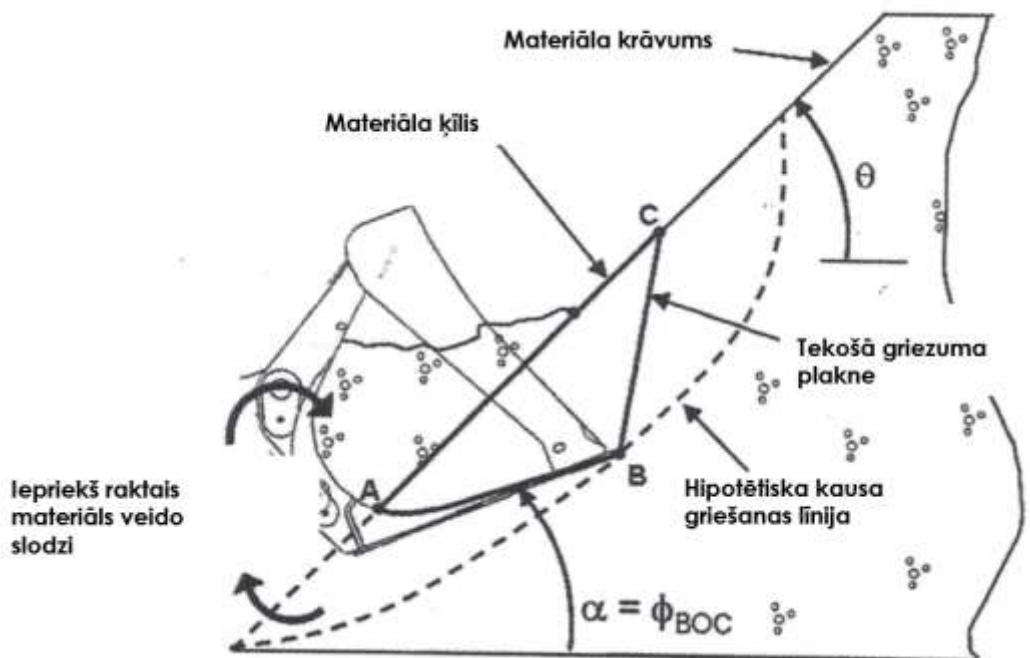
$$N v^{J12_BKT} = N v^{J12_BOOM} \quad (14)$$

Vienādojumi (11) līdz (14) apraksta astoņus planāro kustību ierobežojumus, kas nosaka ātrumu nepārtrauktību savienojumam J5 (kas savieno pacelšanas cilindru un siju), savienojumam J7 (attiecināmu uz

klani un Y-saiti)), savienojumam J11 (attiecināms uz vadības saiti un siju), un savienojumam J12 (attiecināms uz siju un kausu). Aizvietojojot vispārīgos ātrumus U_1-U_{10} vienādojumos (11) līdz (14) un atrisinot U_1 un U_2 kā neatkarīgus vispārīgus ātrumus (sistēmas brīvības pakāpes), var iegūt nepieciešamās sakarības vispārinātiem ātrumiem U_s-U_{10} .

Darbojošies aktīvie un inerciālie spēki šajā sistēmā ietver: (a) svāri un inerciālās slodzes, ko rada saistītās masas gravitācijas un paātrinājuma dēļ; (b) pacelšanas cilindra spēks, kas darbojas uz siju savienojumā J5; (c) sasvēruma cilindra spēks, kas darbojas uz klani savienojumā J8; un (d) reaktīvie spēki kas darbojas uz kausu rakšanas procesā. Tādējādi planārie ātrumi un paātrinājumi sistēmas ķermeņiem un aktīvo slodžu idealizētie punkti ir noteikti un izmantoti, lai noteiktu parciālos ātrumus un parciālos leņķiskos ātrumus. Šo parciālo ātrumu apvienojums ar atbilstošiem aktīviem un inerciāliem spēkiem dod vienādojumus, kas apraksta vispārinātos aktīvos un inerciālos spēkus, kas ietverti kustību vienādojumos. Kustību ierobežojumi attiecas uz spēkiem, kas rodas hidrauliskajā sistēmā un pretestības spēkiem, kas iedarbojas uz kausu rakšanas procesā.

3.1. Spēki, kas darbojas uz kausu rakšanas procesā



Ilustrācija 12. Kausa rakšanas procesa shēma.

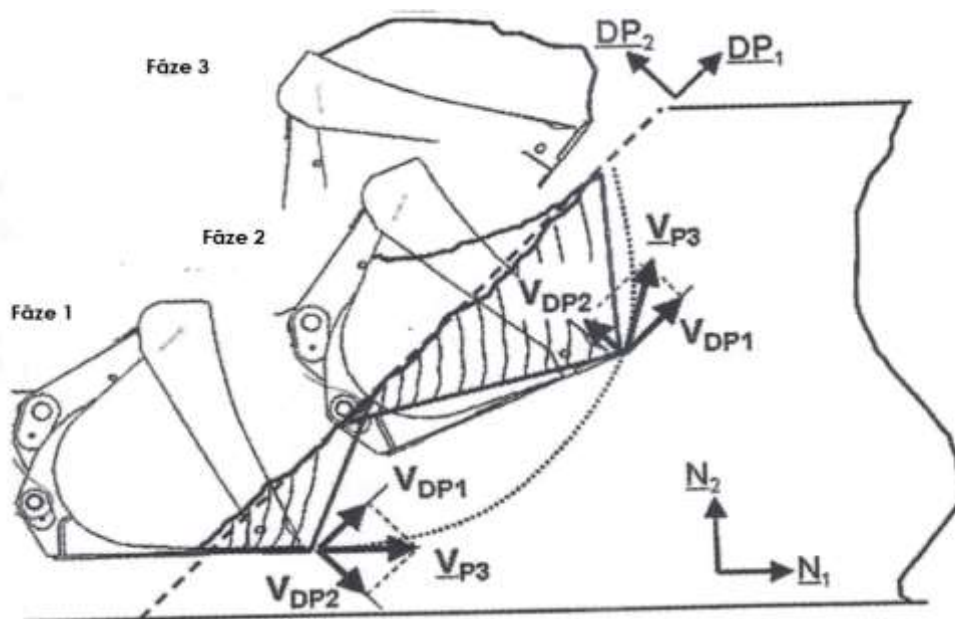
Viens no izaicinošākiem aspektiem, modelējot riteņu iekrāvēju vai jebkuru citu zemes rakšanas ierīci, ir fiksēt spēkus, kas rodas rakšanas procesā. Pirmkārt, šie spēki ir atkarīgi no rokamā materiāla īpašībām, kas var ļoti atšķirties sastāva, temperatūras, mitruma satura, blīvuma dēļ. Šīs atšķirības rada papildus problēmas, pētot

atsevišķus gadījumus ražīguma noteikšanai optimālam rakšanas režīmam. Kausu konstrukcijas analīzei 12. ilustrācijā parādīta kausa darbības shēma rakšanas procesā.

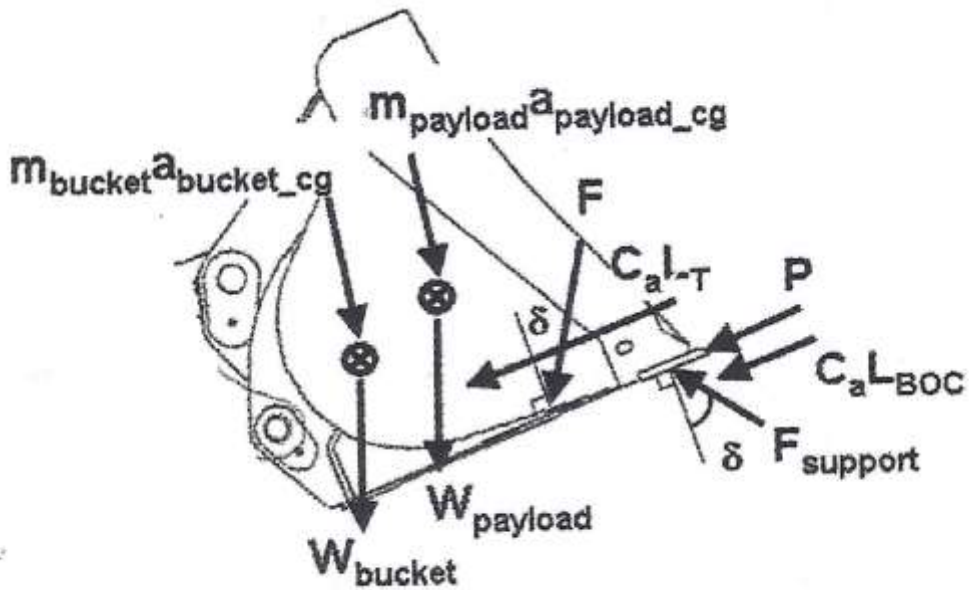
Parametru vērtību līmenis standarta gadījumiem varētu būt ar pietiekamu precizitāti. Redzams, ka ir iespējams panākt pietiekami adekvātas sakarības starp kausa un rokamā materiāla mijiedarbības spēkiem. Divu dimensiju modelis ir adekvāts vairumam kausu instrumentu ģeometrijai.

Kausa griezējasmaņa trajektoriju nosaka visa mehānisma kopējā kustība, iedziļināšanās materiālā, kā arī kausa pacēlums un rotācija, darbojoties pacelšanas un sagāzuma cilindriem. Kustības trajektorija nav iepriekš noteikta un ir atkarīga no operatora komandām. Labākā no ražīguma trajektorijām no cikla uz ciklu atšķiras, un ir atkarīga no rokamā materiāla īpašībām.

Kā jau iepriekš minēts, šo slodžu daba un aktivizācija var mainīties rakšanas procesā, pateicoties kausā iekrautā materiāla īpašību izmaiņām, kausa un materiāla saskares izmaiņām, un operatora reakcijas izmaiņām. Lai simulētu slodzes, kas darbojas uz kausu, rakšanas procesā ir jāizvērtē visi trīs apstākļi. Neprecizitātes dēļ materiāla neviendabīgums ir nenovēršams. Reāla laika mērījumi dabā ir vienīgais veids, kā iegūt šos parametrus. Saskaņoties ar materiālu, kausa un iekrāvēja kustības ir identiskas, tāpēc tās tiek apskatītas vienotā matemātiskā modelī.



Ilustrācija 13. Rakšanas procesa 3 fāzes.



Ilustrācija 15. Spēku darbība uz kausu

$$V' = \frac{\text{motion of soil mass, } m}{\text{time}} = \left(\frac{\chi'}{\cos \beta} \right) \frac{1}{t} \quad (15)$$

where

$$\chi = \chi' + \varepsilon = \chi'(1 + \tan \beta \cot \rho)$$

Therefore

$$V' = \frac{\chi}{t \cos \beta (1 + \tan \beta \cot \rho)} = \frac{V}{\cos \beta (1 + \tan \beta \cot \rho)} \quad (16)$$

where

$$V = \frac{\text{motion of bucket tool}}{\text{time}} = \left(\frac{\chi}{\cos \beta} \right) \frac{1}{t}$$

$$F_{\Lambda} = m \frac{V'}{t} = V' \frac{\gamma \cdot \chi \cdot dw}{t} = V' \gamma \cdot V \cdot dw \quad (17)$$

$$= \frac{\gamma \cdot V^2 \cdot dw}{\cos \beta (1 + \tan \beta \cot \rho)}$$

$$F = (\gamma \cdot g \cdot d^2 \cdot N_{\gamma} + C \cdot d \cdot N_C + C_a \cdot d \cdot N_{Ca} + q \cdot d \cdot N_q + \gamma \cdot V^2 \cdot d \cdot N_a) \cdot w \quad (18)$$

$$N_{\gamma} = \frac{(\cot \rho + \cot \beta) \cdot [\sin \theta \cot(\beta + \phi) + \cos \theta]}{2 \cdot \cos(\rho + \delta) + \sin(\rho + \delta) \cot(\beta + \phi)} \quad (19)$$

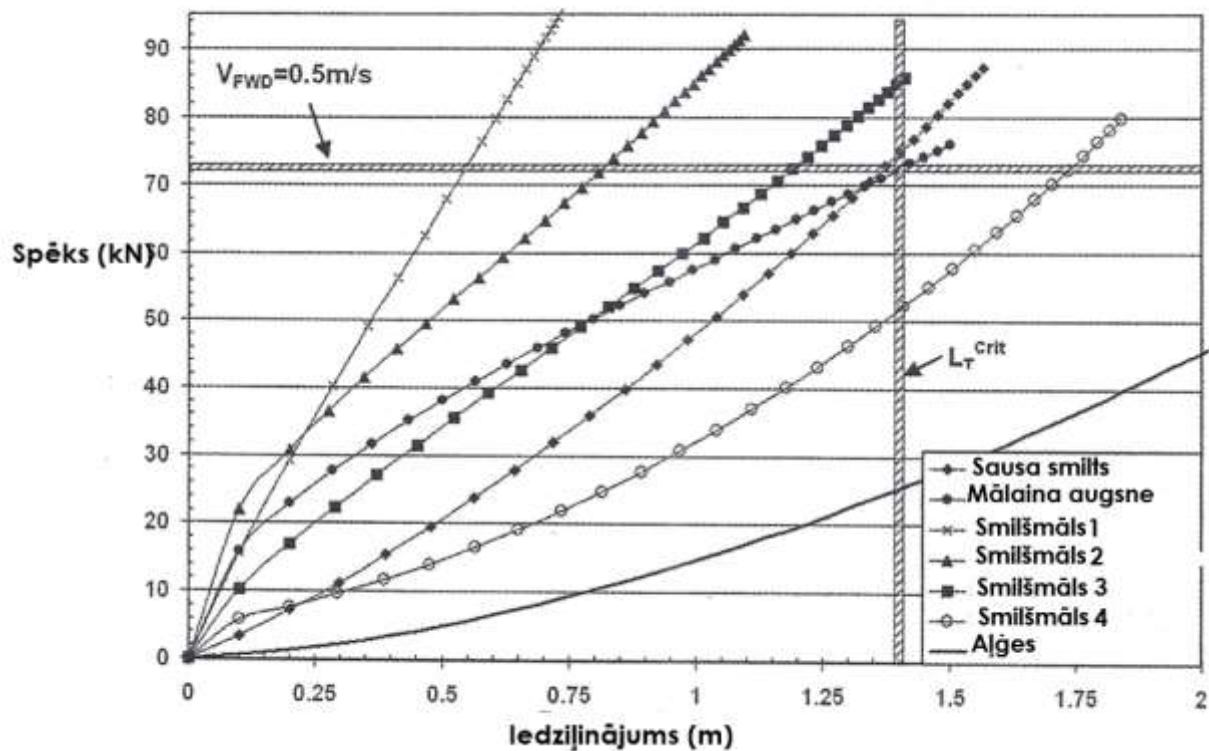
$$N_C = \frac{1 + \cot \beta \cot(\beta + \phi)}{\cos(\rho + \delta) + \sin(\rho + \delta) \cot(\beta + \phi)} \quad (20)$$

$$N_{Ca} = \frac{1 - \cot \rho \cot(\beta + \phi)}{\cos(\rho + \delta) + \sin(\rho + \delta) \cot(\beta + \phi)} \quad (21)$$

$$N_q = 2N_{\gamma} \quad (22)$$

$$N_a = \frac{\tan \beta + \cot(\beta + \phi)}{[\cos(\rho + \delta) + \sin(\rho + \delta) \cot(\beta + \phi)] \cdot (1 + \tan \beta \cot \rho)} \quad (23)$$

Spēks F tika noteikts pēc formulas (18) un rezultāti parādīti 16. ilustrācijā. Nepārtrauktā līnija apzīmē aļģu materiālu. Šim spēkam ir praktiska nozīme līdz 0,5 m iedziļinājumam (maksimālam aļģu slāņa biezumam).



Ilustrācija 16. Sakarība starp iedziļinājumu un spēku.

Uzlabotajam režģu kausam piemīt pietiekama stiprība, lai to varētu izmantot aļģu savākšanā.

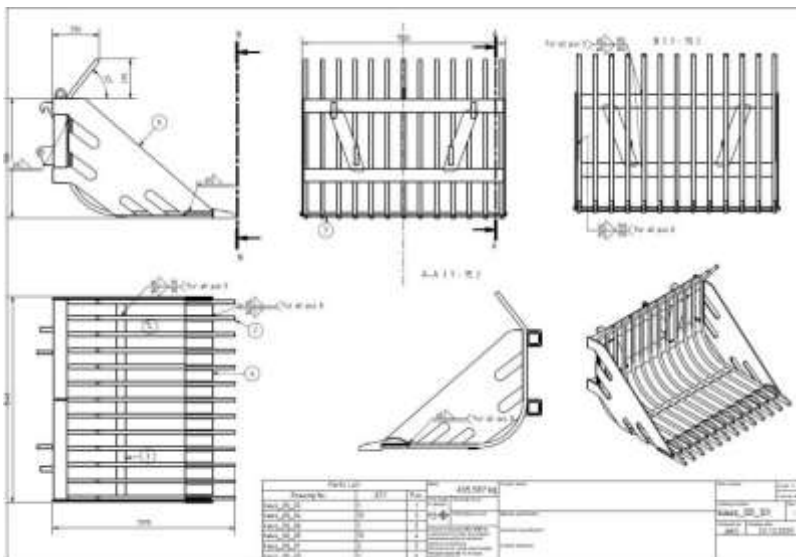
3.2. Uzlabotā režģu kausa apraksts un rasējumi

Galīgo elementu analīze (FEA) sastāv no:

1. Subjekta apraksta.
2. Subjekta materiāla īpašību raksturojuma.
3. Pielikto slodžu un robežstāvokļu noteikšanas.
4. Rezultātu novērtēšanas.

Subjekta definīcija

Subjekts ir konstrukcija, kuras rasējums - kaus_05_01 (17. ilustrācija)



Ilustrācija 17. Rasējums "kaus_05_01".

Subjekta apraksts

Modelis *kaus_05_01* ir traktora - frontālā iekrāvēja uzmontējama konstrukcija, kas atbilst stiprinājuma standarta ISO 23727:2009 izmēriem.

Šis konkrētais rīks ir paredzēts sausa siena, sausu vai mitru aļģu transportam, vai citam organiskam materiālam, kas izskalots jūras krastā.

Analīzes mērķis: noskaidrot, kāda ir optimālā fiziskā slodze rīkam *kaus_05_01*, lai nodrošinātu tā sekmīgu darbību ekspluatācijas laikā.

Subjekta materiāla īpašību raksturojums

Analizējot tiek apskatīti sekojoši parametri:

Subjektam *kaus_05_01*: materiāls visām detaļām ir tērauds - **S235**,
materiāla maksimālā stiepes pretestība - **235 MPa**.

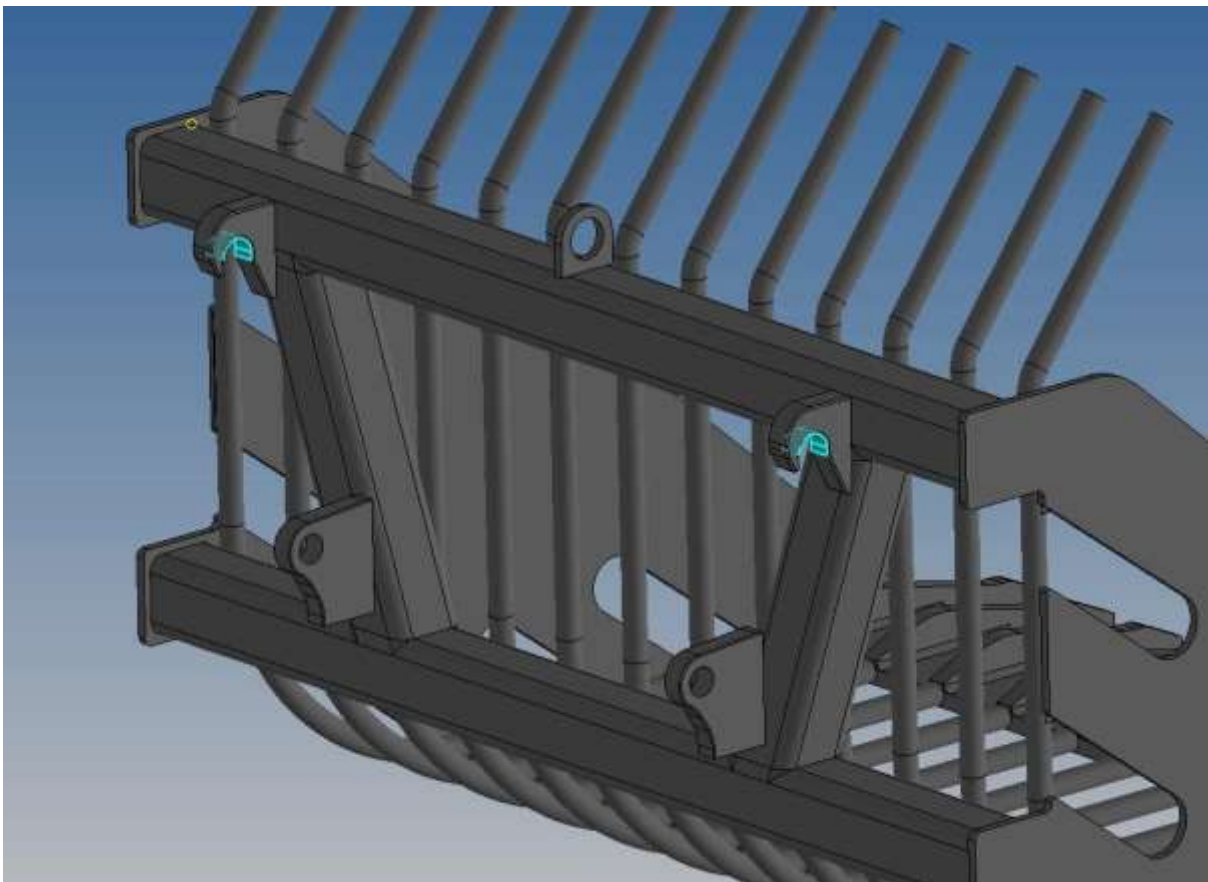
Tāpat tiek vērtēts tas, ka subjekts *kaus_05_01* ir izgatavots, detaļas metinot saskaņā ar ISO 5817:2014 līmeni C.

Pieliktās slodzes un robežstāvokļu noteikšana

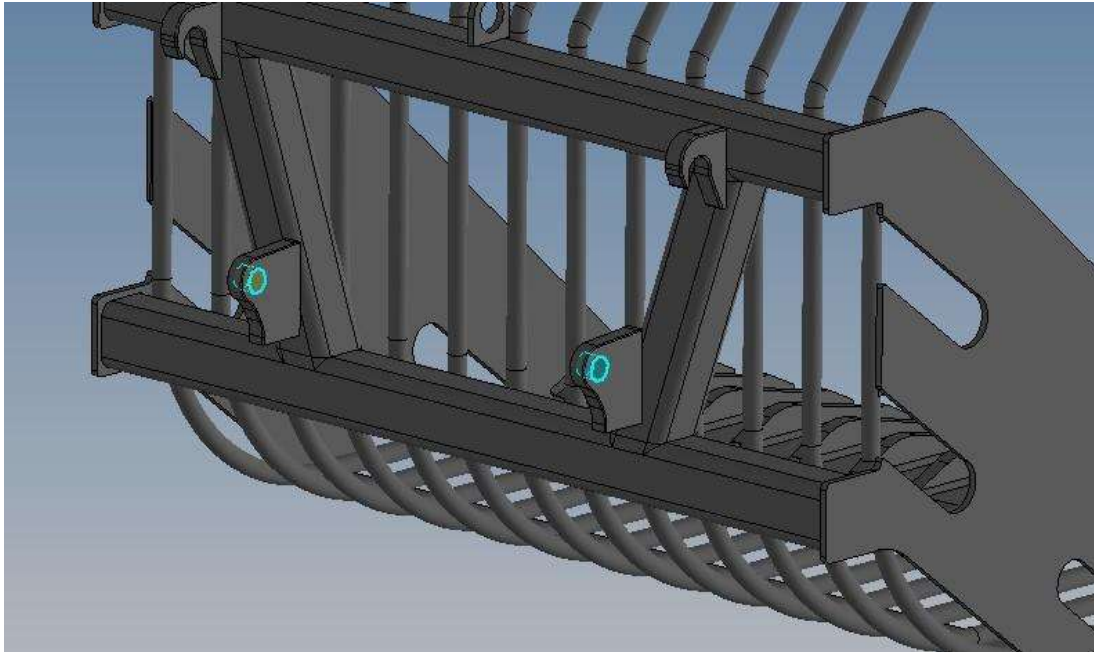
Šajā analīzē tiks veikta statiskā pārbaude un tiks pielietoti robežnoteikumi **Fixed** un

Pin Fixed – iezīmētās virsmas tiek uzskatītas par nekustīgām. (18. ilustrācija).

Pin – iezīmētās virsmas tiek uzskatītas par nekustīgām, bet caur tām iespējama radiāla, aksiāla un tangenciāla kustība (20. ilustrācija).



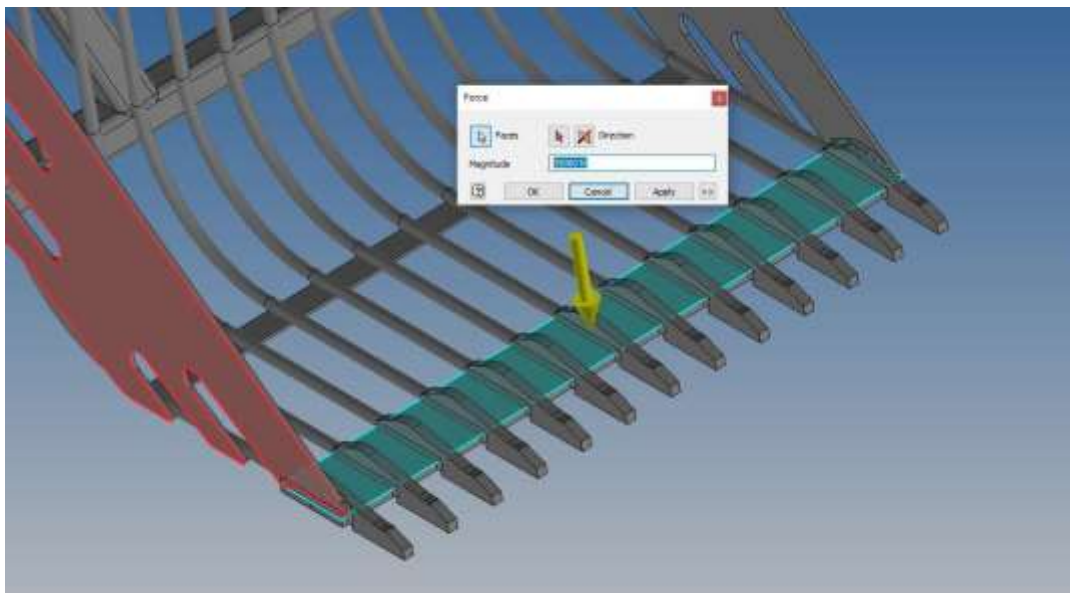
Ilustrācija 18. Nekustīgas virsmas.



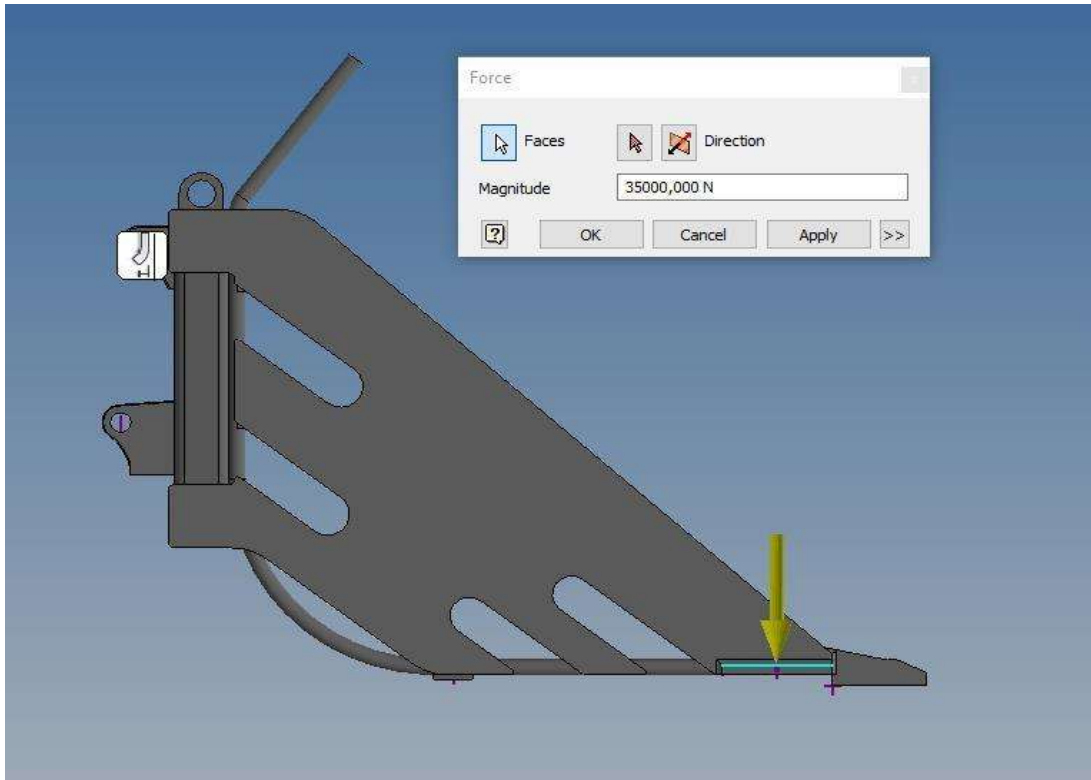
Ilustrācija 19. Stiprinājumu virsmas.

Slodzes tiek pieliktas vietās, kur ir pielikts vislielākais spēka moments attiecībā pret stiprinājuma vietām.

Piemēram, tiks pielikts 30 kN spēks. Viss spēks tiek pielikts vienmērīgi pa visu virsmas laukumu (20. un 21. ilustrācija)



Ilustrācija 20. Pieliktie spēki.



Ilustrācija 21. Pieliktie spēki (šķērsgriezums)

Rezultāti un to novērtējums

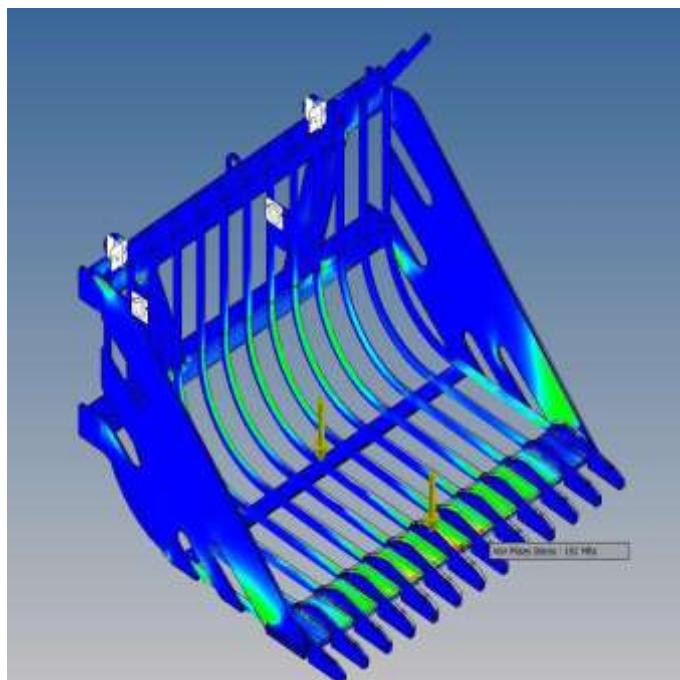
Ir zināms, ka materiāla maksimālā stiepes pretestība ir 235 MPa. Lai izslēgtu ģeometriskas neprecizitātes, maksimālā stiepes pretestība ar rezervi tiek pieņemta 220 MPa.

Pēc aprēķinu pabeigšanas var redzēt, ka viskritiskākā ir virsma, kur ir pielikts spēks (22. un 23. ilustrācija). Šajā vietā var redzēt, ka maksimums Von Mises Stresam liecē ir 192MPa un tas nepārsniedz iepriekš pieņemto vērtību (220 MPa). Deformācija vietā, kur pielikts vislielākais spēks, ir ap 20mm. Bet tā kā Von Mises Stress nepārsniedz 235MPa, tas nozīmē, ka tiklīdz slodze tiks noņemta, konstrukcija atgriezīsies savā vietā (24. ilustrācija).

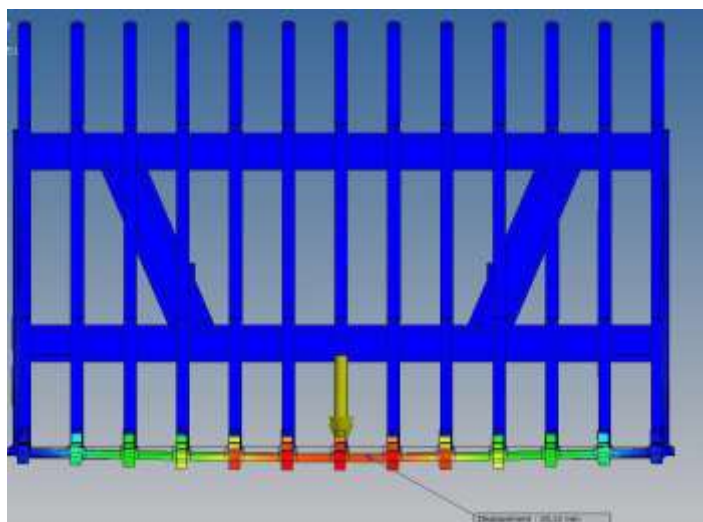
Var novērot, ka viszemākais drošības koeficients ir virsmas vidū, kur pielikta slodze. Bet joprojām šajā vietā drošības koeficients ir 1,23 un tas nozīmē, ka 35kN spēks ir lielākais, ko konstrukcija var izturēt normālas ekspluatācijas laikā un nav ieteicama konstrukcijas ilgstoša lietošana maksimālās slodzes apstākļos, jo tas var novest pie konstrukcijas deformācijas vai pat sagraušanas.

Secinājumi:

Subjekts *kaus_05_01* izgatavots pilnībā no tērauda S235. Var izturēt spēku 35kN, bet tas ir maksimāli pieļaujama šai konstrukcijai. Ekspluatācijā mēs iesakām maksimālo spēku, kas nepārsniedz 25 kN. Tas novērsīs neparedzētu pārslodzi, kas varētu izraisīt neatgriezenisku deformāciju. Nosakot maksimālo spēku 25 kN apmērā, tiks novērsti materiāla noguruma defekti un bojājumi.



Ilustrācija 22. Spriegumi spēka pielikšanas vietās.



Ilustrācija 23. Konstrukcijas ģeometriskie stāvokļi.

4. Uzlabotā režģu kausa konstrukcija



Ilustrācija 24. Režģu kausa prototips (skats no priekšas)

24. ilustrācijā ir parādīts uzlabotā režģu kausa 3D modelis, kas izveidots izmantojot programmu paketi SolidWorks. Uzlabotajam kausam ir 13 vertikāli pagarināti zari. Šis uzlabojums palielina kausa ietilpību un paaugstina kausa kopējo ražību. Stiprināšanas mezgls (sakabe) atbilst Eiro ISO 23727:2009 un ļauj ātri stiprināt kausu pie traktora. Visas metāla daļas ir ražotas no izturīga tērauda sakausējuma, izmantojot CNC iekārtas.

5. Režģu kausa ekspluatācijas instrukcija

Lai arī režģu kauss nav augsta līmeņa tehnoloģija, tomēr atsevišķās ekspluatācijas situācijās tas var radīt bīstamas situācijas un draudus veselībai un dzīvībai.

Īpaši svarīgi

Vissvarīgākais režģu kausa izmantošanā ir **kausā stiprinājuma drošums**. Operatoram ir jāpārlicinās par kausā stiprinājuma adekvātumu un drošību. Ja stiprinājums ir nedrošs, darbs ar kausu ir jāpārtrauc un stiprinājuma problēma jānovērš.

Tikpat svarīgi ir **pārejas moduļa stiprinājumu drošums**, izmantojot dažādu standartu stiprinājums. Stabils un drošs savienojums jāpanāk pārejas moduļa, kausā un frontālā pacelēja mezglos.



Ir svarīgi arī ievērot piesardzību, pārvietojot kausu, jo tā masa pārsniedz 200 kg un var nodarīt nopietnus ievainojumus iesaistītajam personālam.

Iekraušanas, transportēšanas un izkraušanas laikā iesaistītajam personālam ir aizliegts atrasties kraušanas zonā.

6. Rekomendācijas

Ikreiz pēc darba ar kausu, nepieciešams nomazgāt kausu, jo sālsūdens izraisa konstrukciju ātru koroziju.

Pārklājiet konstrukcijas ar silikona smēri vai citu, koroziju aizturošu pārklājumu.

Uzglabājiet kausu sausu.

Pilna drošības instrukcija 2.pielikumā

7. Aļģu biomasas savākšanas tehnoloģijas vispārējs apraksts Kurzemes piekrastē

Visefektīvākā tehnika aļģu savākšanai no smilšainā krasta, kā liecina līdzšinējie pētījumi, ir frontālais pacēlājs, aprīkots ar režģu kausu. Aļģu savākšanas paņēmieniem arī ir nozīme. Šajā pētījumā ir apskatīta viena metode, kurai ir savas priekšrocības. Šai metodei ir 3 darbības posmi:

1. Aļģu savākšana pagaidu kaudzēs pludmalē krasta slīpumā;
2. Vienmērīga aļģu slāņa izveidošana;
3. Kā papildus opcija - salmu preses izmantošana aļģu presēšanai.

Aļģu savākšana pagaidu kaudzēs palīdz maksimāli atūdeņot materiālu un savākt to iespējami sausu. Vienmērīgi izkliedētu aļģu slānis palīdz sasniegt efektīvu aļģu savākšanu ar augstu ražību (25. ilustrācija).



Ilustrācija 25. Pagaidu kaudzes.

Uzlabotais režģu kauss ļauj savākt aļģes no krasta un sakraut tās pagaidu kaudzēs efektīvi un labā kvalitātē. Salīdzinot ar bāzes kausu, savākto aļģu apjoms pārsniedz 2,26 reizes. Savāktās aļģes ir ar mazāku mitruma saturu, jo uzlabotā kausa palielinātais tilpums rada iekrauto aļģu slāni, kas ir biezāks un smagāks nekā bāzes kausa gadījumā. Tas, savukārt, rada papildus spiedienu aļģu masā, kas veicina ūdens aizplūšanu no iekrautām aļģēm. Pagaidu kaudžu veidošanā nav noteikti ierobežojumi, bet praksē tās ir ap 2 metri augstas un atrodas 10-12 metru attālumā viena no otras. Ja paredzēts aļģes kraut tieši no pagaidu kaudzēm pārvadātāja transportā, tad izlīdzinātais slānis netiek veidots un aļģes ar frontālo iekrāvēju tiek krautas no pagaidu kaudzēm kravas kastēs vai piekabēs. Aļģu kraušana pagaidu kaudzēs ļauj elastīgāk plānot transporta grafiku un iesaistītās tehnikas izmantošanu, jo iekraušanas un transportēšanas procesi vairs nav

tieši saistīti. Uzlabotā kausa priekšrocības ļauj veikt aļģu savākšanu efektīvāk, kā iepriekš, izmantojot bāzes kausu.



Ilustrācija 26. Izlīdzinātais aļģu slānis.

Aļģu slāņa izlīdzināšana ir mērķtiecīga, ja tiek plānots aļģes pacelt no smiltīm, izmantojot ar rotora tipa pacelēju aprīkotas mašīnas, tai skaitā salmu preses.

Lai pārlicinātos par salmu prešu izmantošanas iespējām, tika testēta rulonu salmu prese. Testos noskaidrojās, ka salmu preseī CLAAS Rollant 62 ir labas aļģu pacelšanas īpašības (27. ilustrācija), bet tā nederēja aļģu presēšanai. Aļģu šķiedras bija par īsu, lai formētu rulonus. Eksperimenta rezultāti ar salmu presi ļauj secināt, ka būtu nepieciešams turpināt pētījumus - izmainīt konstrukciju un veikt atkārtotu testēšanu. Diemžēl bez konstrukcijas izmaiņām prese nav pielietojama aļģu presēšanai.



Ilustrācija 27. Aļģu savākšana ar salmu presi.

8. Komercializācijas iespējas

Alģu savākšanas tehnoloģija, izmantojot režģu kausu, ir perspektīva un tai ir komercializācijas potenciāls. Uzlaboto režģu kausu var izmantot zvejnieki un zemnieki, kam interesē krastā izskaldotās alģu biomasas vākšana. Papildus ieguvums ir kausa pielietojamība citu materiālu pārkraušanai. Uzlaboto kausu var izmantot sienu, salmu, zaru, malkas pārkraušanai un grants, kā arī nelielu akmeņu savākšanai. Iespējamā cena par uzlabotu režģu kausu (700-800 EUR) ir pieņemama un ekonomiski izdevīga potenciāliem pircējiem. Uzlaboto kausu ir iespējams izgatavot labi aprīkotā metālapstrādes cehā, kura rīcībā ir CNC griešanas, locīšanas iekārtas un atbilstošas metināšanas iekārtas.

COVID-19 pandēmijas apstākļos optimālākais ražošanas veids – izpildot attālinātus pasūtījumus un piegāde, izmantojot pašu transportu vai transporta firmas.

Secinājumi

- Viens no piemērotākajiem instrumentiem krastā izskalotu aļģu vākšanai ir frontālais iekrāvējs ar režģu kausu.
- Kausa izmēri nosaka savākšanas procesa kopējo efektivitāti. Aļģu biomasas kopējais svars nepārsniedz traktora celjspēju, tāpēc lielāks kauss nosaka lielāku ražību, taču tam ir jābūt salāgotam ar traktora / iekrāvēja celjspēju.
- Lai palielinātu kausa efektivitāti, tika izmainīta tā konstrukcija – pagarināti kausa vertikālie zari, tādējādi palielinot tā ietilpību.
- Izmainot kausa konstrukciju, ir jāpārbauda tās mehāniskā stiprība. Visprecīzāk to var izdarīt, izmantojot galīgo elementu analīzi. Analīzes rezultāti apstiprināja izmainītās konstrukcijas mehānisko stiprību.
- Izmantojot metāla konstrukciju projektēšanas programmu paketi “SolidWorks”, ir iespējams iegūt 3D detaļu rasējumus, detaļu izgatavošanas programmu failus CNC mašīnām, un vienlaikus pārbaudīt konstrukciju mehānisko stiprību.
- Izmēģinot uzlabotās konstrukcijas režģu kausu, tika konstatēta kausa aļģu savākšanas efektivitātes palielināšanās kopumā 2,26 reizes salīdzinājumā ar bāzes kausu.
- Aļģu savākšanas procesā var pielietot aļģu iepriekšēju uzkrāšanu pagaidu kaudzēs, tas samazina aļģu mitrumu un atvieglo tehnikas izmantošanas grafika plānošanu.
- Uzlabotā kausa konstrukcija ļauj to izgatavot metālapstrādes darbnīcā, kura aprīkota ar CNC darbagaldiem. Tas nodrošina kausa labas komercializācijas iespējas un pieņemamu tirgus cenu.
- Komercializācijas iespējas palielina arī tas, ka uzlaboto kausu var izmantot arī citos pielietojumos: siena, salmu, malkas transportēšanā un grants, šķembu un oļu transportēšanā un šķirošanā.

Izmantotā literatūra

1. Study “Technological Solutions for the Collection and Removal of Algae from the Beach, Sea and Coastal Strip in Trelleborg Municipality”. Viewed in 31.07.2019. Retrieved from <http://wabproject.pl/files/Technological%20solutions%20for%20the%20collection%20and%20removal%20of%20algae%20from%20the%20beach,%20sea%20and%20coastal%20strip%20in%20Trelleborg%20Municipality%20%20ENGLISH.pdf>
2. Worley, M. D., La Saponara*, V. “A Simplified Dynamic Model for Front-end Loader Design”, 2008, *Journal of Mechanical Engineering Science (Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C)*, 222, pp. 2231-2249
3. Institute of Scrap Recycling Industries .www.isri.org ;www.isrisafety.org.

Pielikums Nr.1. MASSEY FERGUSON 6615 DYNA-4 4WD tehniskā specifikācija

MASSEY FERGUSON 6615 DYNA-4 4WD tehniskā specifikācija	
Piedziņa:	4 riteņu piedziņa
Ražošanā kopš:	
No:	2013
Motors:	
Firma:	Agco Power
Tips:	4 taktu
Dzesēšana:	Šķidrums
Cilindri:	4
Gaisa padeve:	turbīna
Interkūleris:	Gaiss-gaiss
Emisiju klase:	Tier 4
Jauda:	
Pamata:	107.00Kw / 143.49Hp
ar PowerBoost:	117.50Kw / 157.57Hp
Jauda noteikta pie:	1950 apgr./min

Griezes moments:	
Maksimālais:	652.00Nm / 482.48lb-ft
ar PowerBoost:	670.00Nm / 495.80lb-ft
Max. griezes moments:	1500 apgr./min
Cilindru tilpums:	4,900cm ³ / 299ci ³
Degviela:	Dīzelis
Degvielas padeve:	Augstspiediena inžekcija
<i>Elektriskā sistēma:</i>	
Ģenerators:	
Spriegums :	12V
<i>Hidrauliskā sistēma:</i>	
Hidrauliskais sūknis:	
Galvenais sūknis:	58.00L/m / 15.32gpm
Sūkņa opcija:	
plūsma:	110.00L/m / 29.06gpm
Kontroles vārstu skaits:	4
Hidraulikas spiediens:	
Darba spiediens:	200.00Bar / 20.00Mpa

Transmisija:	
Izgatavotājs:	Massey Ferguson
Ātrumkārbā:	Dyna-4
Piedziņa:	4 riteņu
Ātrumi:	pusautomātiski
Ātrumi uz priekšu:	16
Ātrumi atpakaļ:	16
Transporta ātrums:	
max pirmais ātrums:	1.30km/h / 0.81mph
Maksimālais ātrums:	40.00km/h / 24.85mph
Minimālas:	0.33km/h / 0.21mph
Transmisijas opcijas:	
Pārnesumi:	Superlēni
Ātrumi uz priekšu:	32
Ātrumi atpakaļ:	32
Jūgvārpsta:	
Tips:	Neatkarīga /Elektrohidrauliska

Apgriezieni:	540/1000 apgr./min
Motora ap griezieni:	1980/2030 apgr./min
Priekšā:	1000 apgr./min
Bremžu sistēma:	
Bremžu tips:	Elektrohidrauliskās / Eļļas dzesēšana
Šķidrumi:	
Degvielas tvertne:	250.00L / 66.05US gal
Dzesēšanas šķidrums:	30.00L / 7.93US gal
Izmēri:	
Transporta izmēri:	
Garums:	4,715mm / 186Inch
Augstums:	3,080mm / 121Inch
Augstuma izmēri:	
Kabīne:	
Augstums:	3,080mm / 121Inch
Klīrenss:	
klīrenss:	435mm / 17Inch
Riteņi un riepas:	

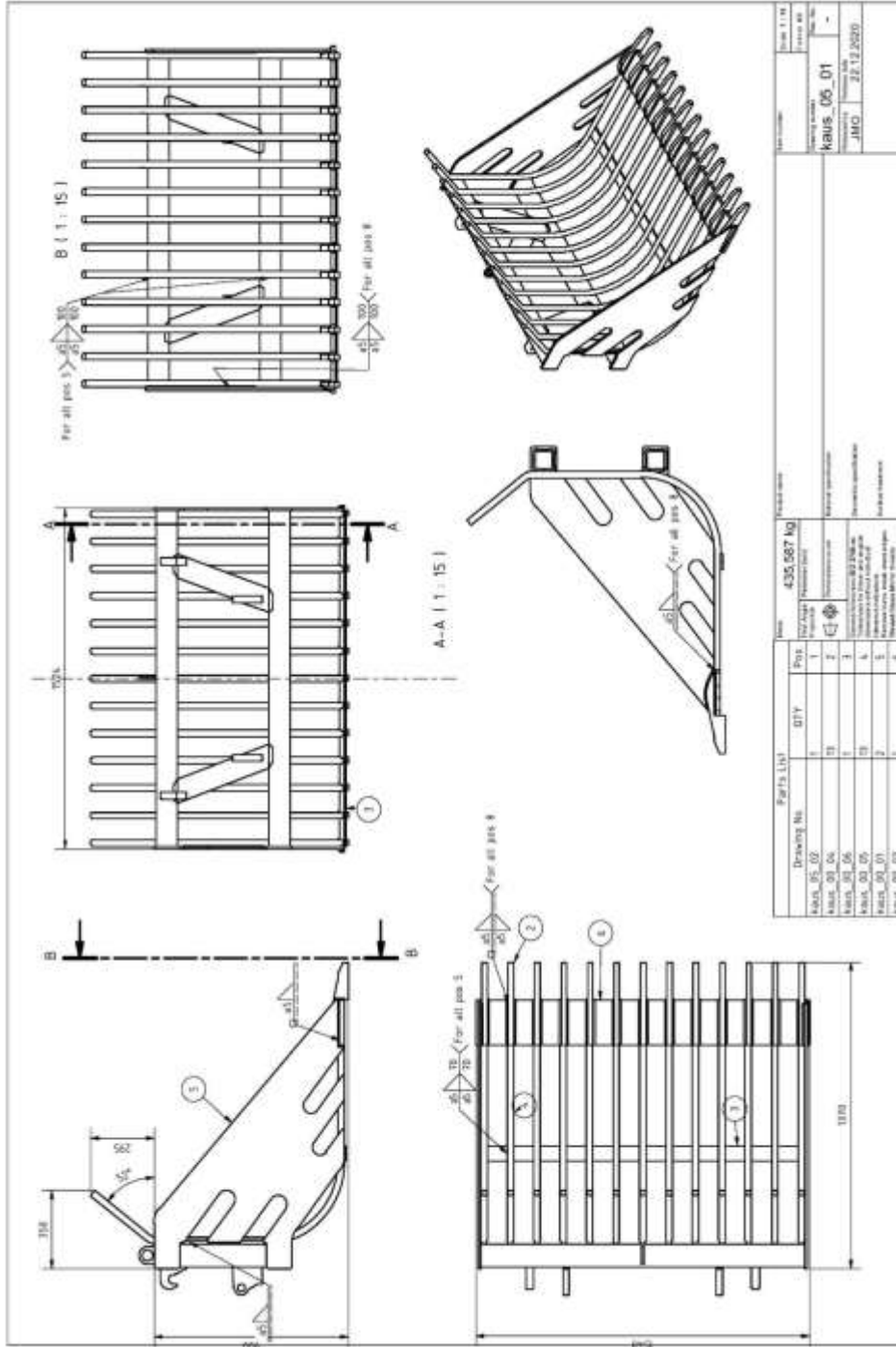
Izmērs:	
Priekšējie:	16.9 R28
Aizmugurējie:	20.8 R38
Riteņu bāze:	
Garums:	2,670.00mm / 105.12Inch
Vadība:	
Vadības sistēma:	2 riteņu vadība
Vadības tips:	hidrostatiska
Apgriešanās rādiuss:	
Pa riepas ārmalu:	4,250mm / 167Inch
<i>Veiktspēja:</i>	
Cēlējspēks:	
Cēlējspēks aizmugurē:	7,100kg / 15,620Lbs
Cēlējspēks priekšā:	3,200kg / 7,040Lbs
<i>Masa:</i>	
Darba masa:	
Darba masa:	5,700kg / 12,540Lbs
Bez balasta:	5,700kg / 12,540Lbs

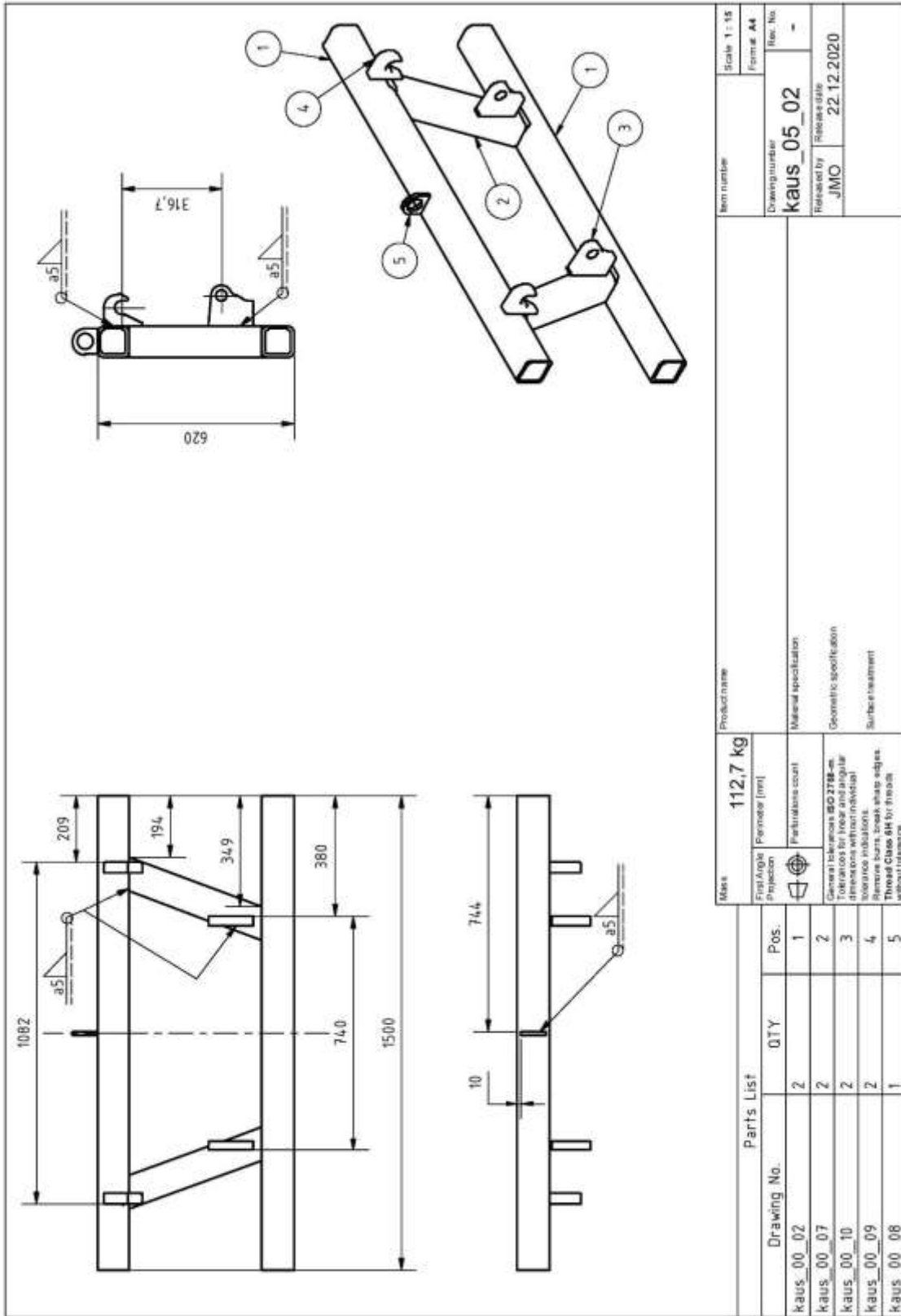
Piedziņa:	4 riteņu piedziņa
Ražots:	
No:	2013
Marka:	Agco Power
Tips:	4 taktu
Dzesēšana:	Šķidrums
Cilindrs:	4
Turbīna:	ir
Interkūleris:	ir
Emisijas klase:	4

Pielikums Nr.2. Vispārīgā drošības tehnika darbā ar frontālajiem iekrāvējiem

- Neatrsties zem kravas.
- Kausa kustībām jābūt vienmērīgām un laidenām.
- Ievērot distanci, veicot pagriezienus.
- Īpaša uzmanība jāpievērš nestabilām kravām.
- Nepārvietot kravu uz vietām, kur atrodas cilvēki.
- Neatrsties stāvu nogāžu tuvumā, kad notiek rakšanas darbi.
- Jāuzmanās no elektrības pārvadiem, strādājot ar paceltu kausu.
- Pārbraucienos ar kravu kauss jātur zemu, uzmanoties no šķēršļiem.
- Vadība jāveic tikai no operatora krēsla.
- Nedrīkst celt, pārvietot cilvēkus uz uzkares vai kausā.
- Jānolaiž kauss uz zemes, kad notiek apkalpošana vai novietošana stāvvietā.
- Visām mašīnām, kas novietotas stāvvietā, jābūt iedarbinātām drošības ierīcēm un tās jānovieto uz stingras, līdzenas virsmas.
- Vizuāli jāpārbauda hidrauliskās sistēmas sūces, bojātās vai iztrūkstošās daļas, un jāveic nepieciešamais remonts.
- Hidrauliskās sistēmas eļļa var atrasties zem liela spiediena un tās strūkļa var bojāt ādu un radīt nopietnus ievainojumus, kas ir grūti ārstējami. Pārbaudot sistēmas sūces, lietojiet papīra gabaliņu.
- Atvienojot hidraulikas caurules, iepriekš samaziniet spiedienu sistēmā.
- Pārlicinieties, ka operators pārzina drošības tehniku un darba paņēmienus.
- Pagarinot kausa zarus, var atrisināt iekraušanas problēmas, bet jāatceras, ka tad nobīdās traktora smaguma centrs un papildus slodze ir kausam, hidraulikas sistēmai traktora priekšas konstrukcijai.
- Visām mašīnām jābūt aprīkotām ar apgāšanās aizsargstieni vai pastiprinātu kabīnes konstrukciju.
- Operatoram jābūt piesprādzētam ar drošības jostām visu laiku, strādājot ar iekrāvēju . [3]

Pielikums Nr. 3. Uzlabotā kausa rasējums





Parts List		Mass		Product name	
Drawing No.	QTY	Pos.	Part name	Material specification	Geometric specification
kaus_00_02	2	1	112,7 kg		
kaus_00_07	2	2			
kaus_00_10	2	3			
kaus_00_09	2	4			
kaus_00_08	1	5			

Item number	Scale 1:15	Form A4
Drawing number	Rev. No	
kaus_05_02	-	
Released by	Release date	
JMO	22.12.2020	

