BSc í vél- og orkutæknifræði

Hönnun á afrúllara

Júní, 2017

Nafn nemanda: Einar Jónsson

Kennitala: 040984 – 3569

Leiðbeinandi: Indriði Sævar Ríkharðsson

[24] ECTS ritgerð til [BSc í Vél- og orkutæknifræði]

Tækni- og verkfræðideild

Heiti verkefnis:

Hönnun á afrúllara

Námsbraut:

Vél- og orkutæknifræði BSc

Tegund verkefnis:

Lokaverkefni í tæknifræði BSc

Önn:

Vorönn 2017

Námskeið:

VT LOK1012

Höfundur:

Einar Jónsson

Umsjónarkennari:

Indriði Sævar Ríkharðsson

Leiðbeinandi:

Indriði Sævar Ríkharðsson

Fyrirtæki/stofnun:

Ágrip:

Verkefnið fjallar um hönnun á afrúllara fyrir heyrúllur.

Helstu markmið verkefnis eru: að hanna öruggan búnað sem mun auðvelda vinnu við gjöf á heyrúllu; að einn notandi geti unnið við búnaðinn; að búnaðurinn sé einfaldur í smíði og notkun; og að búnaðurinn sé viðhaldslítill, endingargóður og ódýr í smíðum.

Hönnun og spennugreining var gerð í forritinu Autodesk Inventor. Þá var rafmagnsteikning gerð í forritinu PC Schematic og skýrslan var unnin í Microsoft Word.

Helstu niðurstöður verkefnisins er hannaður afrúllari með öllum útreikningum og völdum íhlutum í smíði og drifbúnað. Þá liggja fyrir smíðateikningar með smíðalýsingu, rafmagnsteikning og kostnaðaráætlun.

Dagsetning:

28.4.2017

Lykilorð íslensk:

Afrúllari
Hífing
Hönnun

Lykilorð ensk:

Bale unroller
Hoisting
Design

Dreifing:

opin X **lokuð** ☐ **til:**

Formáli

Verkefnið er unnið sem lokaverkefni í vél- og orkutæknifræði við tækni- og verkfræðideild Háskólans í Reykjavík á vorönn 2017.

Tilgangur verkefnis er að hanna öruggan búnað sem mun auðvelda gjöf á heyrúllu til mikilla muna. Hugmynd af verkefni kom frá höfundi verkefnisins og er það unnið fyrir Snorra Kristjánsson, frænda höfundar og bónda frá Stafni í Reykjadal í Suður-Þingeyjarsýslu.

Höfundur vill koma fram þökkum til Indriða Sævars Ríkharðssonar, leiðbeinanda verkefnisins, fyrir mikil liðlegheit og almenna hjálpsemi við úrlausn á verkefninu.
Sérstakar þakkir fær sambýliskona mín Sandra Theódóra Árnadóttir fyrir yfirlestur á verkefni og góðar ábendingar.

Efnisyfirlit

1. Inngangur 1

2. Hugmyndavinna og markmið verkefnis 2

2.1 Framkvæmd í dag 2

2.2 Tæki sem til eru á markaði 3

2.3 Markmið verkefnis 4

3.Hönnunarferlið 5

3.1 Hönnunarforsendur 5

3.2 Öryggisstuðull 5

3.3 Fyrsta hönnun 6

3.4 Seinni hönnun 7

3.5 Lokahönnun 10

3.5.2 FEM greining á kló. 11

3.6 Hönnun á öxli 13

3.6.1 Hönnun á klemmufestingu öxuls 14

3.6.2 FEM greining á öxli. 14

3.7 Val á legu 16

3.7.1 Legu útreikningur 17

3.8 Hönnun á leguhúsi 20

3.8.1 FEM greining leghús 20

3.9 Hönnun á hífieyra 22

3.9.1 Útreikningar á hífieyra 22

3.9.2 FEM greining á hífieyra 24

3.10 Hönnun á lás 25

3.10.1 FEM greining á lás 26

4. Val á drifbúnaði 27
4.1 Rafmótor 28
4.2 Snekkjudrif 29
4.3 Tíðnibreytir 30
4.4 Hönnun á festingu drifbúnaðs 31
4.4.1 FEM greining á festingu drifbúnaðs 31
5. Rafkerfi 32
6. Lokaútlit 33
7. Smíðalýsing 34
8. Kostnaðaráætlun 35
9. Lög og reglugerðir 36
10. Niðurstöður og umræður 37
11. Samantekt 38
Heimildaskrá 39
Myndskrá 40
Töfluskrá 42
Viðaukar 43
A Útreikningar 43
B Íhlutir Tíðnibreytir 49
C Tilboð og verð 55
D Rafmagnsteikning af stýritöflu afrúllara 58
E Smíðateikningar 59

1. Inngangur

Mikil framþróun hefur orðið í tækni í landbúnaði á undanförnum áratugum. Þegar höfundur var í sveit á sínum barnæskuárum þá fór heyskapur fram með því að notaðir voru heyvagnar sem mötuðu hey upp í vagninn. Heyinu síðan blásið lausu upp í hlöðu og þegar fé var gefið hey var það gert á höndum. Eins og fyrr segir þá hefur þróunin orðið mikil og nú heyrir þessi aðferð heyskapar sögunni til. Eftir að heyrúllan kom til sögunnar var hægt að geyma heyið úti í lofttæmi og því ekki lengur þörf á stórum hlöðum til geymslu á heyi. Heyrúllan er þó ekki þæginleg í umgengni því hún er stór um sig og þung mjög. Því hafa verið hannaðir sérstakir afrúllarar sem vinda heyið af rúllunni, sem auðveldar alla vinnu við gjöf á heyi.

Við val á lokaverkefni ákvað skýrsluhöfundur að finna sér eitthvað sem hann gæti hannað og jafnvel smíðað sjálfur ef kostnaðaráætlun kæmi vel út. Eftir að hafa rætt við og skoðað aðstöðu hjá Snorra Kristjánssyni bónda í Stafni í Reykjadal, fékk höfundur þá hugmynd að hanna og gera kostnaðaráætlun fyrir smíði á búnaði sem myndi geta híft upp heyrúllu og jafnframt afrúllað hana niður í fóðurgang. Sá búnaður myndi gegna því lykilhlutverki að auðvelda vinnu við gjöf á heyrúllu. Í þessu lokaverkefni verður fjallað um hvernig sú vinna fór fram og hvernig til tókst.

Við úrvinnslu verkefnisins var notast við 3D teikniforritið Autodesk Inventor 2016 við hönnun og burðarþolsgreiningar. Rafmagnsteikning var gerð í PC Schematic. Þá var skýrslan unnin í Microsoft Word, allir reikningar gerðir í höndum og allar töflur settar upp í Microsoft Excel.

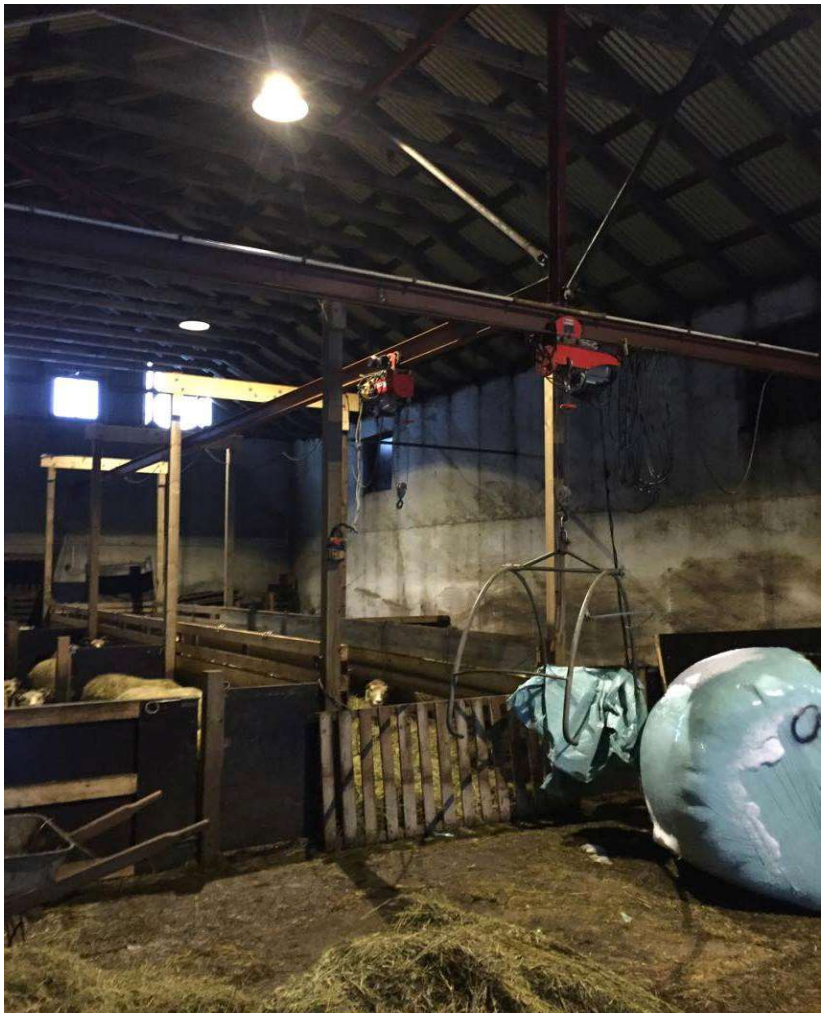
2. Hugmyndavinna og markmið verkefnis

Í þessum kafla verður leitast við að gera grein fyrir þeirri aðstöðu sem finna má á bóndabænum Stafni Reykjadal og hvernig heygjöf fer þar fram. Jafnframt verður gerð grein fyrir markmiðum verkefnisins ásamt því að skoða þau tæki sem í boði eru á innlendum markaði.

2.1 Framkvæmd í dag

Farin var vettvangsferð á bóndabæinn Stafn í Reykjadal og þar var skoðuð sú aðstaða sem er til staðar. Það verklag sem viðhaft er við gjöf í dag var skoðað og var leitast við greina helstu skorður verkefnisins. Í fjárhúsi er búið að útbúa aðstöðu með tveimur hlaupaköttum sem staðsettir eru yfir sitthvorum fóðurganginum.

Gjöf í dag fer fram þannig að heyrúlla er skorin til hálfs, til kjarnans og hífð með rúllukló í fóðurgang, þar sem hún er gefin. Aðferð þessi kostar umtalsverða handavinnu. Gefnar eru 6 rúllur í einu og duga þær í um 4 - 5 daga.



Mynd 1 Aðstaða til gjafar í gamalli hlöðu í Stafni í Reykjadal. Mynd tekin af skýrsluhöfundi.

2.2 Tæki sem til eru á markaði

Á innlendum markaði í dag má finna til sölu tæki sem hafa sama tilgang og það sem hannað verður, þ.e. að afrúlla heyrúllu og þar með auðvelda bústörf. Hins vegar, hefur höfundur eftir mikla leit hvergi fundið tæki sem styðst við hífingu með hlaupaketti til að afrúlla heyrúllu.

Fyrirtækið Búvís er með til sölu afrúllara. Hann er þannig hannaður að rúllan sjálf situr í sæti og síðan er rafmótor sem snýr færibandi með teinum á, sem snúa rúllunni. Afrúllarinn er bæði til fyrir eins og þriggja fasa rafmagn.

Verð 850 þ.kr. án vsk. [1]

Mynd 2 Afrúllari frá Búvís, mynd fengin af vefsíðu Búvís.

Fyrirtækið RAG er með afrúllara að gerðinni Fliegl til sölu og er hann hannaður til að vera festur á ámoksturstæki á dráttarvélum eða bómu á lyftara. Afrúllarinn er tengdur við glussakerfi á tæki og sér rótor um að snúa rúllunni. Fjórir teinar stingast inn í rúlluna til að halda henni uppi.

Verð 530 þ.kr. án vsk.[2]

Mynd 3 Afrúllari frá Fliegl, Mynd fengin af vefsíðu RAG.

Fyrirtækið Jötunn er með til sölu afrúllara að gerðinni Blaney. Afrúllarinn er tengdur við glussakerfi á dráttavél sem snýr rúllu með rótor líkt og Fliegl gerir.

Verð 1.090 þ.kr. án vsk. [3]

Mynd 4 Afrúllari frá Blaney, mynd fengin af vefsíðu Jötunn.

2.3 Markmið verkefnis

Markmið verkefnis er að hanna fullbúinn afrúllara sem mun auðvelda vinnu við gjöf á heyrúllum á bóndabænum Stafni í Reykjadal. Hönnun á afrúllaranum er sniðinn að þeirri uppsetningu á hlaupaketti og fóðurgangi sem er til staðar á bóndabænum.

Við lok verkefnis verður tilbúin smíðateikning með smíðalýsingu á afrúllara og rafmagnsteikning af stýribúnaði. Einnig verður tilbúin kostnaðaráætlun fyrir smíði á búnaðinum sjálfum.

Helstu markmið hönnunar eru eftirfarandi:

Einn notandi geti unnið við búnaðinn.

Búnaður sé öruggur fyrir notanda.

Búnaður sé einfaldur í smíði og notkun.

Búnaður sé viðhaldslítill og endingargóður.

Búnaður sé ódýrari valkostur en þeir sem eru til á markaði.

3.Hönnunarferlið

Í þessum kafla verður gerð grein fyrir því hverjar eru hönnunarforsendurnar, hvernig öryggisstuðull var ákveðinn og farið verður yfir alla hönnun sem gerð var í verkefni frá fyrstu drögum að búnaði til lokahönnunar.

3.1 Hönnunarforsendur

Að sögn bóndans í Stafni er heyrúllan yfirleitt um 500 kg. Heyrúllan er 1,2 m í þvermál og 1,2m að hæð. Lyftihæð í fjárhúsi er 3 m, mælt frá gólfi uppí krók hlaupakötts. Eins og í flestum sveitum landsins er aðeins einfasa rafmagn á bóndabænum þar sem afrúllarinn á að vera notaður. Það er brýnt að taka tillit til allra þessara þátta í hönnun búnaðarins og vali á drifbúnaði.

3.2 Öryggisstuðull

Í allri hönnun er æskilegt að hafa einhvern öryggisstuðul til að ganga útfrá, til þess að hafa borð fyrir báru ef eitthvað í hönnun hefur að einhverjum ástæðum verið misreiknað eða undirhannað. Öryggisstuðull er einfaldlega hlutfall milli flotmarka efnis og samsettri spennu sem myndast með álagi.

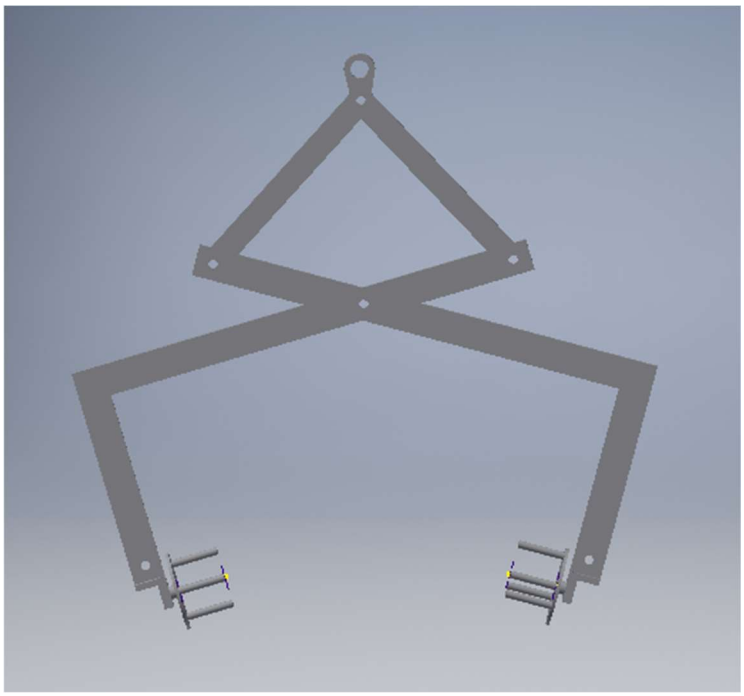
$$Fs = \frac{\sigma y(Flotspenna\ efnis)}{\sigma ap(von\ mises\ spenna)} \qquad (1)$$

Notast var við þumalputtaregluna um ákvörðun um öryggisstuðul út frá 5 megin þáttum hönnunarinnar sem eru eftirfarandi: val á efni; álag; nákvæmni í smíði; þreyta í búnaði og áreiðanleiki. Þessir þættir hafa allir sinn ákveðna stuðul og þeir margfaldaðir saman mynda svo öryggisstuðullinn. (Ullmann, 2009.[5])

Tafla 1 Útreikningur öryggisstuðuls

Fs Material	Upplýsingar um smíðaefni úr töflubók.	1,1
Fs Stress	Þekkt álag heyrúlla 500 kg.	1,2
Fs Geometry	Venjuleg nákvæmni í smíðateikningum.	1
Fs Failure analysis	Þreyta verður ekki reiknuð. Áreiðanleiki legu reiknaður.	1,3
Fs Relibility	Mikill áreiðanleiki búnaðar, allt að 98%.	1,3
Fs Öryggistuðull	Hönnunar öryggisstuðull	**2,2**

3.3 Fyrsta hönnun



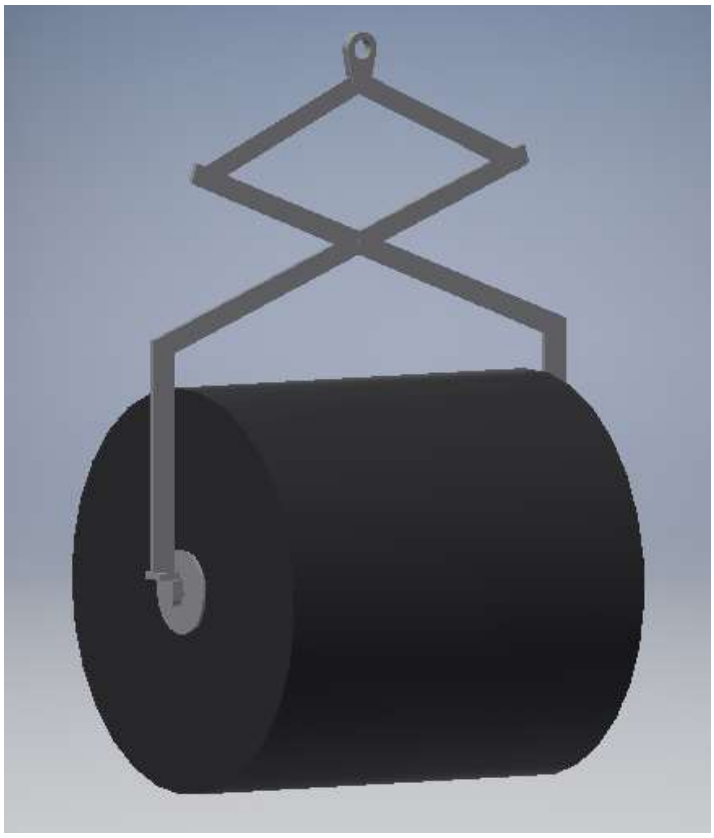
Mynd 5 Fyrstu drög af búnaði, teikning úr Inventor.

Í fyrstu teikningu af búnaði þá var reynt að átta sig á æskilegri stærð búnaðarins, búnaður þarf að geta opnast yfir rúllu og klemmast beint inní rúllu. Ákveðið var að hafa búnaðinn eins mekanískan eins og hægt er að komast upp með. Ákveðið var einnig að nota engan vökvabúnað í hönnun, þ.e. enginn tjakkur sem læsir heyrúllu fastri fyrir hífingu. Það var aðallega gert með það í huga að hafa hífibúnaðinn einfaldan, léttan og ódýran eins og kostur er.

Eftir að hafa kannað framboð á hífibúnaði á veraldarvefnum, þá var talið heppilegast að hafa búnaðinn á liðum, þannig að þegar hífi er þá munu teinar ganga inní miðja rúlluna, sitthvorum megin og þannig nota þyngd rúllunnar til að þrýsta klemmubúnaði saman við hífingu. Gert var ráð fyrir því að nota búkkalegur í fyrstu hönnun og var drifbúnaði ætlað að vera einungis öðrum megin á klónni.

Með fyrstu drögum á búnaði var hægt að átta sig betur á nauðsynlegri lengd á örmum klónnar, því að búnaður þarf að geta opnast meira en 1,2 m samanbrotinn yfir rúllunni og þegar klóin klemmir saman þá þarf sú klemma að vera eins lárétt og hægt er. Einnig var hægt að finna út rétt horn á vinkilarm neðri arms, til þess að teinar gangi sem beinast inní rúllu við hífingu. Ákveðið var að á kló þyrfti að vera lás sem heldur klónni í opinni stöðu þegar verið er að festa kló á heyrúlluna.

3.4 Seinni hönnun

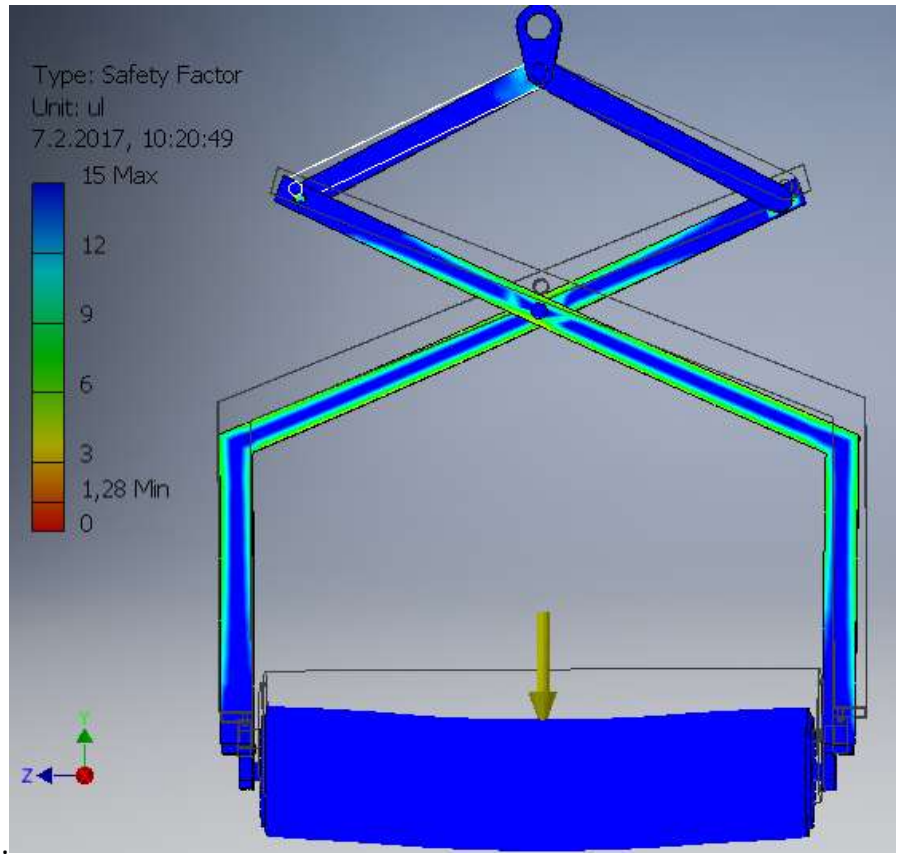


Mynd 6 Seinni drög af búnaði, teikning úr Inventor.

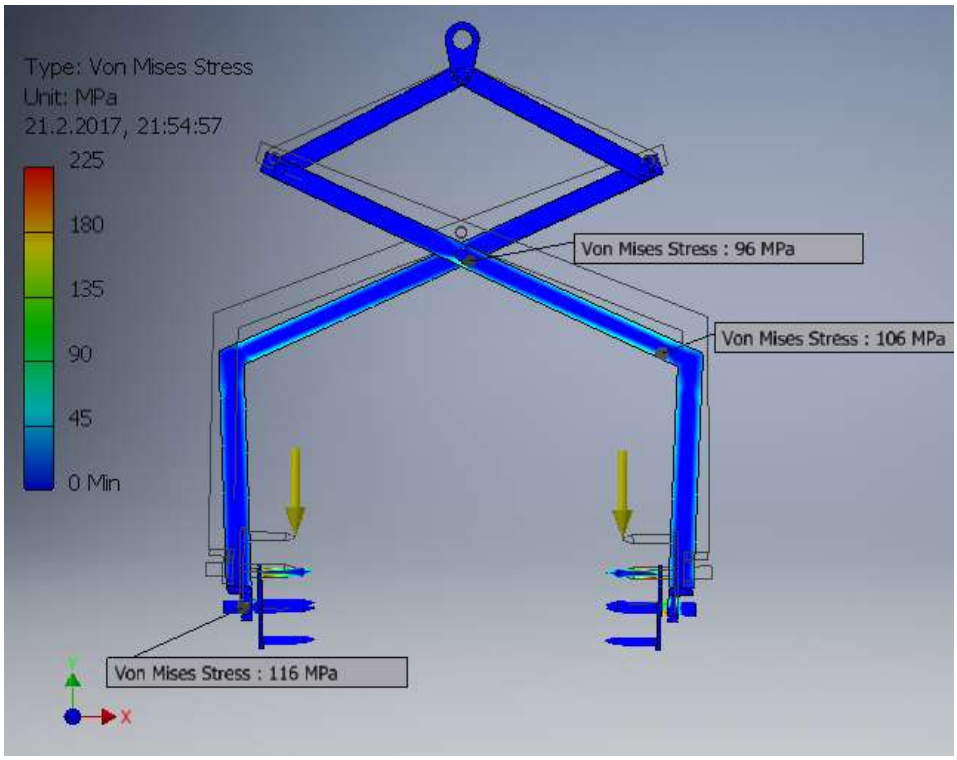
Með seinni hönnun var ákveðið að sjá hvernig kæmi út að teikna upp heyrúllu og gefa henni fasta þyngd 500 kg og nota eðliseiginleika gúmmís. Þannig greina hvernig þetta myndi virka sem næst raunveruleikanum. Allur búnaður var teiknaður sem flatjárn 20x60 mm. Þá var framkvæmt stress analysis í Autodesk Inventor.

Í Autodesk Inventor var aðgerð *fixed* sett á hífieyrað, *gravity* stillt á þyngdarhröðun jarðar (9,81). *Contacts* stillt þannig að allir hlutir sem fastir eru saman eru hafðir *bonded*. Hlutir sem geta hreyfst stilltir á *separation*. Með þessum stillingum var reynt að herma eftir því hvað myndi gerast ef heyrúllan hengur í búnaði. Heyrúllan var höfð með efniseiginleikum gúmmís til að líkja eftir því þegar klemmur ganga inn í rúllu.

Ekki gekk þessi fyrsta hermun nógu vel þar sem klemmurnar vildu ekki ganga inn í rúllu. Mestu spennur reyndust vera við neðsta lið, sjá mynd (7) og við pinna sem ganga inn í rúllu og öxulinn sjálfan við legu. Þetta sést ekki vel á mynd þar sem rúllan er utanum þann pinna.



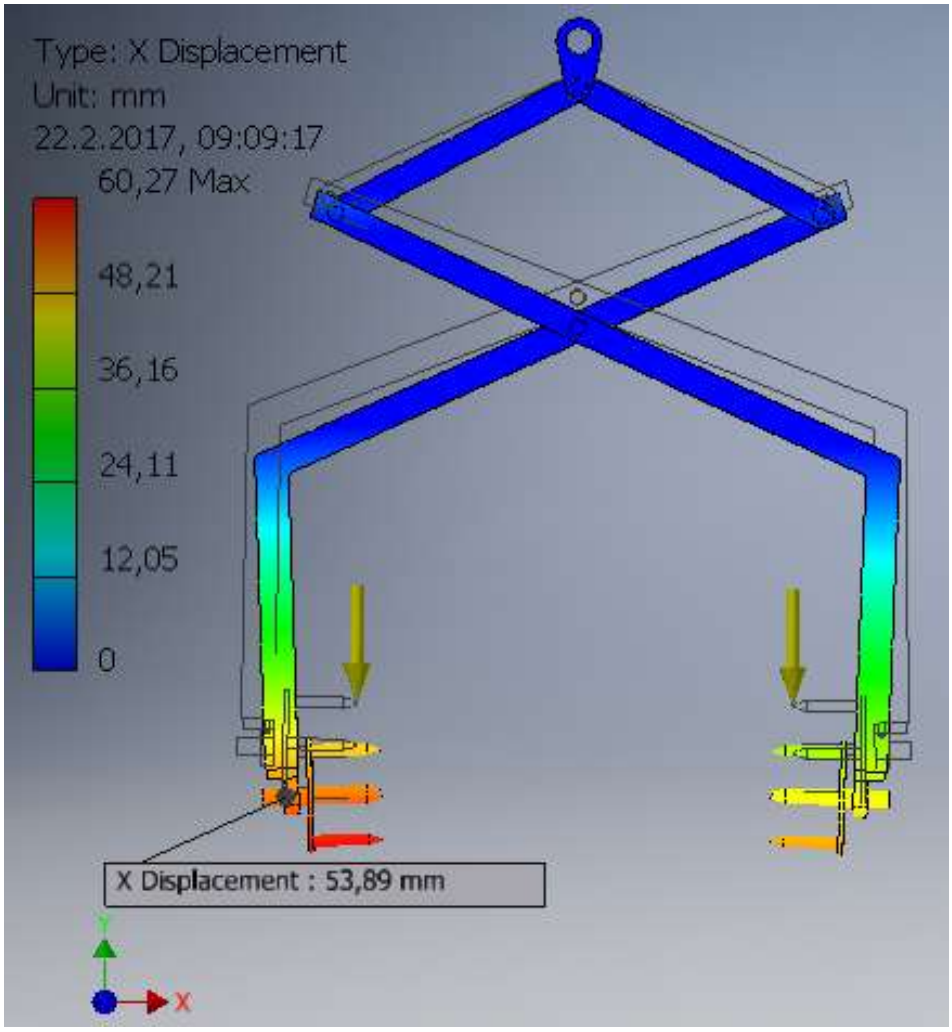
Mynd 7 Niðurstöður fyrstu spennugreiningar, mynd úr Inventor



Mynd 8 Niðurstöður seinni spennugreingar, mynd úr Inventor.

Eftir mikinn tíma í breytingum á stillingum í greiningu á klónni, þá fannst út stilling sem virkaði þannig að kló gekk inn í rúlluna, eins og hún myndi gera í raunveruleikanum. Þessi seinni greining nær að líkja eftir því þegar heyrúlla klemmist á milli. Í Autodesk Inventor voru pinnar í liðum á kló hafðir öðrum megin með *sliding/ no seperation*. Hafður var gormur á milli klemma í stað heyrúllu, gormur settur með stífni 0 N/mm og 2500 N kraft á einn pinna sitthvorum megin sem er áætlaður 5000 N heildarkraftur 500 kg heyrúllu. Niðurstöður úr seinni greiningu má sjá á myndum (8) og (9).

Á mynd (8) eru niðurstöður úr spennugreiningunni og þar reyndust mestu samsettu spennur vera í öxli á kló við legu. Spennan mældist 116 MPa. Við neðsta lið á kló var mest 96 MPa spenna. Í efri örmum er bara tog átak. Á mynd (9) má sjá færslur í klónni sem verða við þetta álag. Það kom í ljós að við það að lyfta upp rúllunni færist klóin inní heyrúllu um 54 mm báðum megin með kraftinum 2500N.



Mynd 9 Sýnir færslu á kló inn í heyrúllu, við að lyfta upp heyrúllu.

3.5 Lokahönnun

3.5.1 Efnisgerð í kló

Eitt af markmiðum hönnunar var að hafa búnað eins ódýran og einfaldan í smíði og hægt er. Því var ákveðið að notast við stál í allri hönnun á klónni að gerðinni RSt. 37-2 með flotmörk 225 MPa. Um er að ræða óblendið smíðastál og heitvalsað sem er hannað fyrir hluti með litla áraun og góða vinnslueigineika. Stálið er notað í vélaframleiðslu og sem byggingarstál. (Falk, Krause, Tiedt, 2004 [5]).

Reiknað var út tregðuvægi, spennur og öryggi út frá vægi í neðsta lið klónnar, í nokkrum gerðum flatjárns. Þessir reikningar voru gerðir til þess að finna út ákjósanlega efnisgerð í klónna. Niðurstöður eru settar upp í töflu 2.

Notaðast var við eftirfarandi formúlur:

$$I = \frac{b * h^3}{12} \quad (2)$$

$$\sigma = \frac{-M * y}{I} \quad (3)$$

$$M = F * r \quad (4)$$

Tafla 2 Samanburður við val á efnisgerð flatjárns.

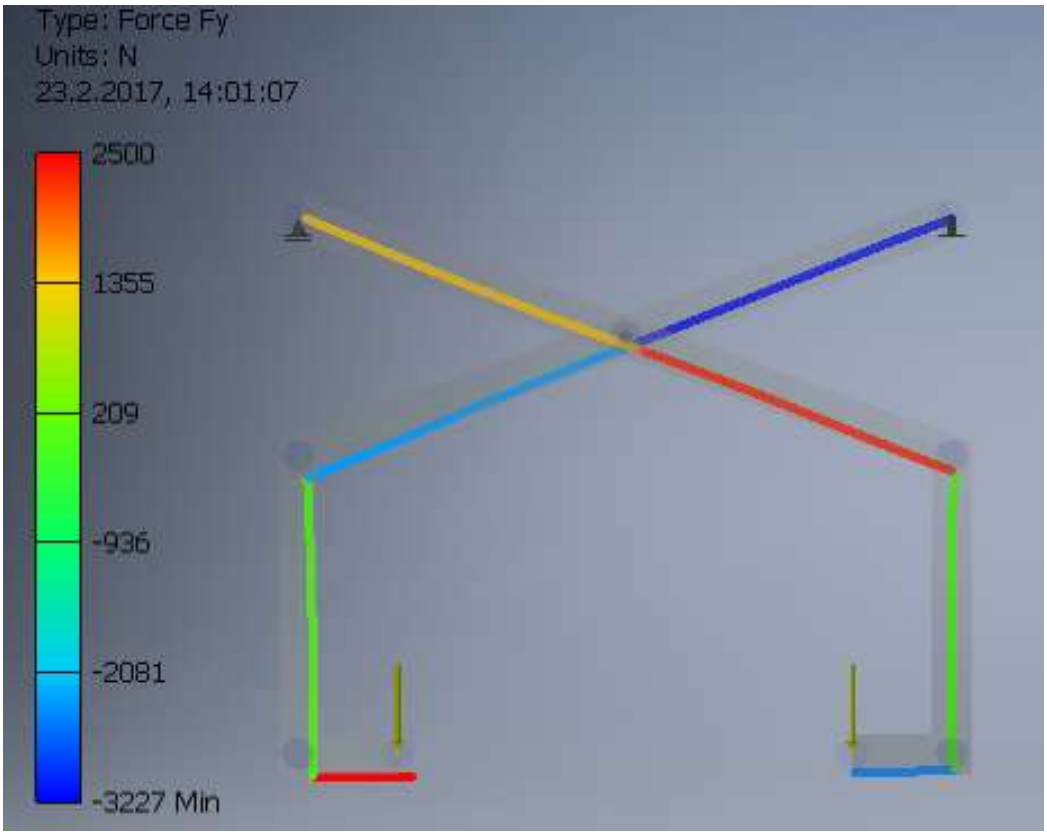
Efnisgerð (mm)	Normalspenna (Mpa)	Þyngd (kg/m)	Öryggisstuðull
20x40	234,4	6,28	1
20x50	150	8,01	1,5
20x60	104,2	9,6	2,2
20x70	76,5	11	2,9
12x70	127,6	6,73	1,8
12x80	**97,7**	**7,69**	**2,3**
10x80	117,2	6,41	1,9

Samkvæmt útreikningum, sjá betur í viðauka A.4, þá reyndist koma best út að notast við 12 x 80 flatjárn. Flatjárnið kom best út við þessar aðstæður útfrá styrk, þyngd og öryggi. Einnig er litið til þess að auðveldara verður að sjóða þessa þykkt af stáli alveg í gegn, samanborið við 20 mm þykkt flatjárn. Þessi niðurstaða er ennfremur í samræmi við markmið hönnunarinnar um að hafa búnaðinn sem léttastan.

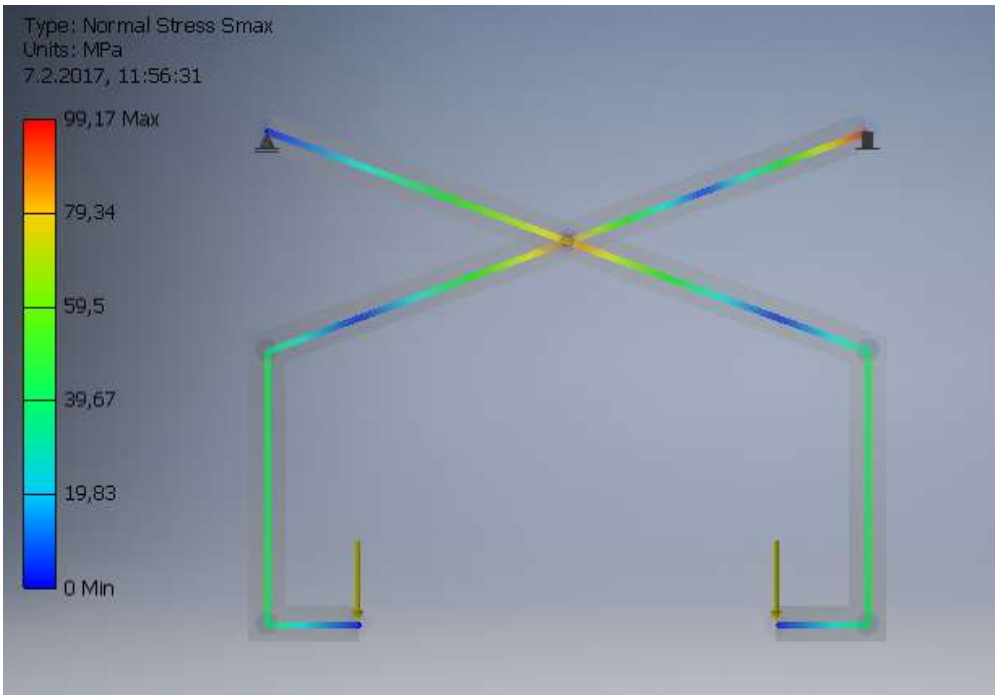
3.5.2 FEM greining á kló.

Eftir að 12x80 mm flatjárn var valið í kló afrúllarans var ákveðið að greina spennur, vægi og krafta með bitamódeli, *frame analysis*. Það var gert með því að gera einfalda línuteikningu af módelinu sem var búið að hanna í seinni hönnuninni. Teiknaðir voru neðri armar, þeir festir saman með lið og valið efnið 12x80 mm flatjárn. 2500 N kraftur settur báðum megin á þar sem hugsað er að klemman utanum rúllu komi. Annar armurinn var hafður fastur og hinn á færanlegri undirstöðu, til að líkja eftir raunverulegu álagstilfelli.

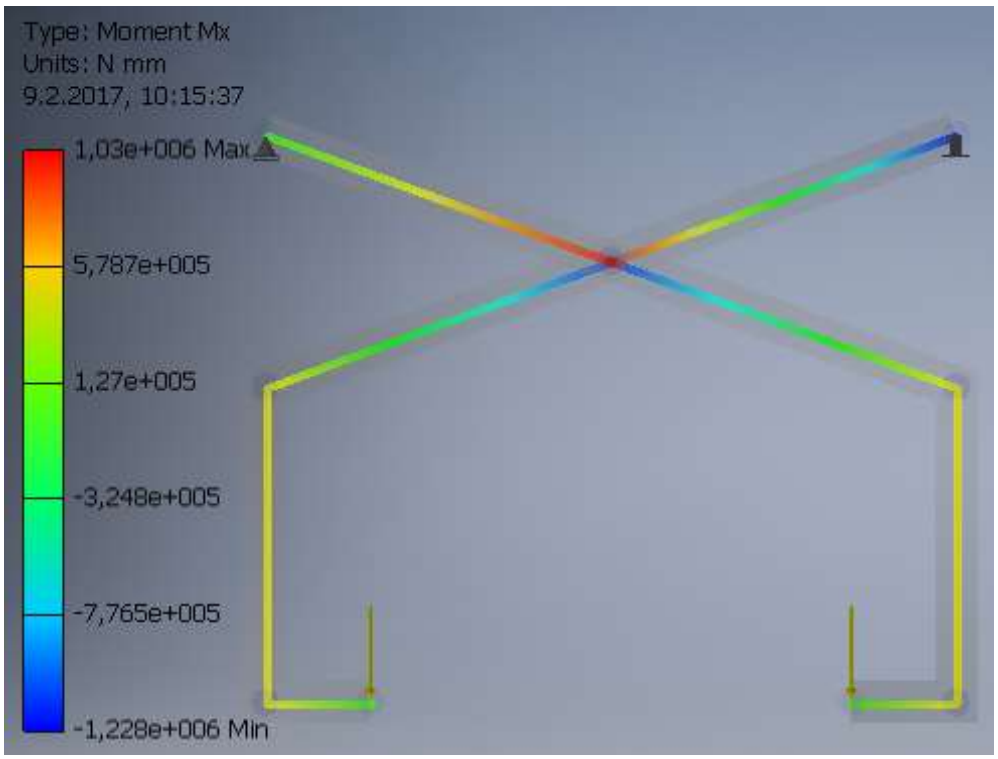
Notuð var skipunin *clevis pin* til að hanna nauðsynlega stærð á pinna sem tengir saman arma. Þar var stilltur inn öryggisstuðullinn 2,2 og gefið upp þekkt álag. Valin stærð á pinna fyrir samsetningu var 18 mm, samkvæmt útreikningum úr Inventor. Niðurstöður bitamódels greiningar komu heim og saman við niðurstöður útreikninga, sjá myndir (10-12). Þar sem mesta spenna við neðsta lið klónnar var 90 Mpa. En það var búið að reikna út að hún myndi vera 97,7 Mpa miðað við valda efnisgerð. Hægt var að kortleggja þrýstikraft -2500 N sem klemmir kló við rúllu og krafta sem verka á liði.



Mynd 10 Kraftadreifing á bitamódeli, mynd úr Inventor



Mynd 11 Spennugreining úr Frame analysis Inventor



Mynd 12 Vægisgreining úr Frame analysis Inventor.

3.6 Hönnun á öxli

Mynd 13 Öxull festur í leguhúsi, teikning úr Inventor.

Útfrá þekktu álagi var hægt að reikna hvert nauðsynlegt þvermál á öxli þyrfti að vera. Reiknað var með 2500 N álagi á enda pinna, sem er hálf þyngd heyrúllu. Samkvæmt hönnun er lengdin í miðja legu frá enda pinna 220 mm. Því var hægt að finna vægið í miðja legu. Reiknað var út að 40 mm öxull myndi henta vel með öryggisstuðul uppá 2,6. Það verður notast við stál að gerðinni Rst 37-2 í öxulinn líkt og í öllum öðrum hlutum klónnar. Normalspenna reiknaðist 87,5 Mpa, sjá nánar í viðauka A.5.

Öxullinn verður samsettur og samanstendur af 42 mm öxli sem verður renndur til fyrir legu og settar gengjur á fyrir lásró. Við öxul er soðinn 8 mm þykk hringlaga plata, á plötuna koma fjórir 25X150 mm pinnar. Drifmegin þarf öxull að vera hannaður með kílspori sem tengir drifbúnað saman við öxulinn.

3.6.1 Hönnun á klemmufestingu öxuls

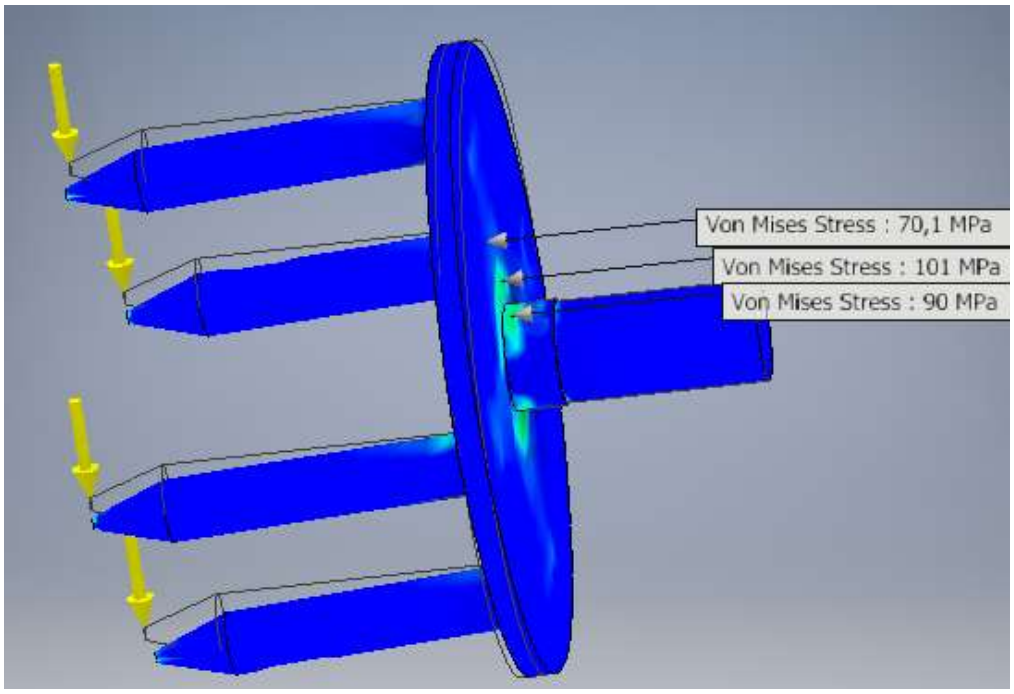
Við hönnun á festingu rúllu við öxulinn, þá var ákveðið eftir að hafa skoðað rúllukló sem er seld hjá fyrirtækinu Búvís[1], að lengd á pinnum væri heppileg 150 mm og nauðsynlegt væri að rúna þá í endann þannig að þeir gangi auðveldlega inní rúllu. Því þurfti aðeins að finna út stærð pinnans og hve margir þeir þyrftu að vera. Það var gert með því að setja upp töflu og reikna út normalspennuna vegna vægis. Það reyndist koma best út að hafa fjóra pinna og hafa þá 25 mm breiða, sjá niðurstöður í töflu 3. Útreikninga má finna í viðauka A.6.

Tafla 3 Ákvörðun á stærð og fjölda pinna á öxli.

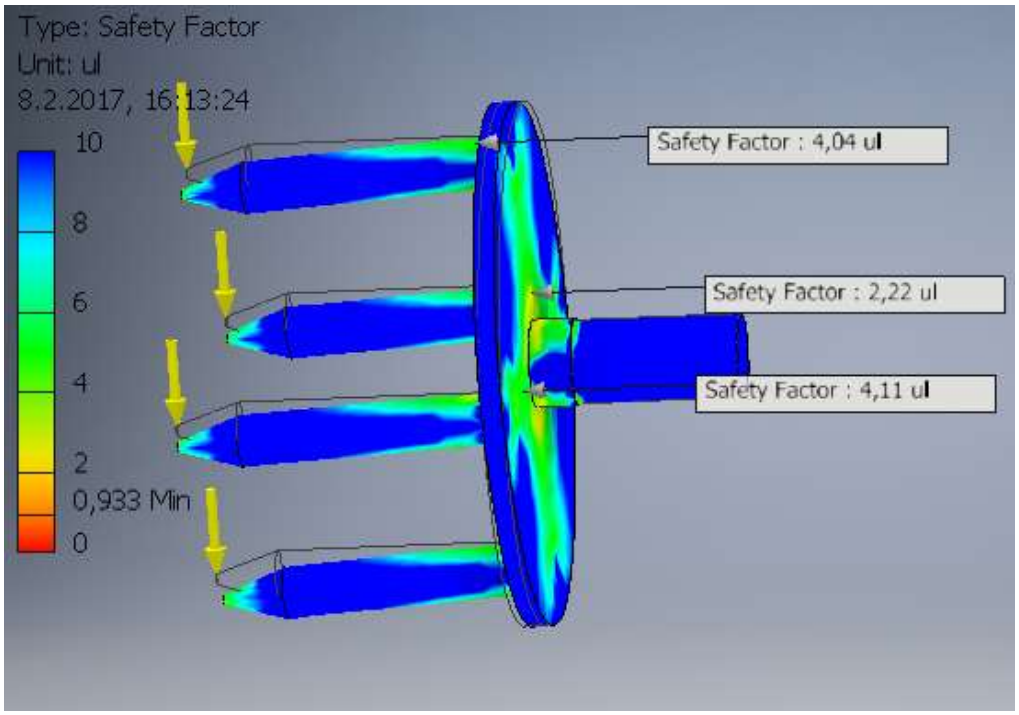
Stærð (mm)	Lengd (mm)	Fjöldi (stk)	Normalspenna (Mpa)	Öryggisstuðull
20	150	3	159,2	1,4
20	150	4	119,4	1,9
25	150	3	81,5	2,7
25	150	4	61,1	3,7

3.6.2 FEM greining á öxli.

Þegar búið var að ákveða hvernig öxulinn ætti að vera var farið í það að greina hann í Inventor stress analysis. Líkt var eftir því þegar heyrúlla situr á enda pinna með því að deila niður 2500 N krafti á alla fjóra pinnanna, hver pinni fékk á sig 625 N kraft. Aðferðin *fixed* var notuð á þann hluta öxuls sem legan mun fara utanum. Í greiningu voru spennur í pinnum heldur meiri en reiknuð gildi gáfu til kynna en búið var að reikna að spennur í pinna væru 61,1 MPa en samkvæmt Inventor voru spennur 70 MPa. Mestu spennur í plötu voru um 100 MPa á litlu svæði og mestu spennur í öxli voru 90 MPa, sjá mynd (14). En búið var að reikna spennu uppá 87,5 MPa í öxli. Öryggisstuðull samkvæmt greiningu var á bilinu 2,2 uppí 4 á krítískum stöðum öxuls, sjá mynd (15). Í greiningu kom fram töluvert há spenna á mjög litlu svæði á samskeytum 42 mm öxuls og 40 mm. Ekki verður haft miklar áhyggjur af því í hönnun og sú spenna ekki talin marktæk því hún á sér stað á mjög litlum afmörkuðu svæði.

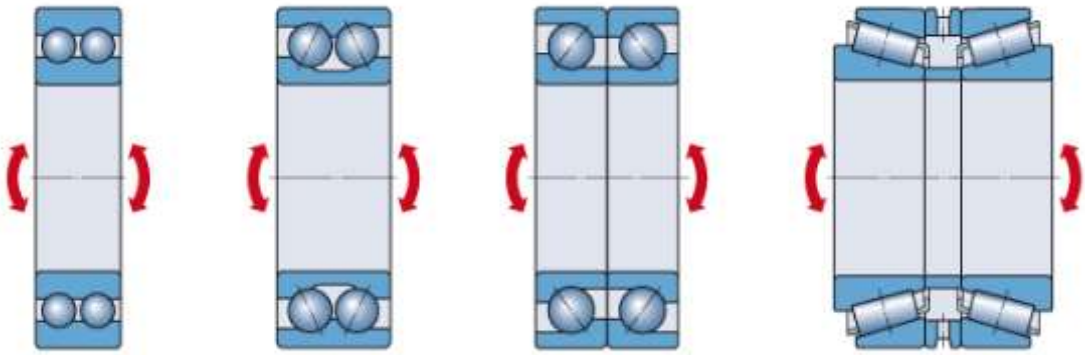


Mynd 14 Spennugreining á öxli, mynd úr Inventor.



Mynd 15 Öryggisstuðlar á öxli, mynd úr Inventor

3.7 Val á legu



Mynd 16 SKF mælir með þessari uppsetningu við vægisálag á legur, mynd fengin af vefsíðu SKF[9].

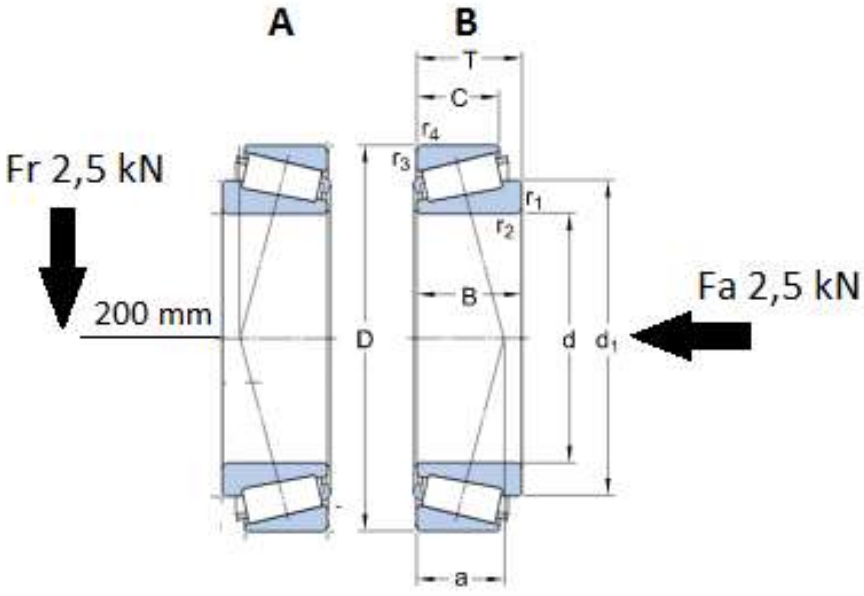
Þar sem ekkert heldur við öxulinn öðrum megin er nauðsynlegt að velja legu sem hönnuð er fyrir mikið vægi. Til að ákvarða stærð og gerð legunnar var fundið vægið sem legan þarf að geta borið. Búð var að finna út að öxullinn þyrfti að vera 40 mm til að standast vægið.

Samkvæmt vefsíðu SKF þá er mælst með því að hafa uppsetningu á legum eins og sést á mynd (16). Uppsetningin snýst um að láta legur vinna saman og því meiri halli á legum því meira átakssvæði fyrir legur til þess að taka álagið.

Eftir ráðfæringar við leiðbeinanda þá var talið best að fara í það að reikna út hve stór legan þyrfti að vera til að standast vægið. Gengið var út frá því að innanmál legu væri 40 mm, eða sú sama og þykkt öxulsins. Því þurfti að finna út breidd (T) og hæð (D) legu, sjá mynd (17) á næstu síðu.

Ákveðið var að hafa keflalegur og þær hertar saman bak við bak. Mun minni hætta er á því að keflin í legunni marki sjálfan legubanann ef t.d. rúllan er geymd í klónni í töluverðan tíma heldur ef valið hefði verið kúlulegur. Keflalegur eru almennt taldar betri í að taka vægisálag. Það skiptir miklu máli í vali á legum að átakspunktur (a) sjá mynd (17), milli leganna sé nógu mikill til að standast álagið sem skapast af bæði radial álagi frá þyngd heyrúllu á öxli og axial álagi frá klónni þegar hún klemmist á heyrúllu. Því var farið útí það að reikna út hvort valin lega myndi ráða við álagið. Legan sem valin var heitir 30208 J2/Q frá framleiðandanum SKF, nánari upplýsingar um hana má sjá í viðauka B.

3.7.1 Legu útreikningur



Mynd 17 Kraftamynd af uppsetningu á legum, valin lega 30208 J2/Q frá SKF [9].

Við útreikningana var notast við formúlur og fróðleik sem fenginn var úr legu kafla í bókinni Shigley's Mechanical engineering design (Budynas, R.G. og Nisbett, J.k. 2011.[8]) og glósur úr áfanganum HVV3003. Einnig var notast við upplýsingar frá vefsíðu framleiðandans (SKF [7]). Öll reiknuð gildi má sjá í viðauka A.7.

Byrjað var á því að taka vægi um legu A til að finna undirstöðukraftinn R_B fyrir legu B.

$$Ma = -F_r * 200 + R_B * (a + a) = 0 \qquad (5)$$

Kraftajafnvægi notað til að finna undirstöðukraftinn R_A fyrir legu A.

$$R_A + R_B = F_r \qquad (6)$$

Lega A tekur axial álagið, samkvæmt Shigley's[8] þá er sú lega sem verður fyrir axial álagi merkt sem lega A.

Áslægt álag er fundið og K stuðull er 1,6 fyrir þessa gerð af legu uppgefið frá framleiðanda.

$$F_{iA} = \frac{0{,}47 * F_r}{K} \qquad (7)$$

Jafngildisálag fundið næst með formúlu 8 sem gildir ef eftirfarandi skilyrði sé fullnægt:

If $F_{iA} \leq (F_{iB}+F_{ae})$

$F_{eB} = F_{rB}$

$$F_{eA} = 0{,}4 * F_{rA} + K(F_{iB} + F_{ae)} \qquad (8)$$

Jafngildisálagið sem virkar á legurnar er samanlagt radial og axial álag.

Samkvæmt vefsíðu SKF þá er væntanlegur líftími legu á bilinu 3000 – 12000 klst í tilviki þeirra sem notaðar eru í stutta stund í einu, líkt og raunin er í þessu tilviki.

Fundin var út áætlaður fjöldi snúninga legunnar miðað við hraðann 10 sn/mín og endinguna 8000 klst.

Næst var ending legunnar reiknuð út frá upplýsingum frá vefsíðu SKF. Uppgefin ending legunnar sem valin er, er milljón snúningar. Hlutfallið 10/3 er notað fyrir keflalegur. (*Po)* er reiknað jafngildisálagið og (*Co)* er uppgefið dýnamískt álag fyrir leguna.

$$LD = 10^6 * (\frac{Co}{Po})^{\frac{10}{3}} \qquad (9)$$

Áreiðanleiki (*R)* er fundinn með að reikna út hlutfallið (*x*) milli áætlaðra snúninga og reiknaðra snúningar út frá reiknuðu álagi.

$$x = \frac{L}{LD} \qquad (10)$$

Notast var við weibull parametra við að finna út áreiðanleikann.

b= 3/2, $\theta = 4{,}48$, $x_0 = 0{,}1$

$$R = e - (\frac{x - x_0}{\theta - x_0})^b \qquad (11)$$

Statískt öryggi var fundið með formúlu frá framleiðanda legunnar þar sem Co er statískt álag sem uppgefið er af framleiðanda og reiknaðs jafngildisálags.

$$So = \frac{Co}{Po} \qquad (12)$$

Athugað var með C_{10} gildi fyrir valda legu. Byrjað á því að finna margfeldið af líftíma með formúlu 13. Sú formúla tekur mið af því að ending legunnar (*Ld)* sé 8000 klst og hún snúist á hraðanum 10 sn/mín. Uppgefin ending (*LR)* frá framleiðanda er milljón snúningar.

$$Xd = \frac{Ld * nd * 60}{LR} \qquad (13)$$

Til að finna C_{10} gildi var notað jafngildisálagið sem búið va að finna, margfeldi líftíma og áreiðanleika.

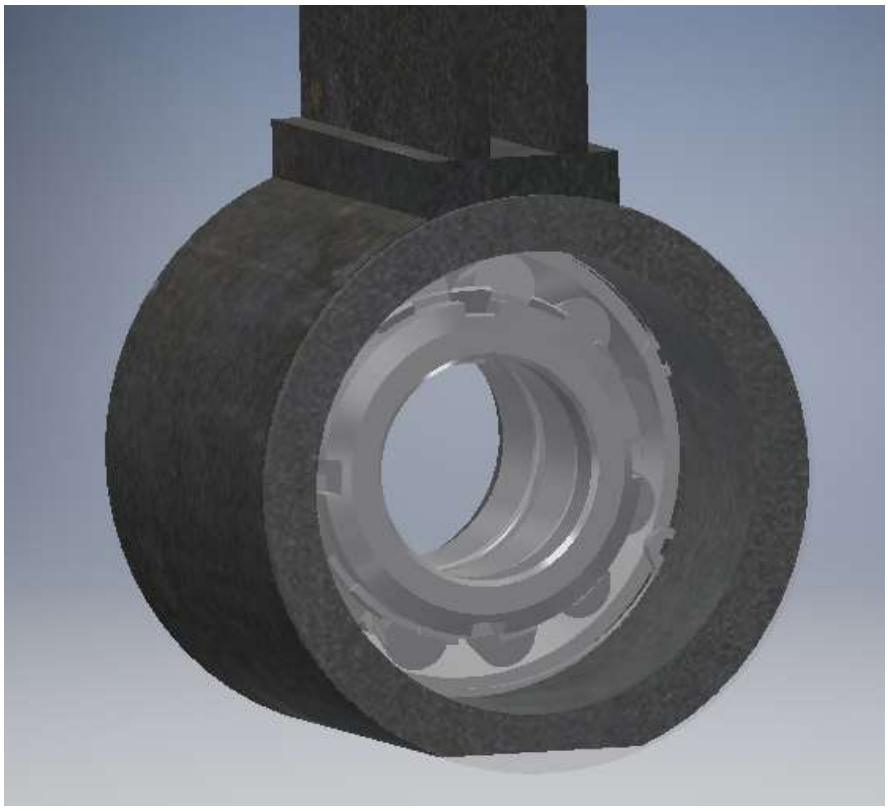
$$C_{10} = F_{ea}\left(\frac{x_d}{\theta(1-R)^{\frac{2}{3}}}\right)^{\frac{3}{10}} \qquad (14)$$

Tafla 4 Niðurstöður úr leguútreikningum

Niðurstöður	Lega A	Lega B
Jafngildisálag	16,6 kN	15,6 kN
Statískur öryggisstuðull	4,1	4,4
Áreiðanleiki	0,998	0,998
Ending	7,9*10^7 Sn	7,9*10^7 Sn
C10	58,7 kN	55,2 kN

Samkvæmt leguútreikningum er mikill áreiðanleiki fyrir því að valin lega lifi út áætlaðan líftíma sinn sem er 8000 klst og statískt öryggi er mjög mikið.

3.8 Hönnun á leguhúsi

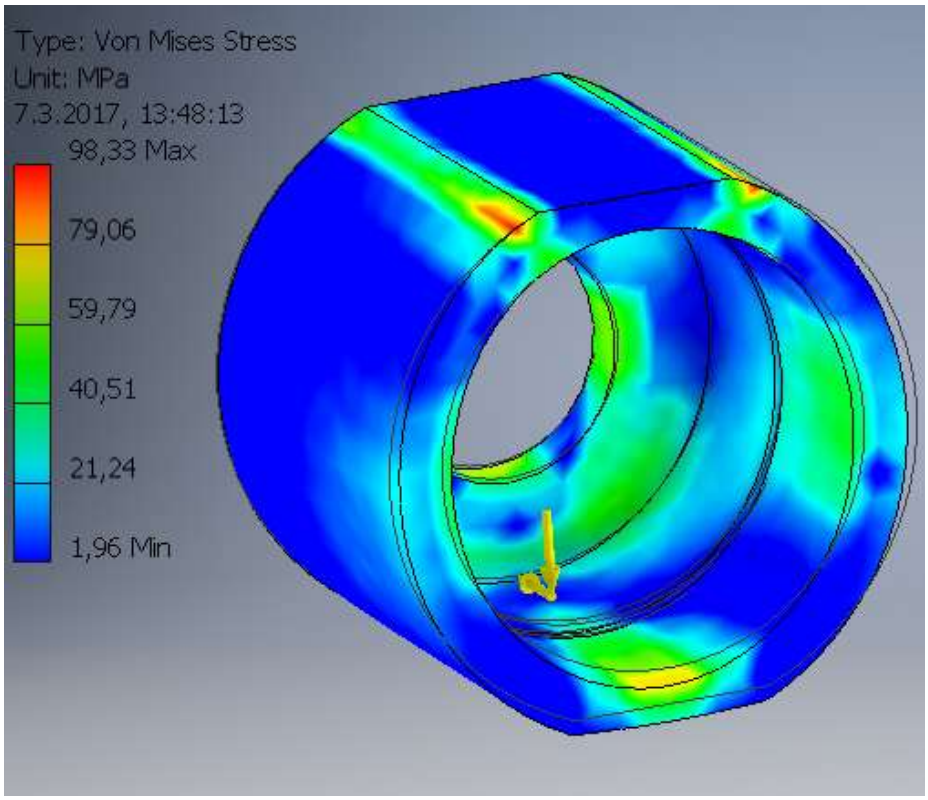


Mynd 18 Leguhús, sést inní leguhús með legum, splitthring, lásskinnu og ró, mynd úr Inventor

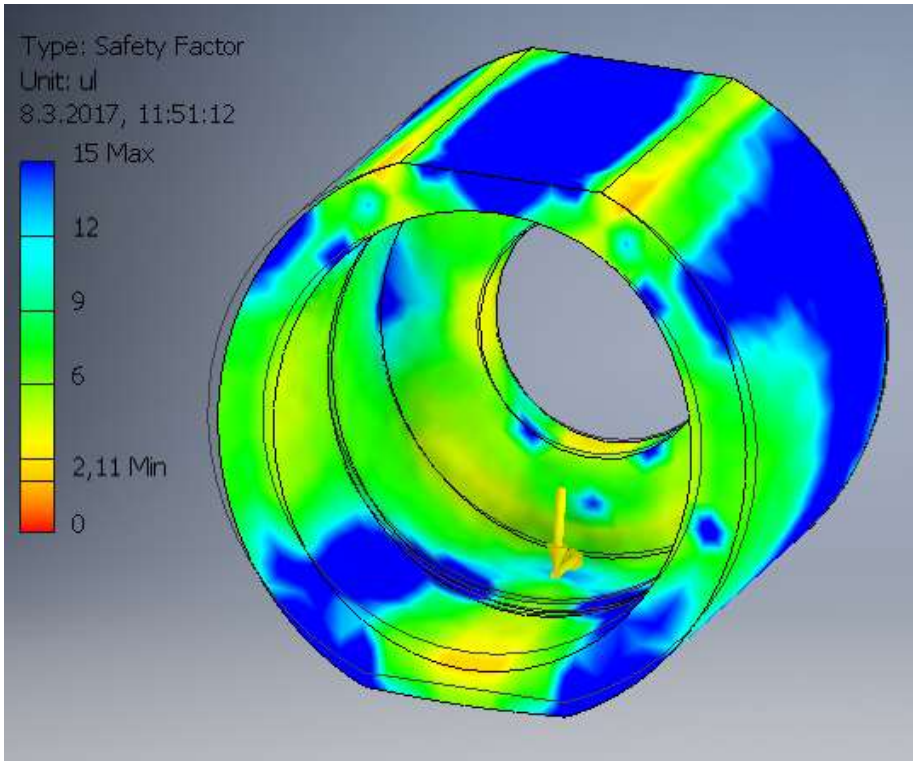
Eftir að búið var að velja legu sem stenst álagið þá var farið í hönnunarvinnu á leguhúsinu. Ákveðið var að einfaldast og best væri að sjóða húsið sjálft á klónna. Passlegt að lengd á húsi væri sama og hæðin á flatjárni sem notað er í klónna sjálfa, eða um 80 mm. 100 mm gegnheill öxull er nógu stór til að búa til húsið. Þá er veggþykktin á húsinu 10 mm. Ytri bani á legu er festur við leghúsið með splitthring sem gengur í rás sem er í húsinu. Gengjur hafðar á öxli og tvær legur hertar saman við öxul inní húsinu með ró og lásskinnu. Lok gert úr POM plasti, sem sér um að loka húsinu að fullu öðrum megin og utanum öxul drif megin.

3.8.1 FEM greining leghús

Sett var reiknað álag frá leguútreikningum og notuð álagsgreining sem heitir *bearing load* í Inventor, álagið er sett þar sem legunar munu vera inní húsinu. Sá partur sem verður soðinn við klónna sjálfa var festur. Spennur voru að jafnaði ekki mikið yfir 60 MPa fyrir utan tvo punkta sitthvorum megin efst utaná leguhúsinu sem mældust 98 Mpa. Öryggisstuðull á leguhúsi er minnstur um 2,1 en er á flestum svæðum í kringum 6.



Mynd 19 Niðurstöður úr spennugreiningu á leguhúsi



Mynd 20 Öryggisstuðull fyrir leguhús.

3.9 Hönnun á hífieyra

Mynd 21 Útlit á hífieyra, mynd úr Inventor

Við hönnun á hífieyra þá þurfti að taka tillit til þess að liðir á kló þurfa að geta runnið frjálst í eyranu. Búið var að ákveða þykktina á efni í klónni og verður hífieyrað gert úr sama efni 12 mm þykku. Þegar sátt var komin með útlit á hífieyrnu sjálfu var athugað með það hvort hönnun myndi standast álagið. Reiknað var út hve stóran bolta þarf til að festa eyrað sjálft við liðina á klónni. Allir útreikningar koma fram í viðauka.

3.9.1 Útreikningar á hífieyra

Togkraftar sem verka á eyrað sjálft er 6000N kraftur. Vitað er að drifbúnaðurinn einn og sér er um 40 kg, klóin sjálf um 60 kg og heyrúllan er 500 kg. Efnisþykkt á eyrunum sjálfum er 12 mm. Við útreikningana var notast við kafla 8 í Shigley`s mechanical engineering design, [Budynas, R.G. og Nisbett, J.k. 2011.[8]].

Uppgefin skerspenna fyrir 8.8 bolta sem eru á bilinu M16-M36 á stærð, er 660 MPa. Mesta leyfilega skerspenna er reiknuð samkvæmt formúlu 15.

$$S_{sy} = \frac{Sy}{\sqrt{3}} \qquad (15)$$

Skerspenna var fundin með því að reiknað var með kraftinum 6000 N og fundið út flatarmál M18 bolta.

$$\tau = \frac{F}{A} \qquad (16)$$

Eftir að hafa fundið mestu leyfilegu skerspennu í 8.8 bolta og fundið hefur verið skerspenna í M18 bolta þá var hægt að finna öryggi fyrir floti í bolta með formúlu (17).

Niðurstöður útreikninga má sjá í töflu 5.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} \qquad (17)$$

Tafla 5 Útreikningar á bolta

Niðurstöður	
Flatarmál M18 bolta	254,5 mm²
Leyfileg skerspenna	381 MPa
Skerspenna í bolta	23,6 MPa
Öryggi fyrir floti í bolta	16,2

Athugað var með kantspennu í boltagötunum á eyranu, ónæg efnisþykkt á boltagati og þykkt á efni getur leitt til þess gatið sjálft aflagi sig varanlega. Notuð var formúla (18) og þar er *t* þykkt á efni í eyra og *d* er þvermál boltagats. Öryggi gagnvart floti (19) var reiknað með flotmörkum smíðastáls og kantspennunni. Niðurstöður útreikninga má sjá í töflu 6.

$$\sigma = \frac{F}{t * d} \qquad (18)$$

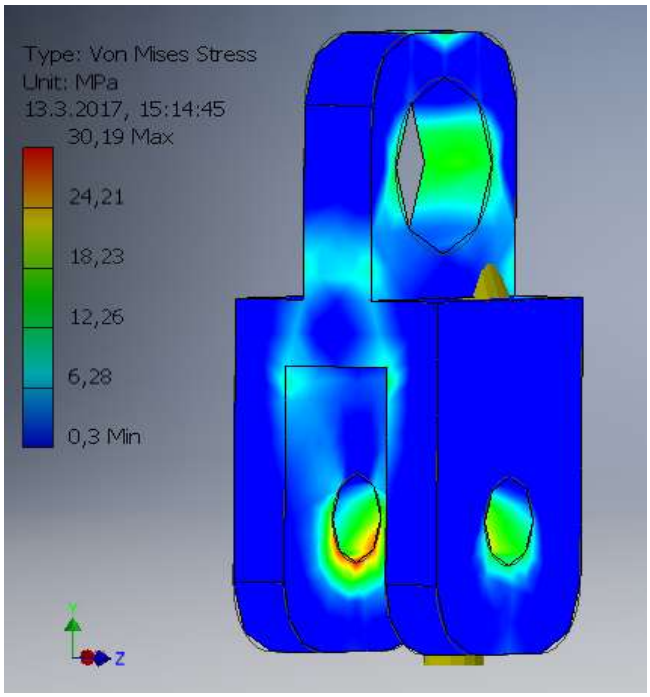
$$n = \frac{Sy}{\sigma} \qquad (19)$$

Tafla 6 Útreikningar á kantspennu

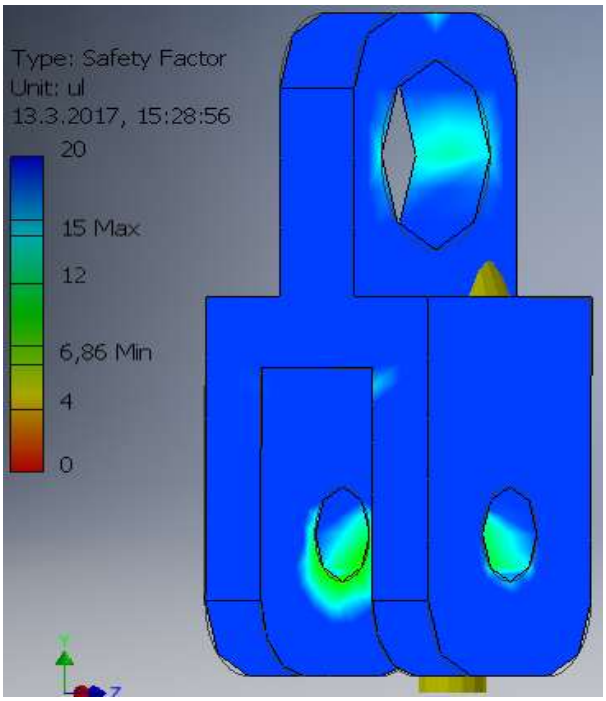
Niðurstöður	
Flotmörk smíðastáls	225 MPa
Kantspenna í boltagati	27,8 MPa
Öryggisstuðull	8,1

3.9.2 FEM greining á hífieyra

Spennur í eyra voru greindar með uppsetningu eins og sjá má á mynd (21). Settur var 6000 N kraftur á eyrað sjálft eins allur búnaður hangi í eyranu og voru armar festir niður. Í niðurstöðum greiningar er búið að fela pinnann og báða arma, þannig að það sést bara í eyrað. Mestar eru kantspennur í boltagati um 30 MPa, en það var búið að reikna út að hún væri um 27,8 MPa. Hífiaugað er með mestu spennu um 15 MPa. Niðurstöður spennugreiningar má sjá á mynd (22). Öryggisstuðull er minnstur 6,9 í boltagati, búið var að reikna út að það öryggi væri 8,1. Öryggisstuðull í hífiauga er um 14. Niðurstöður úr öryggisstuðlum má sjá á mynd (23).

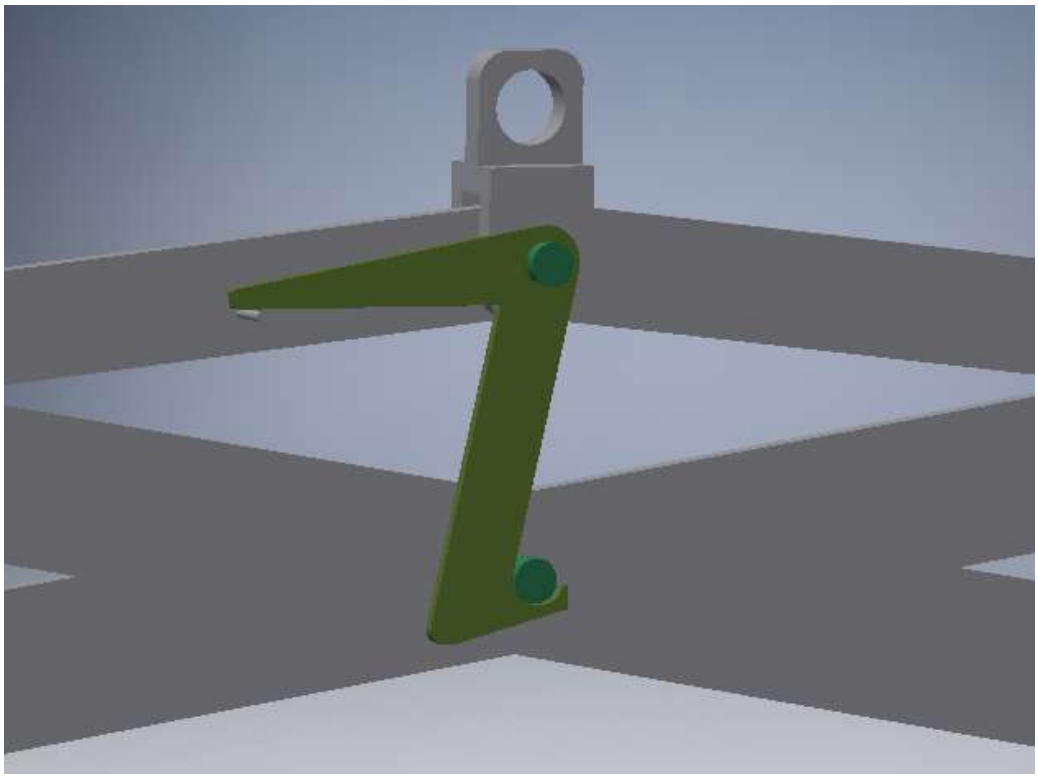


Mynd 22 Niðurstöður spennugreiningar á eyra.



Mynd 23 Öryggisstuðull á eyra.

3.10 Hönnun á lás



Mynd 22 Lás á kló grænn á lit til aðgreiningar frá kló, teikning úr Inventor.

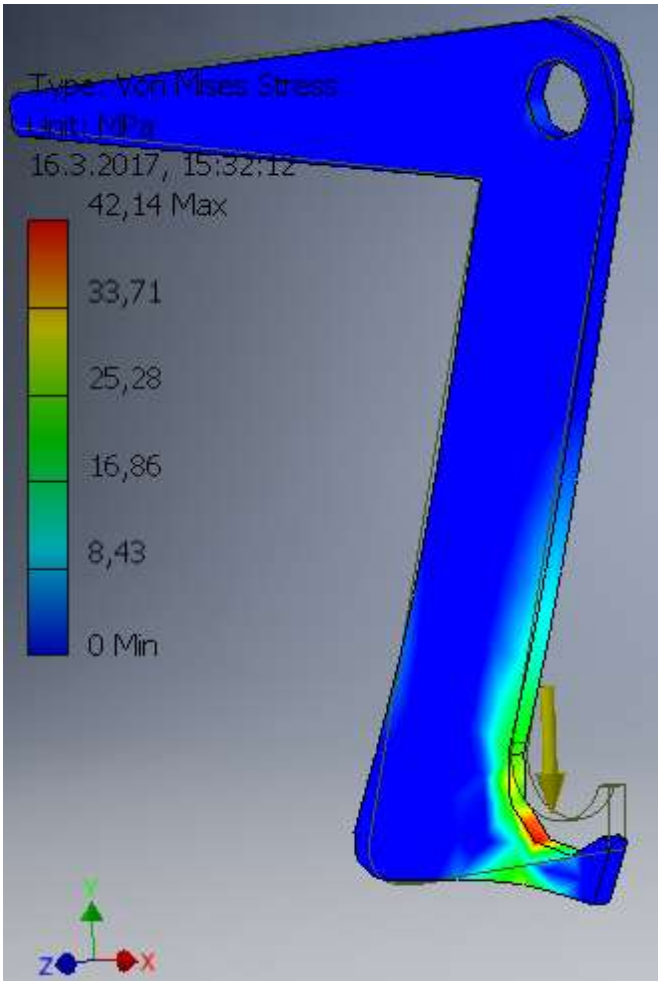
Ein af hönnunarforsendum verkefnis var að einn notandi ætti að geta unnið við tækið. Eitt af lykilatriðum fyrir því er að hafa lásbúnað á kló og var talið best að koma þeim búnaði fyrir á milli festingu á hífieyra og liðamóta neðri arma á kló.

Með lás er hægt að læsa klónni í opinni stöðu þannig að auðvelt sé að koma búnaði að heyrúllunni. Í læstri stöðu er klóin opin um 1,3 m og því ætti að vera auðvelt að koma klónni fyrir á rúllu. Örmum klónar er slakað niður á heyrúllu og við það þá myndi lásinn opnast og klóin laus til að klemmast við heyrúllu.

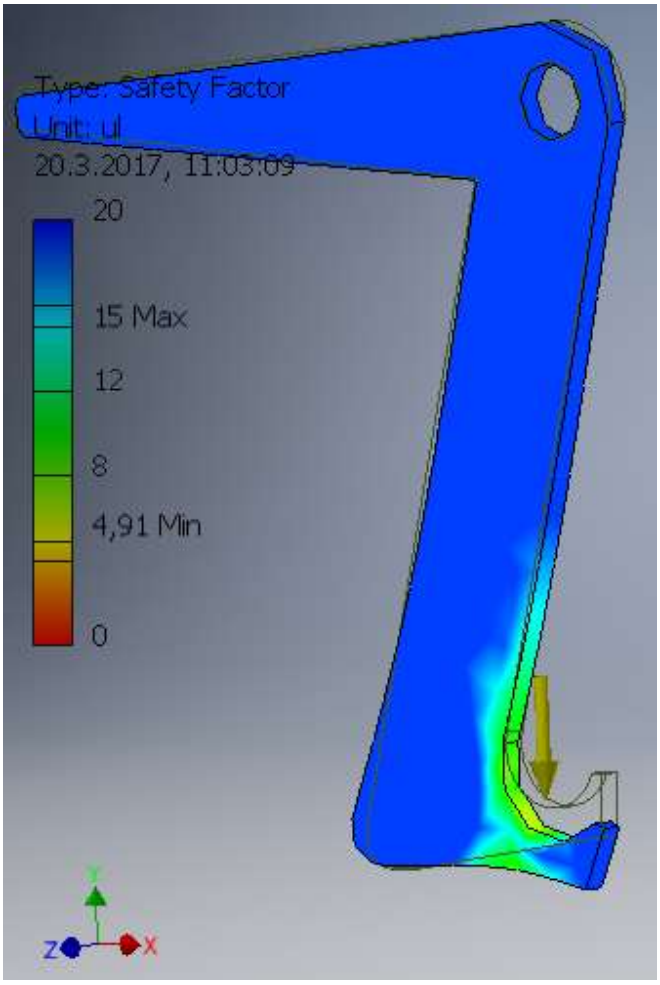
Soðinn 6 mm pinni á annan efri arminn, pinninn gegnir því hlutverki að halda lás í réttri stöðu þegar lásinn er ekki á. Þegar lásinn er settur á aftur er nóg að slaka kló niður og við það smellir lásinn aftur á. Lásinn er festur við 18 mm bolta við hífieyrað og krækist við annan 18 mm bolta sem er við neðstu liðamótin í klónni. Lásinn sjálfur er soðinn saman úr 6 mm þykku flatjárni.

3.10.1 FEM greining á lás

Eins og gefur að skilja er lásbúnaður einungis hannaður til þess að halda klónni í opinni stöðu. Því var reiknað með kraftinum 1000 N sem þyngd klónnar, sem er sá kraftur sem lás þarf að bera. Krafturinn látinn verka á þann enda sem læsir kló saman. Niðurstöður spennugreiningar var að mesta spenna á lás reyndist vera 42 MPa, sjá mynd (26). Minnsta öryggi gagnvart floti var 4,9, sjá mynd (25).



Mynd 24 Spennugreining á Lás, mynd úr Inventor



Mynd 23 Öryggisstuðlar á lás, mynd úr Inventor.

4. Val á drifbúnaði

Eitt af markmiðum verkefnis var að hafa búnað endingargóðan og þæginlegan í notkun. Ein af hönnunarforsendum verkefnisins var að ekki er aðgengi að þriggja fasa rafmagni. Því var upprunalega hugmyndin sú að hafa ein fasa rafmótor með snekkjudrifi til að fá nauðsynlegan hraða á afrúllarann. Byrjað var á því að finna út hver hraðinn þyrfti að vera í snúningum á mínútu.

10 snúningar á mínútu var talinn ákjósanlegur hraði við að afrúlla heyinu. Heyrúllan var reiknuð sem sívalningur og hverfitregða heyrúllu fundin með formúlu (20).

$$I = \frac{1}{2} M * R^2 \qquad (20)$$

Radíus heyrúllu er 0,6 m en reiknað var með því að ekki væri raunhæft að áætla að hitt væri nákvæmlega í miðjuna á rúllunni og því var áætluð hjámiðja um 0,3 m. Radíus því reiknaður sem 0,9 m. Reiknað er með massanum 500 kg.

Í útreikningum var gert ráð fyrir að mótor myndi ná fullum hraða 10 sn/mín á 1 sek og því var hröðunin reiknuð út með formúlu (21).

$$\alpha = \frac{\omega * 2\pi}{1 * 60} \qquad (21)$$

Eftir að búið var að reikna út viðnámsvægi í fjórum legum og vægi sem þyrfti til að snúa rúllunni var komist að því að vægið sem þurfti til þess að snúa öllu saman væri 253,15 Nm.

$$\tau = I * \alpha \qquad (22)$$

Nauðsynlegt afl mótors er því 265 w. Sjá útreikninga í viðauka A.1-3.

$$P = \frac{M * n}{9{,}55} \qquad (23)$$

Eftir ráðfæringar við helstu rafeindarvirkja hjá fyrirtækinu Fálkanum ehf. um val á búnaði var ákveðið að best væri að nota þriggja fasa mótor með tíðnibreyti. Þá er líka möguleiki á að breyta um snúningsátt á rafmótor og hafa stjórn á hraðanum, sem er mjög mikill kostur í þessu tilfelli. Skiptir þá ekki máli hvorum megin drifið leggst upp að kjarna rúllunnar og ekki þarf að

hafa áhyggjur af því að afrúllarinn sé að rúlla upp á rúlluna. En hann á að sjálfsögðu að rúlla beint niður á fóðurganginn.

Þriggja fasa mótorar eru mikið öflugari og endingarbetri en einfasa. Það kom í ljós að þeir eru ekki mikið dýrari, en hraðastýringin er vissulega nokkuð dýr, en kostirnir við að geta bæði stjórnað hraða og skipt um snúningsátt vega það mikið að litið verður framhjá þeim tilkostnaði. Við val á mótor þurfti að taka tillit til þess að mótor passi við gerð snekkjudrifs og hvaða vægi drifið mun skila út á öxul.

Tafla 7 Niðurstöður úr útreikningum drifbúnaðs.

Niðurstöður		
Hverfitregða	203	Kg*m²
Hröðun	1,05	rad/s²
Vægi	253,15	Nm
Afl	265	Watt

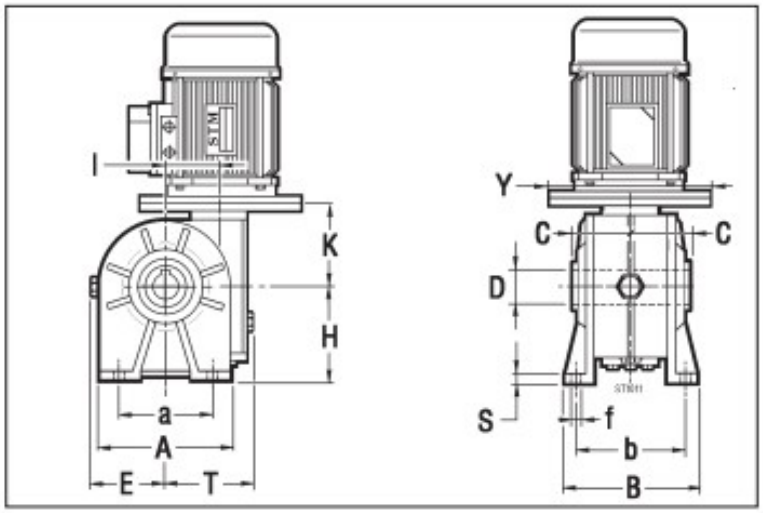
4.1 Rafmótor

Mynd 25 Valinn mótor, mynd af vefsíðu VEM[10].

Rafmótorinn verður aldrei lestaður nema að hámarki 80% og búið var að reikna út að 265 wött myndu duga til að snúa rúllunni. Það þarf að velja saman mótor og snekkjudrif. Minnsti mögulegi mótor sem ræður við þetta tork og hraða sem passaði við snekkjudrifið var 1,1 kW þriggja fasa mótor. Hann er frá framleiðandanum VEM og heitir IE1-K21R 90 L6. Hann snýst

935 sn/mín við 50 Hz. Nýtni mótors við 100% álag, er 73%. Mótorinn er 19 kg á þyngd og verður boltaður með flangs við snekkjudrif. Mótorinn er sjálfkældur og er varinn samkvæmt IP55. Hann er með vörn gegn ryki og sprautuvörn gegn vatni.[9]. Nánari upplýsingar um rafmótor er að finna í viðauka B.

4.2 Snekkjudrif



Mynd 26 Samsetning á snekkjudrifi og mótor, mynd úr bæklingi snekkjudrifs.

Snekkjudrif frá framleiðandanum STM sem fyrirtækið Fálkinn ehf. er með til sölu, var valið en það breytir aflstefnu um 90° sem er afar heppilegt uppá að láta sem minnst fara fyrir mótor og drifi á klónni. Mótor snýst um 900 sn/mín, valið var snekkjudrif RI 85 1/70. Sjá nánari upplýsingar um búnaðinn í viðauka B.

Við 50 Hz keyrslu á mótor þá verður hraðinn út úr snekkjudrifi 13 sn/mín. Ef mótor er hinsvegar keyrður á 40 Hz mun snúningshraði verða 10 sn/mín. Ekki er æskilegt að lækka snúninginn á mótornum mikið, því við það þá verður kæling minni á mótor og hann fer að taka meiri straum. En mótor mun aldrei vera keyrður nema stutta stund í einu.

Samkvæmt leiðbeiningum með snekkjudrifi þá er torkið út úr þessi drifi við þennan snúning 297 Nm. Búið var að reikna út að lágmarksvægi til að snúa heilli rúllu væri 253 Nm og það mun vindast utan af rúllunni jafnóðum og hún snýst, rúllan léttist og vægið mun því minnka jafnóðum og rúllan snýr af sér heyinu.

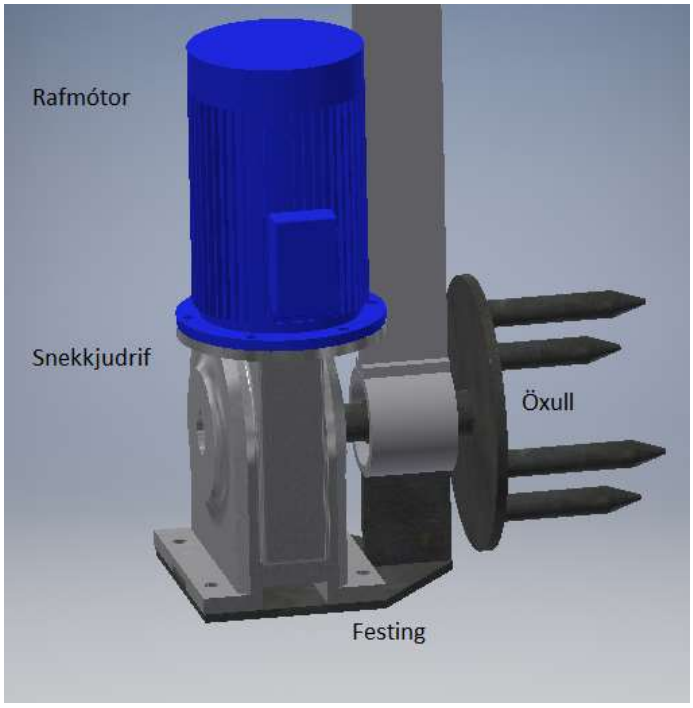
4.3 Tíðnibreytir

Mynd 27 Altivar 12, tíðnibreytir frá Schneider electric[11].

Tíðnibreytir sér um að breyta hraðanum og snúningsátt á mótornum eftir því sem óskað er. Tíðnibreytirinn sem valinn er kemur frá framleiðandanum Schneider Electric og ber nafnið Altivar 12. Drifið er fyrir 0,18 - 4 kW mótora og gefur út tíðni á bilinu 0.5 - 400 Hz. Drifið er með möguleika á að tengja eins fasa rafmagn við drif og fá út á mótor þrjá fasa og þá ræður drifið við mótora á bilinu 0,18 - 2,2 kW, miðað við að 240V spennu á fasa inn á drif. Nánari upplýsingar um drifið er að finna í viðauka B.

Drifið er ætlað til nota í einföldum og litlum vélum. Drifið er mjög einfalt í uppsetningu og kemur með stillingum frá framleiðanda. Við uppsetningu þarf að setja inn gildi á mótor inní drifið. Hægt er að stilla hröðun á mótor upp og niður. Einnig er hægt að velja hámarks og lágmarkstíðni. Mögulegt er að stýra drifinu með panelnum sem er framan á drifinu sjálfu. En drifið verður sett inní rafmagnstöflu ásamt mótorörryggi og stjórnin á drifinu verður höfð framan á rafmagnstöflu. Með valrofa á snúningsátt, hraðastjórnun, ræsihnapp og neyðarstoppi samkvæmt rafmagnsteikningu sem sjá má í viðauka D.

4.4 Hönnun á festingu drifbúnaðs

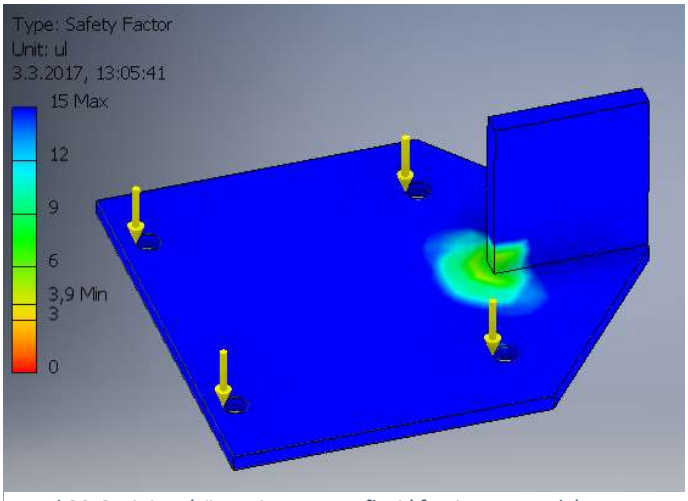


Mynd 28 Yfirlitsmynd af festingu og drifbúnaði, mynd úr Inventor.

Byrjað var á því að finna upplýsingar um stærðir mótors og snekkjudrifs. Teiknað var upp nákvæmlega í Autodesk Inventor. Eftir að búið var að velja legur og ákveða hvernig leguhúsið ætti að vera. Þá var hægt að átta sig á nauðsynlegum málum á festingu. Ákveðið var að hafa legginn sem festir festinguna við leguhúsið úr sama efni og klóin sjálf, þe. 12x80 mm flatjárni og botnplata festingarinnar er úr 8 mm þykku efni. Flatjárnið og platan verða soðin saman. Boltagöt á snekkjudrifi eru 13 mm, ákveðið að hafa 16 mm göt á festingunni til að auðvelda uppsetningu.

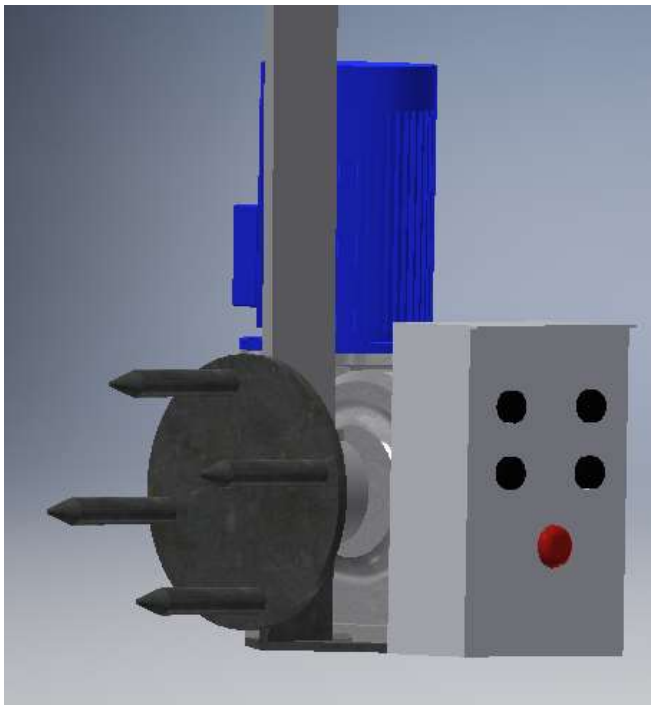
4.4.1 FEM greining á festingu drifbúnaðs

Mótor og snekkjudrif eru samtals um 40 kg á þyngd. Þar sem mótor kemur ekki alveg beint uppúr snekkjudrifinu þá var skipt kröftum upp þannig að 300 N kæmi í boltagöt mótor megin og 200 N í boltagöt hinum megin. Öryggi gagnvart floti reyndist vera minnst 3,9.

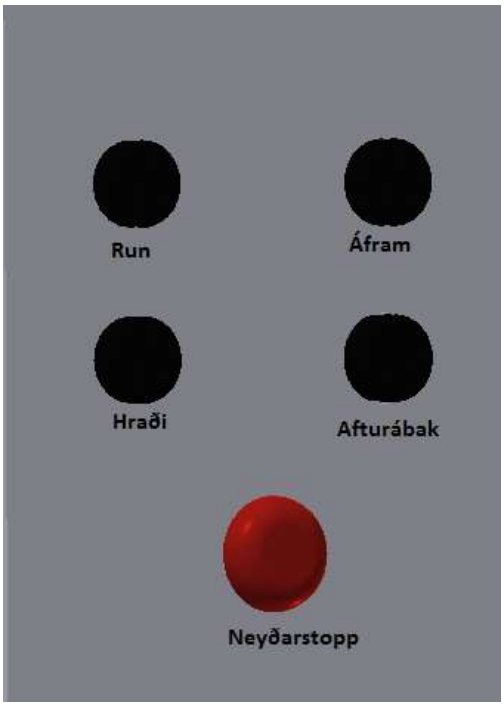


Mynd 29 Greining á öryggi gagnvart floti í festingu, mynd úr Inventor

5. Rafkerfi



Mynd 31 Staðsetning rafmagnstöflu á kló.

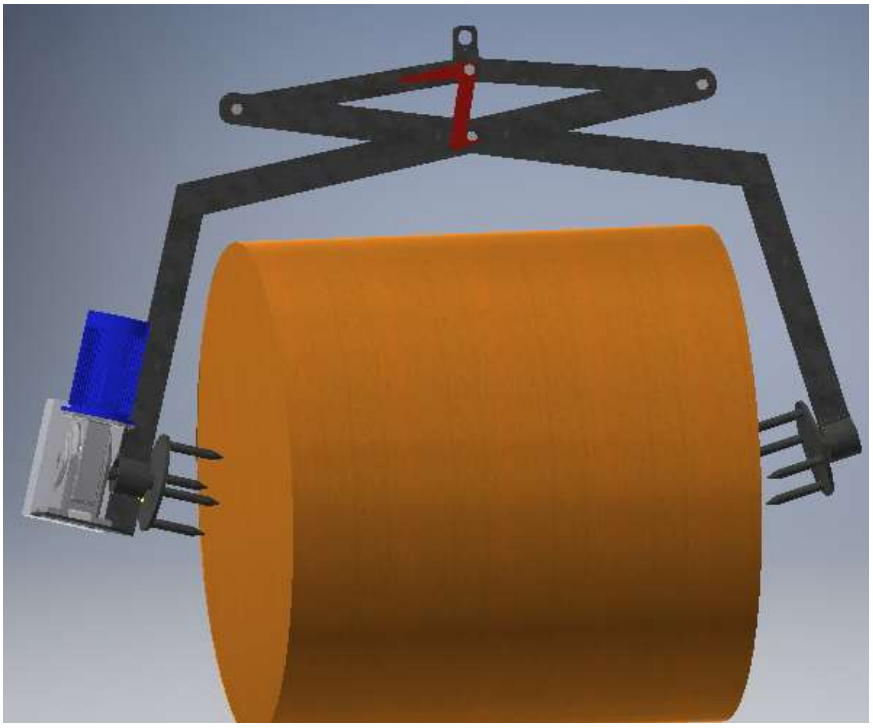


Mynd 30 Rofar utaná rafmagnstöflu

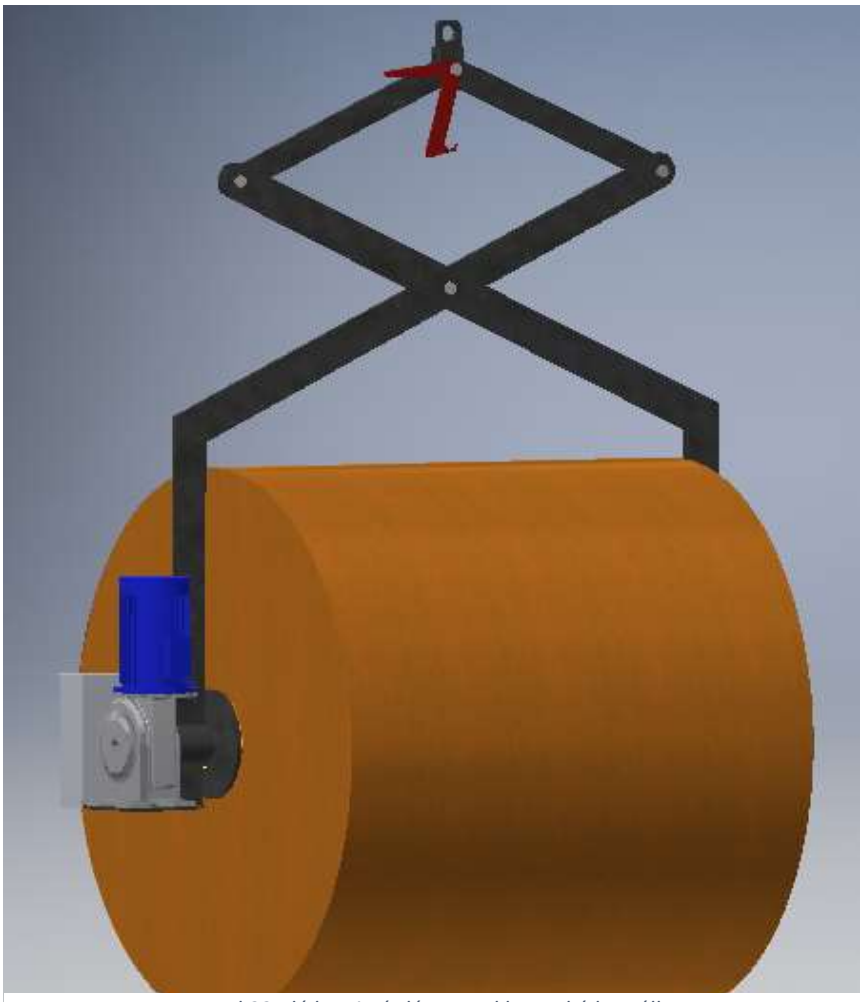
Við hönnun á rafkerfi þá var ákveðið að hafa stjórnun á afrúllara framan á rafmagnstöflu. Á hurð töflunnar er rofi fyrir neyðarstopp, það tekur allt rafmagn af skápnum. Á hurðinni eru einnig að finna rofa sem gefa möguleika á að skipta um snúningsátt á afrúllara og stilliviðnám sem er til að hækka og lækka snúningshraða á afrúllara. Stjórnhnappar utaná skáphurð eru tengdir við tíðnibreytinn. Í rafmagnstöflu er einnig mótorsjálfrofi sem þreifar eftir straum og leysir út ef rafmótor fer að taka of mikinn straum.

Það rafmagn sem fer inní töflu er einn 230V fasi, núll og jörð. Frá tíðnibreyti fara þrír fasar í rafmótor og hann er einnig jarðtengdur. Rafkerfið er teiknað með forritinu PC Schematic og þá teikningu er að finna í viðauka D.

6. Lokaútlit



Mynd 32 Kló í opinni stöðu í lás, yfir heyrúllu.



Mynd 33 Kló komin úr lás og er klemmd á heyrúllu.

7. Smíðalýsing

Byrja á að panta alla hluti inn fyrir smíði á klónni. Efnið sagað niður eftir smíðateikningum. Næst er flatjárn borað eftir teikningum og fasað í þá hluti flatjárns sem þarf að sjóða saman. Það þarf að sjóða saman neðri armana sem eru með 115° horni. Armar soðnir saman með V-saum, sum bil 2,5 mm, 4 lög af saum og opnunarhorn 50°. Fræsa þarf út hífieyra og renna þarf út leguhús og öxla eftir smíðateikningum.

Þegar rennivinnu á leguhúsum er búin þarf að sjóða leguhúsin föst við neðri arma klónar. Leguhúsin soðin við arma með kverksaum, b bil 1 mm.

Drif megin þarf að sjóða upp festingu fyrir drifbúnaðinn, neðan á leguhúsið. Með kverksaum, með b bili 1 mm.

Pinnarnir fjórir sem fara á öxullinn þarf að renna framan af. Skera þarf út 250 mm hringlaga 8 mm plötu sem er soðin föst við öxulinn og einnig fjóra 150 mm langa pinna sem sjóðast fast á öxulinn. Suður á öxli skulu gerðar með kverksaum, með b bili 1 mm og a.m.k 3 saumar og 1 yfirsaumur. Allar suður eru gerðar með MAG suðu. Boruð smurgöng í 18 mm bolta fyrir liði á kló og settir í 6 mm smurkoppar.

Þegar smíði er lokið er hægt að fara að setja saman kló og tengja drifbúnað. Einn maður á að geta unnið við samsetningu án aðstoðar. Þegar klóin er komin saman er kallaður til rafvirki til að tengja upp rafmagnstöflu og prófa búnaðinn.

8. Kostnaðaráætlun

Fengið var tilboð í rafmagns- og drifhluti frá Fálkanum. Það fyrirtæki kom fyrst til greina því þeir bjóða uppá alla þá hluti sem vantar í drifbúnaðinn og rafmagnið. Fálkinn kom með tilboð í alla rafmagnsíhluti, að mótor og snekkjudrifi meðtöldu.

Fengið var tilboð frá Ferrózink eftir að búið var að taka saman hvað mikið smíðastál þarf í klónna. Haft var samband við Landvélar og fengið tilboð í allan legubúnað. Heyrt í Málmtækni og fengið verð í 2 stk skorna plast öxla, sem eru fyrir lok á leguhúsum. Verð fengin af vefsíðu Sindra í allar festingar og smurkoppa. Öll tilboð er að finna í viðauka C.

Haft var samband við Vélaverkstæði Hjalta Einarssonar með einingaverð í renni- og smíðavinnu. Heyrt í rafvirkja sem skýrsluhöfundur er kunnugur og fengin áætlaður vinnutími í verkið og einingarverð fyrir rafmagnsvinnu.

Öll verð í kostnaðaráætlun eru reiknuð með virðisaukaskatti.

Tafla 8 Kostnaðarætlun á smíði afrúllara

Kostnaðaráætlun					
Verkþáttur	**Lýsing**	**Eining**	**Magn**	**Verð**	**Samtals**
	Íhlutir				
Drifbúnaður/rafmagn	Tilboð frá Fálkanum, sjá viðauka C.	*Stk*	10		160.000
Smíðastál	Tilboð frá Ferro zink, sjá viðauka C.	*Kg*	75		18.000
Legubúnaður	Tilboð frá Landvélum, sjá viðauka C.	*Stk*	8		16.500
Smurkoppar	Smurkoppur M6, Sindri.	*Stk*	4		4.500
Plastlok	POM 100 mm öxull, skorið. Málmtækni.	*Stk*	2		2.000
Festingar	M18 Boltar, rær og skinnur. Sindri	*Stk*	16		2.000
				Samtals	**203.000 Kr**
	Vinna				
Rennivinna	Smíði á leguhúsum, öxlum og plastlokum.	*Klst*	6	15.000	90.000
Smíðavinna	Suðuvinna á kló, smíði og samsetning.	*Klst*	8	10.000	80.000
Rafmagnsvinna	Víra upp Töfluskáp, tengja allt og prófanir.	*Klst*	8	10.000	80.000
				Samtals	**250.000 Kr**
		Heildarverð			**453.000 Kr**

9. Lög og reglugerðir

Ef til þess kæmi að búnaðurinn færi í framleiðslu þá yrði nauðsynlegt að fara eftir reglugerð nr. 1005/2009 um vélar og tæknilegan búnað. Reglugerðin gildir um vélar sem ætlaðar eru til notkunar á vinnustöðum. Hún fjallar einnig um þær vélar sem seldar eða leigðar eru til atvinnureksturs eða til einkanota, sé ekki fjallað um þær í öðrum lögum eða reglugerðum.

Reglugerðin kveður á um að heimilt sé að setja á markað eða taka í notkun hérlendis vél sem fullnægir ákvæðum reglugerðarinnar. Ennfremur er heimilt að setja á markað ófullgerða vél þegar framleiðandinn eða viðurkenndur fulltrúi hans hefur gefið yfirlýsingu um ísetningu.

Vélar skulu fullnægja grunnkröfu um heilsuvernd og öryggi sem reglugerðin setur. Framleiðandi eða viðurkenndur fulltrúi hans skal sjá til þess að fari fram áhættumat til að ákvarða þær grunnkröfur um heilsuvernd og öryggi sem eiga við vélina. Við hönnun og smíði vélar skal taka tillit til niðurstaðna áhættumatsins.

Í 1. mgr. 7. gr. reglugerðarinnar er kveður á um skyldur framleiðanda vélar áður er hún er sett á markað og/eða tekin í notkun, segir orðrétt:

a. Tryggja að vélin uppfylli viðeigandi grunnkröfur um heilsuvernd og öryggi sem settar eru fram í I. Viðauka reglugerðar þessarar.
b. Tryggja að tækniskjölin skv. A-lið VII. Viðauka reglugerðar þessarar séu tiltæk.
c. Veita nauðsynlegar upplýsingar , svo sem leiðbeiningar.
d. Gera samræmismat skv. 10 gr.
e. Semja EB-samræmisyfirlýsingu skv. A-lið 1. Hluta II. Viðauka reglugerðar þessarar og tryggja að yfirlýsingin fylgi vélinni.
f. Einkenna vélina með CE-merki sbr. 13 gr.

Þá segir orðrétt í 2. mgr. 7 gr. reglugerðarinnar:

> „Ef vél fellur einnig undir ákvæði annarra reglna sem ennfremur kveða á um að einkenna skuli viðkomandi vél með CE-merki, sbr. 13. gr., gefur þetta merki til kynna að viðkomandi vél teljist þannig vera í samræmi við ákvæði þeirra reglna. Heimili ein eða fleiri þessara reglna framleiðanda eða viðurkenndum fulltrúa hans að velja hvaða fyrirkomulag hann notar á aðlögunartíma skal CE-merkið einungis gefa til kynna að samræmi sé við þær reglur sem framleiðandi eða viðurkenndur fulltrúi hans fer eftir. Í slíku tilviki skulu tilvísanir í þær reglur sem farið er eftir, koma fram í þeim skjölum, auglýsingum eða fyrirmælum sem krafist er í þeim reglum, þar á meðal EB-samræmisyfirlýsingu, og fylgja slíkum vélum‘‘ (Reglugerð nr. 1005, 2009.[4]).

10. Niðurstöður og umræður

Lagt var upp með í byrjun hönnunar að vera með öryggisstuðulinn 2,2 og er það í lægri kantinum sérstaklega þegar um hífibúnað er að ræða. Helsta ástæðan fyrir svo lágum öryggistuðli er sú að ákveðið var að hafa búnað eins léttan og ódýran og kostur væri. En niðurstaðan eftir hönnun er sú að lægstur var öryggisstuðullinn í klónni 2,3.

Ef litið er á kostnaðaráætlunina þá mun allt efni sem mun þurfa til að smíða afrúlla kosta u.þ.b. 200 þ.kr. Stærsti kostnaðarliðurinn yrði drifbúnaðurinn, það hefði verið hægt að ná þeim kostnaðarlið aðeins niður með því að nota ein fasa mótor og snekkjudrif í stað stýringar og 3 fasa mótors. En það hefði aftur á móti kostað enga stjórn á hraða, snúningsátt og mun lélegri mótor. Kostnaður við vinnu var u.þ.b. 250 þ.kr. og rennivinna var þar af dýrust. Upphaflega var lagt upp með að vera með einfaldan og ódýran legubúnað en ekki reyndist vera hægt að fá legu sem myndi ráða við álagið á búkka, því þurfti að fara út í að gera leguhús. Rennivinna var því meiri en lagt var upp með í fyrstu. Kostnaðaráætlun gerir ráð fyrir smíði á einum afrúllara og eflaust væri hægt að ná kostnaði mikið niður ef smíðað yrðu fleiri stykki í einu.

Helsta vandamál sem ekki er búið að leysa úr er að klóin er u.þ.b. 40 kg þyngri drifmegin. Helstu hugmyndir af lausnum er að vera með gorm sem myndi dreifa þyngdinni jafnt á klónna. Hafa lóð á móti hinum megin eða hafa stöng sem hægt er að taka af sem myndi halda kló í réttri stöðu áður en henni væri komið fyrir á heyrúlluna. Þetta verður að skoða betur þegar smíði er lokið. Þá er hægt að meta hvað er hreinlegast og best að gera til að leysa þetta vandamál.

Áður en vélin er tekin í notkun eða sett á markað þarf að láta framkvæma áhættumat og samræmismat til að tryggja að vélin uppfylli grunnkröfur um heilsuvernd og öryggi. Útbúa þarf verklag fyrir búnaðinn og skýrar leiðbeiningar hvernig hann virkar. Helstu slysahættur sem eru fyrir hendi er klemmuhætta á liðum klónnar og ef ekki er nógu varlega farið að búnaði þá er hætta á að festa föt í kló drifmegin. Hafa skal í huga að það gæti þurft að breyta hönnun ef áhættumat kveður á um það. Einnig þarf að vera til upplýsingar um búnað, s.s. um virkni hans og útbúa öll nauðsynleg tækniskjöl sem fylgja þarf búnaði. Er það á ábyrgð farmleiðanda að prófa búnað og sjá til þess að hann standist samræmismat ESB löggjafar. Þegar búið er að tryggja alla þætti í skyldum framleiðanda vélar fyrir CE merkingu, þá ætti að vera hægt að fá CE merki á hann. [12] Í kostnaðaráætlun var ekki gert ráð fyrir þeim kostnaði sem verður við CE vottun á búnaði.

11. Samantekt

Í allri hönnun var farið eftir hönnunar markmiðum sem voru 5 talsins, fyrsta markmiðið var að einn notandi geti unnið við búnaðinn. Komið var fyrir lás á klónna sem læsir henni í opinni stöðu, ef hann væri ekki til staðar þá væri nær ómögulegt fyrir einn notanda að koma klónni á heyrúlluna. Notandi er alltaf með eina hendi á fjarstýringu hlaupakötts þegar verið er að koma kló á og hefur því notandi eina hendi lausa til að stýra klónni á heyrúlluna. Annað markmiðið var að búnaður sé öruggur. Lagt var upp með öryggisstuðulinn 2,2 og var öryggi í flestum hlutum afrúllara töluvert yfir þann stuðul og fari búnaðurinn í framleiðslu mun þurfa að láta framkvæma áhættumat og samræsimat í samræmi við 6. og 10. gr. reglulgerðar nr. 1005/2009. Þriðja markmið var að búnaður væri einfaldur í smíði og notkun. Klóin sjálf er einföld í smíði en flóknara er að smíða öxulinn, leguhúsið og hífieyrað, það þarf að gera af rennismiði. Notkun á búnaði er mjög einföld og hefur notandi stjórn á hraða og snúningsátt afrúllara. Fjórða markmiðið var að búnaður sé viðhaldslítill og endingargóður. Búnaður er einfaldur og því mjög viðhaldslítill. Þegar legur eru settar í húsið eru þær smurðar vel og búnaður snýst mjög hægt og er ekki notaður í langa stund í einu. Smurkoppar verða á liðum klónnar, þannig að lítil hætta er á að kló ryðgi föst. Því er eina reglubundna viðhald sem þarf að sinna er að fylgjast með olíu á snekkjudrifi, smyrja í legur og koppa á fjórum liðum klónnar. Fimmta markmiðið var að hanna ódýrari afrúlla en þá sem eru á markaði á Íslandi í dag. Þeir afrúllarar sem til eru á markaði eru nokkuð ólíkir þeim sem hér hefur verið hannaður og því kannski ekki sambærilegir. En höfundur telur að hér hafi verið hannaður afrúllari sem er mun einfaldari og meðfærilegri en þeir sem til eru. Hann mun aðeins kosta um 450 þ.kr í smíði. En sá búnaður sem er hvað helst samanburðarhæfur kemur frá Búvís[1] og kostar u.þ.b. 1 milljón krónur en ekki liggja fyrir upplýsingur hvað hár framleiðslukostnaður á þeim afrúllara er.

Mesti tími í hönnun fór í þá hluti sem sést kannski ekki vel í skýrslu, en það var að spá í hinum ýmsu lausnum á vandamálum sem komu upp í hönnunarferlinu, s.s. teikning og greining á klónni, ákvörðun á legubúnaði og reikningar í kringum val á legum. Það sem upp úr stendur er hvað gaman var að sjá hvernig hugmynd á blaði verður að raunverulegri lausn og uppfyllir öll hönnunar markmiðin sem sett voru í byrjun. Það eina sem eftir er að gera er að smíða búnaðinn. Næstu skref eru að athuga hvort það sé raunverulegur markaður fyrir þennan búnað og finna einhvern aðila sem hefur áhuga á þessari hönnun á afrúllara og athuga hvort hægt er að fara eitthvað lengra með þessa hönnun en hér er gert.

Heimildaskrá

1 .Búvís ehf., 2013. [mynd] Sótt af : http://www.buvis.is/

2. RAG import-export, 2017. [mynd] Sótt af: http://www.rag.is/

3. Jötunnvélar ehf., 2008. [mynd] Sótt af : http://jotunn.is/

4. Reglugerð um vélar og tæknilegan búnað, nr. 1005/2009.
Sótt af:http://www.reglugerd.is/reglugerdir/allar/nr/1005-2009

5. Ullman, David G., The Mechanical Design Process, 4th ed. New York: McGraw-Hill Companies,Inc , 2009.

6. Falk, F. Krause, P og Tiedt, G. Töflubók fyrir málm og véltækni (7. útgáfa) Reykjavík: Iðnú. , 2004.

7. SKF. Svenska Kullagerfabriken AB. 1907.
Mynd sótt af: http://www.skf.com/in/products/bearings-units-housings/ball-bearings/principles/bearing-basics/basic-selection-criteria/loads/index.html

8. Budynas, R.G. og Nisbett, J.k. 2011. Shigley`s Mechanical Engineering Design, 9th ed. New York: McGraw-Hill Copmies, inc.

9. Pétursson, Sigurður H. 2008. Riðstraumsmótorar kennslubók, rafbók.
Sótt af: http://www.fva.is/flemming/hsrafvirkjun/hs-rrv1036/ridstraumsmotorar.pdf

10. VEM group. 1997. Rafmótor upplýsingar
Mynd sótt af: https://www.vem-group.com/

11. Schneider Electric. 1836. Tíðnibreytir upplýsingar
Mynd Sótt af: http://www.schneider-electric.com/en/product-range-presentation/2253-altivar-12#tabs-top

12. CE- merki veitir þér aðgang að Evrópumarkaðnum. Bæklingur.

Sótt af: http://neytendastofa.is/lisalib/getfile.aspx?itemid=2857

Myndskrá

Mynd 1 Aðstaða til gjafar í gamalli hlöðu í Stafni í Reykjadal. Mynd tekin af skýrsluhöfundi... 2
Mynd 2 Afrúllari frá Búvís, mynd fengin af vefsíðu Búvís. ... 3
Mynd 3 Afrúllari frá Fliegl, Mynd fengin af vefsíðu RAG. ... 3
Mynd 4 Afrúllari frá Blaney, mynd fengin af vefsíðu Jötunn. ... 3
Mynd 5 Fyrstu drög af búnaði, teikning úr Inventor. ... 6
Mynd 6 Seinni drög af búnaði, teikning úr Inventor. ... 7
Mynd 7 Niðurstöður fyrstu spennugreiningar, mynd úr Inventor ... 8
Mynd 8 Niðurstöður seinni spennugreingar, mynd úr Inventor. ... 8
Mynd 9 Sýnir færslu á kló inn í heyrúllu, við að lyfta upp heyrúllu. ... 9
Mynd 10 Kraftadreifing á bitamódeli, mynd úr Inventor ... 11
Mynd 11 Spennugreining úr Frame analysis Inventor ... 12
Mynd 12 Vægisgreining úr Frame analysis Inventor. ... 12
Mynd 13 Öxull festur í leguhúsi, teikning úr Inventor. ... 13
Mynd 14 Spennugreining á öxli, mynd úr Inventor ... 15
Mynd 15 Öryggisstuðlar á öxli, mynd úr Inventor ... 15
Mynd 16 SKF mælir með þessari uppsetningu við vægisálag á legur. ... 16
Mynd 17 Kraftamynd af uppsetningu á legum, valin lega 30208 J2/Q frá SKF [9]. ... 17
Mynd 18 Leguhús, sést inní leguhús með legum, splitthring, lásskinnu og ró ... 20
Mynd 19 Niðurstöður úr spennugreiningu á leguhúsi ... 21
Mynd 20 Öryggisstuðull fyrir leguhús. ... 21
Mynd 21 Útlit á hífieyra, mynd úr Inventor ... 22
Mynd 22 Lás á kló grænn á lit til aðgreiningar frá kló, teikning úr Inventor. ... 25
Mynd 23 Öryggisstuðlar á lás, mynd úr Inventor. ... 26
Mynd 24 Spennugreining á Lás, mynd úr Inventor ... 26
Mynd 25 Valinn mótor, mynd af vefsíðu VEM[10] ... 28
Mynd 26 Samsetning á snekkjudrifi og mótor, mynd úr bæklingi snekkjudrifs ... 29
Mynd 27 Altivar 12, tíðnibreytir frá Schneider electric[11]. ... 30

Mynd 28 Yfirlitsmynd af festingu og drifbúnaði, mynd úr Inventor. 31
Mynd 29 Greining á öryggi gagnvart floti í festingu, mynd úr Inventor 31
Mynd 30 Rofar utaná rafmagnstöflu..... 32
Mynd 31 Staðsetning rafmagnstöflu á kló. 32
Mynd 32 Kló í opinni stöðu í lás, yfir heyrúllu. 33
Mynd 33 Kló komin úr lás og er klemmd á heyrúllu. 33

Töfluskrá

Tafla 1 Útreikningur öryggisstuðuls 5
Tafla 2 Samanburður við val á efnisgerð flatjárns..... 10
Tafla 3 Ákvörðun á stærð og fjölda pinna á öxli..... 14
Tafla 4 Niðurstöður úr leguútreikningum 19
Tafla 5 Útreikningar á bolta..... 23
Tafla 6 Útreikningar á kantspennu 23
Tafla 7 Niðurstöður úr útreikningum drifbúnaðs..... 28
Tafla 8 Kostnaðarætlun á smíði afrúllara 35

Viðaukar

A Útreikningar

1) Vægi til að snúa afrúllara

Miðað við mesta hraða(ω) 10 sn/mín og 1 sek að ná fullum hraða.

Hverfitregða sívalnings $I = \frac{1}{2} M * R^2$

$$I = \frac{1}{2} 500 * 0{,}9^2 = 203\ kg * m^2$$

$$\alpha = \frac{\omega * 2\pi}{1 * 60} = 1{,}05\ rad/s^2$$

$$\tau = I * \alpha = 213{,}15\ Nm$$

2) Viðnámsvægi legu.

Töflubók (Bls 31)

$F_R = \mu * Fn$ $F_R = 0,$ 15*2500= 375 N

$rm = \frac{d}{2}$ $rm = \frac{0{,}08}{3} = 0{,}027$

$M_R = F_R * rm$ $M_R = 375 * 0{,}027$= 10 Nm

Fjórar legur = 40 Nm

3) Afl mótors

$$P = \frac{M * n}{9{,}55}$$

$$P = \frac{253{,}15 * 10}{9{,}55}$$

$$P = 265\ watt$$

4) **Normalspenna vegna vægis og öryggi í 60x20 Flatjárni**

Flotmörk smíðaefnis er 225 MPa

$$I = \frac{b * h^3}{12}$$

$$I = \frac{20 * 60^3}{12} = 360 * 10^3\ mm^4$$

$$M = F * r$$

$$M = 2500N * 500mm = 1250 * 10^3 Nmm$$

$$\sigma \frac{-M * y}{I} = \ 104\ Mpa$$

$$n = \frac{225}{104} = 2{,}2$$

5) **Fundin stærð á öxli fyrir legu.**

Reiknuð út normalspenna fyrir 40 mm öxul.

$$\sigma = \frac{-M * y}{I} = \frac{2500 * 220 * 20}{\frac{\pi * 20^4}{4}} = \ 87{,}5\ Mpa$$

$$n = \frac{225}{87{,}5} = 2{,}6$$

6) **Útreikningar á Klemmu.**

Stærð og fjöldi pinna á klemmufestingu rúllu.

Kraftur á enda pinna= 2500 N

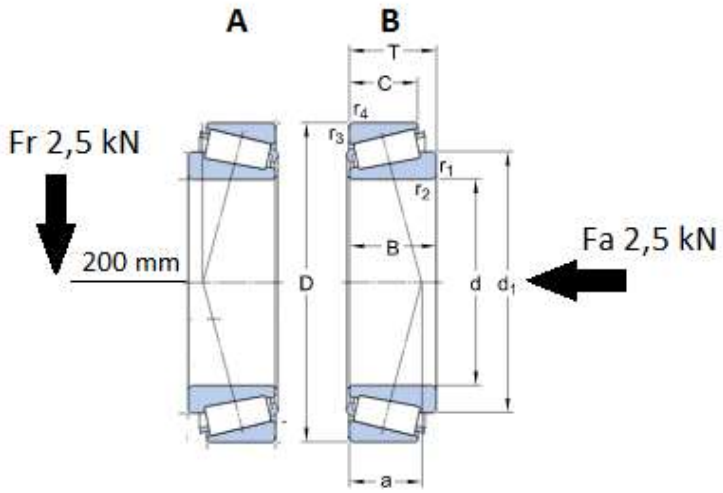
fp= fjöldi pinna

lp=lengd pinna

$$\sigma = \frac{-M * y}{I}$$

$$\sigma = \frac{(F * lp)/fp * y}{I} = \frac{(2500 * 150)/4 * 12{,}5}{\frac{\pi * 12{,}5^4}{4}} = \ 61{,}1\ Mpa$$

7) Legu útreikningar



d		40	mm
D		80	mm
T		19.75	mm
d_1	≈	57.55	mm
B		18	mm
C		16	mm
$r_{1,2}$	min.	1.5	mm
$r_{3,4}$	min.	1.5	mm
a		16	mm

Byrjað var á að taka vægi um legu A til að finna undirstöðukraftinn R_B fyrir legu B.
$Ma = -F_r * 0{,}20 + R_B * (a + a) = 0$
$Ma = -2{,}5 * 0{,}20 + R_B * (0{,}032) = 0$
$R_B = 15{,}63\ kN$

Kraftajafnvægi notað til að finna undirstöðukraftinn R_A fyrir legu A.
$R_A + R_B = F_r$
$R_A + 15{,}63 = 2{,}5$
$R_A = -13{,}13\ kN$

Lega A tekur axial álagið því:
Lega A
$F_r = 13{,}13$ kN $\quad F_{a=}2{,}5\ kN$

Lega B
$F_r = 15{,}63\ kN$

Áslægt álag er fundið og K stuðull er 1,6 fyrir þessa gerð af legu uppgefið frá SKF.

$$F_{iA} = \frac{0{,}47 * F_r}{K}$$

$$F_{iA} = \frac{0{,}47 * 13{,}13}{1{,}6} = 3{,}86\ kN$$

$$F_{iB} = \frac{0{,}47 * 15{,}63}{1{,}6} = 4{,}59\ kN$$

Jafngildisálag á legurnar fundið út samkvæmt formúlu þessari sem gildir ef þetta skilyrði er fullnægt. Eins og sjá má þá er F_{iB} alltaf stærri en F_{iA}

If $F_{iA} \leq (F_{iB}+F_{ae})$

$F_{eB} = F_{rB}$

$F_{eA} = 0{,}4 * F_{rA} + K(F_{iB} + F_{ae})$

$F_{eA} = 16{,}6\ kN$

$F_{eB} = 15{,}63\ kN$

Samkvæmt er vefsíðu SKF þá er líftími legu sem notuð er stutta stund í einu á bilinu 3-12000 klst. Miðað er við að heyrúllan snúist á 10 sn/mín og miðað við stærð hennar, 1,2 m í þvermáli. Þá er hraðinn á henni 2,26 km/klst. Valið er að nota endinguna 8000 klst.

Heyrúllan ferðast = 2,26*1000*8000= 1,808* 10^7m

Heildar snúningar.

$$L = \frac{1{,}808 * 10^7}{\pi * 1{,}2} = 4{,}8 * 10^6\ Sn$$

Reiknað ending legu með formúlu frá vefsíðu SKF. Uppgefin ending miðað við valda legu er milljón snúningar. Dýnamískt álag valdrar legu er 61,6 kN og reiknað álag var 16,6 kN. Hlutfallið 10/3 notað fyrir keflalegur.

$$LD = 10^6 * (\frac{61{,}6}{16{,}6})^{\frac{10}{3}} = 7{,}9*10^7\ Sn$$

Áreiðanleiki fundinn með því að reikna hlutfall á milli áætlaðra snúninga og reiknaðra snúninga út frá fundnu álagi.

$$x = \frac{L}{LD}$$

$$x = 0{,}06$$

Notast við weibull parametra við að finna út áreiðanleika

b= 3/2, $\theta = 4{,}48$, $x_0 = 0$,

$$R = e - (\frac{x - x_0}{\theta - x_0})^b$$

$$R = 0{,}998$$

Mikill áreiðanleiki fyrir því að lega lifi út áætlaðan líftíma sinn sem er 8000 klst.

Statískur öryggisstuðull fundin með formúlu frá framleiðanda legunnar SKF þar sem (*Co)* er statísk álag sem framleiðandi gefur fyrir leguna. *(Po)* er reiknað álag á legu.

$$So = \frac{Co}{Po}$$

$$So = \frac{68}{16{,}6} = 4{,}1$$

Athugað með C10 gildi fyrir valda legu.

Byrjað á því að finna margfeldið af líftíma með formúlunni Xd. Sú formúla tekur mið að ending legunnar sé 8000 klst og hún snúist á hraðanum 10 sn/mín. Uppgefin ending frá framleiðanda er milljón snúningar.

$$Xd = \frac{Ld * nd * 60}{LR}$$

$$Xd = \frac{8000 * 10 * 60}{10^6} = 4{,}8$$

$$C_{10} = F_{ea}(\frac{x_d}{\theta(1 - R)^{2/3}})^{3/10}$$

$$C_{10}(A) = 16{,}6\ (\frac{4{,}8}{4{,}48\ (1 - 0{,}998)^{\frac{2}{3}}})^{\frac{3}{10}}$$

$$C_{10}(A) = 58{,}7\ kN$$

$$C_{10}\ (B) = 55{,}2\ kN$$

8) Útreikningar á Hífieyra.

Uppgefin skerspenna fyrir 8.8 bolta sem eru á bilinu M16-M36 á stærð, er 660 MPa.

Mesta leyfilega skerspenna í boltagati er reiknuð samkvæmt formúlu 15.

$$S_{sy} = \frac{660}{\sqrt{3}} = 381 \ MPa$$

Flatarmál M18 bolta er reiknað.

$$A = r^2 * \pi = 9^2 * \pi = 254{,}5 \ mm^2$$

Skerspenna fundin með því að reiknað er með kraftinum 6000 N og flatarmál M18 bolta er 254,5 mm^2

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{6000}{254{,}5} = 23{,}58 \ MPa$$

Eftir að hafa fundið mestu leyfilega skerspennu í 8.8 bolta og fundið hefur verið skerspenna í M18 bolta þá var hægt að finna öryggi gagnvart floti.

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau} = \frac{381}{23{,}58} = 16{,}2$$

$Kantspenna$ í $boltagati$

$$\sigma = \frac{F}{t * d} = \frac{6000}{12 * 18} = 27{,}8 \ MPa$$

Öryggi gagnvart floti í boltagati

$$n = \frac{Sy}{\sigma} = \frac{225}{27{,}8} = 8{,}1$$

Tíðnibreytir

Tíðnibreytir frá framleiðandanum Schneider-electric sem valinn var fyrir drifbúnað, einn fasi inn og 3 fasar út. Upplýsingar um hann af vefsíðu Schneider-electric.

Altivar 12
0.18…4 kW

Simple machines
Ultra-compact drives

Dimensions (in mm)	width x height x depth
1C1: 72 x 143 x 102.2	2F3: 105 x 143 x 131.2
1C2: 72 x 143 x 102.2	3F3: 140 x 184 x 141.2
1C3: 72 x 143 x 121.2	
2C1: 105 x 142 x 156.2	
2C2: 105 x 142 x 156.2	

Type of drive Supply voltage			Single-phase 120 V		Single-phase 240 V		Three-phase 240 V	
Degree of protection			IP20					
Drive	Output frequency		0.5… 400 Hz					
	Type of control	Asynchronous motor	U/F, sensorless flux vector control, quadratic U/F					
	Transient overtorque		150…170					
Speed range			1 to 20					
Functions	Number of functions		40					
	Number of preset speeds		8					
	Number of I/O	Analog inputs	1 configurable analog input					
		Logic inputs	4 assignable logic inputs					
		Analog outputs	1 configurable analog output					
		Relay outputs	1 protected relay logic output					
Dialogue			Integrated or remote display terminal, SoMove software workshop, or mobile phone via Bluetooth®					
Communication	Integrated		Modbus					
Cards (available as an option)								
Reduction of current harmonics								
EMC filter		Integrated			C1 EMC			
		As an option						
Motor power	kW/HP	0.18/0.25	ATV12H018F1 (1)	1C1	ATV12H018M2 (1) (2)	1C2	ATV12H018M3 (1)	1C3
		0.37/0.5	ATV12H037F1	1C1	ATV12H037M2 (2)	1C1	ATV12H037M3	1C3
		0.55/0.75	–		ATV12H055M2 (2)	1C2	–	
		0.75/1	ATV12H075F1	2C1	ATV12H075M2 (2)	1C2	ATV12H075M3	1C3
		1.5/2	–		ATV12HU15M2 (2)	2C2	ATV12H015M3	2F3
		2.2/3	–		ATV12HU22M2 (2)	2C2	ATV12H022M3	2F3
		3/3	–		–		ATV12H030M3	3F3
		4/5	–		–		ATV12H040M3	3F3

(1) Because of the low heat dissipation, the ATV12H018.. is only supplied on a base plate
(2) Also exists as a multipack

Lega

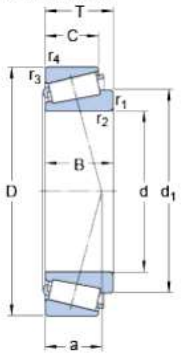
Valin keflaleg eftir að hafa reiknað út hvort hún myndi ekki örugglega halda álagi.

Upplýsingar af vefsíðu SKF.

SKF

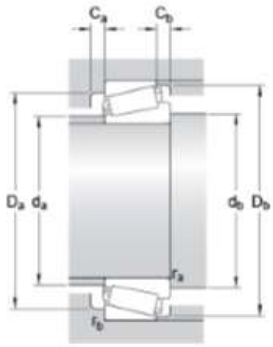
30208 J2/Q

Dimensions



d		40	mm
D		80	mm
T		19.75	mm
d_1	≈	57.55	mm
B		18	mm
C		16	mm
$r_{1,2}$	min.	1.5	mm
$r_{3,4}$	min.	1.5	mm
a		16	mm

Abutment dimensions



d_a	max.	49	mm
d_b	min.	47	mm
D_a	min.	69	mm
D_a	max.	73	mm
D_b	min.	74	mm
C_a	min.	3	mm
C_b	min.	3.5	mm
r_a	max.	1.5	mm

Calculation data

Basic dynamic load rating	C	61.6	kN
Basic static load rating	C_0	68	kN
Fatigue load limit	P_u	7.6	kN
Reference speed		6300	r/min
Limiting speed		8500	r/min
Calculation factor	e	0.37	
Calculation factor	Y	1.6	
Calculation factor	Y_0	0.9	

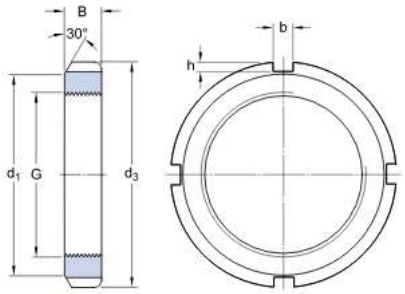
Ró og splitthringur

Valin ró og splitthringur til að læsa saman legur á öxul.

Upplýsingar fengnar af vefsíðu SKF.

KM 8

Dimensions



G	M 40x1.5	
d_3	58	mm
B	9	mm
d_1	50	mm
b	6	mm
h	2.5	mm

Calculation data

Axial static load carrying capacity	62	kN

Mass

Mass lock nut	0.078	kg

Mounting information

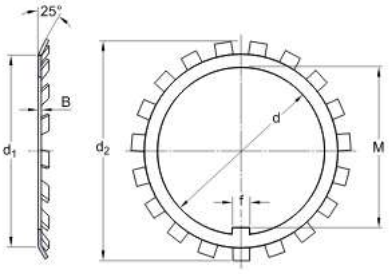
Associated spanner	HN 8-9

Associated products

Lock washer / Locking clip	MB 8

MB 8

Dimensions



d	40	mm
d_1	50	mm
d_2	62	mm
B	1.25	mm
f	6	mm
M	37.5	mm

Mass

Mass lock washer	0.013	kg

Snekkjudrif

Snekkjudrif af gerðinni RI 85, með hlutfallið 1/70. Upplýsingar fengnar frá Fálkanum, úr bæklingum frá framleiðandanum STM.

RI 85

19

	n_1 = 1400 min^{-1}				n_1 = 900 min^{-1}				n_1 = 500 min^{-1}				IEC
	n_2 min^{-1}	T_{2M} Nm	P kW	RD %	n_2 min^{-1}	T_{2M} Nm	P kW	RD %	n_2 min^{-1}	T_{2M} Nm	P kW	RD %	
7	200	247	6.1	85	129	297	4.8	84	71	369	3.3	83	112-100-90
10	140	280	4.9	84	90	332	3.8	83	50	407	2.6	81	
15	93	282	3.4	81	60	333	2.7	79	33	403	1.8	77	
20	70	310	2.9	79	45	362	2.2	77	25	434	1.5	74	
28	50	275	2.0	72	32	319	1.6	69	18	381	1.1	65	
40	35	312	1.7	69	23	359	1.3	66	13	424	0.90	62	
49	29	287	1.3	65	18	329	1.0	62	10	387	0.71	58	90-80
56	25	283	1.1	66	16	322	0.87	62	8.9	377	0.61	58	
70	20	261	0.90	61	13	297	0.70	57	7.1	346	0.49	53	
80	18	243	0.77	58	11	276	0.60	54	6.3	320	0.42	50	
100	14	217	0.60	53	9.0	243	0.46	50	5.0	281	0.33	44	

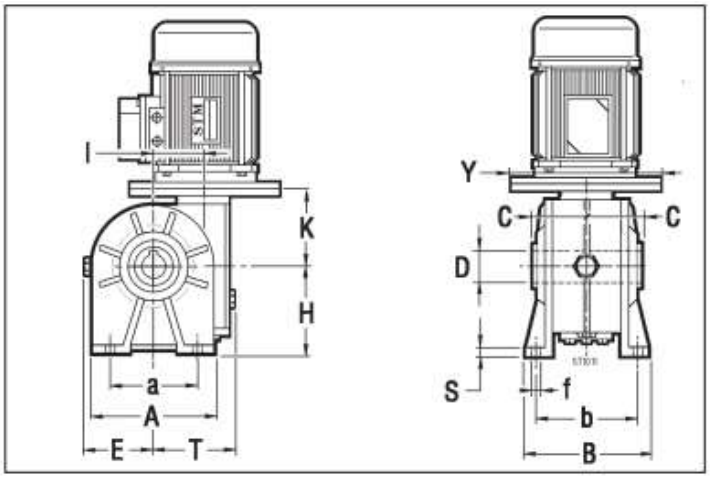
STM RIDUTTORI

2.9 Dimensioni **2.9 *Dimensions*** **2.9 Abmessungen**

RI RMI	A	a	B	b	C	D H7	d j6	E	f	H	I	L	M	m	N	S	T
28	67	52	78	66 $^{+2}_{-6}$	30	14	9	40	5.5	52	28	20	47	M4	44.5(46)*	6	49
40	100	70	102	84 $^{\pm3}$	41	19 (18)	11	59	7	71	40	22	64	M5	61.5	8	68.5
50	120	85	119	99 $^{\pm3}$	49	24 (25)	14	69	9	85	50	30	74	M6	72.5	10	81.5
63	140	95	136	111 $^{+3}_{-6}$	60	25	18	81	11	100	63	45	96	M6	84	11	99
70	158	120	140	116	60	28	19	87	11	115	70	40	97	M8	92	13	108
85	193	140	168	140	61	32 (35)	24	105	13	135	85	50	115	M8	111	15	135
110	250	200	200	162	77.5	42	28	135	14	172	110	60	146	M8	142	17	170
130	286	235	230	190	90	48	38	150	15	200	130	80	166	M10	159	19	200
150	336	260	250	210	105	55	42	178	19	230	150	100	195	M12	189	20	224
180	400	310	320	260	120	65	48	210	22	265	180	110	235	M14	232	22	265

*RI 28 - RMI 28 IEC56: N=44.5, RMI 28 IEC63: N=46

	RMI																			
	28		40		50		63		70		85		110		130		150		180	
	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K	Y	K
B5	120	49	120	63.5	140	77	160	95	160	100	160	116	200	145	—	—	—	—	—	—
	—	—	140	63.5	160	77	200	95	200	100	200	116	250	145	250	163	250	190	300	234
	—	—	160	71	200	81	—	—	—	—	250	118	—	—	300	163	300	190	350	234
B14	80•	49	80•	63.5	90•	77	105•	95	105	100	120	116	160	145	—	—	—	—	—	—
	90	51	90	63.5	105	77	120	95	120	100	140	116	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	105	71	120	81	140	95	140	100	160	118	—	—	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—	—	—	160	100	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



Rafmótor

Valinn þriggja fasa rafmótor að gerðinni K21R90 L6 frá framleiðandanum VEM, upplýsingar um mótor fengnar frá Fálkanum ehf.

Data sheet

21.03.2017 MADE WITH VEM EKAT V10.7

Manufacturer	Customer
VEM motors Thurm GmbH **Äußere Dresdener Str. 35** **08066 ZWICKAU** **Deutschland**	

Three-phase motors with squirrel cage rotor, standard motors
Housing grey cast iron

Type		K21R 90 L6			
Duty type		S1			
Design output	(kW)	1,1			
Efficiency determination	(-)	EN 60034-2			
Design frequency	(Hz)	50			
Design speed	[rpm]	935			
Design voltage	(V)	400/690			
Connection	(-)	D	Y		
Design current	(A)	3.1	1.8		
Relative pull-in current	(-)	4,6			
Relative starting torque	(-)	2,2			
Relative pull-up torque	(-)	2,2			
Relative pull-out torque	(-)	2,6			
Loading state	(%)	100	75	50	25
Power factor	(-)	0,69	0,59	0,48	0,32
Efficiency	(%)	73	70	64	50
Th. cl.		155(F)			
Coolant temperature	(°C)	-20°C...+40°C			
Altitude above sea level	(m)	1000m			
Degree of protection IP		IP55			
Moment of inertia	(kgm^2)	0,00425			
Motor weight	(kg)	19			
Bearing, D-side		6205 2Z C3			
Bearing, N-side		6205 2Z C3			
Relubrication interval	(h)				
Grease type		Asonic GLY 32			
Grease amount	(g)				
A-sound pressure level	(dB)	43			

Options

Type of mounting	IM B3
Flange:	-
Terminal box	Standard
Position of terminal box	on the top
Cable gland	Sealing plug
Position of cable entry	right
Shaft	Standard
Bearing	Easy bearing arrangement
Special details to bearings	none
Bearing monitoring	none
Anti-condensation heating	none
Limit values to vibration velocity	Class A
	Balancing with half key
Colour system	01 Moderate (KK C2),RAL 7031 blue-grey,60 µm

Delivery conditions and/or official regulations:	IEC / EN 60034-1
Special customer specifications	without

This document was produced electronically, all specifications are valid only after confirmation of the manufacturer

Málin á rafmótor sem valinn er.

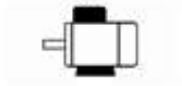
Data sheet

21.03.2017 MADE WITH VEM EKAT V10.7

Three-phase motors with squirrel cage rotor, standard motors
Housing grey cast iron

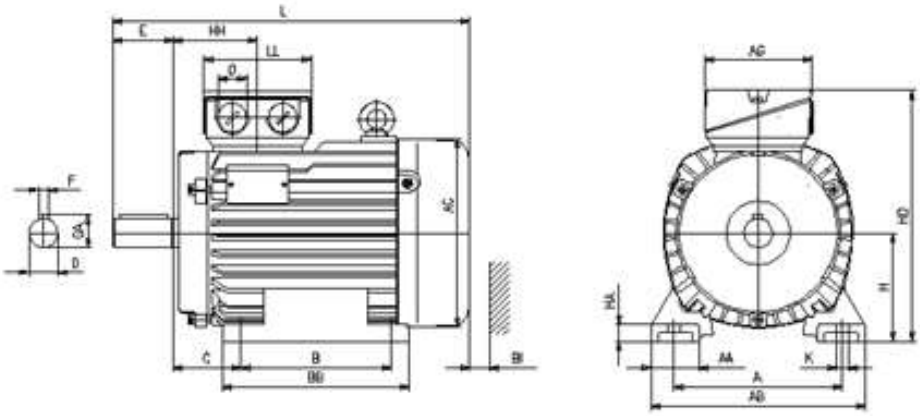
K21R 90 L6

Mounting position



Type of mounting: IM B3
Flange: -
Position of terminal box: on the top
Brake type:
Forced-ventilation:

Terminal box: KA 05
Cable gland O: 1 xSealing plug



Motor

A	AA	AB	AC	AD	B	B'	BA	BA'	BB	C	CA	K	K'
140	40	178	157	-	125	125	-	-	155	56	-	10	10

Terminal box

L	LC	H	HA	HD	HH	BI	AG	LL	BE	AH
257	-	90	14	210	70	16	92	92	-	-

Flange

P	N	LA	M	T	S
-	-	-	-	-	-

Tolerances

H	N	D	DA
-0,5	j6	k6	k6

Shaft-DS

D	E	GA	F	DB
24	50	27	8	DIN 332-DS M8 -

Shaft-NS

DA	EA	GC	FA
-	-	-	

DB...Centre hole

Delivery conditions and/or official regulations: IEC / EN 60034-1
This document was produced electronically, all specifications are valid only after confirmation of the manufacturer

C Tilboð og verð

Tilboð frá Fálkanum í rafmagns hluti. Veggskápur, rofar og öryggi. Hraðabreytir, snekkjudrif og rafmótor.

FÁLKINN
Stofnað 1904
ÞEKKING REYNSLA ÞJÓNUSTA

Fálkinn hf., Dalvegi 10-14, 201 Kópavogi
Sími 540 7000 - falkinn@falkinn.is - www.falkinn.is
Kt. 520169-3699 - Vsknr. 11905

Staðgreiðsla 4. deild
Dalvegi 10 - 14
201 Kópavogur
IS

Kennitala:

Tilboð

Númer .....: SQ_012851-2
Dagsetning .....: 9.2.2017
Síða .....: 1 af 1
Tilv. yðar .....:
Viðskiptavinalykill .....: 0401004
Sölumaður .....: Ragnar Birkir Björnsson
Lokadagur tilboðs .....: ***16-feb-2017***

Vörunúmer	Lýsing	Magn	Ein.	Ein.verð	Afsl.	Upphæð	Vsk
NSYS3D5420P	Veggskápur 50x40x20cm m.botnp.	1	stk	19.821	15,00	16.848	C
zb4bd2	Snerilhnappur 0-1	1	stk	1.542	15,00	1.311	C
zb4bz101	Rofi m/sökkli n/o	1	stk	974	15,00	828	C
zb4bd912	Mótstöðuhaldari fyrir 6mm öxul	1	stk	4.598	15,00	3.908	C
zb4bd912m2.5k	Mótstaða Stilliviðnám 2.5 kohm	1	stk	2.242	15,00	1.906	C
A9F04210	Sjálfvar Acti 9 iC60N C 2P 10A	1	stk	1.171	15,00	995	C
fpb14090 l	Flans B14 090 lítill	1	stk	7.429	15,00	6.315	C
ATV12HU15M2	Hraðabr. 1,50kW 230V	1	stk	34.248	15,00	29.111	C
rmi 85 s 1/70	Snekkjudrif 90 B14	1	stk	72.749	15,00	61.837	C
01.10kw64	Rafmótor K21R 90 L6 935sn	1	stk	42.655		42.655	C

Samtals: 165.714

Skattverð (C) 133.640 VSK 24,0% 32.074

Reikningsupphæð 165.714

Verð miðast við sölugengi gjaldmiðla á tilboðsdegi.
Verð einstakrar vöru eða eininga er háð því að tilboði sé tekið í heild sinni en ekki einstaka þáttum þess.

Afhending er af lager okkar Dalvegi 10 - 14, 201 Kópavogi
en annars 2-8 vikum frá pöntun.

Tilboðið gildir til 16.02.17 og er háð staðfestingu við pöntun
Öll verð eru með virðisaukaskatti

Fálkinn hf. - Dalvegur 10-14 - 201 Kópavogur - Sími 540 7000 - Fax 540 7001 - Banki: 526 26 30020
Leiðréttingar áskilin. Dráttavextir reiknast af vanskilum. Vörur aðeins teknar til baka gegn framvísun reiknings.

Tilboð í allt smíðastál sem þarf til að smíða klónna frá Ferró Zink.

SANDBLÁSTUR & MÁLMHÚÐUN FERROZINK

STAÐGREITT FERROZINK

Tilboð nr. **887857**
Dagsetning: 22/03/17
Viðsk.nr.: 100000000900
Tegund sölu.: Staðgreitt
Sölumaður: Óskar Valdimar
Lager: 02
Síða : 1/1

VERÐUR SÓTT

	Vörunr.	Vöruheiti	Magn	Ein.verð án vsk	Afsl%	Samtals án vsk
1.	Sv. Flatstál, svart / Flat bars, black, Rst. 37-2/S235 JRG2/EN 10025, DIN 1017/59200 2-541208	FLATJÁRN 12x80mm	2,60 m 19,99 Kg	845,90 kr/m 110,00 kr /kg	Tilb.	2.199 kr
2.	Sv. Flatstál, svart / Flat bars, black, Rst. 37-2/S235 JRG2/EN 10025, DIN 1017/59200 2-540680	FLATJÁRN 6x80mm	5,60 m 21,50 Kg	810,24 kr/m 211,00 kr /kg	Tilb.	4.537 kr
3.	Sv. Flatstál, svart / Flat bars, black, Rst. 37-2/S235 JRG2/EN 10025, DIN 1017/59200 2-540900	FLATJÁRN 8x250mm	0,75 m 12,00 Kg	2.080,00 kr/m 130,00 kr /kg	Tilb.	1.560 kr
4.	Sv. Flatstál, svart / Flat bars, black, Rst. 37-2/S235 JRG2/EN 10025, DIN 1017/59200 2-541206	FLATJÁRN 12x60mm	0,70 m 4,04 Kg	1.304,01 kr/m 226,00 kr /kg	Tilb.	913 kr
5.	Sv. Flatstál, svart / Flat bars, black, Rst. 37-2/S235 JRG2/EN 10025, DIN 1017/59200 2-540660	FLATJÁRN 6x60mm	1,40 m 4,03 Kg	319,68 kr/m 111,00 kr /kg	Tilb.	448 kr
6.	Rúnstál, svart / Rounds , Rst. 37-2, S 235 JRG2 / EN 10025, DIN 1013 2-600042	RÚNJÁRN 42mm	0,25 m 2,73 Kg	2.605,12 kr/m 239,00 kr /kg	Tilb.	651 kr
7.	Rúnstál, svart / Rounds , Rst. 37-2, S 235 JRG2 / EN 10025, DIN 1013 2-600025	RÚNJÁRN 25mm	1,20 m 4,72 Kg	899,97 kr/m 229,00 kr /kg	Tilb.	1.080 kr
8.	Vélastál, sívalt, Málvik: DIN 671/ISO h9, kalddregið Rounds St. 37-2K,DIN 1652-17100, Tol:DIN 671/ISO h9, brig 2-531100	VÉLASTÁL 100mm - SÍVALT	0,10 m 6,29 Kg	11.636,50 kr/m 185,00 kr /kg	Tilb.	1.164 kr
9.						
10.	9-553	Sögun/klippur lágm 0,25ein frávik +/-3mm	0,25 kl 0,00 Kg	8.196,00 kr/kl 8.196,00 kr /st		2.049 kr

Samtals verð:	14.601		
Vsk 24%:	3.504	Samtals kg.	75,30
Tilboð með vsk:	18.105		

Tilboð miðast við stöðu lagers á hverjum tíma.
Tilboðið gildir í 10 daga frá dagsetningu.
Verð miðast við gengi á tilboðsdegi, nema annað sé tekið fram.

Samþykkt f.h. kaupanda _____

Ferro Zink hf. I www.ferrozink.is I ferrozink@ferrozink.is I Kennitala 460289-1309 I Vsk. nr. 499
Ásbrg 6 I 600 Akureyri I sími 460 1500 I fax 460 1501
Áthella 12-14 I 221 Hafnarfjörður I sími 533 5700 I fax 533 5705

Tilboð í legubúnað frá Landvélum.

LANDVÉLAR

Sími .....: +354-580-5800
Kennitala: .....: 4202693159

Smiðjuvegur 66
200 KÓPAVOGUR

STAÐGREITT

Sími .....:
Fax.....:

Bráðabirgðatilboð

Númer .....: SA-815626-1
Dagsetning .....: 22.3.2017
Síða .....: 1 af 1
Sölupöntun .....: SA-815626
Viðmiðunarbeiðni.....::
Tilv. yðar .....:
Tilv. okkar .....: ÓÞG
Lokadagur tilboðs .....:
Greiðsla .....: Staðgreitt

Vörunúmer	Vöruheiti	Magn	Stykkjaverð	sl. prós.	Ein. verð m. afsl.	Upphæð
L-30208J2Q	Lega 30208 J2/Q 40x80x19,75	4,00	2.987	10,00	2.688	10.753
L-KM8	Ró KM 8 40x58x9	2,00	1.290	10,00	1.161	2.322
L-MB8	Splitthr. MB 8 40x62x1,25	2,00	133	10,00	120	239

Öll verð eru staðgreiðsluverð í íslenskum krónum og án vsk. nema annað sé tekið fram.

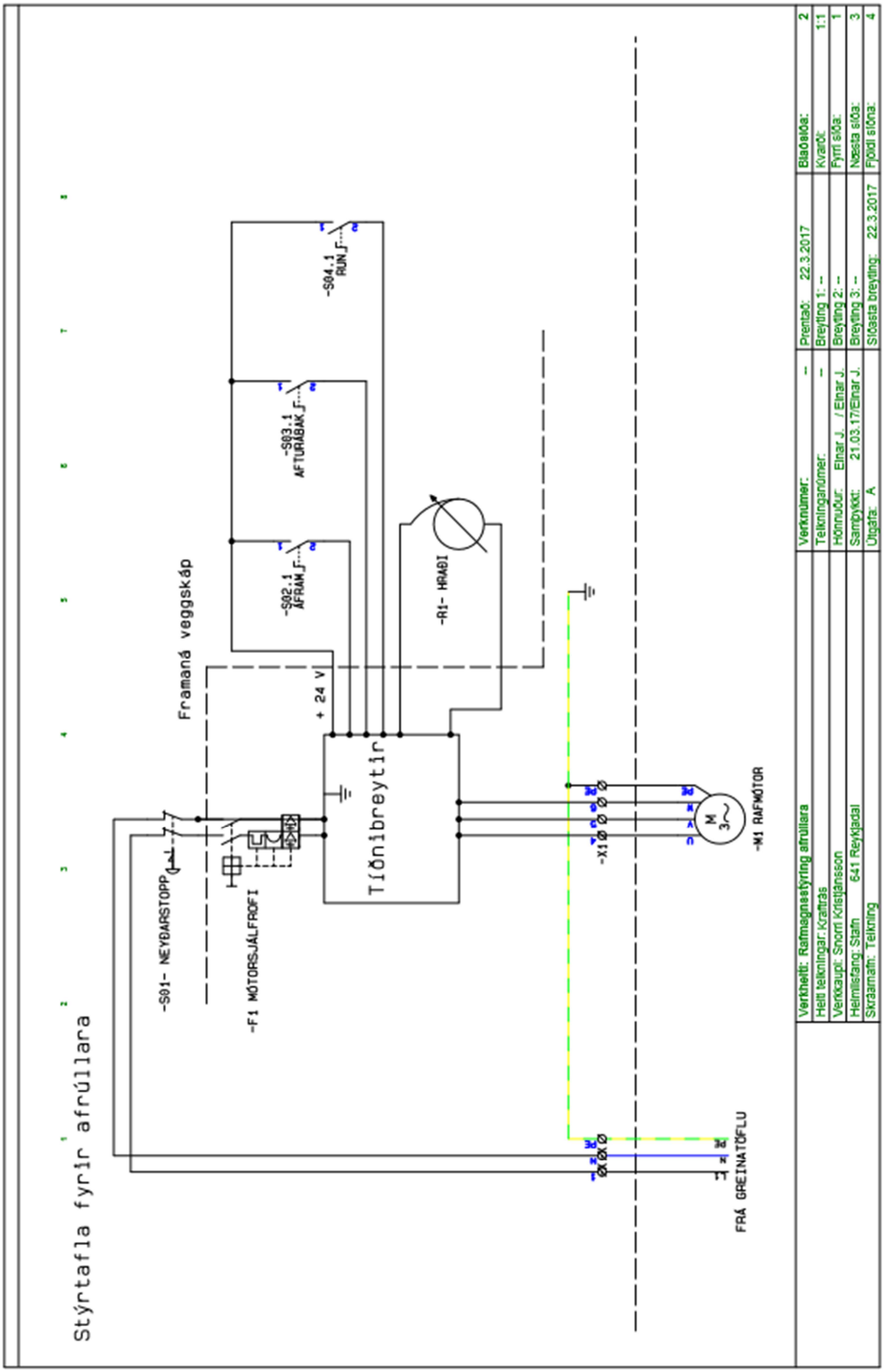
Ef um sérpöntun er að ræða miðast verð við sölugengi gjaldmiðla á tilboðsdegi skv. gengisskráningu Seðlabanka Íslands og breytist í samræmi skráð gengi á viðmiðunardag. Viðmiðunardagur er sá dagur þegar kaupanda er tilkynnt um að hið selda sé tilbúið til afhendingar.

Verð einstakra vöru eða eininga eru háð því að tilboði sé tekið í heild sinni, en ekki einstaka þáttum þess.

Ofangreint tilboð gildir í 15 daga frá dagsetningu.

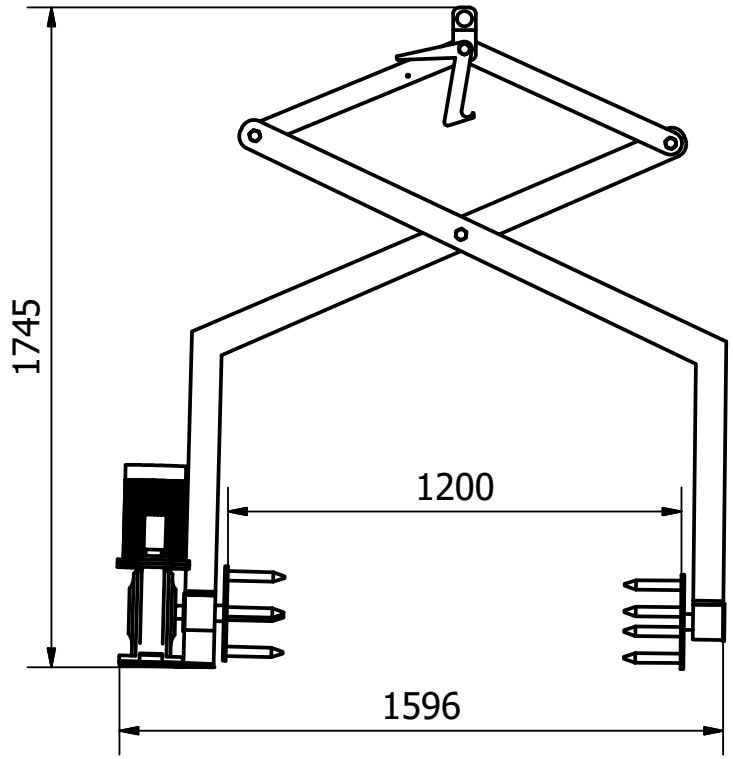
Verð án VSK.	Virðisaukaskattur	Samtala
13.315	3.196	16.511 ISK

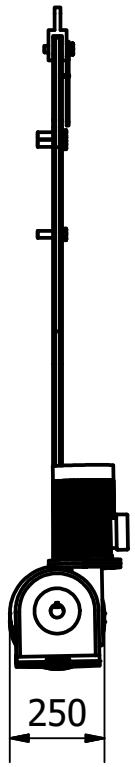
D Rafmagnsteikning af stýritöflu afrúllara



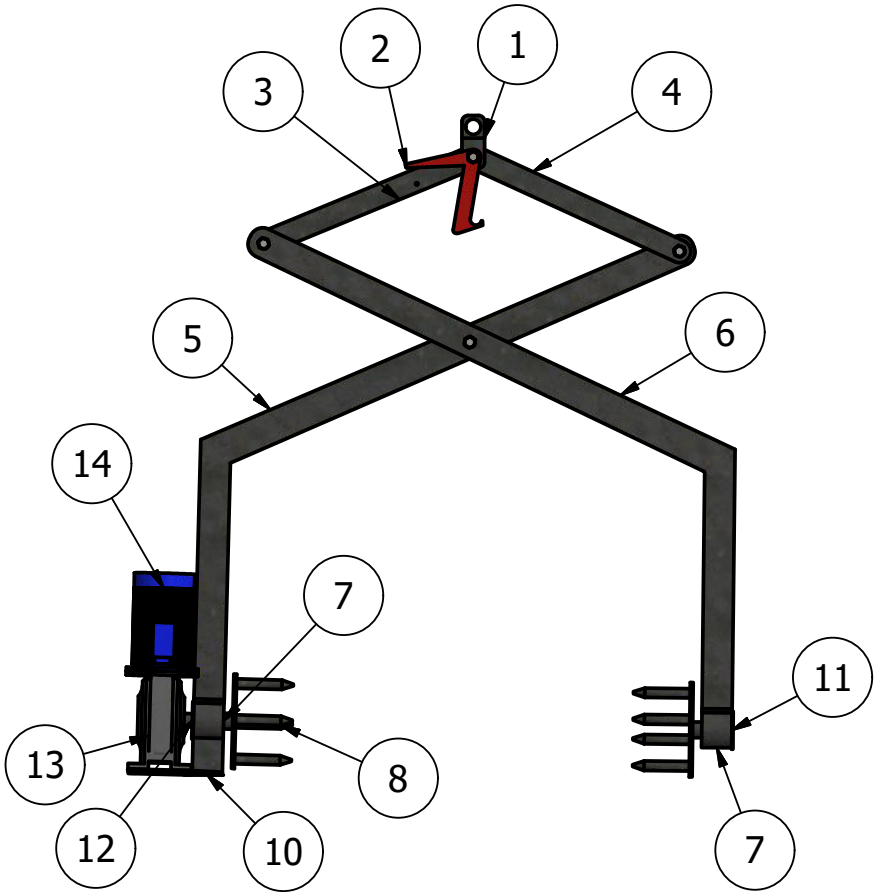
E Smíðateikningar

Teikningar gerðar í forritinu Autodesk Inventor og samanstanda af öllum þeim hlutum sem fjallað hefur verið um í verkefni.





Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 20
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Afrúllari				
		smíðateikningar		Útgáfa		Blað 1 / 15

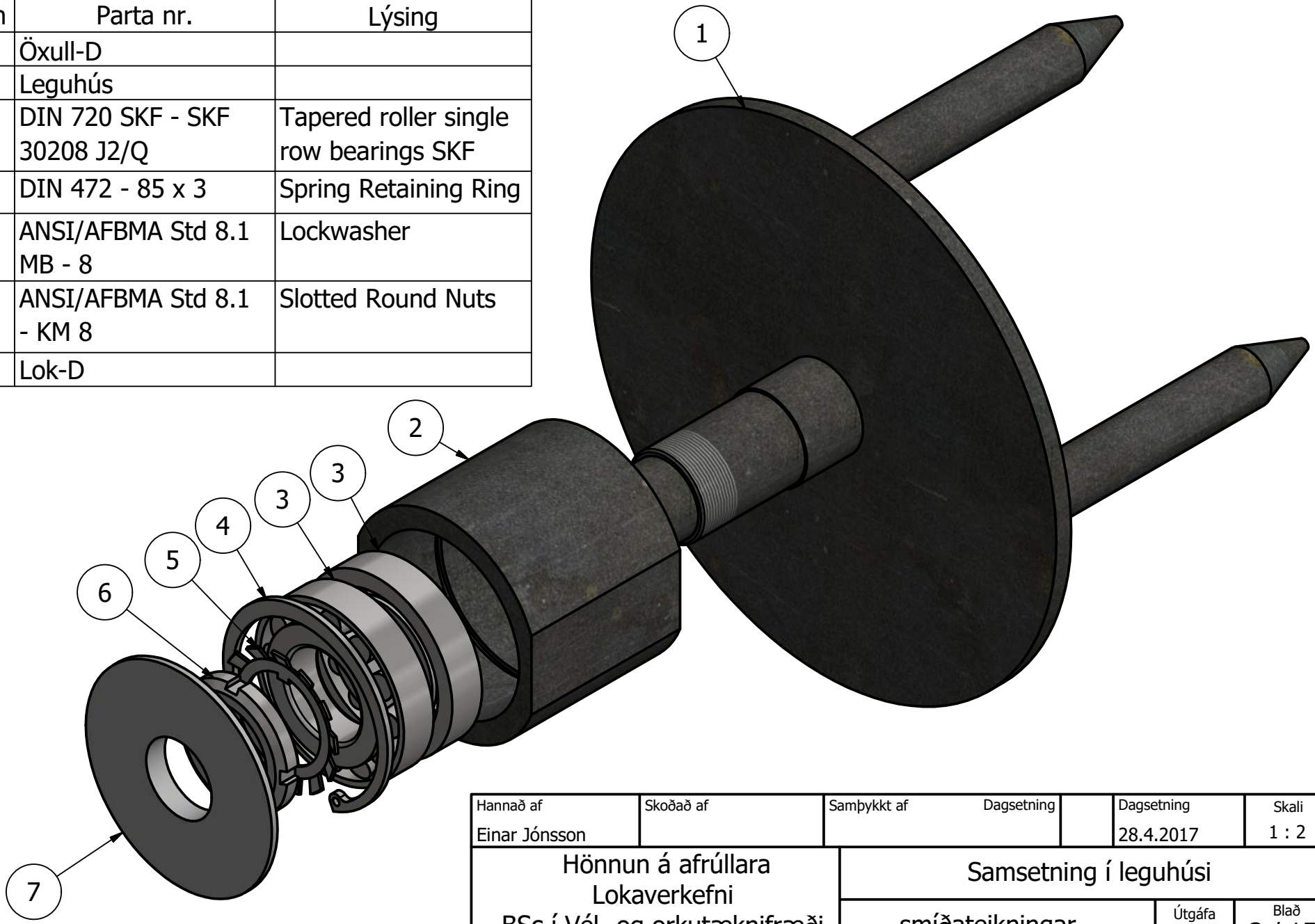


Parta listi			
Nr	Magn	Hlutur	Lýsing
1	1	Hífieyra	12 mm stál
2	1	Lás	6 mm stál
3	1	Efri armur	12x60 Flatjárn
4	2	Efri armur	6x60 Flatjárn
5	1	Neðri armur	12x80 Flatjárn
6	2	Neðri armur	6x80 Flatjárn
7	2	Leguhús	100 mm Öxull
8	1	Öxull-Drif m.	42 mm Öxull
9	1	Öxull	42 mm Öxull
10	1	Festing	8 mm stál
11	1	Lok	POM plast
12	1	Lok-Drif m.	POM plast
13	1	Snekkjudrif	STM RI 85 1/70
14	1	Mótor	VEM 1,1 kW

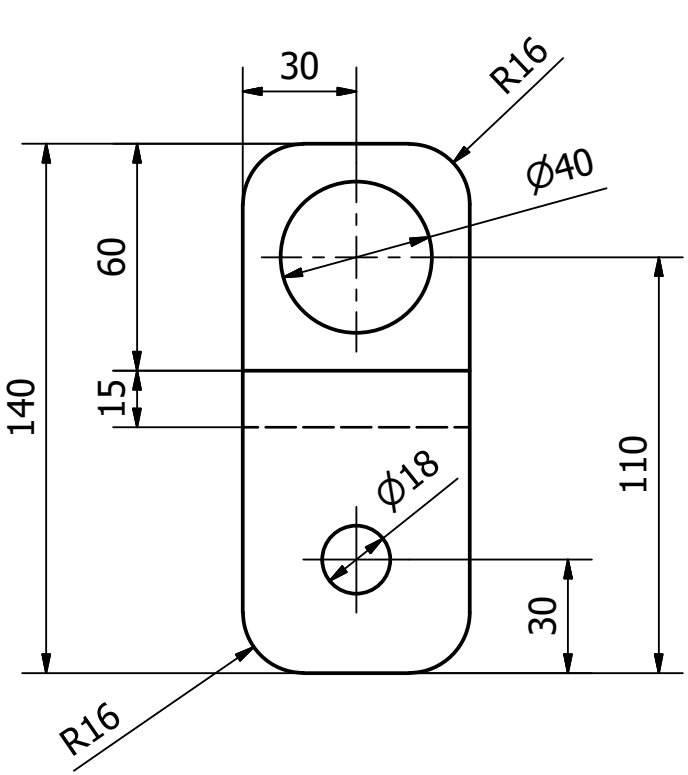
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 20

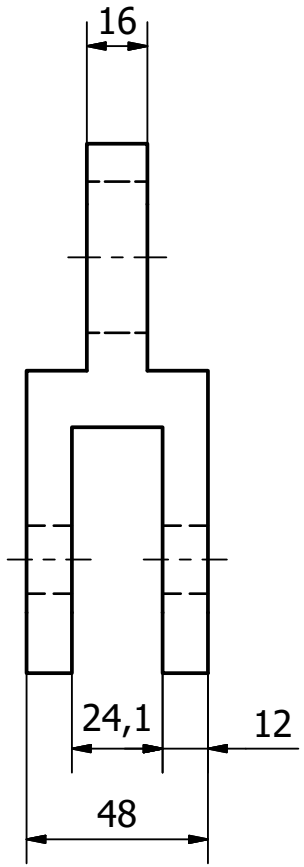
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði	Afrúllari samsettur		
	smíðateikningar	Útgáfa	Blað 2 / 15

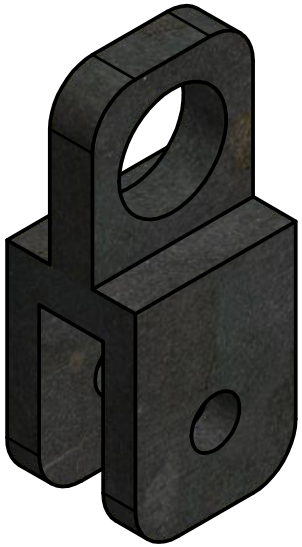
Parta listi			
Nr	Magn	Parta nr.	Lýsing
1	1	Öxull-D	
2	1	Leguhús	
3	2	DIN 720 SKF - SKF 30208 J2/Q	Tapered roller single row bearings SKF
4	1	DIN 472 - 85 x 3	Spring Retaining Ring
5	1	ANSI/AFBMA Std 8.1 MB - 8	Lockwasher
6	1	ANSI/AFBMA Std 8.1 - KM 8	Slotted Round Nuts
7	1	Lok-D	

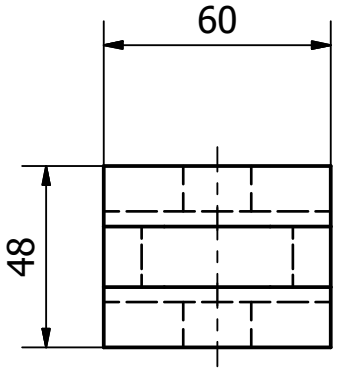


Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Samsetning í leguhúsi				
		smíðateikningar		Útgáfa		Blað 3 / 15



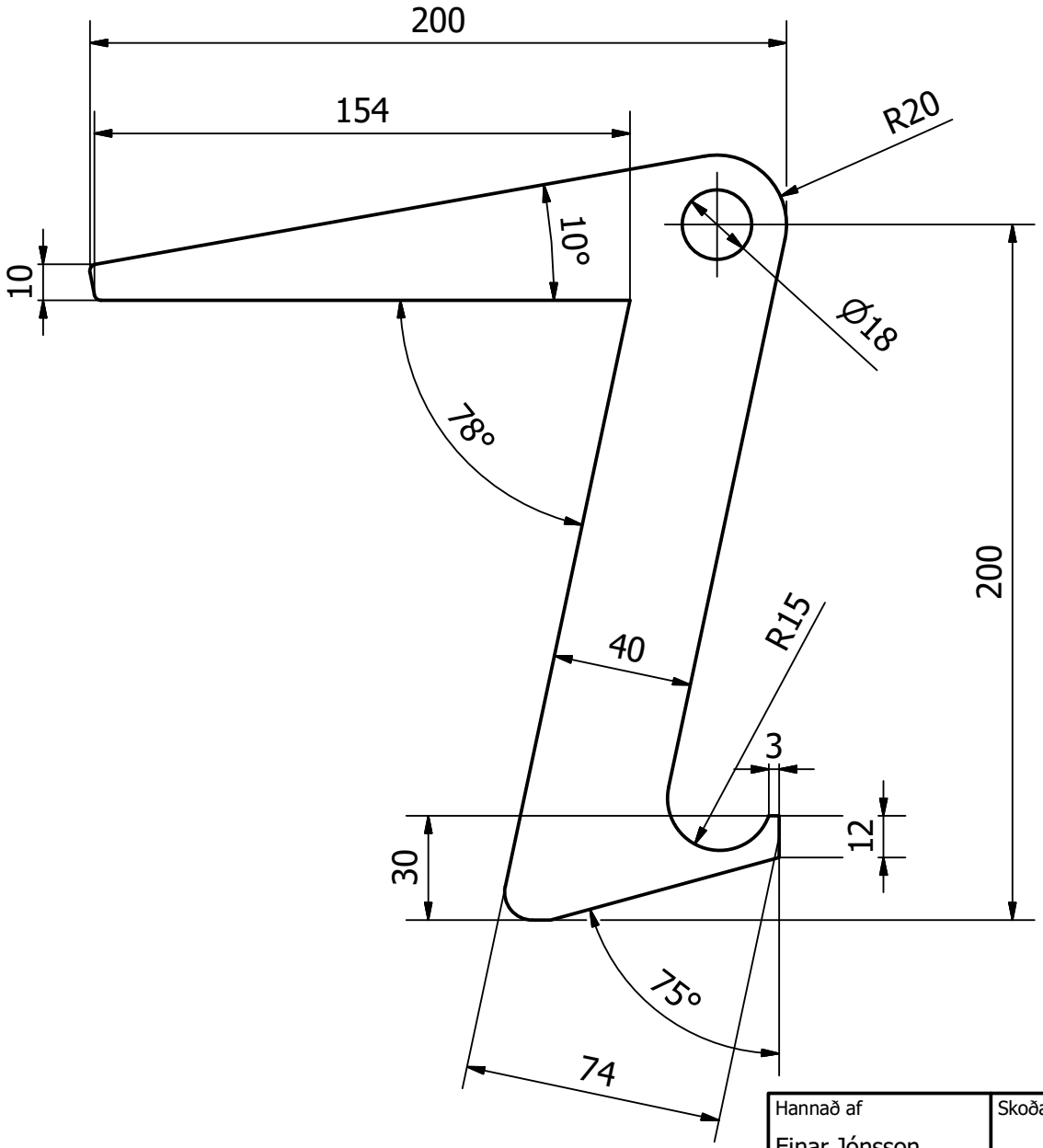


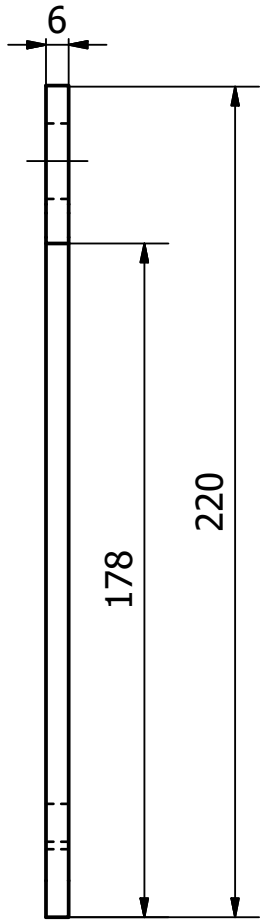


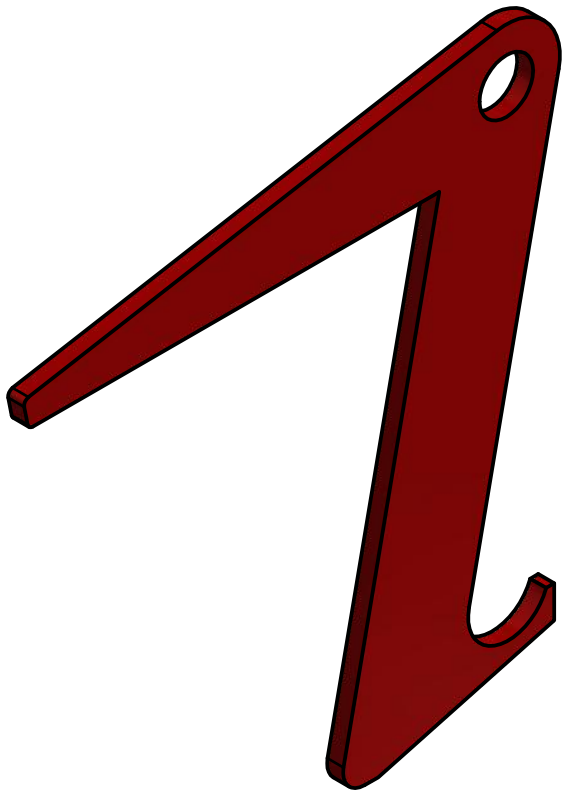


Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2

Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði	Hífieyra		
	smíðateikningar	Útgáfa	Blað 4 / 15

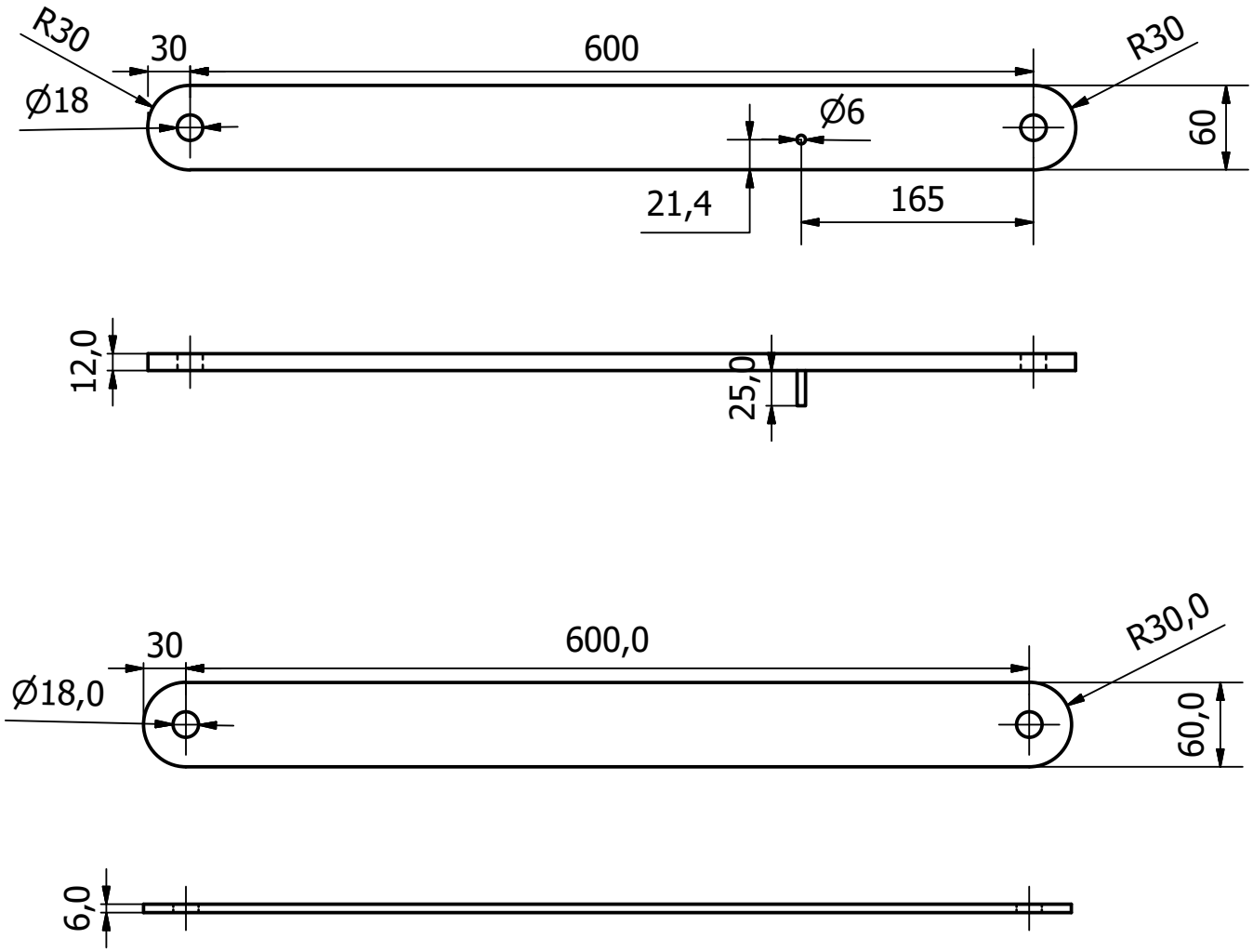




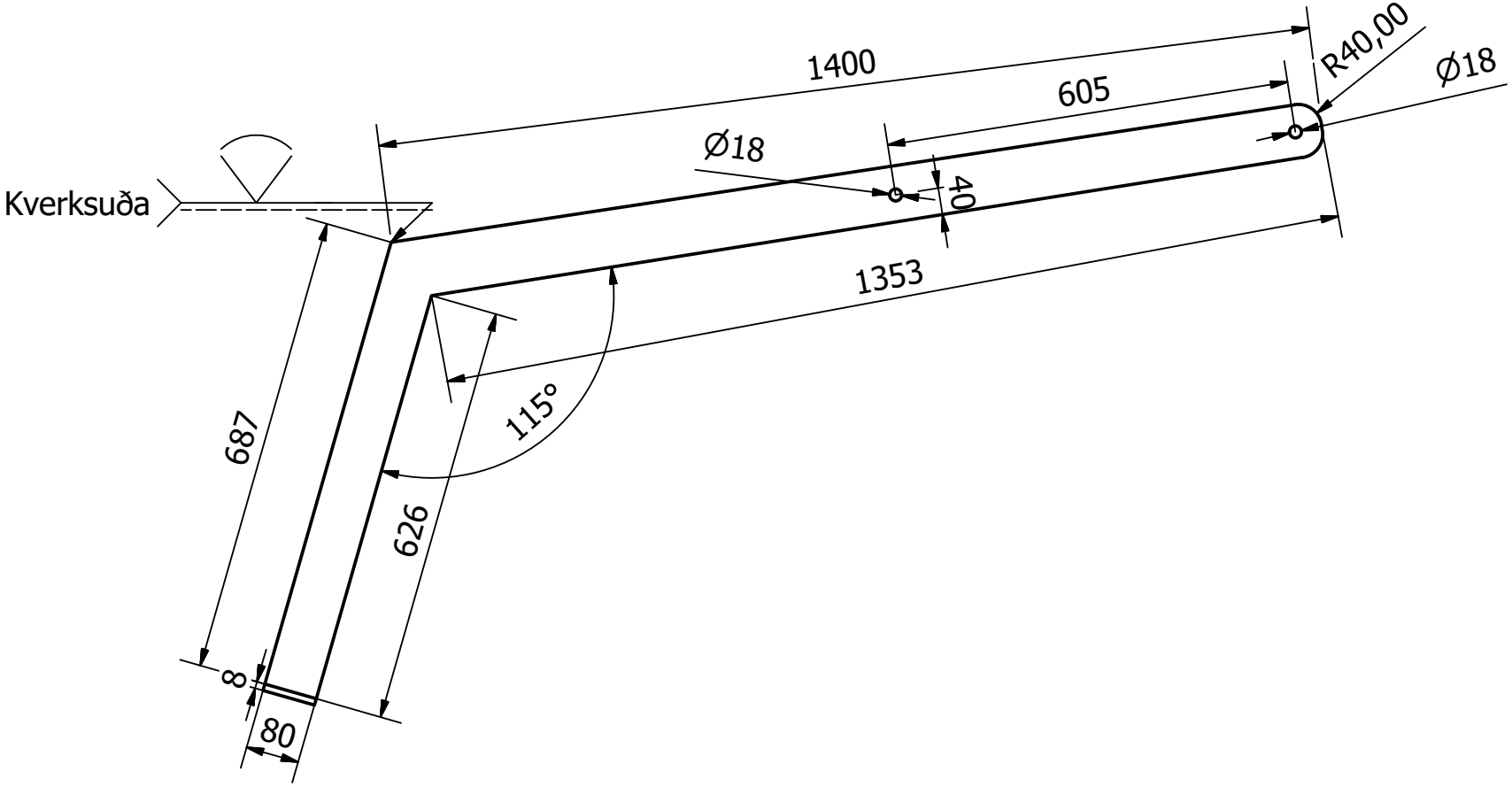


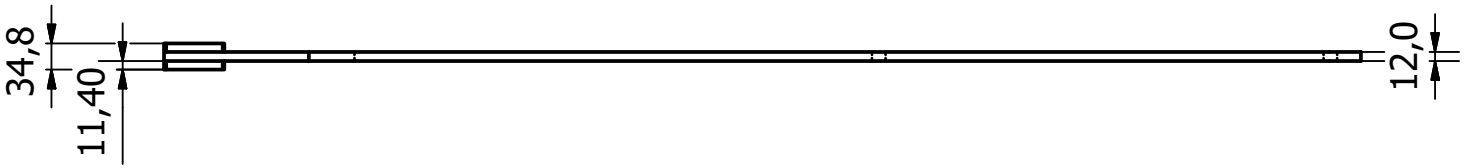
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2

Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði	Lás		
	smíðateikningar	Útgáfa	Blað 5 / 15

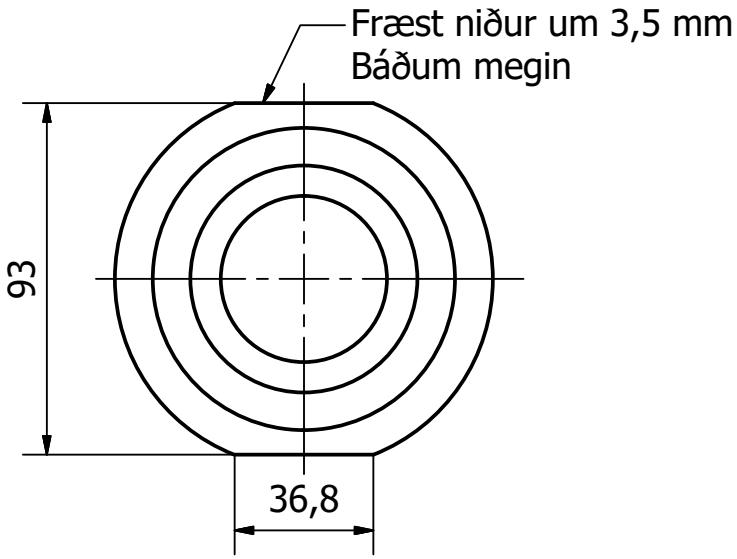


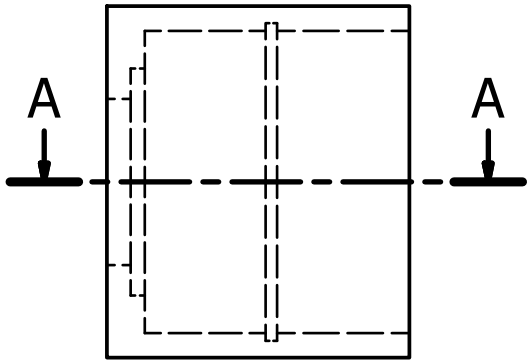
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 5
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Efri armar				
		smíðateikningar		Útgáfa		Blað 6 / 15



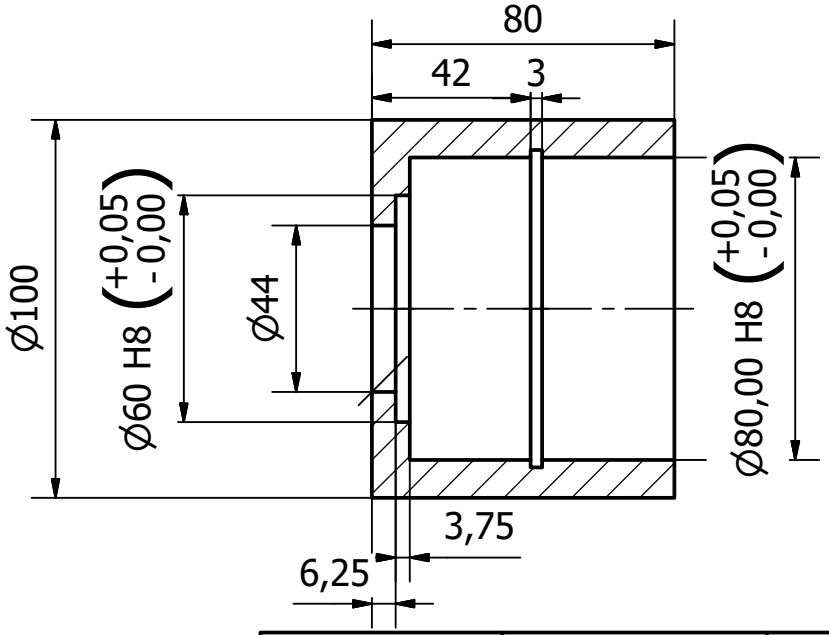


Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 10
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Neðri armur				
		smíðateikningar		Útgáfa	Blað	7 / 15



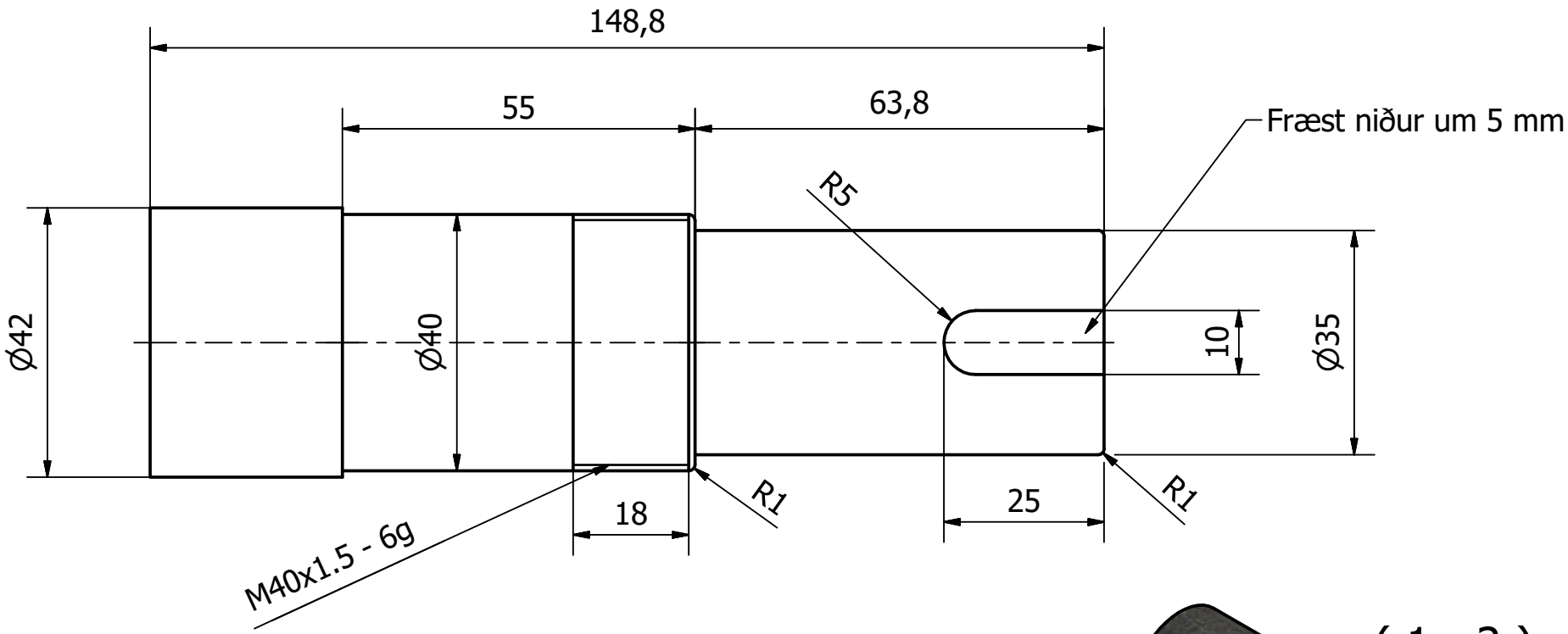


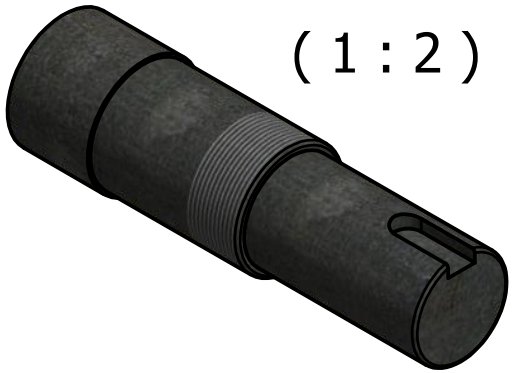
A-A (1 : 2)



Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2

Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði	Leguhús		
	smíðateikningar	Útgáfa	Blað 8 / 15

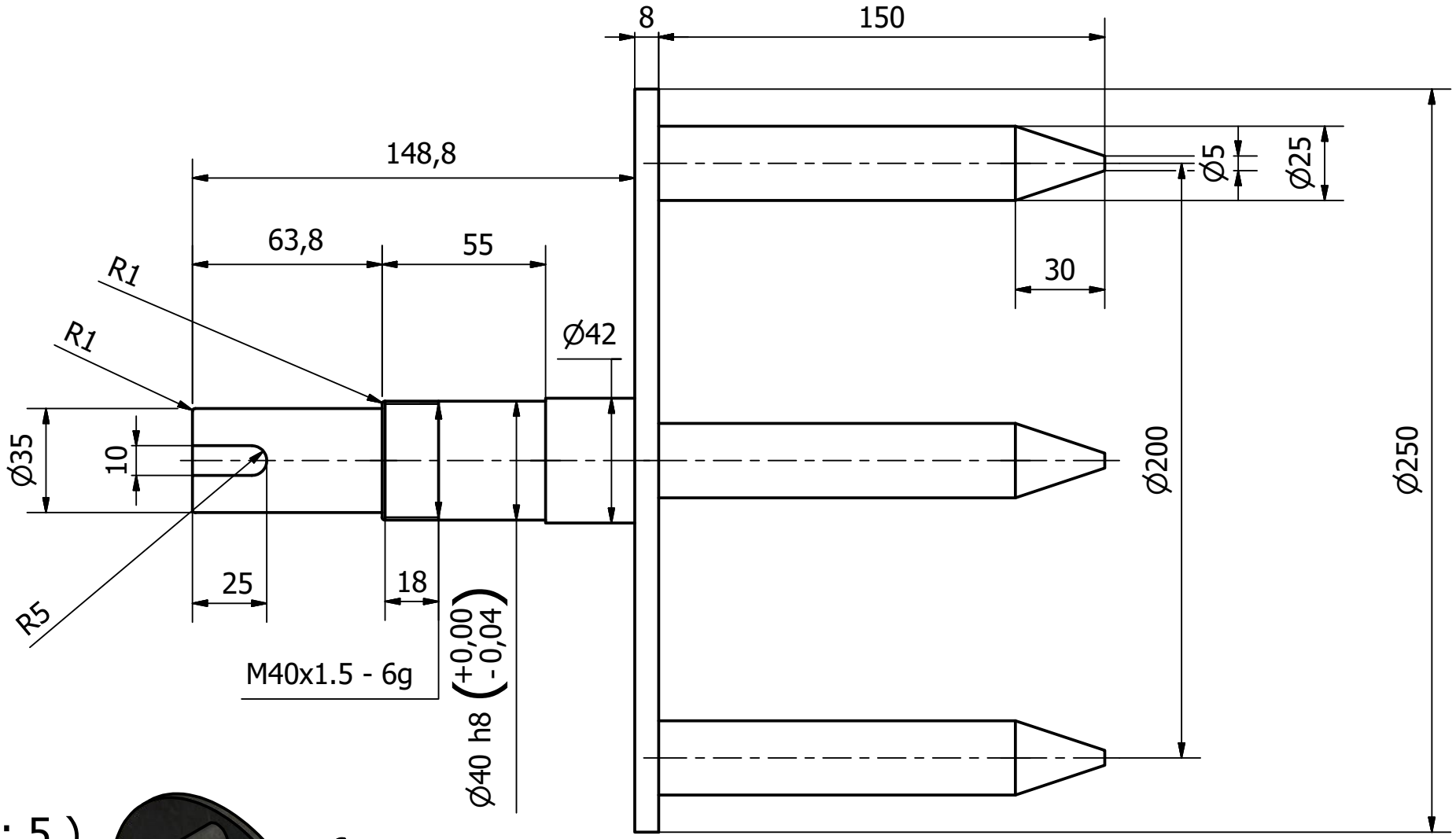




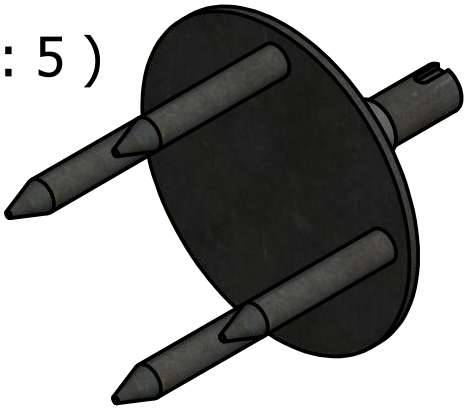
(1 : 2)

Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 1

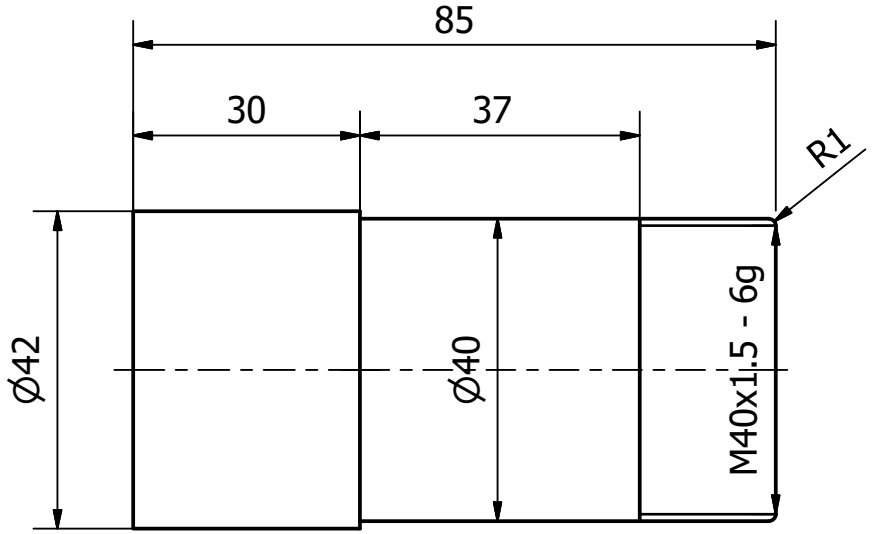
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði	Öxull drifmeginn		
	smíðateikningar	Útgáfa	Blað 9 / 15



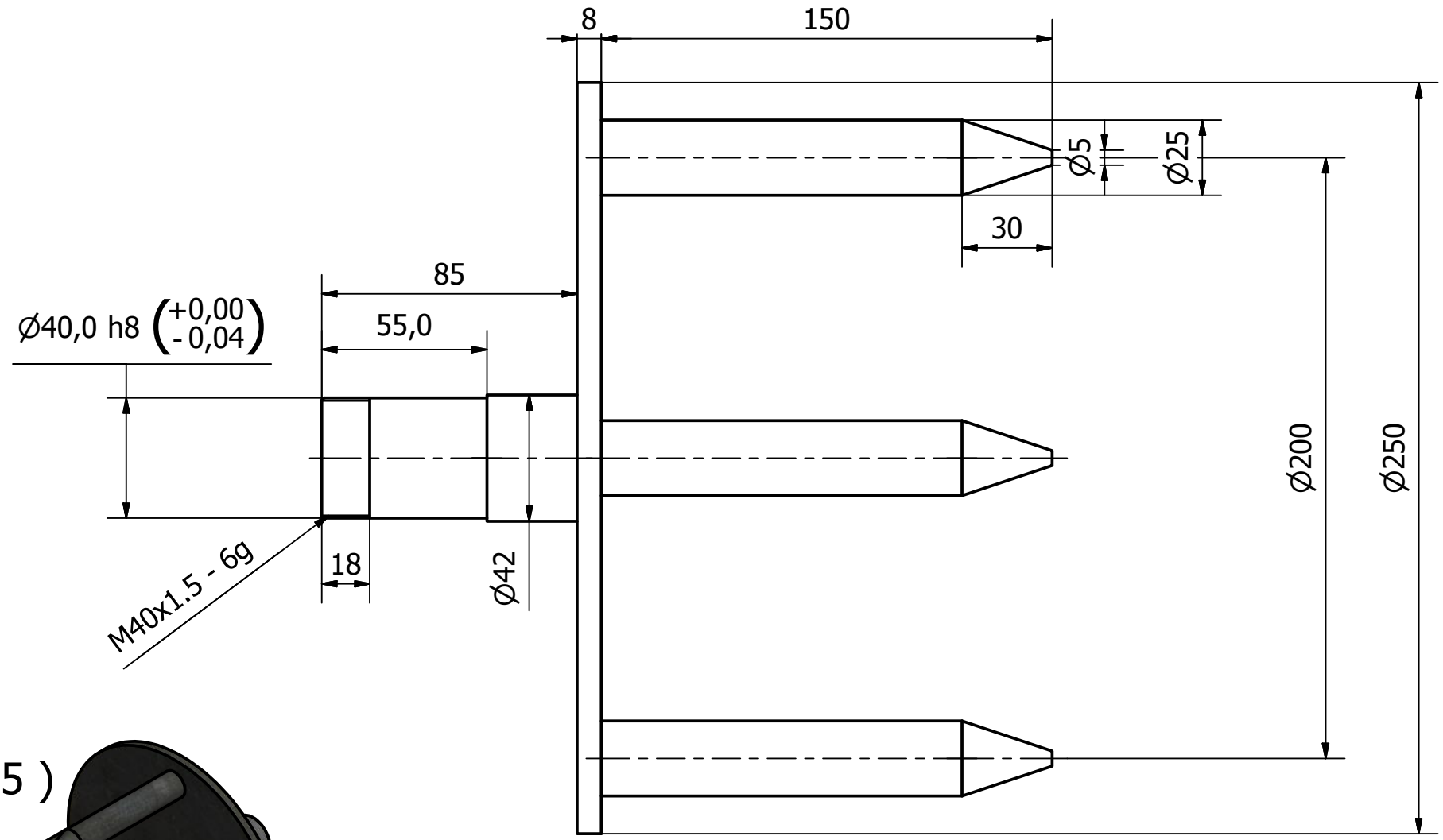
(1 : 5)



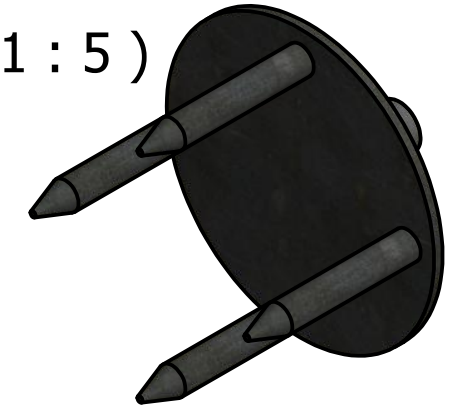
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Öxull- drif meginn samsettur				
		smíðateikningar		Útgáfa	Blað 10 / 15	



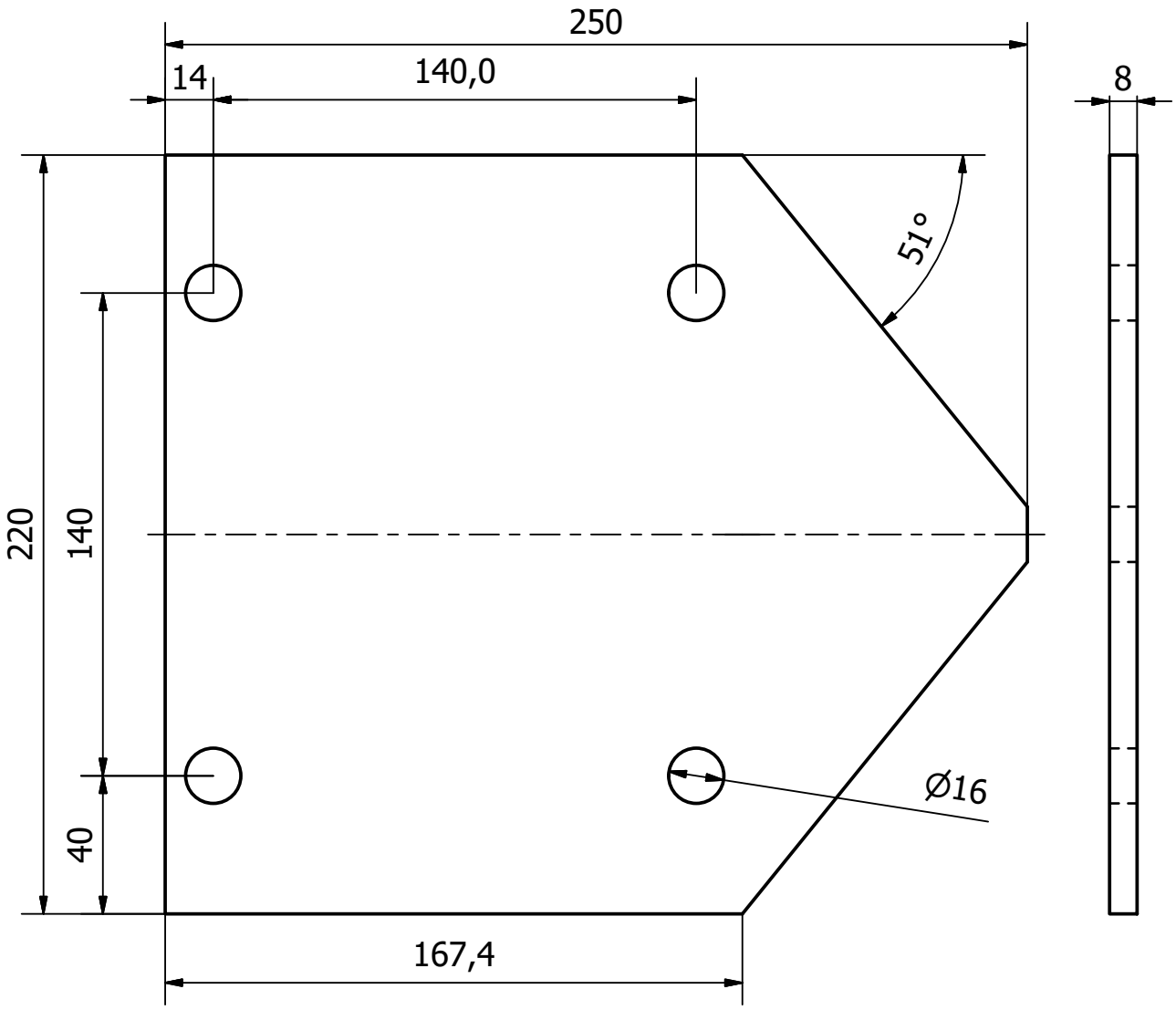
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 1
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Öxull				
		smíðateikningar		Útgáfa	Blað	11 / 15

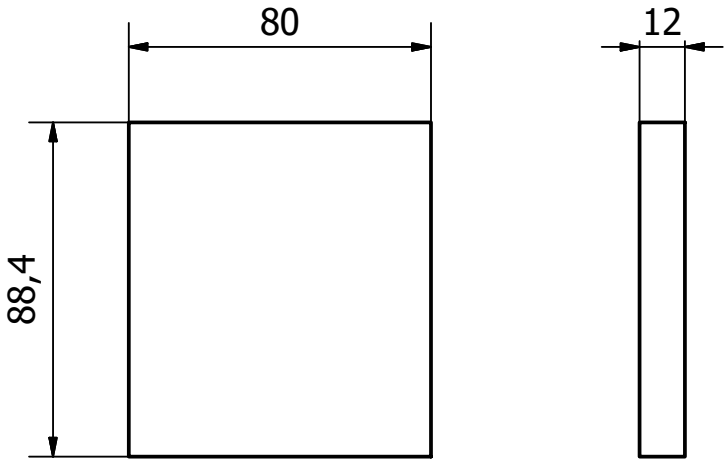


(1 : 5)



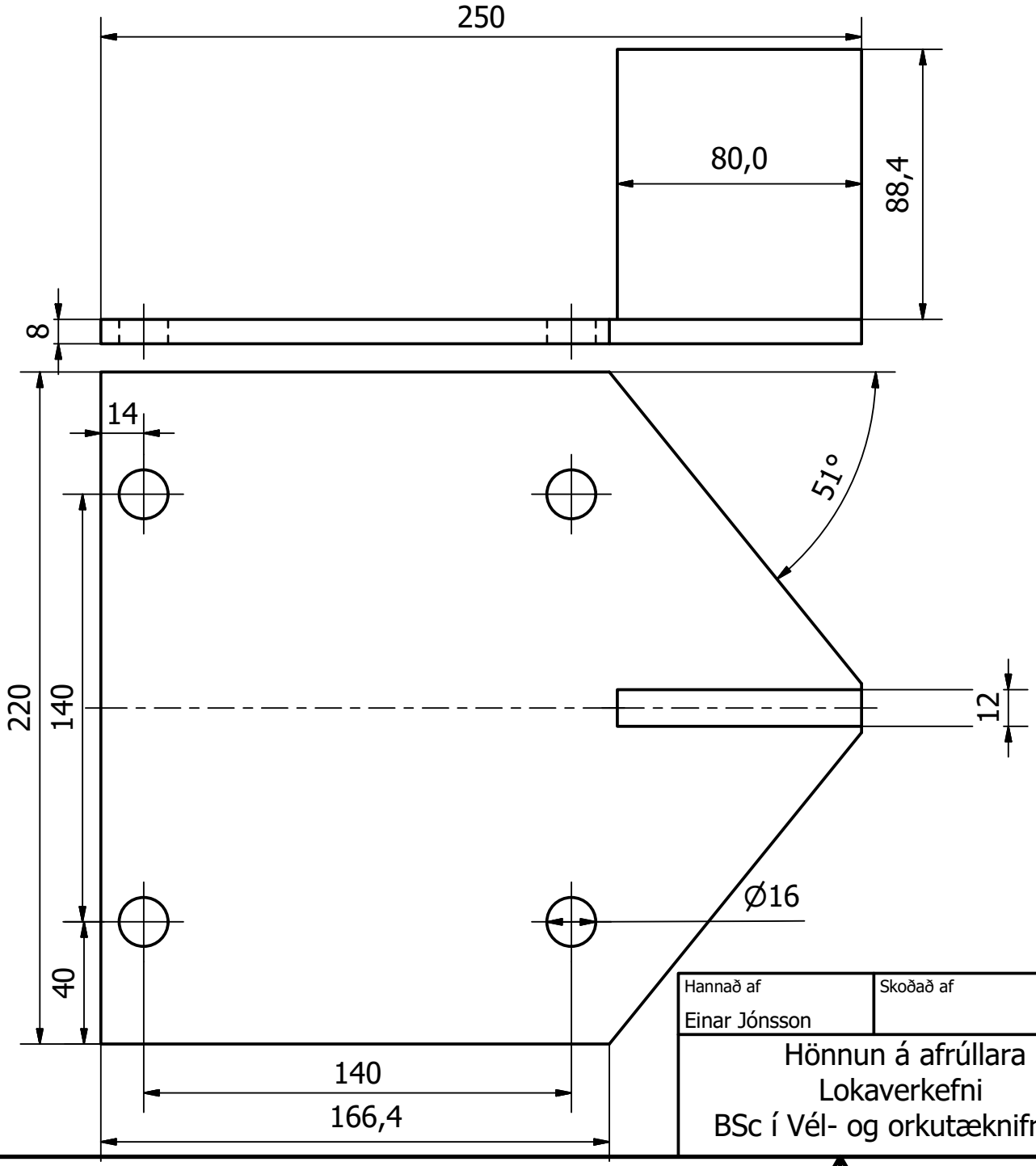
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Öxull samsettur				
		smíðateikningar		Útgáfa	Blað	12 / 15



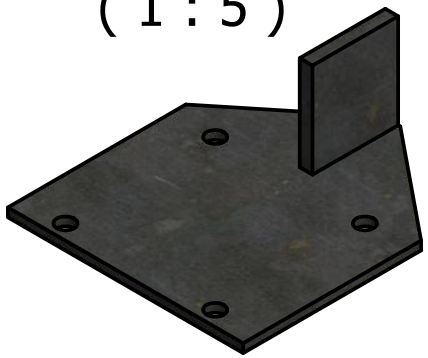


Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2

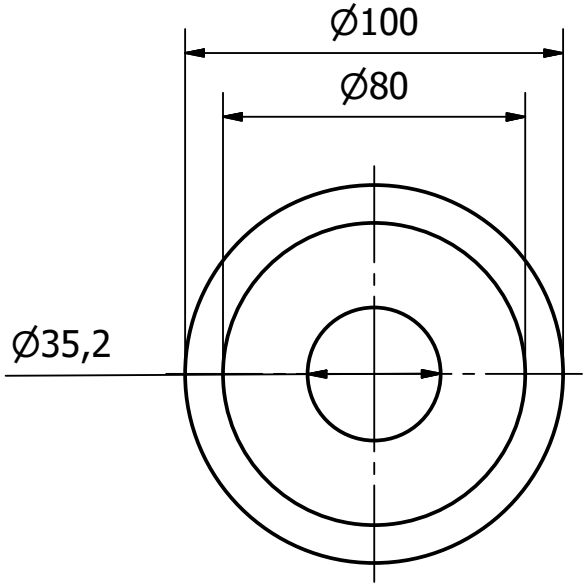
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði	Festing		
	smíðateikningar	Útgáfa	Blað 13 / 15

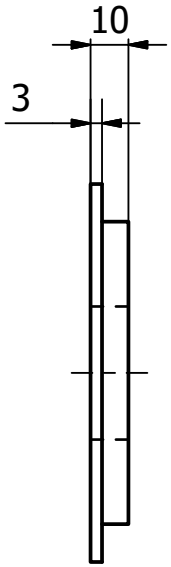


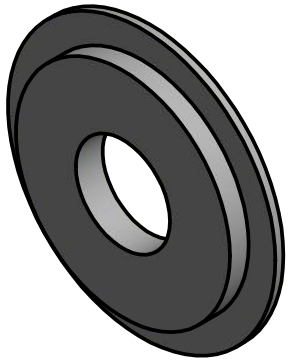
(1 : 5)

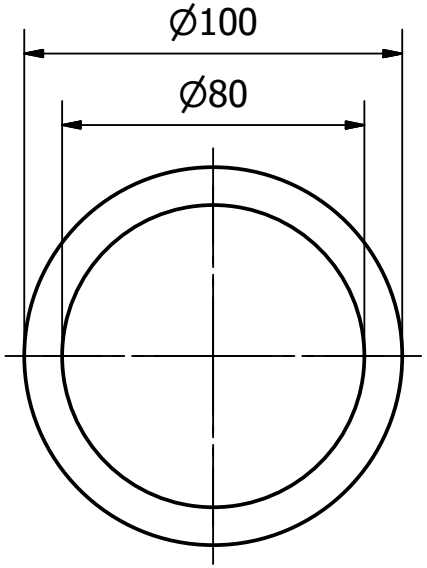


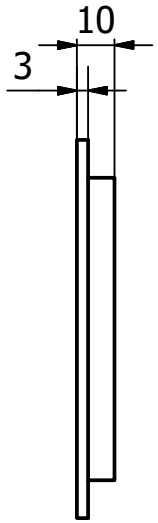
Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Festing samsett				
		smíðateikningar		Útgáfa		Blað 14 / 15

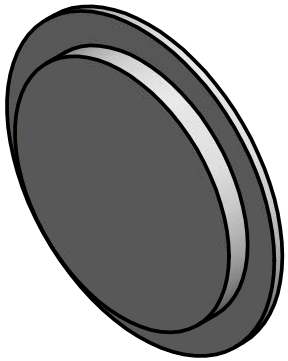












Hannað af	Skoðað af	Samþykkt af	Dagsetning		Dagsetning	Skali
Einar Jónsson					28.4.2017	1 : 2
Hönnun á afrúllara Lokaverkefni BSc í Vél- og orkutæknifræði		Lok				
		smíðateikningar		Útgáfa		Blað 15 / 15