



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Mehaanika ja tööstustehnika instituut

MÄRGPUHASTUSSEADE

WET BLASTER

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Karl Markus Mäesalu

Üliõpilaskood: 204074MATM

Juhendaja: Martin Eerme, professor

TALLINN 2022

Sisukord

ETTEVÕTTEST	4
SISSEJUHATUS.....	5
OLUKORD.....	6
1. SPETSIFIKATSIOONID.....	7
2. TURU UURING	8
Turu uuringu kokkuvõte	13
3. PROJEKTEERIMISE KASULIKKUSE HINDAMINE.....	14
Eelarve	15
4. VALMISTAMISE AJAGRAAFIK.....	16
5. PROJEKTEERIMISE KONTSEPTSIOON.....	17
Sõlmpunktide tuvastamine.....	17
Tehniline protsess.....	18
Funktsioonistruktuur	19
Morfoloogiline maatriks	21
Peafunktsiooni sobivuse hindamine.....	22
Lahendusvariantide genereerimine.....	23
Lahendusvariantide hindamine	27
Kontseptsiooni kokkuvõte	28
6. PROJEKTEERIMINE.....	29
Projekteerimise etapid	29
Alusraam.....	31
Vanker ja töötasapind	36
Kolu.....	42
Raami kate	43
Uks	45
Pump.....	49

Lisafunktsioonid.....	53
KOKKUVÕTE	54
Kasutatud kirjandus	55
LISA 1.	Error! Bookmark not defined.
LISA 2.	Error! Bookmark not defined.

ETTEVÕTTEST

Lõputöö teema on võetud ettevõttest Swecon AS. Vajadus projekteeritava masina järgi sai alguse ettevõtte tööiseloolest tingituna.

Swecon AS on Rootsi kapitalil põhinev kaevandus-, masinaehitus- ja tsiviilehitusmasinate hulgemüügiga tegelev ettevõtte. Aastaid tagasi asus ettevõtte peakontor Haapsalus, kuhu masinad toodi, remonditi või valmistati ette müügiks. Hiljem koliti Tallinna ning Haapsalu filiaalid sai suuresti hoolduse ja remonditööga tegelev töökoda.

Hiljuti on Rootsist hakanud tulema tellimusi Volvo ehitusmasinate mootorite ning käigukastide parandamiseks. Olenevalt mootorist võib parandusaeg võtta 1-4 nädalat.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö eesmärk on leida/projekteerida seade, eesmärgiga puhastada detaile ja konstruktsioonielemente, edaspidi komponente, efektiivsemalt mille läbi ettevõtte säästaks aega ja raha. Antud teema tõusis ettevõttes esile peale paljude töökoja protsesside uurimise ja parenduskohtade otsimise. Muud võimalikud uuendused tööprotsessides kaasasid järgmist:

- Suruõhupink hüdrosilindrite remondiks ja hoolduseks,
- Ketassaag täpse mõõte ja hoidmissüsteemiga lehtmetsa lõikuseks,
- Töökotta lisa telfri projekteerimine keevituse töökohale.

Tulenevalt puhastust vajavate detailide ajakriitilisusest ja rohkusest sai esmatähtsaks see probleem. Põhjus seisneb Rootsis paikneva Sweconi ematööstuse suunistest saata järjest rohkem masinate varuosi remonti Eestisse Haapsalu töökotta.

Varuosad kujutavad endast väga laia valikut mehaanikakomponente, mis on enamjaolt Sweconi müüdavate ehitusmasinate varuosad. Remonti võivad tulla detailid ja tööriistad lehtmetsast kuni käigukasti ja mootorini lisaks töökoja enda vajadustele. Valdav enamik sisse transporditavaid osi pole kunagi varem tükki võetud ega korralikult puhastatud, mis muuseas on üks suurimaid tõrgete põhjuseid. Remontöödega alustatakse alati osiste ja detailide puhastamisest.

Puhastustööde läbiviimiseks on mitu võimalust, kuid töökoda eelistab füüsilist seadet millega on võimalik ise opereerida. Käesolevas töös uuritakse kõiki võimalusi olukorra parendamise eesmärgil.

OLUKORD

Ettevõtte töökoja juhataja poolt välja toodud probleem seisneb eelkõige detailide puhastamise kiiruses ja keerukuses. Praegune töökäik detailide puhastamiseks on järgmine:

1. Avastatakse puhastamist vajavad detailid,
2. Kõik taolised detailid kogutakse kokku,
3. Detailid viiakse pesuruumi,
4. Detailid puhastatakse:
 - a. Roostest ja mustusest puhastatakse detailid terasharjaga,
 - b. Õlist puhastatakse detailid pesuainega,
5. Detailid asetatakse kuivama,
6. Detailidelt eemaldatakse kuivanud jäägid suruõhuga,
7. Detailid valmis edasisteks operatsioonideks.

Praeguse süsteemi puudujäägid, mis vajaka, miks tahetakse eraldi seadet:

- Kogu protsessi kiirus on madal,
 - Komponentid puhastatakse ükskhaaval ühe töötaja poolt enamasti terasharjaga,
 - Vajab täiendavat puhastust pesumasinas,
- Lõpptulemus on enamasti kehva välimusega,
- Pole kindlat kohta, kus puhastustööd läbi viia välja arvatud pesumasin mis on fikseeritud asukohas,
- Peale puhastustööd tuleb puhastada operaatoril nii ennast kui ka tööpind, kus protsess aset leidis.

1. SPETSIFIKATSIOONID

Praeguse olukorra parandamiseks soovib ettevõtte hankida paremaid viise ning koostöös Sweconiga on koostatud alljärgnev tabel nõuetest puhastusseadmele.

Tabel 1.1 Spetsifikatsioonide tabel

Spetsifikatsioon	Projekt: Märgpuhastusseade	Fikseeritud nõue	Soov
<ul style="list-style-type: none"> • Funktsioon <ul style="list-style-type: none"> ○ Puhastada komponendid mustusest, roostest, õlist 		X	
<ul style="list-style-type: none"> • Tehnilise protsessi nõuded <ul style="list-style-type: none"> ○ Max. komponentide/detailide mõõtmed – 1000 x 500 x 500 mm 		X	
<ul style="list-style-type: none"> • Mehaanilised nõuded <ul style="list-style-type: none"> ○ Kandevõime 200 kg ○ Pööratav komponentide alus/tööpind 		X X	
<ul style="list-style-type: none"> • Käsitlemine, ergonoomika <ul style="list-style-type: none"> ○ Reguleeritav kõrgus ○ Ligipääs puhastust vajavatele komponentidele eest ja küljelt ○ Väiksemate komponentide pööramise võimalus ○ Ohutus, piirded ○ Ratastel, võimalik transportida ○ Järel puhastuse võimalus ukse peal avatud asendis ○ Kiire puhastusprotsessi aeg ○ Komponentide sisestamise ja välja võtmise ajakulu väike ○ Võimalik sisestada komponente kraana/telfriga 		X X X X X X X	X X X X
<ul style="list-style-type: none"> • Eelarve <ul style="list-style-type: none"> ○ Valmistamiskulu – vähem kui 7000€ 			X

2. TURU UURING

Turu uuringu eesmärk on välja selgitada, kas spetsifikatsioonidele vastavat toodet turul pakutakse ning selgitada välja kui kasumlik on see soetada. Uuriti mitme valdkonnas tegeleva ettevõtte masinaid ning valiti välja sobivaim antud ülesande täitmiseks. Kõik turu uuringu käigus leitud masinad näitlikkustavad sellist laadi puhastusseadmete erinevaid tüüpe.

DISA 2318w-2a blast machine

See masin on suuremahuline ja ruumikas märgpuhastusseade. Kokku võib korraga masinaga töötada kolm operaatorit. Võimalus siseneda puhastuskambrisse ja puhastada, olles ise masina sees. Võimalus kasutada mitmeid puhastustehnoloogiaid. Seade kaalub

Pilt 2.1 DISA 2318w-2a blast machine. Viide 2



1000 kg ning teisaldamine on võimalik, kuid keeruline ja aeganõudev tegevus.

TS1010W Blast Machine

Antud seade on väiksem ja lihtsamini transporditav, kui eelmine isend. Selle seadme töösalongi maht on 1000x1000x750 mm, kuid ukse suurus on 900x650 mm. Kandevoime on seadmel 60 kg, mis jääb alla nõutud piiri. Samuti puudub pööratav alus ning liigutatav alus. Viimase puudumine raskendab oluliselt suuremahuliste komponentide masinasse sisestamist.

Pilt 2.2 TS1010W Blast Machine. Viide 3



DB-1500

Järgneval masinal ei ole pesukambrit, sellega on võimalik töötada igal pool, kuhu voolikud ulatuvad ja operaator ise mahub. Sellisele masinale tuleb ehitada eraldi töölaud/-pink kus töötada saab, kuid võimaldab ühtlasi seda lahti ühendada ja töötada puhastust vajavate komponentide juures ehitusmasinate küljes.

Tabel 2.1 DB-1500 parameetrid.

Mudel	DB1500
Ehitusmaterjal	Roostevaba teras
Suurus P*L*K	193*122*117 mm
Pihustusvooliku pikkus	30 m
Töörõhk	2-10 bar
Pihustuspüstolite arv	1 tk
Düüsi diameeter	10 mm
Ligikaudne kogukaal	380 kg
Toide	1.5 kW
Abrasiivmeedia valik	Klaas, liiv, orgaaniline
Hind ¹	8000 €

¹ Viide 4

Pilt 2.3 DB-1500. Viide 5



Aquablast 1515

Märgpuhastusseade kuni 250 kg kandevõimega, pöörleva tööpinna ning puhastuskambrit välja sõitva alusega. Valik erinevaid aluseid ja tööpinnu vastavalt vajadusele ja puhastust vajavate komponentide iseloomule. Seadmel puuduvad rattad, kuid transportida on võimalik kahveltõstuki abil. Miinuseks seadmel on 34 000 euro suurune hind.

Pilt 2.4 Aquablast 1515. Viide 6



Toodete hindamine

Turul olevate seadmete hindamiseks loodi hindamismaatriks võttes arvesse spetsifikatsioonide tabelist tulenevaid nõudeid ja masinate hinda, eesmärgiga leida sobivaim seade töökotta. Info seadmete kohta hindamise läbiviimiseks saadi tootjate kodulehtedelt ning meilivestlustest tootjate esindajate või seadmete edasimüüjatega.

Tabel 2.2 Turu uuringu tulemuste hindamine

Kriteerium	Kaal [1-5]	DISA 2318w		TS1010W		DB-1500		Aquablast 1515	
		H	K	H	K	H	K	H	K
Mahutavus	5	5	25	5	25	3	15	4	20
Kandevõime	5	5	25	5	25	3	15	5	25
Pööramine	4	5	20	2	8	3	12	5	20
Kõrguse reguleerimine	1	1	1	1	1	3	3	2	2
Ligipääsetavus	3	4	12	3	9	5	15	3	9
Sisestamise lihtsus	4	5	20	1	4	3	12	5	20
Hind	5	1	5	5	25	5	25	3	15
	Koguhinne		108		97		97		111

Tulemused on väga sarnased, kuid kõige sobivamaks seadmeks osutus Aquablast 1515. See seade näitlikustab paljuski sellist masinat, mida Sweconi töökoda vajab.

Puhastusteenuse sisse ostmine

Lisaks turul olevatele masinatele uuriti teenuse sisse ostmist teistel ettevõtetelt, kes sarnaseid töid igapäevaselt läbi viivad. Pakkumised võeti Läänemaalt, täpsemalt Haapsalu linnas ja selle lähiümbruses.

Piirkonnas sarnase iseloomuga puhastustöödega tegelevad ettevõtted:

- Tradex OÜ
- Vinkel SV OÜ
- Parila Auto OÜ
- Spetspuhastus OÜ

Kõikidelt ettevõtetelt küsiti hinnapakumised puhastusteenuste kasutamise töötunni järgi. Hinnad küsiti ettevõtete esindajatelt telefoni või meili teel.

Tabel 3. Puhastusteenuste tunnihinnad

Ettevõte	Töötunni hind [€]
Tradex OÜ	34
Vinkel SV OÜ	30
Parila Auto OÜ	35
Spetspuhastus OÜ	40

Kõige odavama tunnihinnaga ettevõtte asub Taeblass, Sweconi töökojast 10.6 km kaugusel. Töö iseloomust sõltuvalt võib puhastamist vaja minna väga eri sorti aegadel ja aegadeks. Töökojalt uurides selgitati välja, et masin leiab keskmiselt 2-3 tundi kasutust päevas. See näitaja võib aga muutuda sõltuvalt seadmete arvust mis töökotta remonti tuleb.

Hindamaks puhastusteenuse kasumlikkust leitakse hind seadmele, mis amortiseerub 5 aasta jooksul, nägemaks kui palju on mõistlik hind ostetud või projekteeritud seadmele.

$$2,5 \frac{h}{päev} * 30 \frac{€}{h} = 75 \frac{€}{päev}$$

, kus vastus näitab kulu puhastusteenuse kasutamisele iga päev.

Swecon AS kasutab igapäevasteks transporditeenusteks kaubikut Ford Transit Custom, 2016 aasta. Antud sõiduk tarbib keskmiselt sajale kilomeetrile 7,4 liitrit. Teoreetilise kalkulatsiooni tegemisel arvestatakse, et komponendid viiakse puhastusse iga 3 päeva tagant. Puhastuse igapäevane vajadus on endiselt 2,5 tundi. Hommikul viiakse kohale ning pealelõunal minnakse järgi. Kulu kütusele arvestatakse järgmiselt:

$$0,074 \frac{l}{km} * 10,6 km * 4/3 \approx 1,05 l$$

, kus vastus näitab kütusekulu päevas.

Hetkel on diisli hind Circle K tanklates 1,829 eurot liiter. Circle K kasutatakse hinnakalkulatsioonis, sest Swecon AS on Circle K Eesti AS äripartner. Kütuse kulus päevas:

$$1,05 l * 1,829 \frac{€}{l} = 1,91 €$$

Aastas on 255 tööpäeva, seega otsene kulu puhastusteenuse kasutamiseks on järgnev:

$$(75 + 1,91) * 255 = 19612,79 €$$

Lisakuludena saaks juurde arvestada:

- Sweconi töökoja töötaja ajakulu transpordiks tema töötunnihinna järgi,
- Kulu sõiduki hooldusele,
- Võimalikke inflatsioone,
- Kvaliteedi probleemid.

Kokkuvõttes saab oletada, et iga aastane kulu puhastusteenuste kasutamisele on üle kahekümne tuhande euro. Ostetud või projekteeritud masina päevane kasutamise kulu ei ületa 10 eurot, võttes arvesse kuluvahendeid ja hooldust. Aastas amortiseerub seega:

$$(75 + 1,91 - 10) * 255 = 17062,05 \text{ €}$$

Leitud summa on võrdlemisi suur turu uuringus leitud masinate hindadega võrreldes, seega saab väita, et väljast teenuse sisse ostmine ei ole kõige tulusam lahendus.

Turu uuringu kokkuvõte

Turu uuringu käigus leitud masinateist sobivamaks osutus Aquablast 1515, mida toodab ettevõtte Vixen Surface Treatments Ltd Suurbritannias. See täidab kõiki nõudeid ning enamikke töökoja soove seadmele, kuid hinnaks on 34 000 eurot. Lisanduvad transpordikulud Eestisse.

Puhastusteenuse sisse ostmine väljast ei osutunud kasumlikuks ettevõtmiseks.

3. PROJEKTEERIMISE KASULIKKUSE HINDAMINE

Õigupoolest saab vajaminevat toodet osta turult nagu eelnevas peatükis välja toodud. Käesolevas lõigus hinnatakse, kas ise masina projekteerimine on kasulikum ning mis põhjusel see üldse kaalutlusel on.

Ise projekteerimine avab võimaluse luua masinale lisandväärtust, mida sisse ostetavad masinad ei sisalda. Mõned nendest on siin välja toodud:

1. Oma visioon

Pidev tehase juhi koostöö projekteerijaga tagab kõikide tahetud funktsioonide olemasolu ja ladusa sujumise. Muudatusi saab teha jooksvalt planeerimise käigus ning takistused on võimalik kõrvaldada käigu pealt.

2. Säätlikkus

Ise projekteerimise hindamiseks loodi eelarve, mis on välja toodud järgnevas peatükis. Kõikide lisadega ise projekteerimise ja ehitamise hind on palju odavam kui osta väljast.

3. Ehitamine töökojas

Oma algatuslik seadme valmistamine annab võimaluse ehitada seade valmis Sweconi töökojas, kus on tööks olemas kõik vajalikud vahendid ja teadmised. Teeb kogu protsessi paindlikumaks.

Kokkuvõttes saab hinnata masina projekteerimist ja ehitamist vajalikuks.

Eelarve

Enne projekteerimise vajalikkuse :

Tabel 3.1 Eelarve

Nimetus	Materjal	Ühik	Kaal	Kogus	Kogumass	Hind	Summa
Alusraami detailid	60x60x4	m	6.79	12	81.48	4	(325.92)
Pealisehituse raam	40x40x3	m	3.5	12	42	4	168
Ukse raam	60x30x3	m	3.8	6	22.8	4	91.2
Vankri relss	70x70x3	m	5.05	6	30.3	4	(121.2)
Vanker	erinev			20	20	4	80
Katteplekid	1x1250x2500	leht	37	2	74	4	296
Kolu/lehter	2x1250x2500		49	1	49	4	196
Pihusti		tk.		1	0.3	100	100
Ratas, jäik	200 mm	tk.	2.4	2	4.8	48	96
Ratas, pöörav	200 mm	tk.	2.15	2	4.3	38	76
Sukelpump	16 m3/h	tk.	6	1	6	90	90
Kummikinnas		paar	1	4	4	25	100
Kindahoidik		paar	0.5	4	2	25	100
Valgusti	LED	tk.	0.5	1	0.5	80	80
Klaasid		tk.	2	2	4	45	90
Abipump		tk.	0.2	1	0.2	70	100
Voolikud, ühendused		kompl.	0.5	1	0.5	100	100
Lukud, riivid		kompl.	2	1	2	100	100
Tihendusmass		tk.	1	2	2	15	30
Elektrikilp		tk.	35	1	35	250	250
Kinnitusvahendid		kompl.	3	1	3	50	50
Laserlõikusteenus		kompl.		1	0	300	300
Värvitööd		h	1	3	3	42	126
Töö		h		40	0	42	1680
Projekteerimine		h		40	0	50	2000
KOKKU					391.18		6746.32
Kokku olemasolev							

Töökojas olemas olevad komponendid on välja toodud sulgudes. Kokku arvestatakse ise valmistatava seadme maksumuseks alla 7000€, mis teeb võidu hinnas umbes 20 000€. Ise projekteerimist võib hinnata õigustatuks maksumuse vaatenurgast.

Lisaks on võimalus antud masinat valmistada edasimüügiks sarnase tööiseloomuga tehastele ja töökodadele. Projekteerimine on võimalik investering seadme müümiseks Eesti ettevõtetele.

5. PROJEKTEERIMISE KONTSEPTSIOON

Projekteerimise peamine eesmärk on valmistada plaan ehitamiseks suruõhupuhastus – seadet, mida saab kasutada kõiksuguste detailide puhastamisel Swecon AS töökojas.

Lähteandmed on välja toodud spetsifikatsioonide tabelis 1.1, paksu kirjaga punktid on põhifunktsioonid, mida seade peab sisaldama.

Kuigi turu uuringuga leitud seadmete konstruktsioonimaterjalideks oli peamiselt roostevaba teras, on võimalik ehitada seade ka tavaliselt süsinikterasest. Kuna puhastusaine ise sisaldab korrosioonivastast lisandit, ei ole võimalik sisemistel ehituselementidel korrodeeruda, sest on pidevalt puhastusainega koos. Välimised materjalid mis ei puutu ainega kokku, peaks värvima või korrosioonivastase ainega viimistlema.

Sõlmpunktide tuvastamine

Kõikide nõutud tingimuste täitmine ja sisestamine ühte seadmesse eeldab kõikide sõlmede uurimist ja parima variandi valimist. Selles peatükis on loetletud kõik põhifunktsioonid pidades silmas seadme üldist konstruktsiooni ja tööpõhimõtet.

Puhastamine

Puhastamine toimub töötasapinna peal. Seda on ette nähtud läbi viima 1 operaator ilma kõrvaliste isikute abita. Füüsiliseks puhastamiseks kasutab operaator või masin ühte või mitut puhastustööriista. Protsess võiks olla võimalikult kiire ning kõrvalisi tegevusi võiks esineda minimaalselt. Peale tööd võiksid puhastatud detailid olla koheselt kasutatavad edasistes tegevustes.

Konstruktsioon

Kogu seadet on võimalik koostada süsinik konstruktsiooniterasest, tänu soodsatele töötingimustele tehase kuivas ja jahedas keskkonnas. Raami materjali hindamine ja kinnitamine on välja toodud hiljem. Seadme või tööruumi/-pinna mõõdud paneb paika maksimaalse komponendi/detaili mõõt. Esialgsed tööpinna gabariitmõõdud on 1300x900 mm.

Tööpind

Tööpind võiks olla kindlalt defineeritud sirge ja tugev alus, kus oleks muu hulgas mugav töötada. Selleks saab olema rest või avadega plaat kust puhastusained saavad valguda

olemasolul kogumispaaki. Tulenevalt kliendi nõudest peab tööpind olema pööratav täies mahu. Tööpinna kõrgus võiks jääda umbes 1 meetri kaugusele kõige alumisest seadme väljaulatuvast osast.

Ergonoomika

Puhastusvedeliku ja -aine vahetuse võimalus peab olema tagatud. Vahetamise iseloom sõltub valitud puhastustehnoloogiast ja seadme konstruktsiooni iseloomust.

Nõutud on, et komponente saaks järel puhastada peale põhipuhastusoperatsioone. Oluline siinkohal pole puhastusviis, kuna seda sooritatakse välise puhastusmeetodiga. Oluline on pigem, et vesi või muu aine millega seda läbi viiakse valguks tagasi seadmesse või kanalisatsiooni.

Tööala peaks olema hästi valgustatud, soovitatavalt seadme küljes, et vältida nähtavusprobleeme ja vajadust komponente uuesti puhastada.

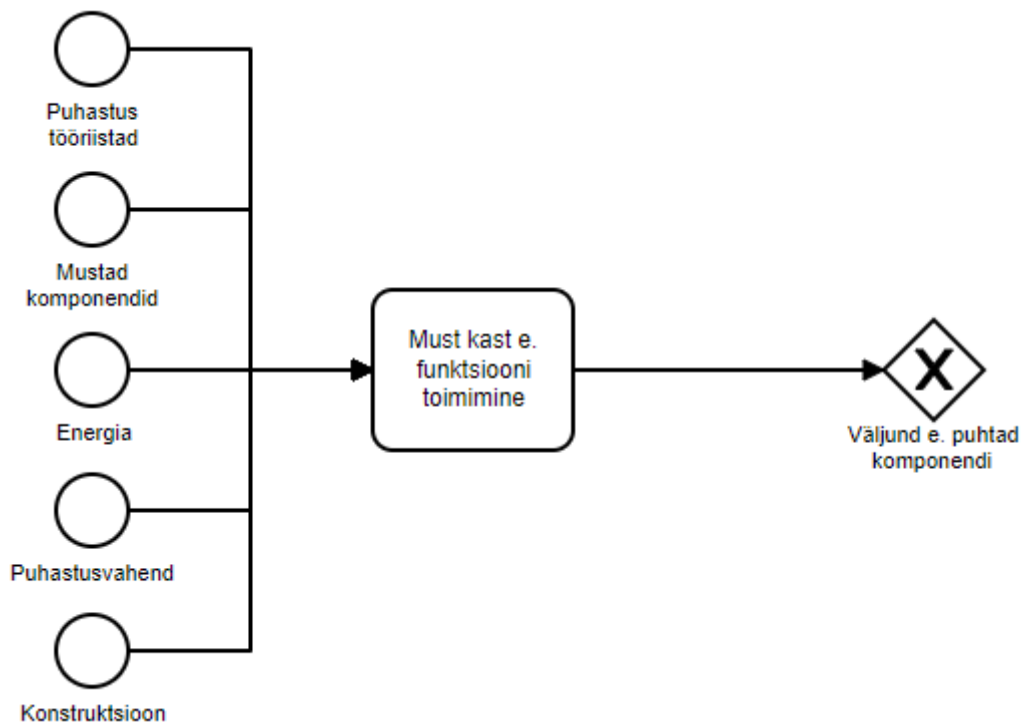
Tehniline protsess

Kogu seadme tööprotsess pannakse kirja tehnilise protsessina tagamaks parema ülevaate ja selle, et midagi ära ei unune või puudu ei jää. Seadme eesmärk ehk põhifunktsioon on komponentide puhastamine. Kõik muud funktsioonid lisavad väärtust ja teevad seadme valmistamist ja kasutamist odavamaks, lihtsamaks, kiiremaks, tõhusamaks.

Musta kasti diagramm

Süsteemi võib nimetada mustaks kastiks, mida järk-järgult lahendatakse. Musta kasti diagramm, pilt 5.1, koosneb sisendist või mitmest sisendist, väljundist ning mustast kastist ehk põhifunktsiooni lahendamise etapist. Must kast sümboliseerib mingit protsessi, objekti või tegevust, mille abil saavutatakse sisendite tõttu või nende toimel väljund.

Pilt 5.1 Musta kasti diagramm



Musta kasti hakatakse projekteerimise käigus defineerima ning täiustama. Lõpptulemuseks on toimiv produkt kus kõik funktsioonid on selgelt defineeritud ja vead kõrvaldatud.

Funktsioonistruktuur

Funktsioonistruktuur võimaldab kontrollida, kas kõik aspektid seadme juures on arvesse võetud lähtudes sõlmpunktide peatükist. Seadme arendamisel ja konstrueerimisel on esikohal funktsioonide täitmine. Selline lähenemine on vahelüli ülesande selgitamise ja lahenduse otsimise vahel. Meetodit kasutatakse süsteemi funktsionaalseks kirjeldamiseks, sünteesiks ning analüüsiks. Funktsioonistruktuur on kujutatud tabelis 5.1.

Tabel 5.1 Funktsioonistruktuur.

Funktsioon	Eesmärgi väljaselgitamine
Puhastamine	Kuidas puhastatakse? Kuidas määratletakse, et detailid on valmis puhastuseks? Kus tuleb energia?
Seadme konstruktsioon	Kas puhastamine toimub avatud või suletud ruumis? Kuidas on korraldatud komponentide sisestamine seadmesse? Kas seade on eraldiseisev või integreeritud teise seadme/asja külge?
Komponentide sisestamine seadmesse	Kuidas on tagatud komponentide sisestamine puhastamiseks? Kas seadmel on luuk/uks?
Seadme turvalisus	Kuidas on tagatud operaatori ja kõrval seisvate isikute turvalisus? Kas tööpind on kaetud puhastamise ajal? Kas seadmele on tarvis kirjutada ohutusjuhend?
Komponentide liigutamine ja pööramine tööpinnal	Kuidas on tagatud komponentide pööramine tööpinnal? Kas tööpinda on vaja liigutada? Mis liigutab ja pöörab töötasapinda? Mismoodi see on korraldatud? Kuidas lukustatakse liikumised?
Valgustatus	Kas töökohale on vaja eraldi valgusteid? Kus need asuma peaksid?
Puhastusvedeliku vahetatavus	Kuidas on tagatud räpase puhastusaine vahetus?
Järel puhastus	Kas peale põhipuhastusoperatsioone on vajalik komponentidega midagi veel teha? Kas komponendid peavad kuivama? Kuidas on tagatud operaatori enda puhtus?
Materjalid	Mis materjalist/materjalidest saab olema seade tehtud? Kuidas ehitusdetailid omavahel kokku ühendatakse?

Funktsioonistruktuur loob kuvandi enamikest vajaminevatest funktsioonidest, mis masinal olema peab. Järgnevalt on vaja leida funktsioonikandjad, ehk mis võimalused sõlmede lahendamisel esinevad. Selleks koostatakse morfoloogiline maatriks.

Sellest analüüsist saab aga järeldada, et on kasumlikum, kui märgpuhastusseade eksisteerib iseseisva kinnikaetava seadmena. See tuleneb mitmest tegurist, nimelt:

- Puhastusvahendid ja mustus ei valgu laiali ümbritsevasse keskkonda,
- Operaatoril on suurem tõenäosus ise puhtaks jääda,
- Seade saab olla mobiilne,
- Kasutatud puhastusvahendeid, -vedelikke ning mustust on hõlpsam kokku koguda.

Kõik tegurid koos Swecon AS enda eelistustega teevad kindlaks, et on mõistlik projekteerida seadmele iseseisev konstruktsioon. See otsus on fundamentaalse tähtsusega

ning mõjutab paljuski mida morfoloogiline maatriks sisaldab, kuid projekteerimise eel arvestatakse kõikide võimalustega.

Morfoloogiline maatriks

Morfoloogiline maatriks täidab erinevaid eesmärke. Funktsioonistruktuurist saadud funktsioonidele leitakse funktsioonikandjad. Tuuakse välja projekteeritava seadme iga sõlm ja vaadatakse, missugune lahend oleks võimalik/mõttekas antud süsteemi jaoks valida. Funktsioonikandjatega kombineerides on võimalik leida erinevaid lahendusi.

Tegemist on ühe-dimensioonilise korrastuskeemiga, kus ridades on osafunktsioonid ning veergudes osalahendid. Morfoloogilise maatriksi kasutamine enne projekteerimisega alustamist annab kogu lahendusväljast hea ülevaate ning aitab mitu erinevat osalahendust ühe probleemi lahendamiseks ja skeemi tõttu lihtsustub ka lahenduskäigu jälgimine.

Tabel 5.2 Morfoloogiline maatriks

Nr	Osafunktsioon	Lahend 1	Lahend 2	Lahend 3	Lahend 4	Lahend 5
1	Puhastamis- tehnoloogia	Harjastega nühkimine	Pihustamine	Kõrgsurve vesi	Keemilised puhastus- ained	Leotus kuumas vees
2	Puhastamise läbiviimine	Manuaalne	Robotkäsi	Pöörlev/ lineaarne mehaaniline liikumine	Tsentri- fugaaljõud	
3	Seadme konstruktsioon	Töökoht fikseeritud asukohas	Mobiilne eraldiseisev konstruktsioon	Kaasaskantav seade	Üksik tööriist	
4	Tööpinnale ligipääs	Inimene füüsiliselt avab/suleb	Hüdro- /pneumo- silinder	Hammasrattad	Rihm/lint	Avatud tööpind
5	Turvalisuse tagamine seadmega töötamisel	Kaetud tööruum	Turvaala seadme ümbär	Eraldi tööruum	Turvariided	Väiksem võimsus
6	Komponentide liigutamine masinas tööpinnal	Juhtsiinid	Rattad	Profiili sees	Manuaalne	Fikseeritud/ puudub
7	Jõuallikas	Hübriid	Elektrimootor	Manuaalne, inimjõul	Hüdroener- gia	Pneumo- energia
8	Töötasapinna pööramine	Keskelt laagri abil	Ringikujuline juhtsiin	Telfri põhimõttel	Operaator liigub	Ratastel ring- liikumine

					detaili ümb	
9	Töötasapinna lukustamine	Manuaalne lukustus	Pneumaatiline pidur	Jõuallika seisuasend	Magnetiline lukk	Asendi lukustus
10	Ukse sulgemise lukustus	Klambritega	Hoovaga	Konksuga	Puudub	Raskusega
11	Ukse avatud asend	Uksel hinged ja jalg	Toed seadme raami küljes	Toed seadmest eraldi	Puudub	
12	Valgustus	Pealamp	Valgusti seadme sees	Väline valgusti	Valgusti puudub	
13	Puhastusvahendi/vedeliku vahetatavus	Filter/ isepuhastuv	Kraan seadme allosas	Paak asub seadmest eraldi	Ühekordne puhastusvahend	Valgub kanalisatsiooni

Morfoloogiline maatriks on välja toodud tabelis 5.2. Kaetud tööruum tähendab siinkohal konstruktsiooni, kuhu komponendid sisse käivad ning mida on võimalik sulgeda, et puuduks otsene kontakt ümbritseva keskkonnaga. Eraldi tööruum tähendab, et puhastamine võtab aset töökojas omaette ruumis, kuhu seade on paigutatud.

Pihusti all on mõeldud liivapritsi sarnast märgpihustamise tehnoloogiat. See toimib liiva asemel vee ja side- ehk puhastusaine läbi pihustuspüstoli suunamise suruõhu jõul.

Liiva ja abrasiivpritsi asemel on kasutatud märgpihustamist järgnevatel põhjustel:

- Tolmuvaba protsess,
- Puhastamine toimib vooluga, mitte abrasiivi kokkupõrkejõuga,
- Õli ja rasv eemaldatakse samaaegselt puhastamisega,
- Abrasiivi kiude ei vajutata suure jõuga komponentide sisse,
- Parem lõppviimistlus.

Peafunktsiooni sobivuse hindamine

Pakutud lahendusi peafunktsioonile hinnatakse sellele seostuvate kriteeriumite põhjal. Kriteeriumitele tulenevad spetsifikatsioonidest ehk nõuetest seadmele, igale kriteeriumile antakse kaal lõppeesmärgiga leida parim lahendus puhastustehnoloogiale. Kaal korrutatakse läbi lahendusele antud hindegaga [1-5] ning liidetakse kokku koguhindeks. Parim lahendus valitakse välja ning sellega minnakse edasi seadme projekteerimisel.

Tabel 5.3 Hindamismaatriks puhastustehnoloogiale

Kriteerium	Kaal [1-5]	Harjastega nühkimine		Märg-pihustamine		Vee-survepesu aparaat		Keemilised puhastus-ained		Leotus kuumas vees	
		H	K	H	K	H	K	H	K	H	K
Kiirus	5	3	15	5	25	3	15	1	5	2	10
Tõhusus	5	5	25	5	25	3	15	4	20	1	5
Ohutus	2	2	4	2	4	5	10	1	2	3	6
Järepuhastuse vajadus	3	1	3	4	12	5	15	3	9	3	9
Hoolduse vajadus	1	5	5	3	3	1	1	5	5	5	5
Operaatori puhtus	1	1	1	5	5	5	5	4	4	3	3
Ergonoomika	3	1	3	2	6	5	15	5	15	5	15
Hind	5	5	25	3	15	1	5	4	20	5	25
	Koguhinne		81		95		81		80		78

Märgpihustamise variant sai palju kõrgema hinde, kui teised, mis jäid omavahel väga sarnasesse piirkonda, seega lähtutakse kombineeritud variantide genereerimisel sellest tehnoloogiast.

Lahendusvariantide genereerimine

Morfoloogilisest maatriksist tulenevaid lahendeid kombineeritakse ja luuakse üks toimiv terviklik süsteem, kuidas seade toimima hakkab. Kõikide variantide puhastustehnoloogiaks on pihustamine. Lahendusvariandid leitakse samuti maatriksi baasil, eesmärgiga selgitada üleüldiselt parim kombinatsioon, maatriksit on kujutatud tabelis 5.4.

Tabel 5.4 Valmislahenduste pakkumine

Alamfunktsioon	Lahendus 1	Lahendus 2	Lahendus 3	Lahendus 4	Lahendus 5
	Pihusti-seade	Avatud ruumi pihustus-seade	Survepesur	Survepesu-masin	Robot-pihusti
Puhastamise läbiviimine	Manuaalne	Manuaalne	Manuaalne	Pöörlev liikumine	Robotkäsi
Seadme konstruktsioon	Mobiilne eraldiseisev konstruktsioon	Töökoht fikseeritud asukohas	Kaasaskantav seade	Töökoht fikseeritud asukohas	Töökoht fikseeritud asukohas
Tööpinnale ligipääs	Inimene füüsiliselt avab/suleb	Avatud tööpind	Avatud tööpind	Inimene füüsiliselt avab/suleb	Hüdro-/pneumosilinder

Turvalisuse tagamine seadmega töötamisel	Kaetud tööruum	Eraldi tööruum/ turvariided	Turvariided	Kaetud tööruum	Turvaala seadme ümber
Komponentide liigutamine masinas tööpinnal	Rattad	Fikseeritud / puudub	Fikseeritud/ puudub	Fikseeritud/ puudub	Fikseeritud/ puudub
Jõuallikas	Hübrid	Hübrid	Elektrimootor	Pneumoenergia	Elektrimootor
Töötasapinna pööramine	Ratastel ringliikumine	Operaator liigub detaili ümber	Operaator liigub detaili ümber	Ringikujuline juhtsiin	Ringikujuline juhtsiin
Töötasapinna lukustamine	Manuaalne lukustus	Asendi lukustus	Asendi lukustus	Pneumaatiline pidur	Jõuallika seisuasend
Ukse sulgemise lukustus	Hoovaga	Puudub	Puudub	Konksuga	Hoovaga
Ukse avatud asend	Uksel hinged ja jalg	Puudub	Puudub	Toed seadmest eraldi	Toed seadme raami küljes
Valgustus	Väline valgusti	Väline valgusti	Pealamp	Valgusti puudub	Valgusti puudub
Puhastusvahendi/vedeliku vahetatavus	Kraan seadme allosas	Paak asub seadmest eraldi	Ühekordne puhastusvahend	Filter/ isepuhastuv	Paak asub seadmest eraldi

Paljusi alamfunktsioonidele pakutud lahendusi on võimalik kasutada ka samade puhastustehnoloogiate kasutamisel, kombineeritud lahendusvariantide genereerimisel valiti välja sobivaim ja lisati eeldatava seadme külge.

Pihustiseade

Esimeseks lahendusvariandiks on turul populaarsele märgpuhastusseadmele sarnane masina tüüp, mille puhastustehnologiaks on püstoliga pihustamine. Puhastamisoperatsioonid viiakse läbi ühe operaatori poolt manuaalselt eraldi asetseva seadme sees mille ukse/luugi avamine on samuti manuaalne. Komponentide liigutamine tööpinnal või sellega koos toimib ratastel, jõuallikaks on inimjõud. Pööramine on korraldatud ühe laagriga mille aksiaaltelg on vertikaalsuunaga paralleelne. Laager asub tööpinna raskuskeskmes vankri küljes ja kannab tööpinda. Pöörlemise lukustus on korraldatud manuaalselt hoovaga või kangiga, niisamuti ka ukse kinnitamine. Uks on avatud asendis jala peale toetatud. Valgustus on seadme küljes, kuid mitte tööruumis, vaid seadme kohal akna peal, et valgustit eraldi puhastama ei peaks. Puhastusvedeliku vahetatavus on korraldatud alt kraaniga.

Sellele lahendusele on võimalik sisestada mitu erinevat viisi osade alamfunktsioonide täitmiseks, seega hinnatakse neid variante selle konkreetse lahenduse siseselt.

Avatud ruumi pihustusseade

Puhastuse põhimõte on sarnane eelmisele variandile, kuid seadmel pole konstruktsiooni, vaid puhastusoperatsioonid võtavad aset töökoja eraldi ruumis töölaua peal. Töö ise on veidi ajakulukam ja raskendatud, tulenevalt vajadusest igat detaili viia puhastusruumi, kuid hooldust läbi viia on lihtsam kuna kõik ligipääsukohad on alati samas positsioonis. Samuti pakub see variant suuremat ohutust teistele töökojas viibivatele isikutele, kuna asub eraldi ruumis.

Survepesur

Selle seadme all on mõeldud masinat, mis sarnaneb kodumajapidamise survepesuritele. Seade on ratastel, kaasas kantav ning pesuvahendit ei vahetata, vaid see valgub ümbritsevasse keskkonda.

Antud seadme mobiilsus võimaldab pääseda ligi detailidele, mida on raskendatud transportida. Samas eeldab see survepesur pikendusjuhtmete vedamist ning tihedamat pesuvahendi mahuti täitmist.

Seadme tööpõhimõte eemaldab vajaduse ehitada konstruktsioon või raam seadmele või selle ümber, seega hinna suhtes ilmneks suur võit.

Kannatama võib hakata operaatori enda puhtus peale tööd ning ohutus seadme vahetus läheduses.

Survepesumasin

Neljas lahendusvariant on mõeldud kui automaatne survepesumasin, mille sisse operaator asetab puhastust vajavad komponendid, sõidab töö platvormi masina sisse, suleb luugi ning laseb masinal puhastada. Masina sees on detaili ümbritsevad pöörlevad torud, mille kaudu vesi ja puhastusained komponentidele pritsitakse.

Pilt 5.2 Kärcheri survepesumasin. Viide 7



Puhastussuunad on ülalt, alt ja külgedelt. Selline masin asuks tehases ühe kindla koha peal ning oleks oma olemuselt ohutu kõigile tehases viibijatele.

Miinuseks on masina muutumatu liikumine ja sellest tulenevalt ebatäpsused detaili puhastamisel, kuna seade ei pruugi ligi pääseda detailide sisemistele või välimistele õõnsustele.

Pilt 5.3 Amnasi Frontloader AFL. Viide 8



Robotpihusti

Robotkäega märgpuhastuse konstruktsiooniline pool on väga sarnane esimese pihustusseadme variandile, kuid suur hulk funktsioone on automatiseeritud. Antud seade on ergonoomiliselt, ohutuselt ja efektiivsusest väga heal tasemel. Operaatori ainuke ülesanne on komponent masina peale tõsta ja käivitada programm. Samas seab automatiseeritus piiranguid töö ja komponendi kuju eripäradele. Ühe ja sama geomeetriaga detaili puhastust korraldada robotile on lihtne, kuid paljude eri suuruste ja kujudega detaile on raskem hoomata. Küll on võimalik robotkäät manuaalselt juhtida, kuid see teeks roboti olemasolu ebavajalikuks. Lisaks sellele on robotkäsi väga kalline investeering. Tulenevalt tehase eesmärgist parandada seadmeid ja tööriistu mis ükski ei pruugi olla identne, ei nähta robotkäega pihustamise seadmel potentsiaali.

Lahendusvariantide hindamine

Hindamiseks kasutatakse kriteeriume mis tulenevad seadme spetsifikatsioonidest. Hindamismatriks on kujutatud tabelis 5.5.

Tabel 5.5 Lahendusvariantide hindamismatriks

Kriteerium	Kaal [1-5]	Pihustiseade		Avatud ruumi pihustus-seade		Survepesur		Survepesu-masin		Robotpihusti	
		H	K	H	K	H	K	H	K	H	K
Ettevalmistus	3	5	15	5	15	3	9	5	15	1	3
Puhastamise kiirus	5	3	15	3	15	4	20	5	25	5	25
Järeltegevus	3	5	15	2	6	3	9	5	15	5	15
Kasutus-mugavus	4	5	20	3	12	4	16	5	20	2	8
Puhastuse tulemus	5	5	25	4	20	2	10	1	5	2	10
Ohutus	2	4	8	2	4	1	2	5	10	5	10
Operaatori puhtus	1	5	5	1	1	1	1	5	5	5	5
Hoolduse vajadus	2	3	6	3	6	1	2	3	6	5	10
Hoolduse keerukus	1	5	3	5	5	5	5	5	5	1	1
Hind	5	4	20	5	25	5	25	3	15	1	5
	Koguhinne		132		109		99		121		92

Parima tulemise sai pihustusseade tänu hea kiiruse, väikse ettevalmistuse, kasutusmugavuse ja teiste suure kaaluga kriteeriumite hinde tõttu.

Lisaks on kõikidel teistel vairantidel vähemalt 1 põhimõtteline viga, mispärast hoidutakse nende projekteerimisest:

- Avatud ruumis pihustamine – operaator peab tõenäoliselt ennast puhastama peale komponentide puhastust,
- Survepesur – küll mobiilne ja kaasaskantav, operaator peab sooritama mitmeid võibolla tülikaid tegevusi, et esiteks puhastamiseni üldse jõuda ning selle käigus,
- Survepesumasin – suurim miinus on puhastamise ebatäpsus ja detailse puhastamise puudumine,
- Robotpihusti – väga kallis investeering koos suure ettevalmistajaga.

Kontseptsiooni kokkuvõte

Selles peatükis genereeriti erinevaid tüüplahendusi probleemi lahendamiseks. Peafunktsiooni täitmiseks valiti välja sobivamad lahendid, neid hinna ning selgitati parim funktsioonikandja. Sellele lisati alamfunktsioone ning moodustati 5 erinevat terviklahendust, mida samuti hinnati ning erinevatest teguritest ja kriteeriumitest sõltuvana leiti parim variant. Projekteerima hakatakse eraldiseisvat mobiilset pihustiseadet.

6. PROJEKTEERIMINE

Projekteerimise kontseptsioonist selgus, et parim lahendus on pihustusseade, millel on iseseisev konstruktsioon. Selles peatükis disainitakse seadmele see konstruktsioon, pannakse paika põhiliste sõlmpunktide asukohad ning arvutatakse vajalikud väärtused eri operatsioonide täitmiseks ja konstruktsiooni tugevused.

Parema ülevaate kuvamiseks on tabelis 6.1 välja toodud seadmele omastatud funktsioonid.

Tabel 6.1 Valitud lahenduse funktsioonid

Alamfunktsioon	Pihustiseade
Puhastamise läbiviimine	Manuaalne
Seadme konstruktsioon	Mobiilne eraldiseisev konstruktsioon
Tööpinnale ligipääs	Inimene füüsiliselt avab/suleb
Turvalisuse tagamine seadmega töötamisel	Kaetud tööruum
Komponentide liigutamine masinas tööpinnal	Rattad
Jõuallikas	Hübriid
Töötasapinna pööramine	Ratastel ring-liikumine
Töötasapinna lukustamine	Asendi lukustus
Ukse sulgemise lukustus	Hoovaga
Ukse avatud asend	Uksel hinged ja jalg
Valgustus	Valgusti seadme sees
Puhastusvahendi/vedeliku vahetatavus	Kraan seadme allosas

Projekteerimise etapid

Seadme konstruktsioon ei ole väga keeruline, kuid tabelis 6.1 on määratud hulk funktsioone, mida seade täita peab suutma. Nende omavaheliseks põimimiseks on oluline ehitada projekteerimise etapid üles selliselt, et midagi ei jääks tähelepanuta.

Esialgne projekteerimine toimub üldise konstruktsiooni paika panemiseks. Tähelepanu detailidele on väike ja oluline on seadme sõlmede omavaheline ühendamine. Peale seda minnakse järk-järgult detailsemaks ja väiksemad olukorrad, näiteks reguleerimisvõimalused, lahendatakse jooksvalt pidades silmas masina töö iseloomu ja ergonoomikat, samuti keevitamise ja montaaži võimalikkust.

Seadme projekteerimise põhimõtteline järjekord:

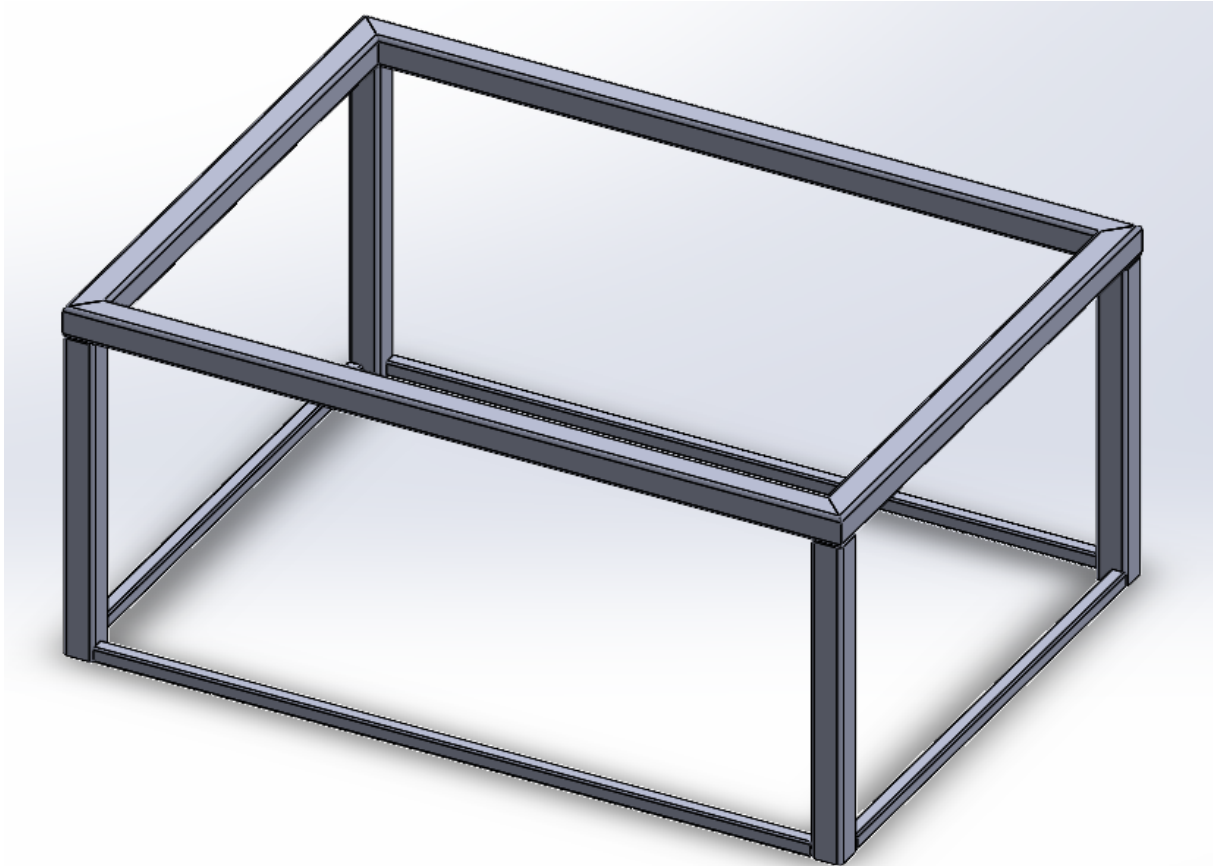
1. Alusraam
 - a. Alusraami rattad
2. Vanker ja töötasapind
 - a. Pöörlev alus
 - b. Lineaarselt liikuv vanker
3. Kolu
 - a. Pumba asukoht
 - b. Kolu liidesed/avad
4. Uks
 - a. Ukse jalg
 - b. Ukse hinged
 - c. Ukse lukustusmehhanism
 - d. Ukse relsid/siinid

Need on põhilised funktsioonid ja osad mida seade peab omama ning esmajärjekorras projekteeritakse kooslus nendest detailidest, mis kokku teeb täisväärtusliku seadme.

Alusraam

Alusraami koostamiseks on töökojas 60x60x4 konstruktsiooniterasest kanttoru profiili. Raami sisemised mõõtmed tulenevad puhastatavate komponentide suurustest, milleks on 1200x800x800 mm (pikkus x laius x kõrgus).

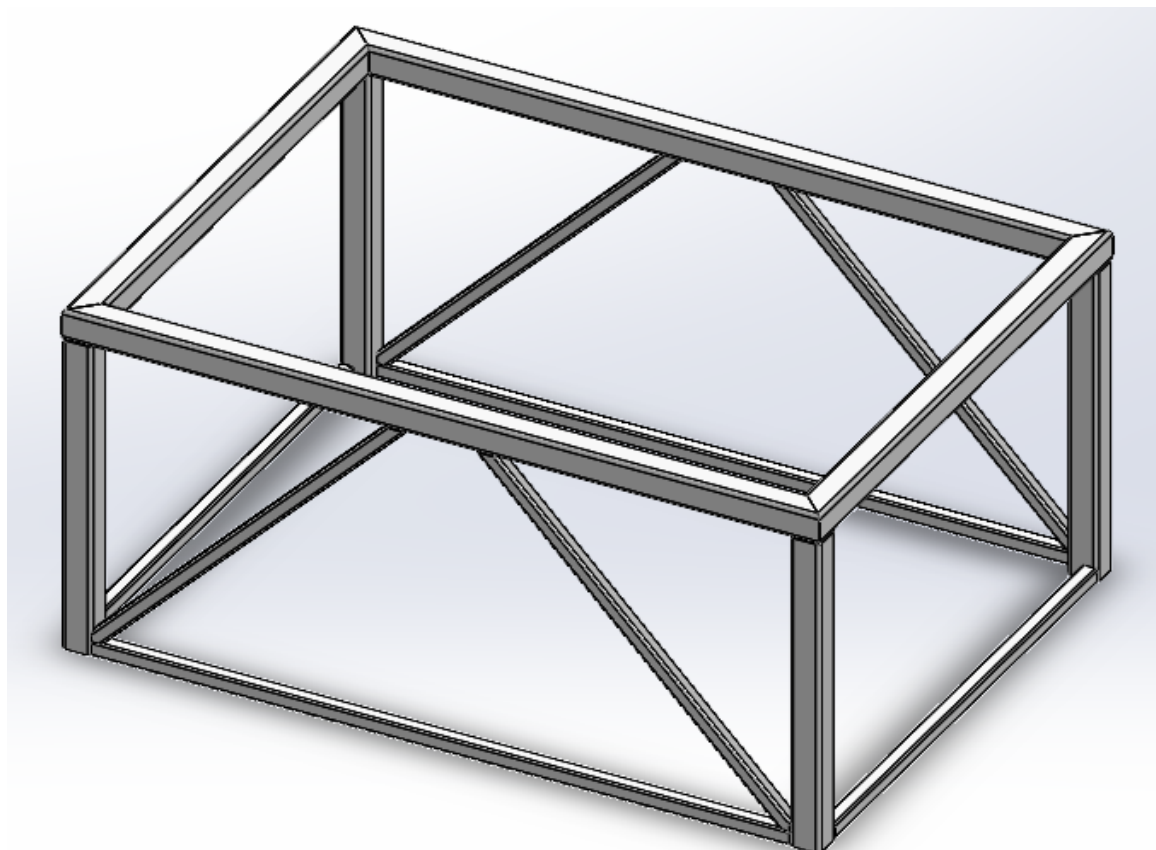
Pilt 6.1 Alusraami projektsioon.



Esialgne lihtkoeline raami mudel koosneb neljast püstisest 60x60x4 nelikanttorust, mida ühendab ülevalt servast sama suurusega torude ring. Ülemised torud on lõigatud 45 kraadise nurga alla, et torud jalgade peal kannaksid ning mugavam keevitada oleks. Need torud hakkavad enda peal kogu seadme ning puhastatavate komponentide raskust kandma. Jalgade alumisi servi ühendavad omavahel 30x30x3 torud. Alumiste torude eesmärk on jalgu horisontaalselt paigal hoida, kui koormus jalgu alt laiali suruma hakkab.

Lisamaterjali lisamise vajadusest hakati aru saada siis kui seade projekteerimine edasi kulges. Osiste juurde lisamise käigus suurenes seadme kaal, mis hakkab rolli mängima detailide liikumisel eriti, kui komponendid on töötasapinna peal. Sellest tulenevalt projekteeriti alusraamile toetavad diagonaaltalad, mis teevad raami üldiselt robustsemaks ja summutavad horisontaalsihis tekkivaid jõude, täiendatud raami konstruktsioon näidatud pildil 6.2.

Pilt 6.2 Alusraami täiendatud projektsioon



Tugevusarvutus viiakse läbi nii üksikule raami püstisele torule, kui ka täiendatud raami kogu konstruktsioonile. Üksik toru näitab koormuse taluvust olukorras, nagu näidatud pildil 6.1. Lihtsustamise eesmärgil pole horisontaalseid torusid välja toodud, kuna nende panus horisontaalse koormuse vastupanule on äärmiselt väike.

Alusraami tugevusanalüüs

Jõud, mis mõjuvad horisontaalses suunas on leitavad seadme liikuvate osiste ning komponentide kaalu massist. Maksimaalne lubatud komponendi kaal on 150 kg. Optimaalse arvestatav alusvankri ukselt masinasse lükkamise kiiruse suurus on 6 km/h, kui vanker läheneb lõppasendisse. Alusraami lõppu on planeeritud kummimaterjalist stopper või pidur, mis kokkupõrkel deformeerub ehk kokku tõmbub ning kannab koormuse väga lühikese ajaga edasi alusraami taladesse. Vankri liikumistrajektoori distantsi väärtuseks antakse umbkaudu 2 meetrit. Distants tuleneb:

- Raami sisemisest pikkusest, 1360 mm,
- Vankri pikkusest, mis on lühem kui raami pikkus,
- Faktist, et vanker peab liikuma uksest välja platvormi peale.

Arvutuse teel leitakse esmalt aeg ning siis kiirendus:

$$V_1 = 6 \frac{km}{h} \approx 1,67 \frac{m}{s}$$

, kus:

V_1 – Keskmine vankri kiirus liikumisel.

$$t_1 = \frac{2 m}{V_1} \approx 1,2 s$$

, kus:

t_1 – Vankri liikumise aeg keskmisel kiirusel algpunktist lõpp punkti.

$$A_1 = \frac{1,67 \frac{m}{s}}{1,2 s} \approx 1,4 \frac{m}{s^2}$$

, kus

A_1 – Vankri kiirendus lõpp punktis, kui terve trajektoori vältel kasvab kiirendus ühtlaselt.

Vankri ning töötasapinna mass kokku on veidi üle 27 kg (väärtus saadud töö hilisemas osas, arvutuse läbiviimiseks siin välja toodud), millele lisandub maksimaalne komponendi mass, 150kg. Kokku on liikuva massi väärtuseks seega 177 kg. Leitakse tekkiv jõud:

$$F_1 = m_1 * A_1 \approx 385,5 \frac{kg * m}{s^2} \approx 250 N$$

, kus

F_1 – Massist tekkiv jõud ühtlasel kiirendamisel.

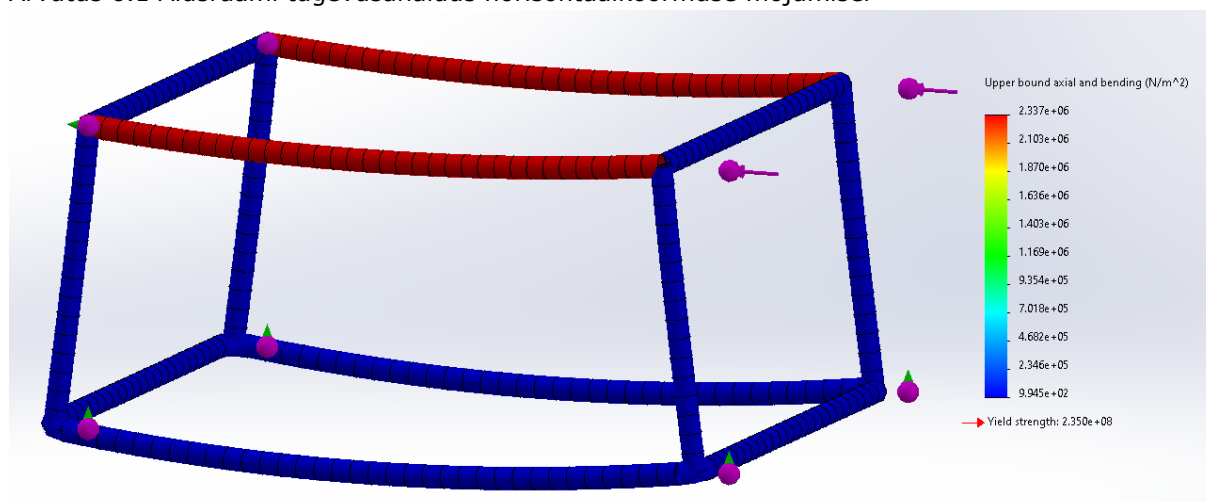
Seda jõudu kasutatakse konstruktsioonielementidele tugevusanalüüside läbiviimisel.

Esmalt teostatakse analüüs raamile ilma diagonaalideta. Tugevusanalüüsi läbiviimisel on oluline konstruktsioon õigesti, et vältida ebarealistliku olukorra teket ning leida tulemus mis vastab kõige paremini eeldatule. Selleks viiakse sisse tingimused:

- Raami püstiste torude alumised pinnad:
 - Võetakse ära vabadus liikuda „põranda“ tasandil, kuid mitte sellest alla ega üles,
- Raami püstiste, tagumiste torude ülemised pinnad:
 - Võetakse ära vabadus liikuda koormuse sihis,
- Kõikidelt pindadelt võetakse ära vabadust liikuda horisontaalteljes koormuse suunaga risti, sest seda koormuse suunda ei uurita ning nende vabadusastmete olemasolu võiv tekitada analüüsis ebatäpsusi.

Tugevusanalüüsi simulatsioon viiakse läbi SolidWorks Simulation keskkonnas.

Arvutus 6.1 Alusraami tugevusanalüüs horisontaalkoormuse mõjumisel



Analüüsi tulemust on näha arvutusel 6.1. Varuteguriks S235 konstruktsiooniterase kasutamisel on c.a 100, mis on ilmselgelt piisavalt ja isegi liiga palju, seega saab järeldada, et diagonaalide lisamine alusraamile pole vajalik isegi, kui raami koormav jõud oleks 50 korda suurem.

Alusraami jalg

Alusjala esialgne konstruktsioon on lihtne. Toru otsa on keevitatud plaat millel on keermestatud avad, kuhu ratas külge kinnitatakse. Jalg sisestatakse altpoolt alusraami jalgadesse ning töökojas koha peal puuritakse avad läbi nii raami kui ka jala torude. Avadest pannakse läbi poldid ning pingutatakse mutriga.

Pilt 6.2 Nailonrullik. Viide 5



Ratas ise on Artiumi kodulehelt leitav kummist plaatkinnitusega nailonrullik, illustratsioon pildil 6.2.

Tabel 6.2 Valitud rulliku andmed. Viide 5

Ratta diameeter	Ratta laius	Kandevõime	Kogukõrgus	Poldi ava
mm	mm	kg	mm	mm
100	35	150	125	9

Selline versioon alusraami jalast ei võimalda reguleerida kõrgust. Esialgu polnud see oluline, kuid hiljem sai selgeks, et töökoja põrandad ei pruugi olla 100% tasased ning vajadus reguleeritavate jalgade järgi on olemas.

Olukorra parandamiseks võetakse kasutusele keermelatt, kaks plaati ja kaks mutrit. Tulenevalt ratta ja raami toru suurusest kasutatakse M16 keermelatti ja mutreid. Keermelatile sisestatakse mutter ja keevitatakse plaadi külge kinni. See koost kinnitatakse ratta plaadi külge poltühendusega ning keermelatile sisestatakse teine mutter. Raami toru

alumisse äärde keevitatakse tsentreeritud, keermestatud avaga plaat. Ratta kinnituse koost kinnitatakse seadme külge selle plaadi läbi. Kõrguse reguleerimine on nüüd võimalik ja toimub läbi keevis koostu pööramise kaudu.

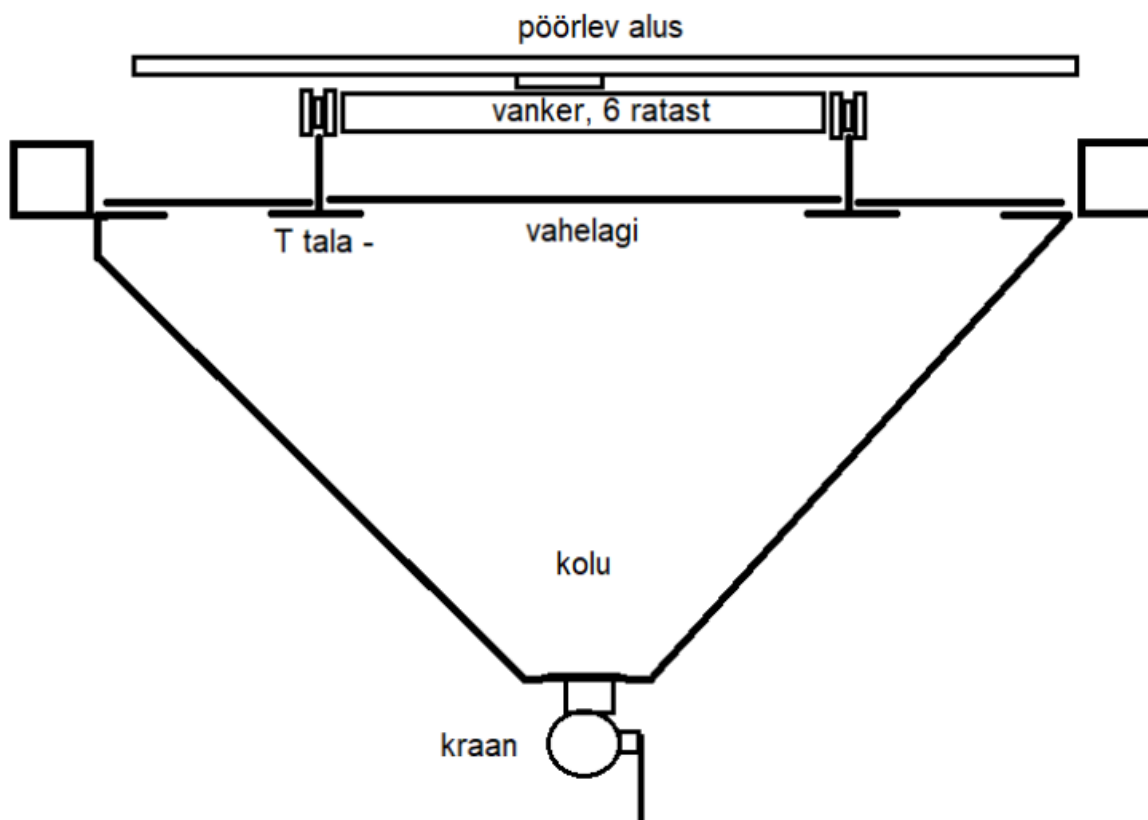
Vanker ja töötasapind

Joonisel 6.1 avaneb vaade esialgselt vankri ja töötasapinna eskiisist külgvaates. Vanker liigutab töötasapinda ehk pöörlevat alust sirgjooneliselt ukse peale ja tagasi seadmesse. Alus ise peab olema pööratav ning ülekande korraldamiseks on mitu varianti:

- Keskel 1 laager/puks (joonisel 6.1),
- Ringjooneline(-sed) juhtsiin(id) või profiil(id),
- Pöörd laua laager.

Kuna koormus on peamiselt telgsuunaline, on mõistlik kasutada tugi-, silinderrulltugi- ja sfäärilisi rulllaagreid². Väikese laagri sisestamisel laua keskele võib koormuse ebaühtlase jaotumise korral tekkida tasakaalutus ning tööpind võib painduda. See võib tekitada

Joonis 6.1 Eskiis seadme osadele külgvaates seadme keskest.



² Mehaanikainseneri käsiraamat, masinaelemendid, 2013

olukorra, kus töölaud toetub enda geomeetriaga vankri peale ning selle pööramine võib hõõrdumisest tingituna olla raskendatud. Selle vältimiseks on mitu varianti:

- Variant 1 – Lisada tugirattaid või -laagreid vankri külge, et need tööpinna paindumisel koormuse vastu võtaks,
- Variant 2 – Töölauda konstruktsioon teha stabiilsem ja suurema vastupanuga sellist tüüpi koormustele,
- Variant 3 – Kasutada suure läbimõõduga silinderrulltugi-laagrit, et vältida paindemomendi teket töötasapinnale,
- Variant 4 – Laagrite asemel kasutada juhtsiine, mille tööpõhimõte on sama, mis suure pinnaga laager.

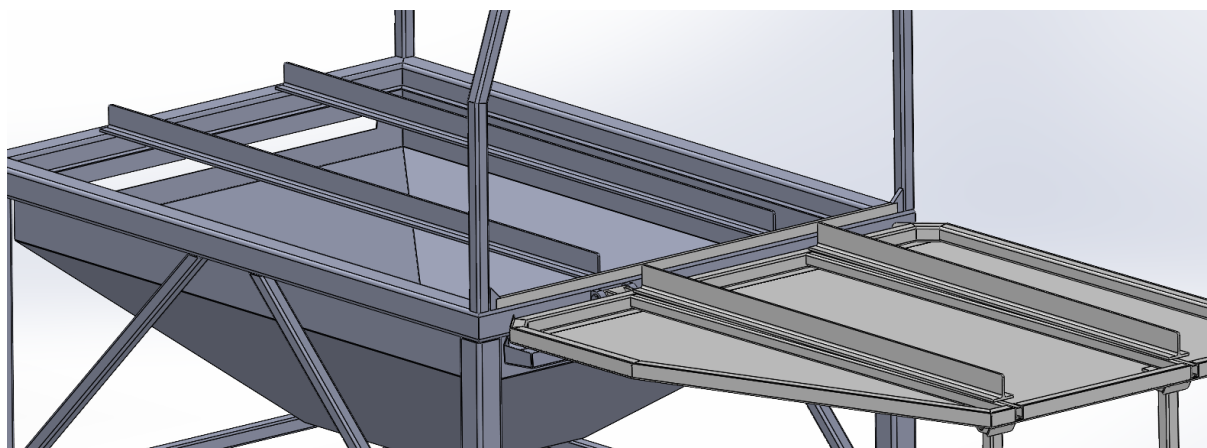
Vanker

Vankri liigutamiseks seadmes on tarvis projekteerida vanker liikuvaks. Seda on võimalik korraldada mitut moodi, kuid lähtuvalt alusraami tugevast konstruktsioonist osutus mõistlikuks kasutada laagriga flantsitud rattaid, mis ühteaegu hoiavad vankri relssidega paralleelselt ning kannavad raskust üle alusraamile.

Relsid paigutatakse raami ülemiste torude peale pikkupidi raamiga. Selline paigutus võimaldab vankril liikuda seadme ühest poolest kuni ukse peale välja. Kasutatakse kahte relssi mis paiknevad paralleelselt ja paigutavad vankri seadme keskele.

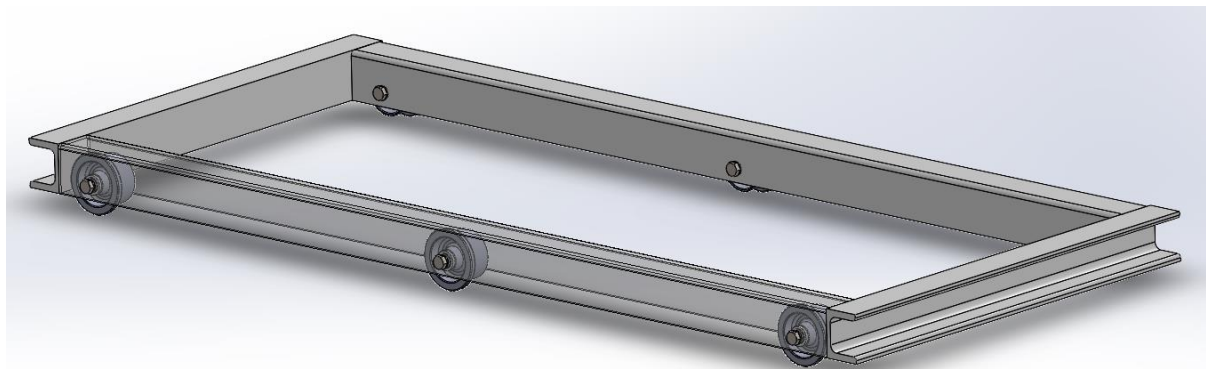
Vankri rataste valikul lähtuti põhimõttest, et vanker peab sõitma relssidel paralleelselt ja mitte kalduma või vajuma trajektoorilt kõrvale. Samuti peavad rattad olema võimalikult väiksed, et vähendada kõrguse kasvu mis tekib töötasapinna ehitamisel seadmesse. Rataste arv peab olema piisav, et vankri sõitmisel seadmest ukse peale ei vajuks vankri raskuse paigast ning kukutaks vankri valesse positsiooni, kuna seadme relsid katkevad

Pilt 6.3 Relsi üleminek seadmelt uksele.



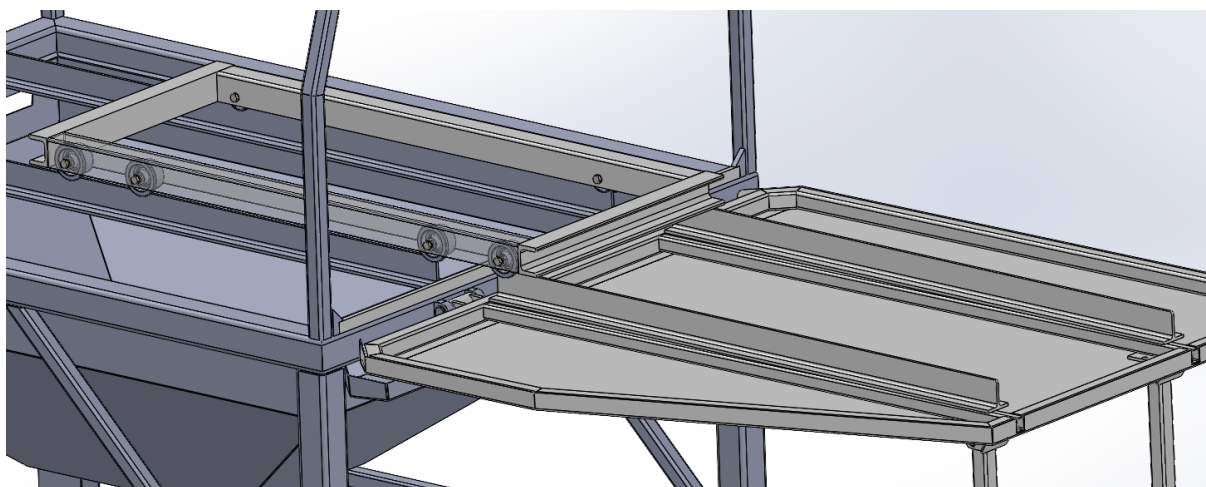
enne ust ja algavad ukse peal. Seda kutsutakse edaspidi relsi üleminekuks. Minimaalne relsside vaheline distant on 140 mm.

Pilt 6.4 Esialgne vankri projektsioon



Pildil 6.4 näha olev vanker on kolme rattaga. Ülemineku kohal lõpetab esimene ratas kandmise. Juhul, kui komponentide raskuskeske paikneb parasjagu esimese ja teise ratta positsiooni vahepeal, vajub vankri eesmine ots alla ukse ja seadme vahele ning ilma kõrvalise abita ei saa vankrit liigutada. Halvemal juhul libised komponendid töötasapinna pealt maha ja saavad kahjustada.

Pilt 6.5 Vankri täiendatud versiooni paiknemine seadmes



Sellise olukorra vältimiseks tuleb projekteerida vanker selliselt, et vähemalt 1 rattapaar kannab raskust nii seadme kui ukse peal igal ajahetkel. Selle elluviimiseks antakse vankrile 4 rattapaari kummagi relsi jaoks, täiendused välja toodud pildil 6.5. Rattad asuvad kahekaupa vankri esi- ja taguotsas. Lähestikku paiknevate rataste vaheline kaugus on 150 mm, seega ei teki kunagi olukorda kus vanker hakkaks vajuma.

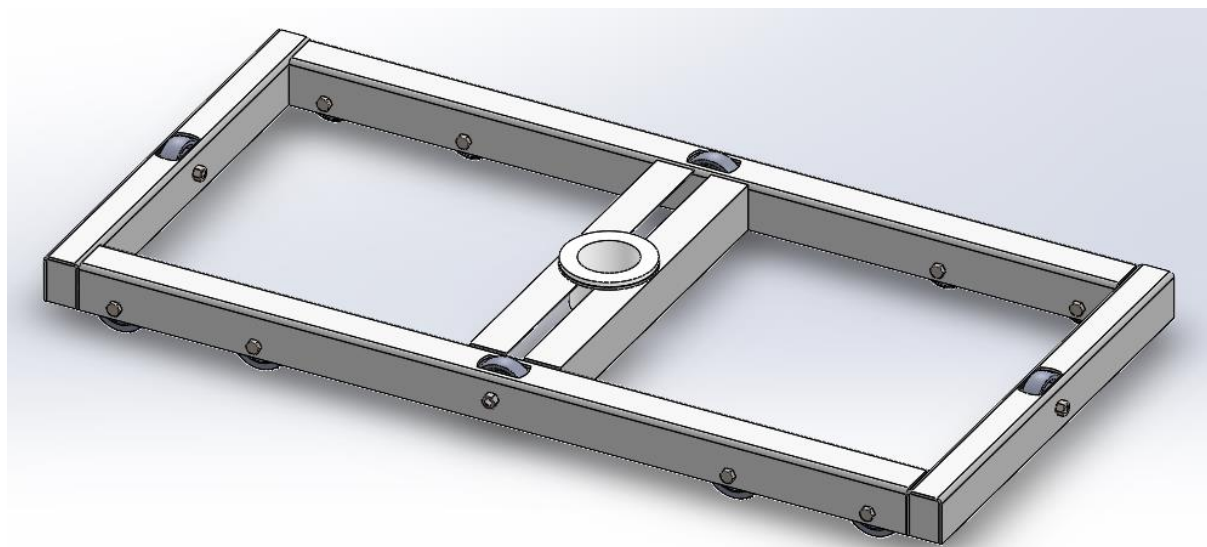
Relsside paralleelsuse saavutamiseks ei ole mõttekas neid raamiga liita keevitades, vaid jättes korrigeerimisruumi ja konstrueerida relsside ühendamine raamiga selliselt, et hiljem distantse muuta saaks.

Lisaks vankri enda kandvatele ratastele tuleb koormuse ebaühtlase jaotamise olukorra võimalikkuse tõttu toetada töötasapind ka teistelt positsioonidelt lisaks keskel asuvale kapronpuksile. See ei ole tingimata vajalik, kui töötasapind projekteerida selliselt, et see kannaks kogu tekkivad koormust toetudes ainult kapronpuksile. Antud olukord aga nõuaks kõrget reaktiivjõudu vertikaalsuunas töötasapinna välimistes äärtes, mida on ilma kõrguse kasvatamise ja väliste tugipunktide kasutamiseta keeruline saavutada.

Kõrgust ei taheta suurendada mitmel põhjusel:

- Vähem ruumi seadme sees vertikaalsuunal,
- Sama geomeetria ja mõõtudega kõrgemad profiilid/detailid tooks kaasa suurema kaalu,
- Raami geomeetriat tuleks muuta ning kolu ja veepump ei pruugi seadmesse ära mahtuda.

Pilt 6.6 Vankri lõplik versioon



Tulenevalt nendest põhjustest on, nagu öeldud, peetud mõistlikuks lisada vankrile rattaid tagamaks koormuse jaotumise töötasapinna keskpunktist väljapoole. Rattaid lisatakse vankrile nelja suuna, kõikide profiilide keskele. Pilt 6.6 näitab täiendustega vankrit.

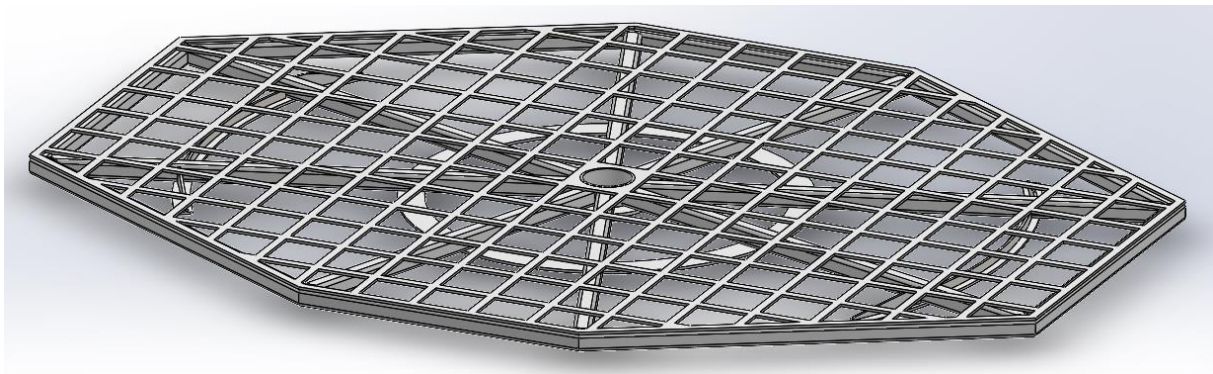
Töötasapind

Töötasapind on koht, kus operaator detaile puhastab. Nõuded töötasapinnale on siin uuesti välja toodud:

- Pööratav
 - Piiramatu pööramine võimalik siis, kui uks on lahti ja vanker ukse peal,
 - Väikse nurga pööramine võimalik seadme sees,
- Avadega, et puhastusained saaksid valguda tagasi kolusse,
- Suurus piisav, et komponent suurusega 1000x500 mm mahuks kandepinna peale.

Tulenevalt pööramise vajadusest peab töötasapind olema palju väiksem, kui seadme sisemised gabariidid.

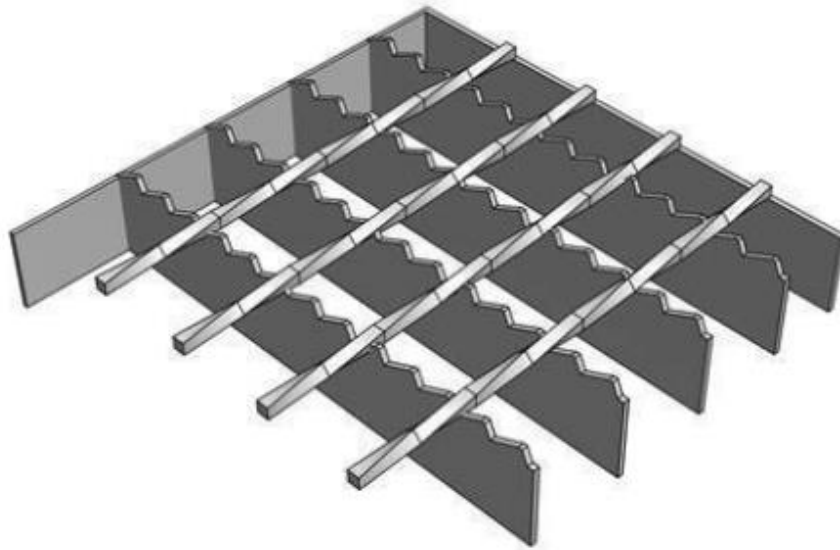
Pilt 6.7 Pöörlev töötasapind



Tasapinna projekteerimisel oli oluline, et suured seadmed mahuksid peale ja ei tekiks probleeme pööramisel, kui raskus pole täpselt tsentris. Pilt 6.7 illustreerib töötasapinda, mis kinnitatakse keskelt kapronpuksi peale. Väiksemaid komponente on mugavam puhastada, kui tasapind asub seadmes nurga all ning komponendid asuvad käte seadmesse sisestamise avadele väga lähedal. Sellist olukorda illustreerib pilt 6.9.

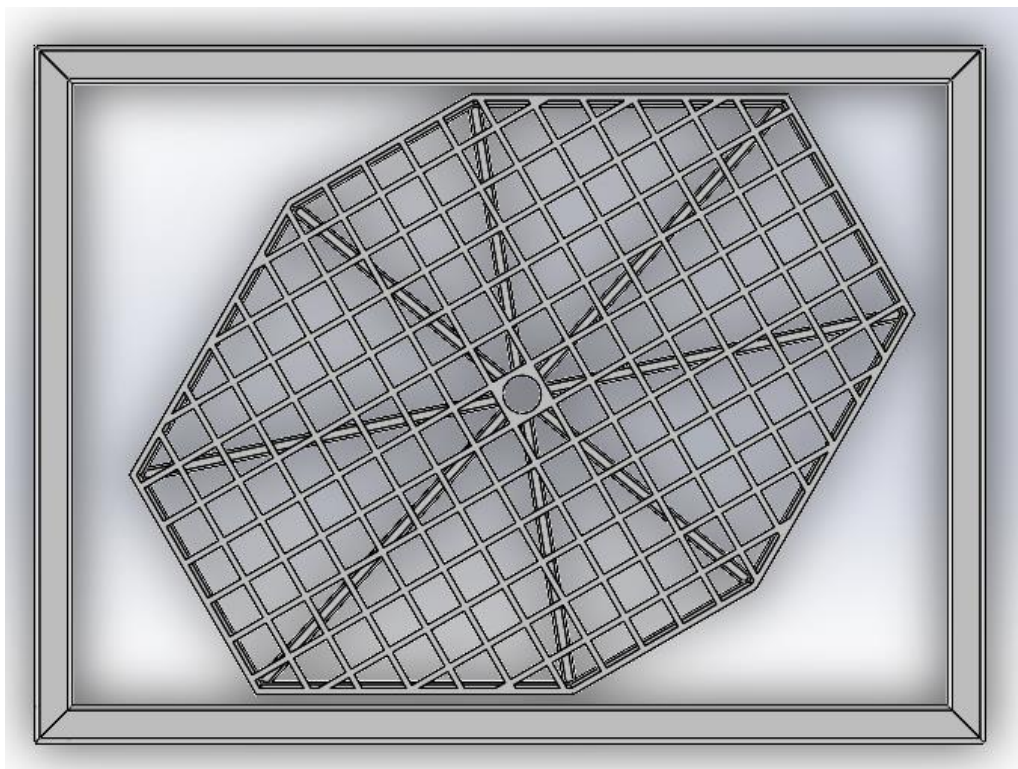
Samuti on võimalik väikse nurga all pöörata suuremaid komponente, mis oma gabariitmõõtude tõttu täielik pöörlema ei mahu. Rest tasapinna peal sobib suuremate detailide puhastamiseks hästi. Väikeste detailide jaoks on tarvis disainida või osta plaat, mille avad on väiksemad, et detailid kolu põhja ei kukuks. Pildil 6.7 välja toodud rest on illustreeriva põhimõttega, reaalne rest ostetakse või keevitatakse ise kokku pildil 6.8 toodud näitel.

Pilt 6.8 Terasest rest töötasapinnale. Viide 9



Erinevate töötasapindade projekteerimine või otsimine algab, kui seade on töövalmis, üles seatud ning operaatorid on saanud katsetada töö tegemist.

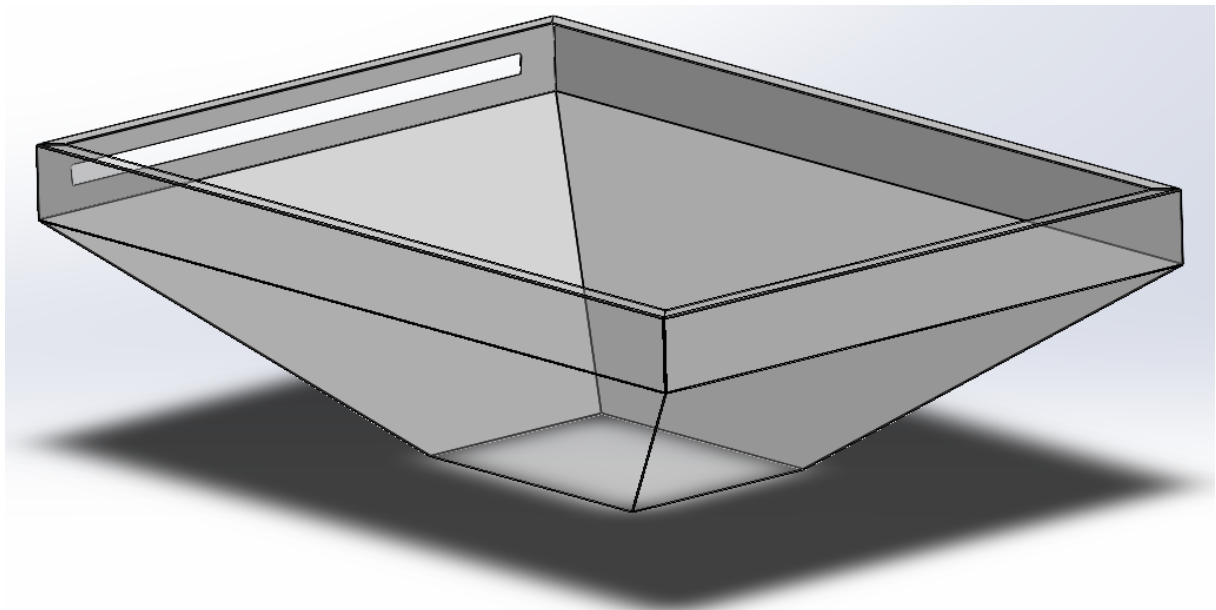
Pilt 6.9 Töötasapinna paiknemine seadmes väikeste detailide puhastamisel



Kolu

Kolu ehk lehter kuhu kõik puhastusaine ja vesi kogunema hakkavad, asub alusraami sees. See peab katma kogu ruumi tihedalt kinni, et ained läbi ei jookseks, ning ühtlasi seob raami osiseid omavahel ja moodustub tugeva terviku. Kolu on kujutatud pildil 6.10.

Pilt 6.10 Kolu konstruktsioon



Kolul on ava uksepoolsel küljel, kus kaudu saab puhastusaine ja vesi valguda kolu põhja. See on vajalik mitmel põhjusel:

- Ukselt saab igas asendis valguda vedelik kolu põhja,
- Komponentide lisapuhastus ukse lahtises asendis ei tekita ukse peale lisaraskust vee kujul,
- Lahtine ava ei lase puhastuskambris rõhul tõusta.

Kolu peab olema piisavalt sügav, et mahutada pump selle põhja. Samuti on vajalik läbiv ava kolu põhjaplaati, et sealt oleks võimalik teostada vajadusel vee ja meedia vahetust ning pumba hooldust.

Raami kate

Pilt 6.11 Raami kate esialgne versioon alusraami küljes



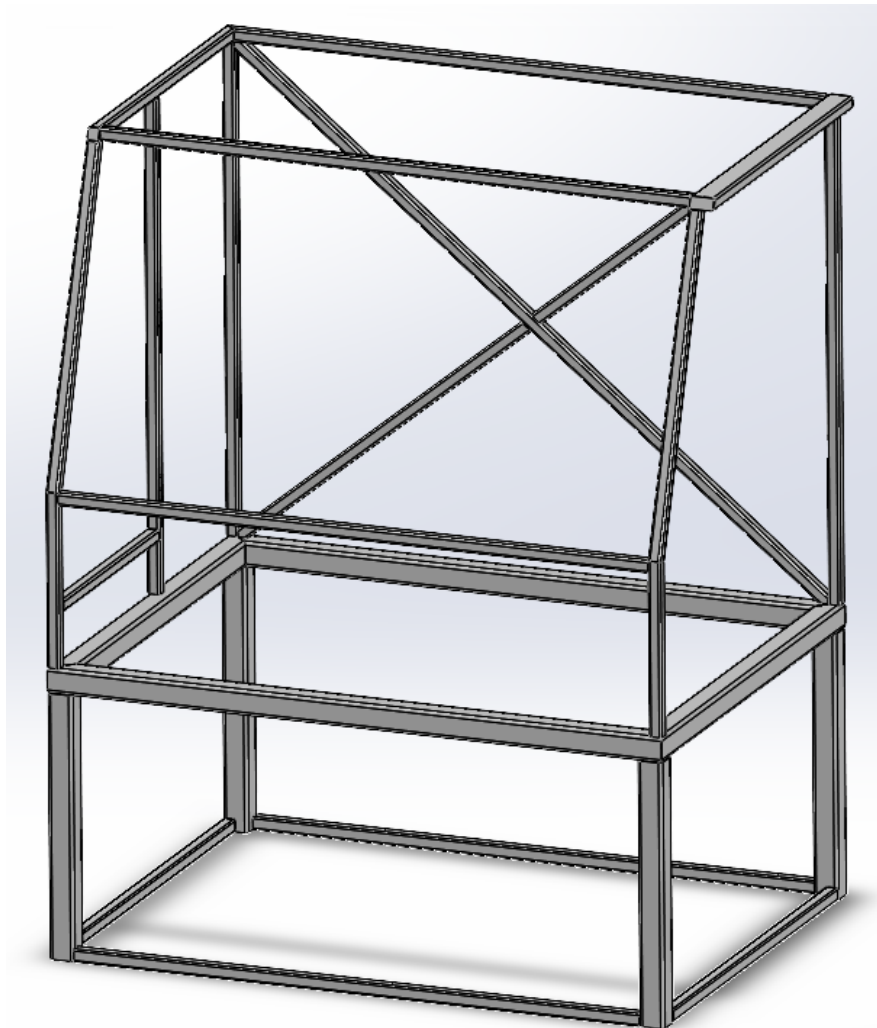
Raami kattel ei ole mingeid kandvaid funktsioone, seega on võimalik see projekteerida väiksest õhukesest torust, mille hiljem omavahel seob lehtmetailist kiht.

Ainukesed funktsioonid kattel on võimaldada ust lukustada raami profiili külge, kui ka olla piisavalt tugev, et operaatore toetumisel seadme vastu ei juhtuks sellega midagi. See tähendab, et ainult pleki kihist seadme esiootsa ei piisa, vaid on vaja ka tugevdavat toru või profiili.

Projekteerimise käigus tekkis vajadus lisada seadmele teine uks seadme vastas küljele. See uks on planeeritud palju väiksem ja mõeldud vaid väikeste komponentide sisestamiseks, et lühikese puhastustöö jaoks ei peaks iga kord avama suurt ust.

Nende funktsioonide täitmise eesmärgil projekteeriti katteraamile juurde lisatorud, mis võimaldavad funktsioonikandjaid seadmele kinnitada.

Pilt 6.12 Raami täiendatud versioon alusraami küljes

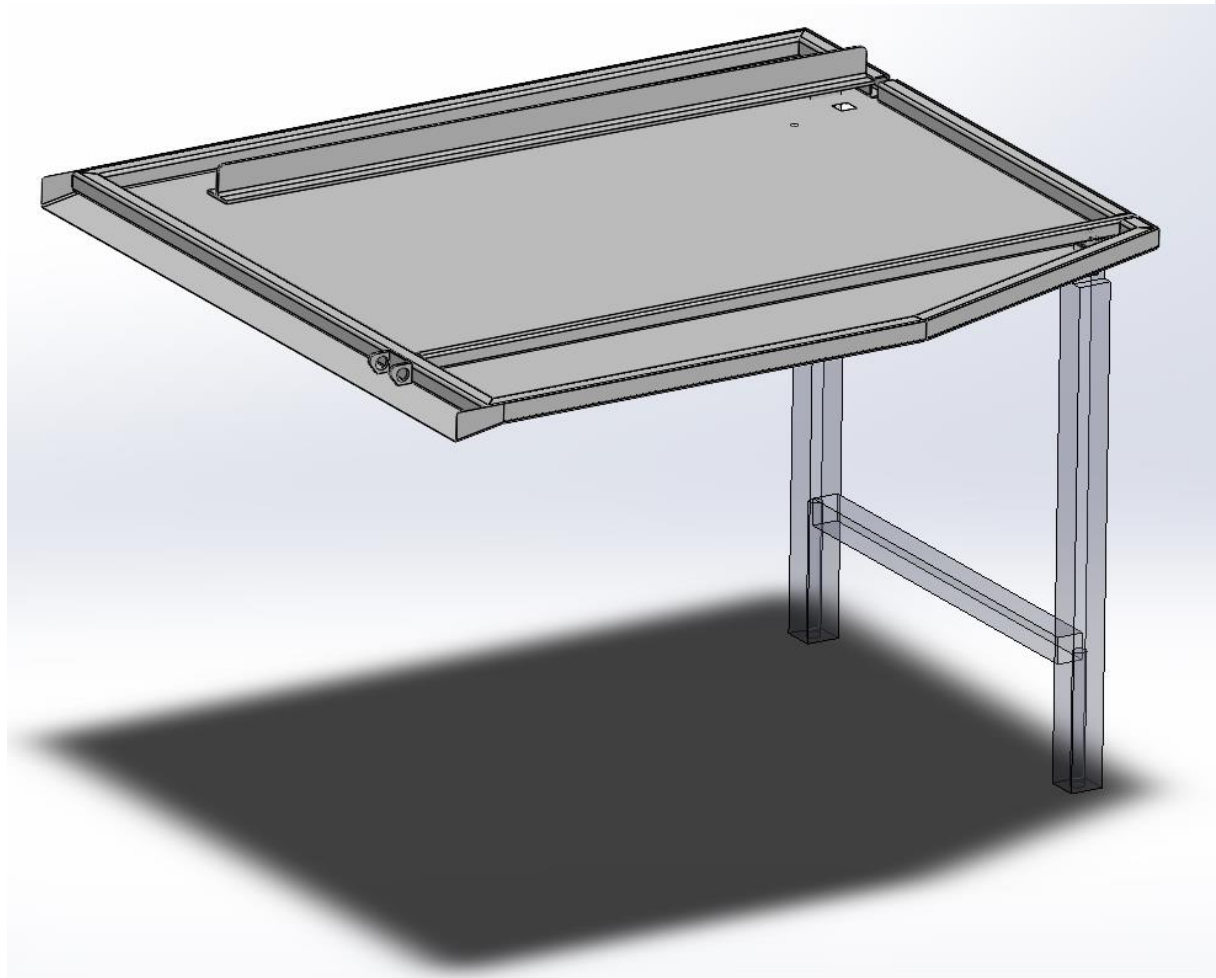


Pildil 6.12 on näidatud raami uuendatud versioon lisadega, mis lisaks funktsioonide teostamise toetamisele teevad kogu seadet ka robustsemaks ja suurendavad vastupanu välisjõududele, koormustele.

Uks

Uks katab mitu seadme olulist sõlme ning selle konstruktsioon on oluline ka ergonoomika seisukohalt. Seda peab olema mugav ja kiire avada, kuid vett ega puhastusainet läbi tulla ei tohi. Samas on võimalik lihtsustada vedeliku liikumist ukse tagasi kolu põhja kui ukse alumine äär on lahtine.

Pilt 6.13 Ukse projektsioon



Sweconi nõue oli, et seadme lahtises olekus saaks ukse peal seadet veel õhu või veega täiendavalt puhastada. Sellest tulenevalt on mõistlik kui nimetatud operatsiooni ajal saaks vedelik valguda tagasi kolu põhja. Ukse alumine osa konstrueeritakse seega lahtiselt sellisena, et ukse nii kinnises kui lahtises olekus voolab vedelik tagasi kolusse. Lisaks on uks planeeritud lahtises asendis väikse nurga all maapinnaga, sissepoole kaldus, et vedelik valguks kolusse juba lahti tegemise ajal.

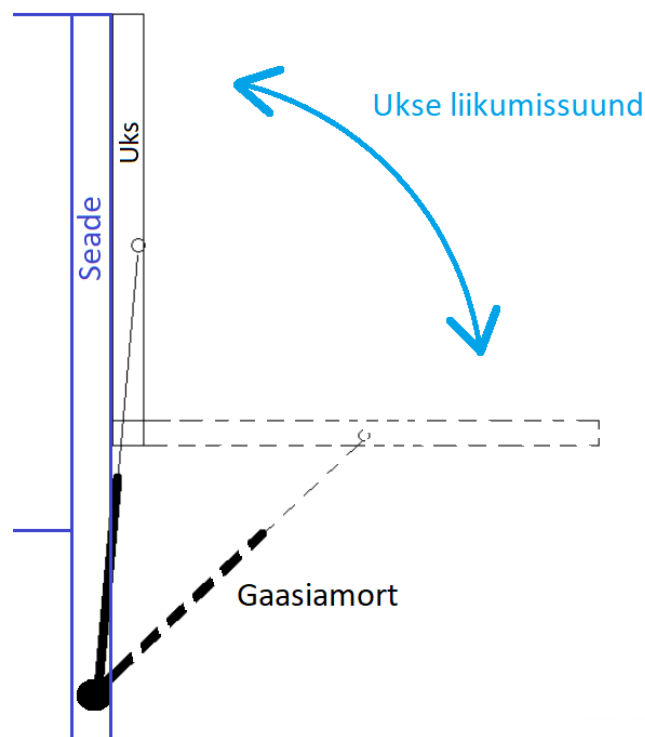
Ukse peal peavad asetsema lisaks relsid mis lasevad ukse lahtises olekus vankril ukse peale sõita. Uks peab vastu võtma kogu komponendi raskuse, seega on uksel eraldi jalg, mis kinnitatakse hingedega ukse külge. Jalgadel on hinged ruumi säästmise eesmärgil –

ukse lahtises olekus asetsevad jalad 90 kraadise nurga all ning toetavad ust. Kinnises asendis pööratakse jalg uksega paralleelseks selle peale.

Alumisest otsast on uks kinnitatud hingedega, ülemist otsa peab manuaalselt kinnitama peale ukse sulgemist. Jalgade pööramist ning ukse lukustamist ühendatakse mehhanismiga.

Masinaga töötamise lihtsustamiseks lisatakse uksele gaasiamort, mis kergendab ukse avamist ja sulgemist. Amordi paiknemine ja tööpõhimõte välja toodud Joonisel 6.2. Arvutus sobiva gaasiamordi leidmiseks viiakse läbi hilisemas peatükis.

Joonis 6.2 Gaasiamordi positsioon.



Ukse jalg

Ukse jalg peaks olema reguleeritava kõrgusega mitmel põhjusel. Kuna seade on mobiilne võib see jõuda pinnale mis ei ole ühtlane ning ust lahti tehes ei pruugi vesi tagasi kolusse valguda. Selle vältimiseks on ukse jalal reguleeritava kõrgusega taldmik. Jala toru külge keevitatakse keerrestatud avaga plaat ning taldmik ühendatakse plaadi külge nagu polt. Reguleerida on võimalik, kui palju polt keerrestatud avaga plaadi sisse läheb. Kõrguse reguleerimise võimalust antakse taldmikule 72 mm jagu. Taldmik valitakse Artiumi veebipoest, pilt ja andmed on järgnevalt välja toodud.

Tabel 6.3 Taldmiku andmed

Number	D [mm]	H [mm]	H1 [mm]	L [mm]	Keere
TS 26/M10x74	26	7.5	11	72	M10

Taldmiku konstruktsioon on lihtne: tsingitud 8.8 M10 polt on kinnitatud polüamiidist talle sisse. Märpesuseadme konstruktsioonis töötab taldmik ainult survele, mistõttu ei peetud tugevusarvutuste läbiviimist taldmikule vajalikuks.

Pilt 6.14 Taldmik ukse jalgadele. Viide 19



Ukse jala mehhanism

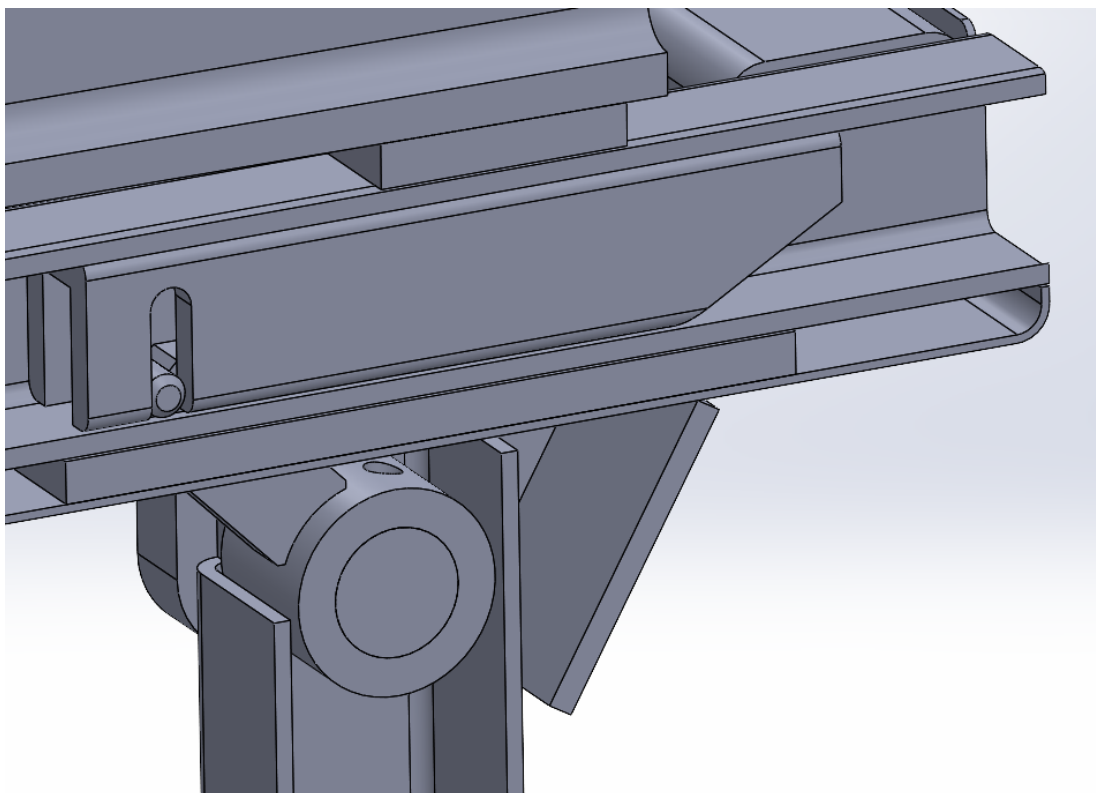
Nagu varem mainitud avanes võimalus ühildada ukse jala kokku pakkimise funktsioon ukse kinnitamise seadme külge. Inspiratsiooni sellest saadi läbi sarnaste turul olevate masinate uurimise.

Funktsioon on põhimõttelt lihtne: ukse lahtises olekus on jalad uksega peaaegu täisnurga all ning ukse kinnises asendis on jalad ukse välispinnaga paralleelses asendis. Samuti on uks sulgunud asendis fikseeritud seadme külge ning pilud tihendatud, et pesuaineid välja ei lendleks.

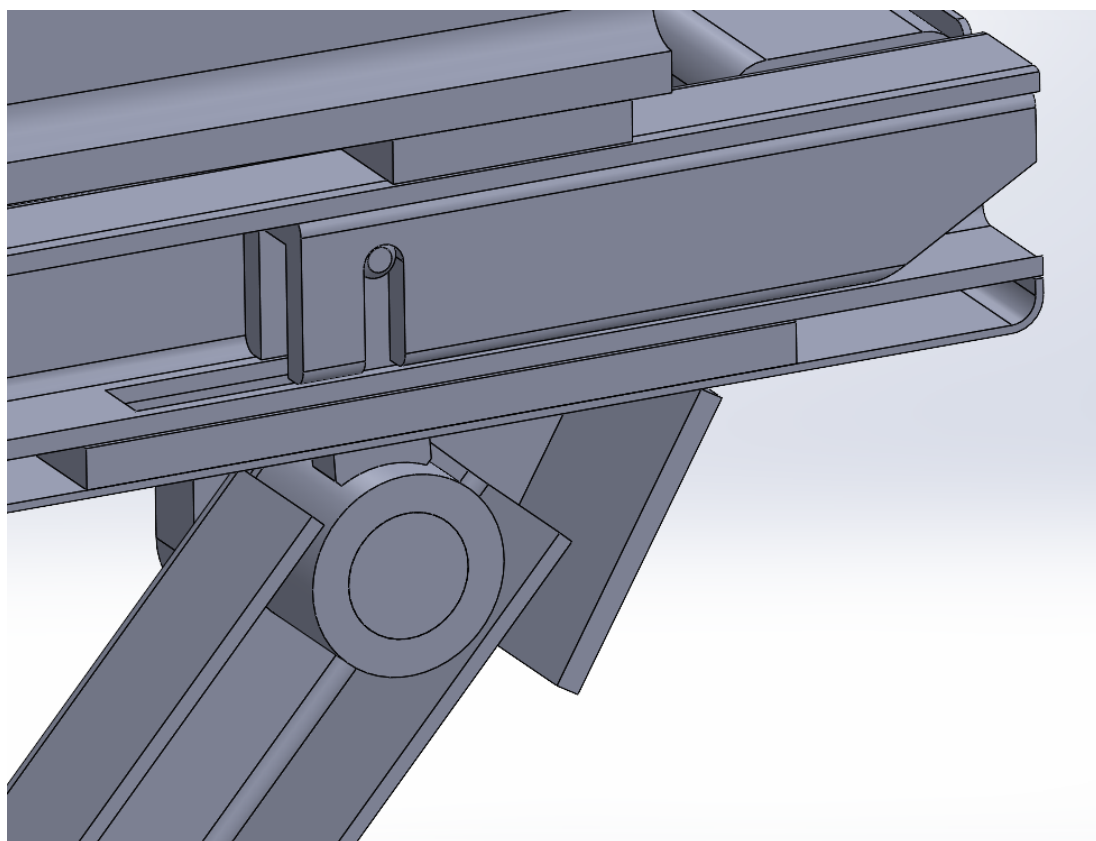
Selle jaoks on ukse jalad kinnitatud uksele pöörd-liigendiga, täpsemalt on kummagi jala talast läbi asetatud puks, mis omakorda asetseb ukse küljes asuvate kõrvade vahel. Puksile on kinnitatud hoob, mille otsa on kinnitatud väike silindrikujuline võll. Ukse jala nurga muutumisel liigub võll koos kõrvaga ümber puksi telje ukse otsa poole ning lükkab selle ümber asuvat liigendit toru sees edasi, suunaga uksest välja. Liigend liigub gabariitidest välja katteraami ava sisse lukustades ukse.

Järgnevate 3 pildiga projekteerimise keskkonnast on illustreeritud ukse jala ja lukustuse mehhanismi.

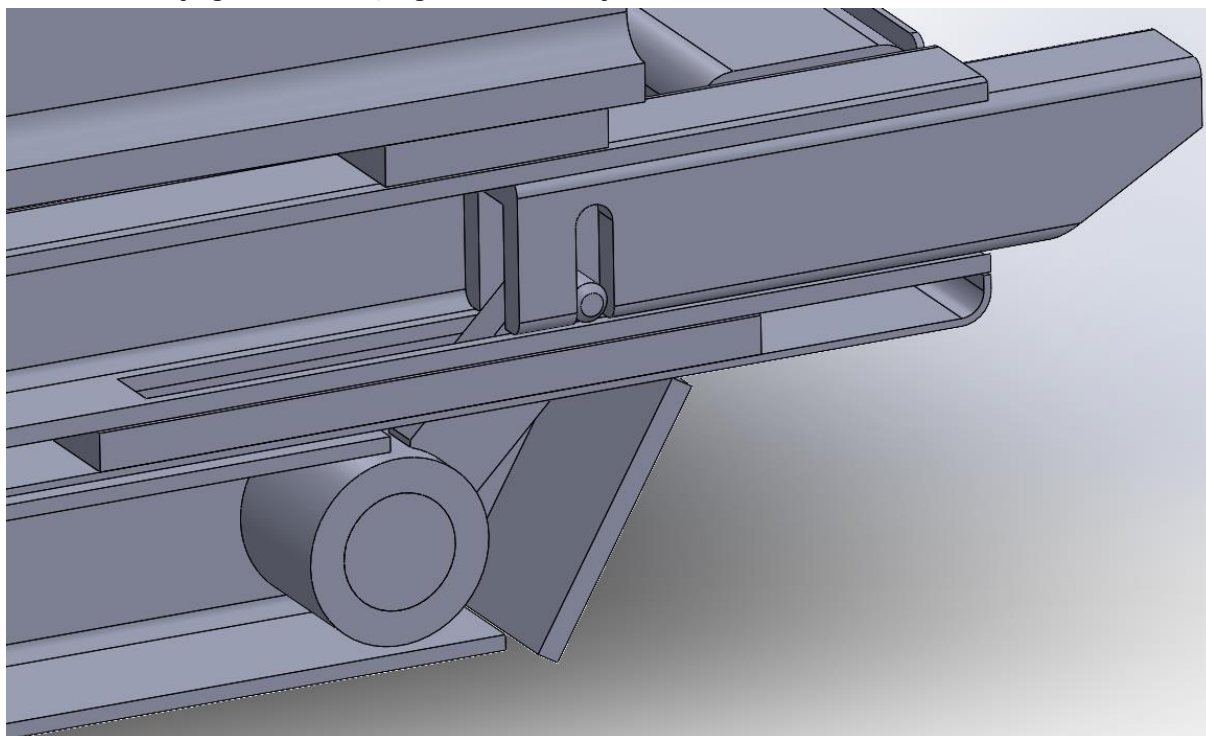
Pilt 6.15 Ukse jalg täisnurga all, liigend ukse sees



Pilt 6.16 Ukse jalg ja liigend poole liikumistrajektoori peal.



Pilt 6.17 Ukse jalg ukse vastas, liigend uksest väljas



Pump

Pump valitakse välja esmalt turul olevate toodete järgi. Lõpliku pumba ostu paneb paika voolukiirus vastavalt töökoja vajadustele.

Pilt 6.18 Musta vee sukelpump. Viide 23



Standardne äravoolupump näeb midagi sarnast nagu pildil 6.17. Sellel konkreetse pumba vooluhulk on 16500 l/h, mis on teisendatult ~4,58 l/s. Maksimaalne rõhk, mida pump suudab arendada, on 1,05 bar. Kuna pihustipüstolist ei tule sekundis selline vooluhulk kindlasti mitte läbi, kuigi hetkel püstoli väljalaske toru läbimõõt ei ole teada, siis on see pump liiga võimas. Püstoli ees tekib üle rõhk kuni 1,05 bar, mida pump järjepidevalt hoiab kuni see sisse lülitatud on. Rõhk üle selle maandatakse pumba rõhuklappide poolt.

Lõplik

Reguleerimise võimalus nii pumba kui suruõhu hulkade suurustele

Relsi tugevusarvutus

Kõige olulisemaks koormuse vastuvõtjaks seadmes on 2 paralleelselt paiknevat T profiili kujulist relssi. Sama tüüpi relsid paiknevad ka uktsel, kuid seadme sees on need pikemad: 1440 mm. Need relsid hakkavad võtma vastu vertikaalsuunalist koormust ja on kriitilise tähtsusega seadme toimimisel.

Arvutus viiakse läbi SolidWorks Simulation keskkonnas. Raskus relsi peal leitakse vankri, töötasapinna ja sellel asetseva komponendi kogukaali järgi. Vankri ja töötasapinna enda kaal on 27 kg, maksimaalne komponendi kaal on 150 kg. See teeb kokku 177 kg, mille massikese asub enamikel juhul töötasapinna keskel. Relssideni kandub koormus läbi vankri rataste. Kaks olukorda tunduvad esmajoones kriitilised:

- Olukord 1 - Kui vanker asub relsi keskel;
- Olukord 2 - Kui vankri 1 rattapaar asub relsi keskel.

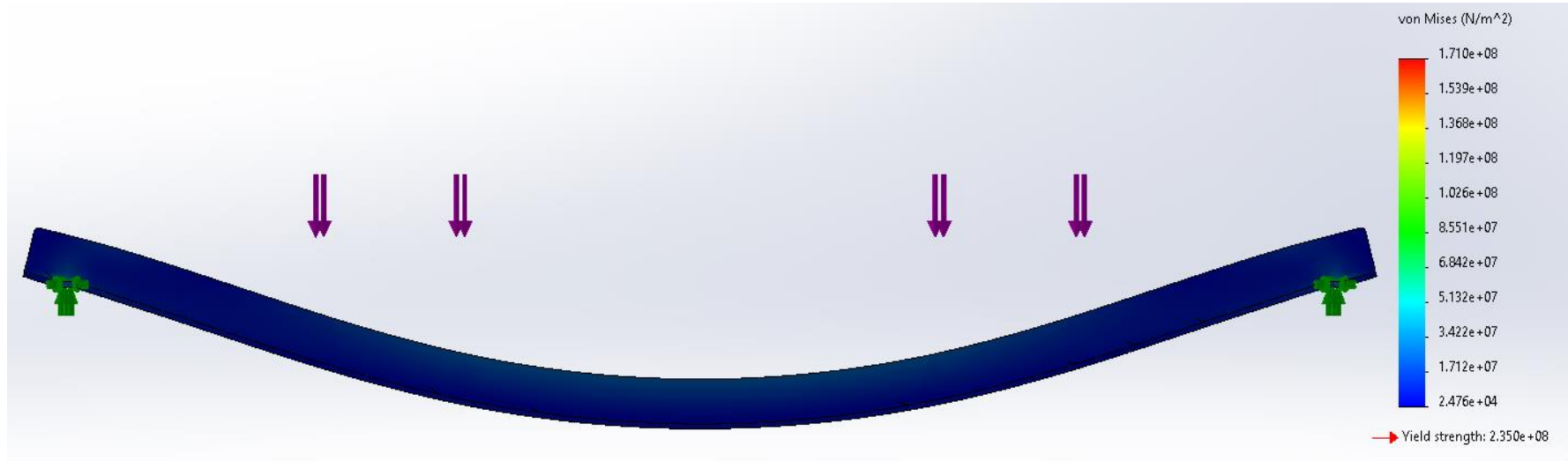
Arvutused viidi läbi mõlema olukorra puhul. Simulatsiooni jaoks kinnitati relss poldiavadest silindrilise liigendi kinnitusega ning poldi pea alune pind vertikaalpinna kinnitusega. Singulaarsuse vältimiseks sisestati koormus vertikaaltelje sihis rattakohtade all suuremale pindalale kui rattad realsel olukorras laseksid. Koormuse väärtus on võrdeline reaolukorraga. Analüüsi lihtsustamiseks kasutati üht relssi, kuna relsid paiknevad paralleelselt

1) Olukord 1

Selles olukorras asub vanker relsi keskel ja 2 rattapaari koormavad relssi võrdselt kauguselt relsi keskpunktist. Jõu suuruseks võeti pool maksimaalsest kaalust.

Tekkiv suurim pinge on 171 N/mm^2 nagu on näha arvutuselt 6.3. See mõjub poltliite positsioonile kõige enam. Simulatsioonis kasutati konstruktsiooniterase S235 voolepiiri näitajat. Sellise terase kasutamisel on varuteguriks c.a 1,37.

Arvutus 6.3 Olukord 1 tugevusanalüüsi tulemus



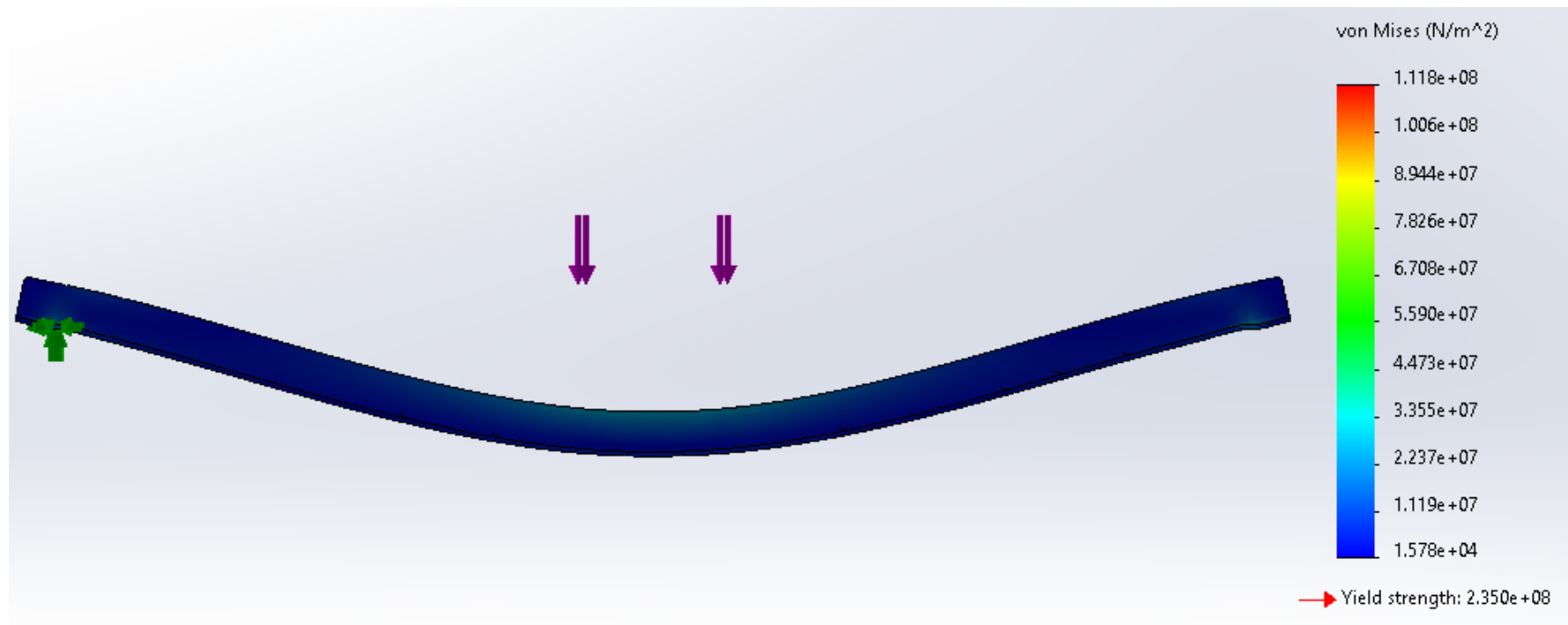
2) Olukord 2

Selles olukorras asub vankri tagumine rattapaar täpselt T profiili keskel. Teine rattapaar asub ukse tala peal. Jõu suuruseks on võetud üks neljandik kogu lubatud massist.

Tulemust illustreerib arvutus 6.4. Maksimaalne tekkiv pinge on c.a 112 N/mm^2 , mis teeb varuteguriks c.a 2,1.

Arvutused kinnitavad, et olukord 1 on ohtlikum, sest tekkinud pinge on suurem ja varutegur väiksem.

Arvutus 6.4 Olukord 2 tugevusanalüüsi tulemus



Analüüsist saab teha järelduse, et kasutades S235 terast T profiili materjaline on kriitilises positsioonis varutegur 1,37 mis võib jääda väikeseks. Samuti tuleb arvesse võtta, et antud olukordades on koormus jaotatud relside peale ühtlaselt, realsel situatsioonis see ei pruugi nii olla. Varutegur võiks olla suurem. Võttes kasutusele S355 terase T profiili materjaliks on varuteguriks c.a 2,07, mis on oluliselt kindlam.

Lisafunktsioonid

Täiendavalt on siin peatükis välja toodud elemendid, mida on võimalik edasi arendada, kergitades masina ergonoomikat ja väärtust.

Loetelu võimalikest lisadest masinale:

- Aknapesu kojamehed masina sissepoole, klaasi puhtana hoidmise eesmärgil;
- Õhupuhur seadme sisse, kojamehe asemel. Edastab suruõhku ja tekitab õhukaardina akna ette, et sellele ei langeks pritsmeid;
- Eraldi töölaud väikeste detaili puhastamiseks;
- Vankri ja töölaua ära võtmise võimalus, täies ulatuses rest töö tegemiseks masina pesukambris.

KOKKUVÕTE

Käesolevas lõputöö eesmärk oli leida viis Swecon AS Haapsalu töökojale komponentide puhastustööde läbiviimise võimaldamiseks.

Tööd alustati turu uuringuga ja sobivate seadmete otsimisega. Samuti kaaluti puhastusteenuste sisse ostmise võimalust. Turu olukorrast ja töökoja spetsiifilistest nõuetest tulenevalt peeti kõige otstarbekamaks seade omal jõul projekteerida.

Projekteerimisele eelnes põhjalik funktsionaalsuse hindamine erinevate hindamismatriksite ja kriteeriumite põhjal. Hindamisele järgnes detailne projekteerimine mille tulemuseks on toimiv märgpuhastusseade mis rahuldab kõiki ettevõtte nõudeid.

Kasutatud kirjandus

1. Mehaanikainseneri käsiraamat / üldtoimetaja P. Kulu. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2012.
2. DISA 2318w-2a blast machine
https://www.disamachine.net/en/products/air_blast_machine/wet_blast_machine/46.html
3. TS1010W Blast Machine
<https://www.tsblasting.com/Product/TS1010W-Blast-Machine.html>
4. DB 1500 hind
<https://www.made-in-china.com/showroom/dustlessblasting/product-detailvzQajBPvGYH/China-DB-1500-Dustless-Blaster.html>
5. DB 1500
<https://www.dustlessblasting.com/products/blast-pots/db1500>
6. Aquablast 1515
<https://www.vixen.co.uk/machines/aquablast-1515>
7. Kärcheri survepesumasin, Stokkeri kodulehelt
<https://www.stokker.ee/survepesur-k-7-compact-karcher-c-1.447hyphen050-kar>
8. Amnasi Frontloader AFL
<https://anmasi.com/prts/frontloader/>
9. Terasest resti kujutis
<https://www.chinasteelgrating.com/steel-grating/welded-steel-grating.html>
10. Turu uuringus kasutatud märgpuhastusseade
<https://www.vixen.co.uk/machines/aquablast-1515>
11. Tugikuullaagri valik ja variandid
<https://www.tedin-bearing.com/special-slewing-bearings/>
12. Neljapunktkuul-laagri valik ja variandid [20.05.2022]
https://www.kaydonbearings.com/downloads/catalog390/Kaydon_390_BearingTables.pdf
13. Seadme raami kandva alusratta valik
<http://catalogue.blickle.ee/?startpage=288>
14. Seadmes kasutatud reoveepump
<https://juniik.ee/pood/musta-vee-sukelpump-1100-w-16500-l-h/>
15. <https://www.alas-kuul.ee/>
16. Würth kinnitusvahendite kataloog

- <https://www.wuerth.ee/kataloog/>
17. Mõtteskeemide programm
<https://demo.bpmn.io/>
 18. Survepesuri näide
<https://www.stokker.ee/survepesur-k-7-compact-karcher-c-1.447hyphen050-kar>
 19. Reguleeritavad taldmikud ukse jalgadele
<https://www.b-plastic.com/shop/pdfLoader.php?id=7609&lang=en>
 20. Tihendiga seib vankri ratta kinnitamiseks
<https://simmsbros.co.uk/hydraulics-hose-fittings/hydraulic-fittings/washer-seal/m8-dowty-washer-seal/>
 21. Küljel asuva ukse hing
<https://grabcad.com/library/hinge-400>
 22. Küljel asuva ukse kinnitusklamber
<https://www.traceparts.com/en/product/boutet-00604006-clamp-miniature-pushpull-with-bracket>
 23. Musta vee sukelpump
<https://juniik.ee/pood/musta-vee-sukelpump-1100-w-16500-l-h/>