



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

MEHHATROONIKAINSTITUUT

Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE40LT

**Kirill Aleksandrov**

**Automaatselt avanev kingituskarp**

Autor taotleb tehnikateaduse bakalaureuse akadeemilist kraadi

Tallinn

2016

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Alina Sivitski juhendamisel

“16” mai 2016 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....” .....2016 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” .....2016 a.

..... allkiri

# SISUKORD

EESSÕNA.....	6
SISSEJUHATUS.....	7
PÕHIOSA.....	9
1. KONSTRUKTSIOON, TÖÖPÕHIMÕTTE JA KOMPONENDID.....	9
<b>1.1 Konstruktsioon .....</b>	<b>9</b>
1.1.1 Kroonleht.....	10
1.1.2 Kroonlehe hoidja .....	11
1.1.3 Alaosa .....	12
1.1.4 Sõrmuse allapanek ja plaat .....	16
1.1.5 Liigendühendus .....	17
1.1.6 Laager 618/6 ja pöörlemistelg .....	19
<b>1.2 Tugevuse arvutused.....</b>	<b>20</b>
1.2.1 Jalad .....	20
1.2.1.1 ABS Plastik.....	21
1.2.1.1 PLA Plastik.....	22
<b>1.3 Tootmine.....</b>	<b>23</b>
2. JÄLGIMISANDUR .....	24
2.1 Anduri valik.....	24
2.2 Elektriskeem.....	25
2.3 Patarei.....	26
2.3 Mootor.....	26

3. ANDURI TÖÖTSÜKLI ALGORITM.....	28
4. LÕPLIK MUDEL .....	29
5. MAJANDUSLIK ANALÜÜS .....	30
KOKKUVÕTTE .....	32
SUMMARY .....	34
KASUTATUD KIRJANDUS .....	36
LISAD .....	38
Lisa 1 .....	38
Lisa 2 .....	39

TTÜ mehhatroonikainstituut  
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool  
**BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE**  
2016 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Kirill Aleksandrov 112864MAHB  
Õppekava: MAHB 02/09-Mehhatroonika  
Spetsialiseerumine: Mehhatroonika  
Juhendaja: Assistent PhD Alina Sivitski  
Konsultandid:

**BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:**  
(eesti keeles) **Automaatselt avanev kingituskarp**  
(inglise keeles) **Automatic opening gift box**

**Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus. Ülevaade ja turu analüüs - olemasolevate lahenduste eeliste ja puuduste analüüs. Automaatselt avaneva mängiva karbi tehniliste parameetrite defineerimine.	01.04.2016
2.	Karbi komponentide valik ja projektarvutused: korpuse ja liikuvate osade projekteerimine. Ohutuslaste nõuete kirjeldamine.	15.04.2016
3.	Tehniliste kooste- ja detaili jooniste koostamine.	01.05.2016
4.	Karbi andurite ja energiaallika valik, elektriskeemi ja loogikaskeemi koostamine. Karbi maksumus ja majanduslik analüüs.	10.05.2016
5.	Töö lõppvormistus, trükkimine ja köitmine.	15.05.2016

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Töö eesmärgiks on projekteerida odav ja töökindel automaatselt avanev mängiv kapr. Selles töös analüüsitakse olemasolevad lahendused ja pakutakse välja majanduslikult otstarbekas karbi konstruktsioon. Töö mehaanikaosas teostatakse komponentide valikut ja mehaanikaakomponentide arvutused. Elektroonika- ja juhtimise osas pakutakse vajalikud andurite ning energiaallika variandid ning koostatakse loogika- ja elektriskeem. Lisatakse konstruktsiooni detaili- ja koostejoonised. Töös kasitletakse ka ohutuse aspekte ja esiatatakse majanduslik analüüs

**Töö keel: eesti**

Kaitsmistaoetus esitada dekanaati hiljemalt 16.05.2016 **Töö esitamise tähtaeg** 20.05.2016

**Üliõpilane** Kirill Aleksandrov /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Juhendaja** Alina Sivitski /allkiri/ ..... kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel.

## EESSÕNA

Abielu moodustab väga olulist osa meie elust. Sellele eelneb abieluettepanek, mille juures omab suurt tähtsust kellele ja kuidas te seda teete. Kui te tahate teha selle momendi unustumatuks, siis sellele võib kaasa aidata selles lõputöös projekteeritud eriline kingituskarp. Selle lõputöö teema on pakutud lõputöö autori poolt ja realiseeritud lõputöö juhendaja Alina Sivitski abil, kelle nõuandeid olid väga kasulikud ja ma tahaksin selle eest tänada.

Tavalised kingituskarpid, mis on mõeldud abielusõrmuste jaoks omavad ainult atraktiivset välimust, kuid neid pole võimalik efektselt avada. Autor on püüdnud luua mitte ainult välimusest atraktiivset, vaid ka automaatselt avanevat kingituskarpi. Autor juhindub sellest, et karp peab olema kerge, automaatselt avanev ja maksimaalselt lihtsa konstruktsiooniga. Käesolevas lõputöös on pakutud karbi automaatne avamise võimalus, et vältida nuppule vajutamist ja teha karbi avamist eriti efektseks.

Selle lõputöö eesmärk on luua lihtsat ja samaaegselt huvitavat kingituskarbi konstruktisooni, mis pole mõeldud mitmekordseks kasutamiseks, kuna teie abieluettepanek või muu tähtis sündmus elus toimub minimaalselt üks kord elus.

## SISSEJUHATUS

Enne projekteerimise alustamist tuleks teostada turu analüüs, et teha selgeks kas turul on saadaval „õide puhkeva lilli“ kujuga automaatselt avanevaid karpe või mänguasju. Lisaks tuleks välja selgitada, mis tööpõhimõtte neil on, millised on nende töömehhanismide eelised ja puudused ja kui kallid need on.

Tänapäeval konstruktsioon „õide puhkev lill“ ei ole väga populaarne konstruktsioon ja autor pole leidnud ühtegi sellisel kujul automaatselt avanevat kingituskarpi. Saadaval on aga dekoratiivsed asjad „õide puhkeva lille“ kujul. Allpool on näiteks toodud üks variant, mis töötab elektrivõrgust ja näeb efektselt välja. Vaid efekt võrdub hinnale – selle hind on umbes 515 \$. Töö võrgust tähendab, et ei saa kasutada kandesjaks, mida pakkun autori variant.



**Joonis 1 - Robotilill**

Teine näide analoogselt „õide puhkeva lilli“ mehhanismi rakendamisest on pöörlev robot. See on täisväärtuslik robot, mis on sarnane ämblikuga. Sfääri ülaosa on avatav. Kahtlematult see on huvitav mänguasi, aga selle avamise mehhanism on liiga keeruline ja pole mõtet rakendada sarnast avamise mehhanismi projekteeritava kingituskarbi korral. Täpselt hind ei ole määratud, vaid võib eeldada, et maksab umbes 1000\$ või rohkem.



**Joonis 2 - Pöörlev robot**

Lähtudes läbivaadatud variantide mehhanismidest võib defineerida projekteeritava konstruktsiooni tehnilised parameetrid: kompaktsus, kergus, konstruktsiooni lihtsus ja karp olgu võimalikult odav.

Bakalauresetöö on jagatud järgmisteks osadeks:

Esimene lõputöö osa seisneb kingituskarpi välimuse projekteerimises.

Teises osas tehakse selgeks missugust mehhanismi on parem kasutada karbi avamiseks, arvestades erinevaid nõudeid nagu: kroonlehe avamise nurk, töömehhanismi konstruktsioon, mass, materjal.

Kolmandas osas valitakse andur, mootor ja kontrolleri ning koostatakse programmikood.

Neljandas osas tuuakse konstruktsiooni komponentide maksumused, ning arvutatakse konstruktsiooni kogumaksumus.

Bakalaureuse töö tegemiseks kasutati 3D CAD modelleerimisprogrammi SolidWorks. 3D mudel peab olema täpne ja arusaadav.



# PÕHIOSA

## 1. KONSTRUKTSIOON JA KOMPONENDID

### 1.1 Konstruktsioon

Eialgu autoril oli idee luua väliselt ilusa kingituskarbi koos efektse automaatse avamisfunktsiooniga. Projekteerimistöole on kulunud väga palju aega ja kabri tehnilised parameetrid korrigeeriti projekteerimise jooksul:

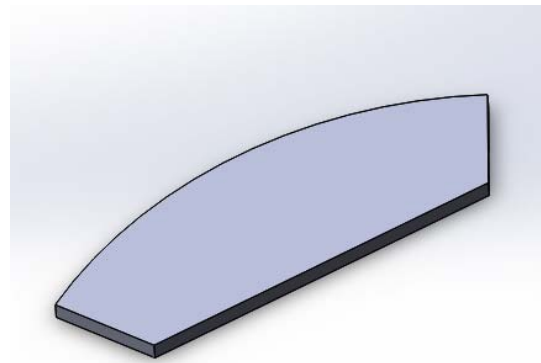
- Karp peab olema konstrueeritud selliselt, et liikuvad osad oleksid korpuse sees vältimaks tolmu sattumist karbi sisse
- Välimus (kingituskarp peab nägema välja vastavalt)
- Lihtsus (lihtne konstruktsioon ja kasutusmugavus)
- Sobivate mõõtmetega ( see karp on mõeldud abielusõrmuse jaoks, mis tähendab, et see peab mahtuma käsi sisse, nii nagu tavaline selle tüüpi kingituskarp)
- Ühekordne kasutamine (see tingimus annab mõningaid järeleandmisi materjalide valiku osas ja detailide tugevusnäitajate osas)

### 1.1.1 Kroonleht

Karpi avamiseks kasutatakse kroonlehti, see teeb avamist eriti efektseks. Oli otsustatud kasutada 6 kroonlehte, et minimeerida detailide arvu ja projekteerida võimalikult lihtsa ja võimalikult väikese detailide arvuga konstruktsiooni.



Joonis 1.1.1.1 - Kroonleht

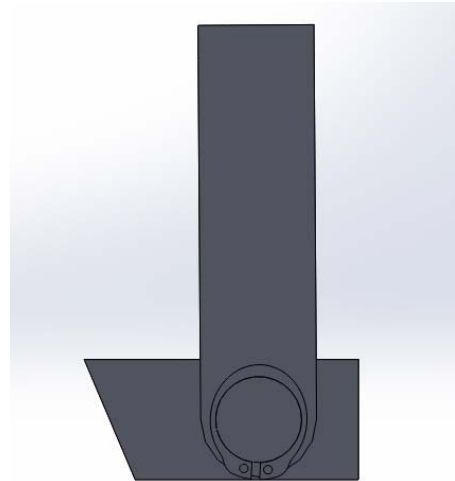
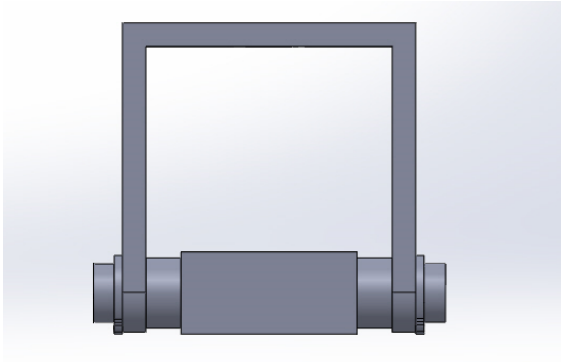


Joonis 1.1.1.2 - Kroonlehe plaat

Kroonleht kujutab endast sfääri segmendi. Kui kõik need sfääri segmendid kokku panna, siis koos need moodustavad poolsfääri. Sfääri raadius on 75 mm ja seinapaksus on 4 mm. Kroonleht tuleb kinnitada kroonlehe plaadi külge liimi abil.

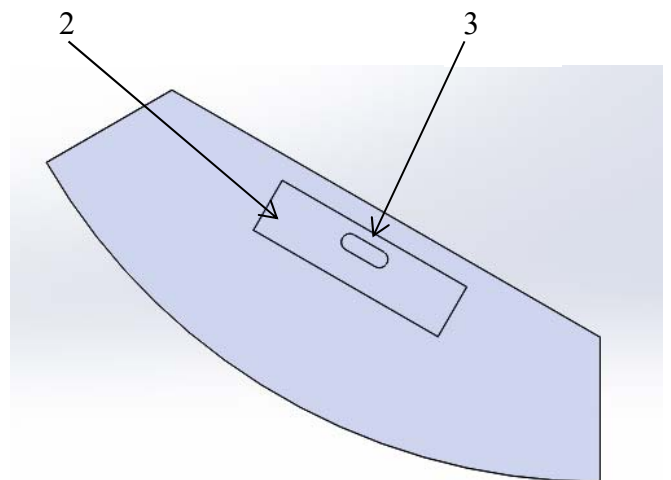
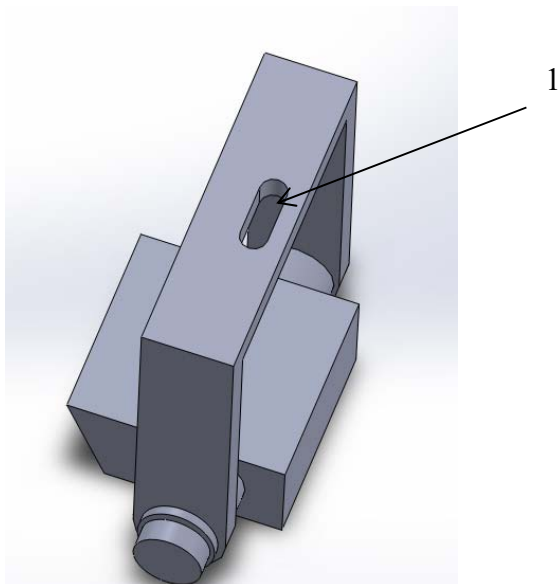
## 1.1.2 Kroonlehe hoidja

Seade, kus kroonleht fikseeritakse ja mis fikseeritakse karpi alaosa kinnitusaukus. Üleelement on fikseeritud stopperrõngastega (5 mm völli) mõlemast küljest.



Joonis 1.1.2.1 ja 1.1.2.2 – Kroonlehe hoidja

Samuti üleelementis on ette nähtud ava šarniiriks (1), et oleks tugevalt fikseeritud ja ei tee pöördeid töö jooksul. Kroonlehe plaadis on ka olemas hoidja (2) ja šarniiri aukud (3) – nad on kõik parima detailide stabiilsuse jaoks.

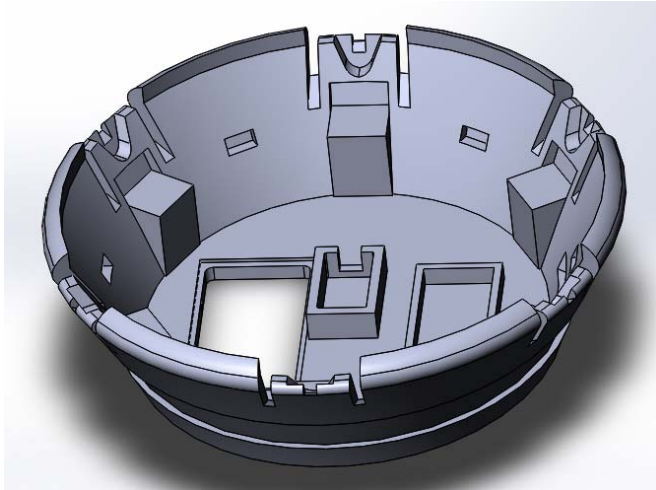


Joonis 1.1.2.3 – Auk šarniiriks

Joonis 1.1.2.4 – Kroonlehe plaat

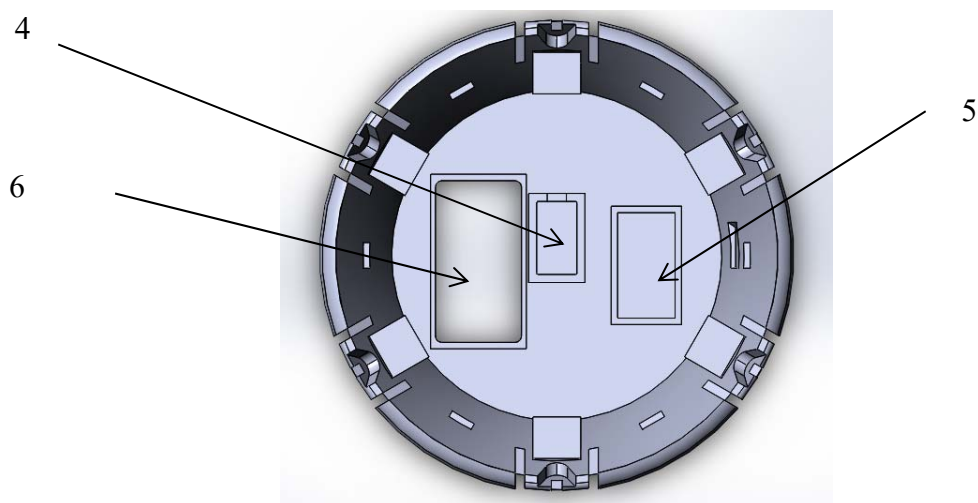
### 1.1.3 Alaosa

Alaosa on väga oluline karpi osa, millel on kinnitusavad ja kuhu kinnitatakse kõik komponendid. Alaosa kõrgus on 45 mm, vähim läbimõõt – 110 mm, suurim läbimõõt – 150 mm. Selliste mõõtmete valikul lähtuti patarei 9V mõõtmetest, mida kasutatakse Arduino Mini Pro energiaallikana. Antud mõõtmete valikul lähtuti ka ergonoomika aspektidest. Karp peaks ilusti mahtuma käsi sisse.



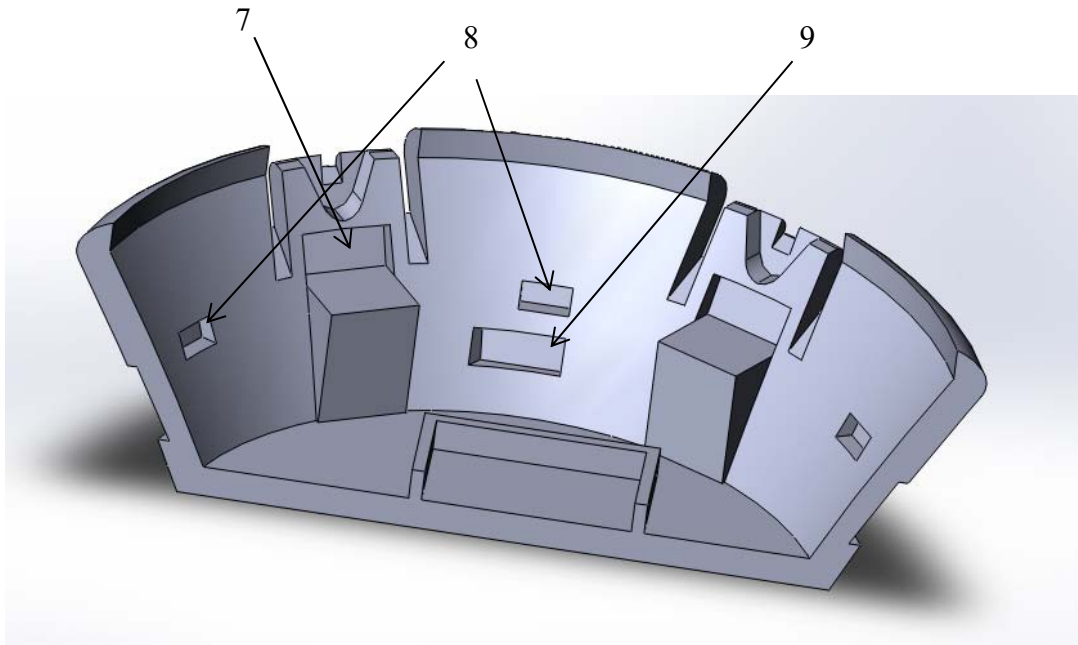
Joonis 1.1.3.1 – Karbi alaosa

Karbi alaosa omab järgmisi kinnitusaavasid: motori kinnitusava (4), mis asub karbi tsesentris, arduino mini pro (5) paigaldatakse vasakult ja patarei (6) – paremalt.



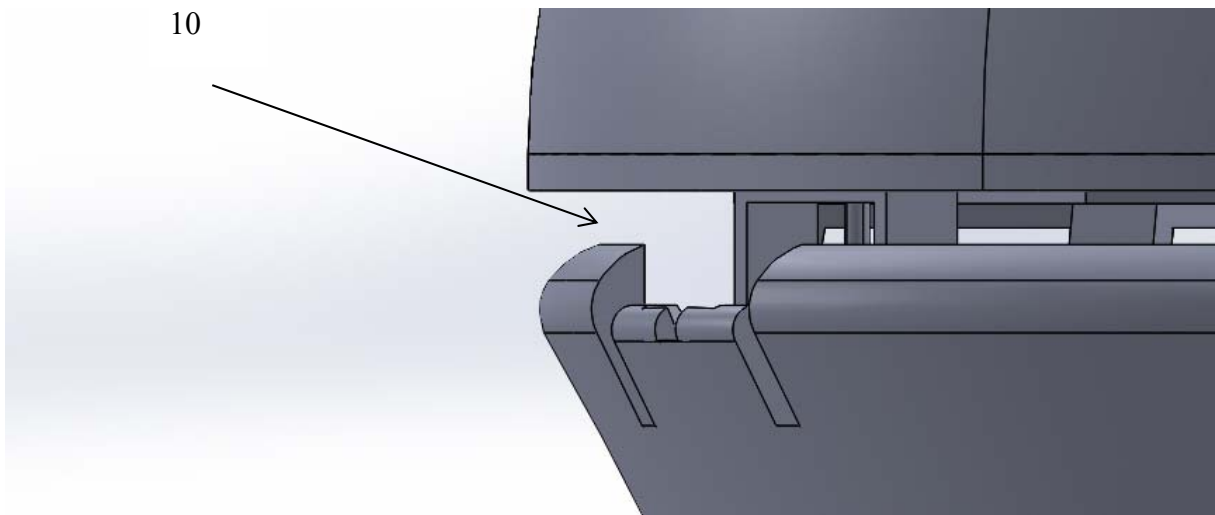
Joonis 1.1.3.2 – Karbi alaosa

Karbi seinas asuvad kroonlehe hoidja kinnitusavad (7). Mudeli projekteerimisel lähtuti faktist, et hoidja kontaktpind oleks maksimaalne, mis suurendab konstruktsiooni stabiilsust. Kinnitusmaterjalina on plaanis kasutada liimi, aga on võimalik kasutada ka dekoratiivseid puidukruve. Plaadi jalad kinnituvad enda avadesse korpuse alumises osas (8). Neid ei ole vaja fikseerida – see annab võimaluse vajadusel plaadi sisse panna ja välja võtta. Magnetanduri ava asub Arduino paigalduskoha (9) vastas ja jala avade all. Need peaksid olema kõrvuti, et andurit saaks plaadiga ühendada.



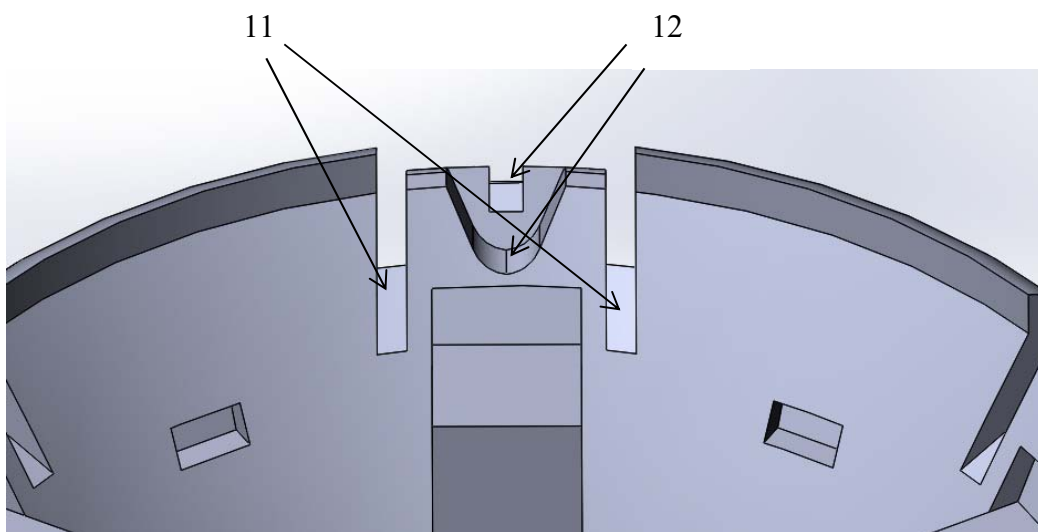
**Joonis 1.1.3.3 - Karbi alaosa kinnitusavad**

Autori eesmärgiks karbi loomisel oli teha projekteerida karp võimalikult suletuks. Väike vahemik (10) karbi ülemise ja alumise osa vahel jääb ikkagi sisse. Selle vahemiku, pilu olemasolu on tingitud kroonlehe avamismurgaga. Vastasel juhul (pilu puudumisel korpuse ülemise ja alumise osa vahel) pole võimalik tagada vajaliku karbi kroonlehe avamismurga. Karbi äär on ümardatud. Kõige kitsamas kohas kroonlehe plaadi ja karpi alaosa vahel on vahemik 0.5 mm.



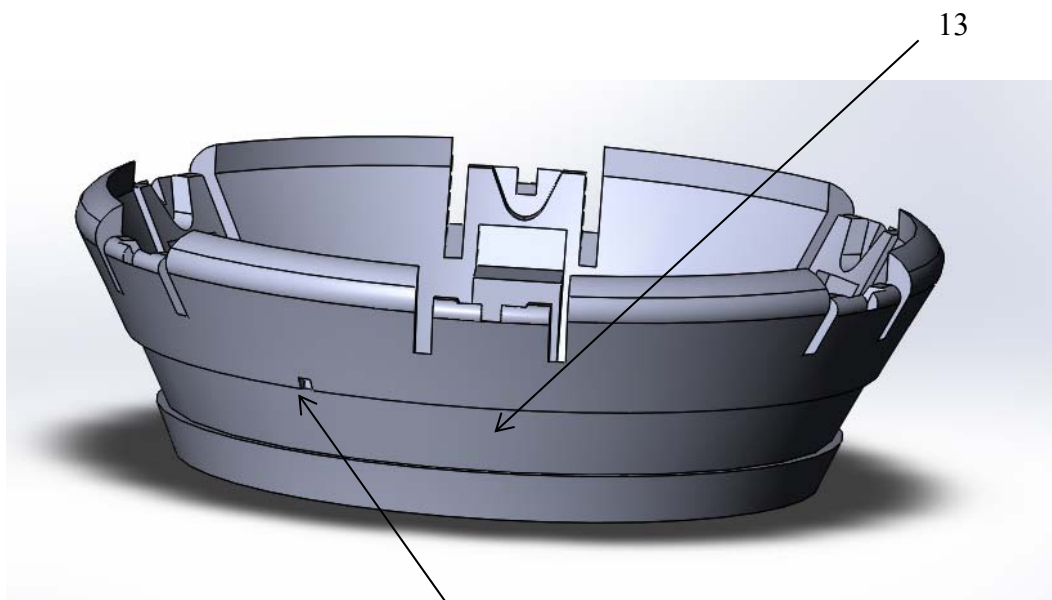
**Joonis 1.1.3.4 - Vahemik alaosa ja kroonlehtede vahel**

Mudelis kroonlehe maksimaalne avamisnurk on  $61,45987^\circ$ . Antud nurga arvvaartus saadi kätte simuleerimise teel. Töös valitakse nurka  $60^\circ$ . Karbis on tehtud väljalõiked kroonlehe hoidja (11) ja liigendühenduse (12) jaoks, et maksimaalselt vähendada vahemaad alaosa ja kroonlehte vahel ja suurendada avamisnurka.

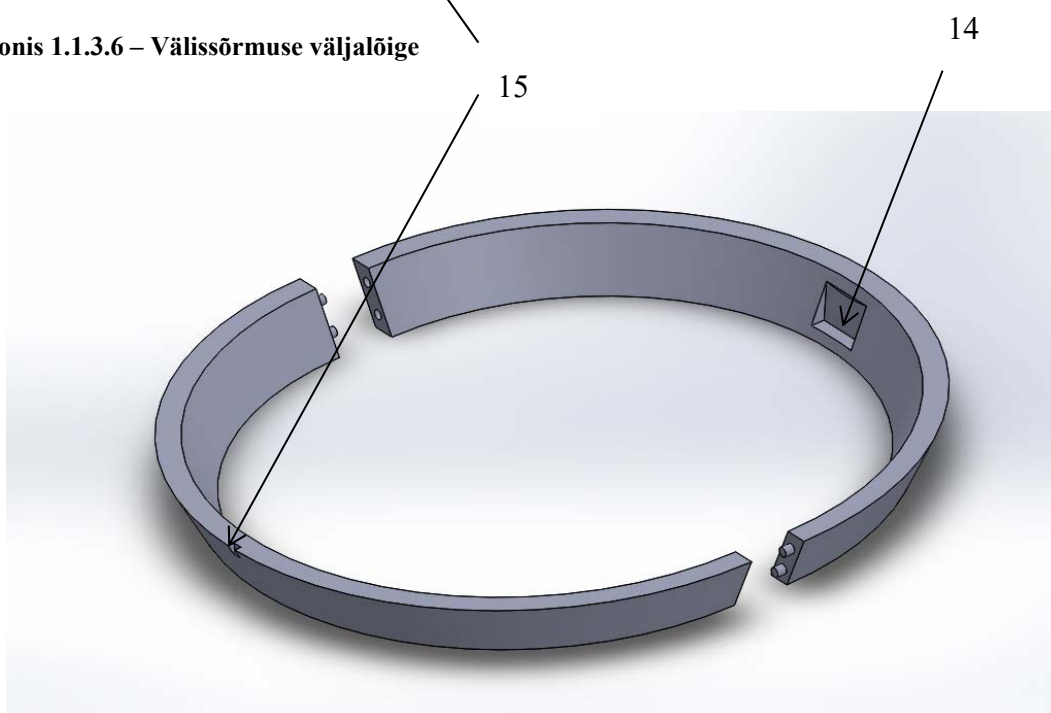


**Joonis 1.1.3.5 – Väljalõiged kroonlehe hoidjaks ja liigendühenduseks**

Karpi välisküljes tein väljalõiget (13), kus paigaldatakse välissõrmus, mis on vaja avamiseks. Ta koosneb kahest poolest ja võib vabalt pöörata. Ühes pooles on tehtud väljalõige magnetiks (14). Samuti on märk (15) mõlemal detailidel, et teada kuhu keerata avamiseks.



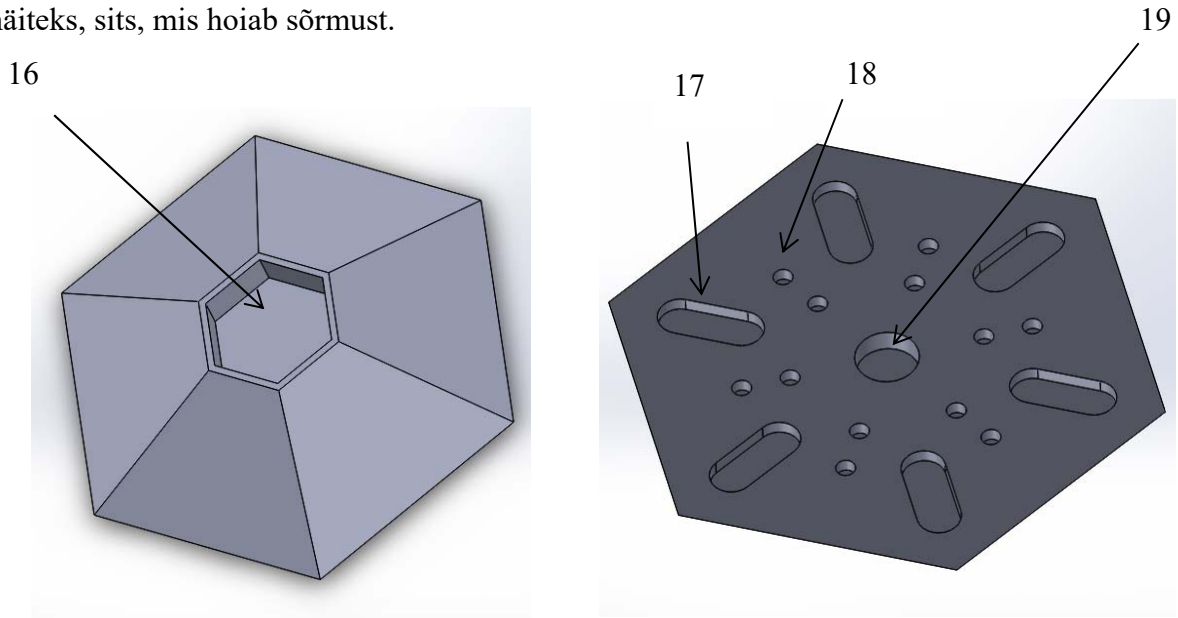
**Joonis 1.1.3.6 – Välissõrmuse väljalõige**



**Joonis 1.1.3.7 - Välissõrmus**

### 1.1.4 Sõrmuse hoidja ja plaat

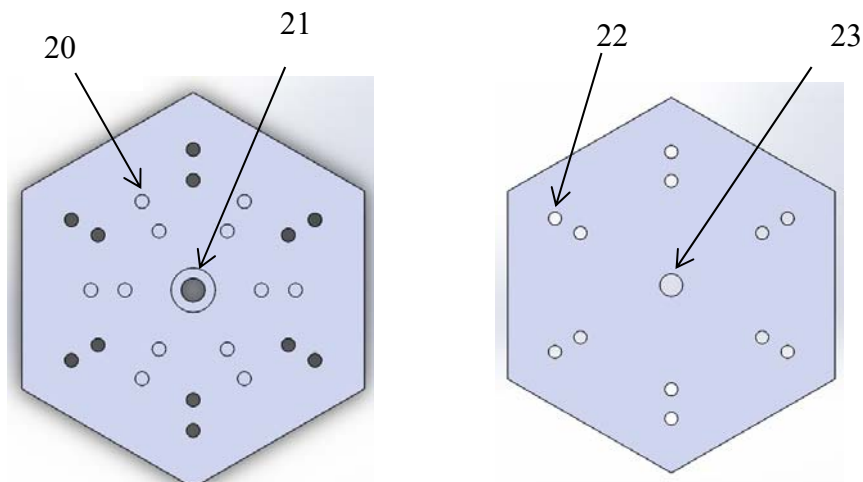
Sõrmusehoidja esitab endast kuusnurka, mis omab väljalõiget tsentris (16) ja kuhu kinnitatakse sõrmus. Selle sõrmuse jaoks mõeldud ava sisse pannakse pehmet materjali, näiteks, sits, mis hoiab sõrmust.



Joonis 1.1.4.1 ja 1.1.4.2 – Sõrmuse hoidja

Teiselt poolt asuvad väljalõiged poltideks (17), sidepulkadeks (18) ja laagriks (19).

Plaat asub karki tsentris ja kinnitatakse jalgadega. Detailil on olemas väljalõiged sidepulkadeks (20), laagriks (21) ühes poolest ja läbiaukud poltideks (22) ja pöörlemisteljeks (23).

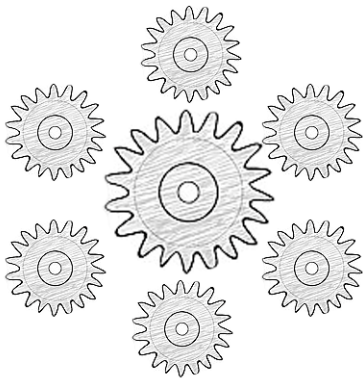


Joonis 1.1.4.3 ja 1.1.4.4 - Plaat

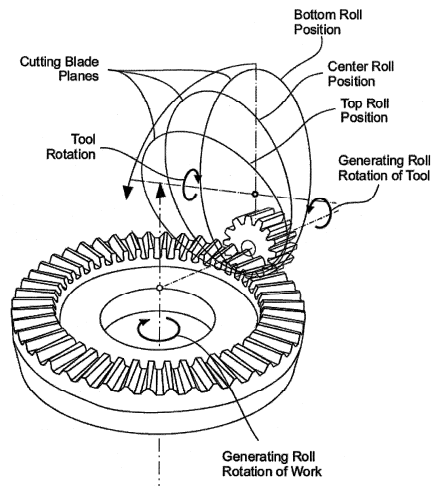


## 1.1.5 Liigendühendus

Mul olid mitmed mehhanismide variantid, mida ma vaatlesin konstruktsiooniks. Esimene variant koosnes ühest suurest hammasrattast ja kuuest väikest, teine esitas ennast silindrikoonesülekannet.



**Joonis 1.1.5.1 – Hammasülekande  
eskiis**



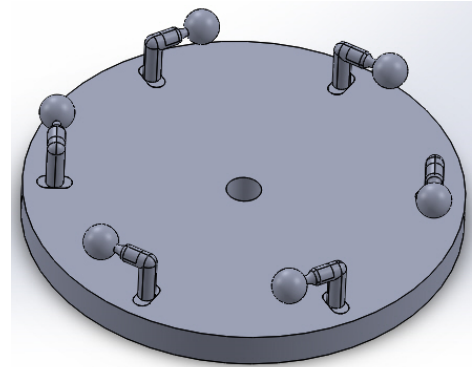
**Joonis 1.1.5.2 – Silindrikoonesülekanne**

Esimese variandi juhul kroonlehe võll paigaldas väikse hammasratta peal ja ei teinud nii avamist, mida ma tahtsin. Kroonlehe painutus nurk oli umbes  $30^\circ$  ja see ei olnud piisavalt minu jaoks. Teine variant oli rohkem sobivam: väike hammasrattas oli kroonlehe hoidja üleelemendi osa, suur hammasrattas paigaldas perpendikulaarselt temale ja keskel oli veel suur hammasrattas, mis tegutses koos teistega. See konstruktsioon oli liiga suur ja ei mahutanud karpisse, sest mul oli juba üks suur detail – patarei hoidja. Aga otsus ikka tuli.

Mehhanism, millega karpi avamine toimub - liigendühendus. Koosneb kahest šarniirist ja telgist nende vahel. Teljed ja šarniirid fikseeritatakse liimiga. Esimene šarniir asub ketta all, teine – kroonlehe hoidja üleelementi aukus. Mudelis simuleerimise jooksul sain, et ketas tuleb pöörata 30° kroonlehe painutuseks 60°.



**Joonis 1.1.5.3 - Liigendühendus**

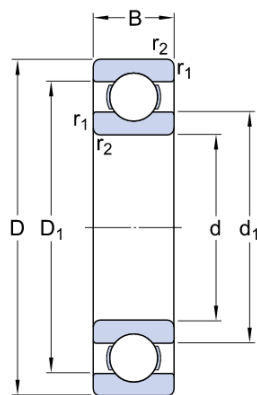
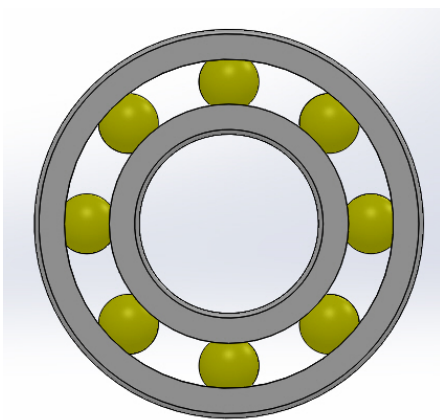


**Joonis 1.1.5.4 – Ketas šarniiridega**

## 1.1.6 Laager 618/6 ja pöörlemistelg

Laagri ülesandeks on mehhanismi võlli toetamine. Pöörlemistelje fikseerimiseks kasutatakse stopperrõngast (6 mm võll)

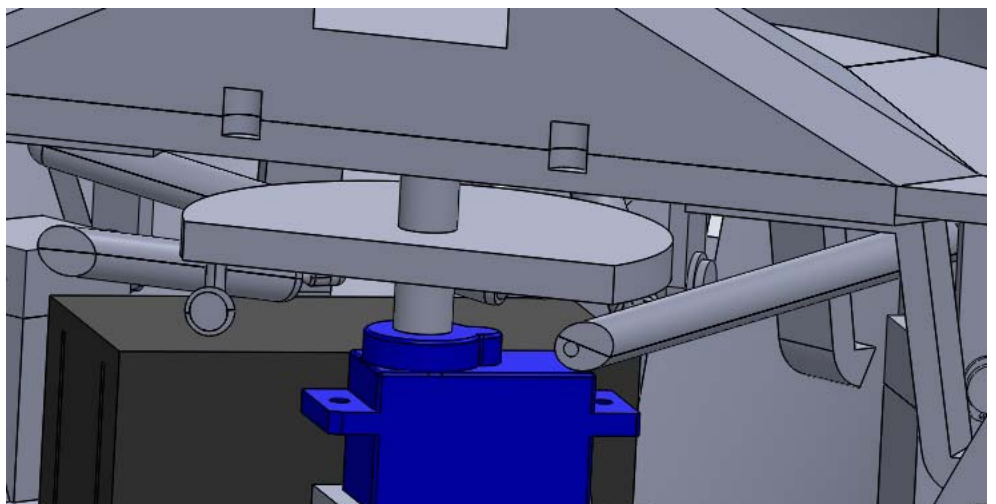
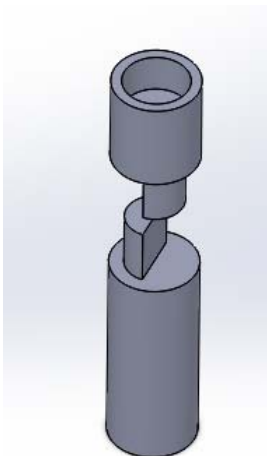
Pöörlemistelg koosneb kahes osast: esimine on kinnitatud mootori võlli peal, järgmine tuleb ketas šarniiridega ja seejärel teine osa. Tänu stopperrõngale võll on kindel fikseeritud.



d	6	mm
D	13	mm
B	3.5	mm
d <sub>1</sub>	≈ 8	mm
D <sub>1</sub>	≈ 11	mm
r <sub>1,2</sub>	min. 0.15	mm

Joonis 1.1.6.1 – Laager 618/6

Joonis 1.1.6.2 – Laagri mõõtmed



Joonis 1.1.6.3 - Pöörlemistelg

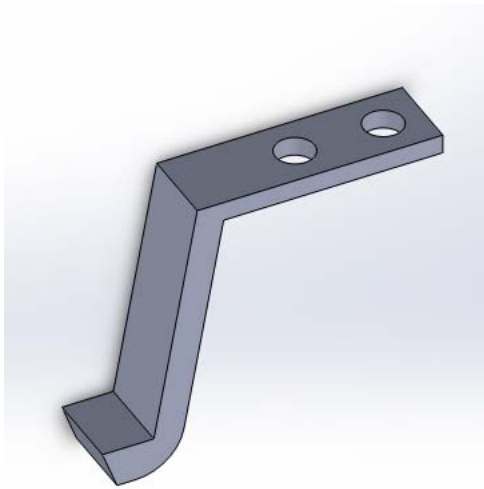
Joonis 1.1.6.4 – Pöörlemistelg mudelis

## 1.2 Tugevuse arvutused

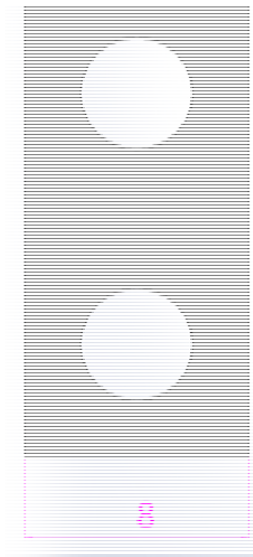
### 1.2.1 Jalad

Jalad, mille abil karbi platvorm kinnitatakse karbi tsesentrisse, omakorda kinnituvad karbi seintele (avade sisse). Jalad tuleb kinnitada platvormi külge poltidega M4x8 mm.

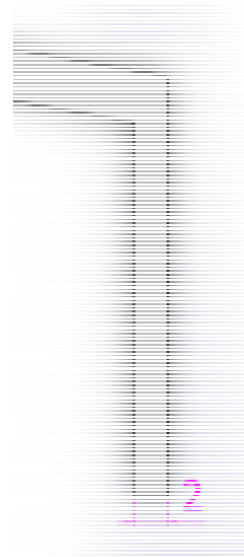
Platformi asetamiseks õigesse kohta, tuleb suruda jalale. Allpool on toodud jala tugevusarvutused, et kontrollida kas valitud materjalid on rakendamiseks sobilikud.



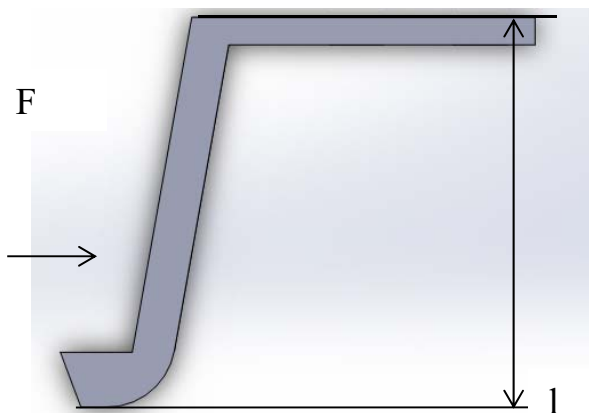
Joonis 2 - Plaadi jalg



Joonis 3 - Ristküliku kõrgus



Joonis 4 - Ristküliku laius



Kõigepealt määrati konstruktiivselt (3D mudeli abil) nõutava läbipainde  $f_{max}$  väärtus, mida läheb vaja platvormi jala kinnitamiseks korpuse avas. Seejärel arvutati jala painutamiseks vajalik jõud ja teostati jala tugevuskontroll paindele erimaterjalide korral.

### 1.2.1.1 ABS plastik

$$[\sigma] = \frac{\sigma_y}{[s]} = \frac{41}{2} = 20,5 \text{ MPa} - \text{tugevuspiir}$$

$\sigma_y$  – voolepiir, MPa

[s] – nõutav varutegur

$E$  – elastsusmoodul = 1700 MPa

$$f_{max} = \frac{Q * l^3}{3 * E * I_x}, \text{ kus}$$

$f_{max}$  – läbipaine, mm

$Q$  – jõud, N

$E$  – elastsusmoodul, MPa

$l$  – jala kõrgus, mm

$I_x$  – ristküliku inertsimoment,  $\text{mm}^4$

$a$  – ristküliku kõrgus, mm

$h$  – ristküliku laius, mm

$$I_x = \frac{h^3 * a}{12} = \frac{2^3 * 8}{12} \approx 5,333 \text{ mm}^4$$

$$Q = \frac{3 * E * I_x * f_{max}}{l^3} = \frac{3 * 1700 * 5,333 * 3}{28,38^3} = 3,57 \text{ N} - \text{jõud, mis rakendatakse jalale}$$

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]$$

$\sigma$  – tugevusepiir, MPa

$M$  – paindemoment, Nm

$W_x$  – tugevusmoment,  $\text{mm}^3$

$$M = Q * l = 3,57 * 28,38 = 101,3166 \text{ Nm}$$

$$W_x = \frac{h^2 * a}{6} = \frac{2^2 * 8}{6} = 5,333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{101,3166}{5,333} = 18,998 \text{ MPa} < [\sigma] = 20,5 \text{ MPa}$$

### 1.2.1.2 PLA plastik

$$[\sigma] = \frac{\sigma_y}{[s]} = \frac{55,3}{2} = 27,65 \text{ MPa}, \text{ kus}$$

$$\sigma_y - \text{voolepiir} = 55,3 \text{ MPa}$$

$$[s] - \text{nõutav varutegur} = 2$$

$$E - \text{elastsusmoodul} = 2300 \text{ MPa}$$

$$f_{max} = \frac{Q \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot I_x}, \text{ kus}$$

$$f_{max} - \text{läbipaine, mm}$$

$$Q - \text{jõud, N}$$

$$E - \text{elastsusmoodul, MPa}$$

$$I_x - \text{ristküliku inertsimoment, mm}^4$$

$$a - \text{ristküliku kõrgus, mm}$$

$$h - \text{ristküliku laius, mm}$$

$$I_x = \frac{h^3 \cdot a}{12} = \frac{2^3 \cdot 8}{12} \approx 5,333 \text{ mm}^4$$

$$Q = \frac{3 \cdot E \cdot I_x \cdot f_{max}}{l^3} = \frac{3 \cdot 2300 \cdot 5,333 \cdot 3}{28,38^3} = 4,83 \text{ N} - \text{jõud, mis rakendatakse jalale}$$

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \leq [\sigma]$$

$$M = Q \cdot l = 4,83 \cdot 28,38 = 137,0754 \text{ Nm}$$

$$W_x = \frac{h^2 \cdot a}{6} = \frac{2^2 \cdot 8}{6} = 5,333 \text{ mm}^3$$

$$\sigma = \frac{137,0754}{5,333} = 25,7 < [\sigma] = 27,65 \text{ MPa}$$

Siit näha, et mõlemad plastikud sobivad kasutamiseks mudeli komponentide materjalidena.

### 1.3 Tootmine

Karbi tootmiseks soovitatakse kasutada 3D printimist, sest see on kõige sobivam viis detailide valmistamiseks üksiktootmises. hulgitootmise korral on mõtekas kasutada pressvormimist. Selles töös eeldatakse, et karbi valmistatakse 3D printimise teel.

Eestis 3D printimises kasutatakse kõige rohkem ABS ja PLA plastikuid. Need materjalid võiks kasutada väikeste detailide valmistamiseks: võllid, teljed, kroonlehe hoidja, plaadi jalad. Suuremad osad, nagu karbi alaosa, oleks võinud valmistada puuplastikust (Wood-containing 3D printing filament). Näiteks, puuplastikust 3D printimist on võimalik realiseerida Shaperize OÜs. Võib tekkida küsimus, miks mitte kasutada ABS ja PLA plastikuid kõikide komponentide valmistamiseks. Seletus on lihtne, nimelt ABS ja PLA plastikutel on mõned puudused. ABS plastikul on madal vastupidavus otsese päikesevalguse suhtes. Samas ABS plastik on elastne, ja seetõttu sobib rohkem plaadi jalgade materjaliks. PLA plastiku tööiga on lühike (mitu kuud kuni mitu aastani) ja seejärel see muutub rabedaks.

Kui võtta arvesse, et karp pole mõeldud mitmekordseks kasutamiseks, siis selle karbi projekteerimisel võiks ikkagi kasutada ühte materjalit terveks konstruktsiooniks, nimelt ABS ja PLA plastikut.

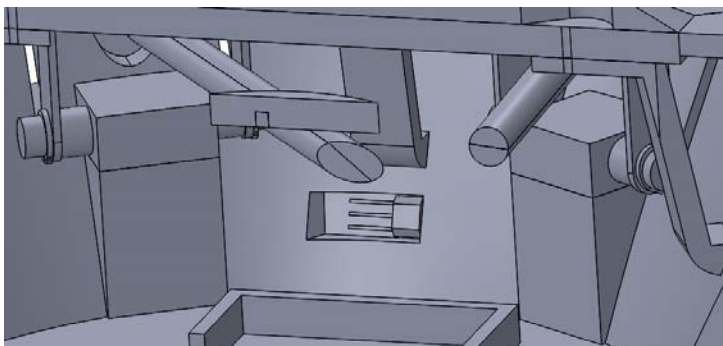
## 2. JÄLGIMISANDUR

### 2.1 Anduri valik

Karbil puudub sisselülitamisnuppu, autori arvates nuppu pole tarvis kasutada. Karp hakkab tööle kohe peale patarei sisestamist, mille abil kasutusala ei ole piiratud. Karbi avamiseks tuleb aktiveerida andurit.

Karbi avamiseks oli kolm varianti: ultraheliandur, hall effect andur ja infrapunaandur - sest need on kõige enam kasutatavad andurite tüübid. Analüüsi tulemusena valitakse magnetandur järgnevatel põhjustel: selle on väiksed mõõtmed; selle tööle panemiseks on tarvis ainult magnetit. Ultraheli ja infrapunasensori kasutamine läheb keerumaks, sest nende tööks on vaja tasast ja siledat pinda. Infrapunaanduri puhul, mis reageerib soojuskiirgusele, võib juhtuda olukord, kus karp avaneb teie käes karbi ulatamisel - see teeb magnetandurit enam sobivamaks. Seejärel järgmine eesmärk oli anduri paigaldamise koha määramine. Ultraheli ja infrapuna-anduride suures ei lubanud paigaldama neid kroonlehe või karbi seina sees. Variant oli paigaldamiseks alaosa sees, näiteks, mootori kõrval, aga vajaliku momentis ei võiks olla seda pinda või olukord toimub infrapunaanduriga, nagu oli kirjeldatud eespool, mis teeb jälle magnetandurit enam sobivamaks.

Hall effect andur (või magnetandur) töö põhineb selles, et andur reageerib magnetile. Avamine toimub siis, kui magnet välimises rõngas asub anduri vastas. Andur on kinnitatud karbi alaosa siseküljel, sest vahekaugus sensori ja magneti vahel peab olema võimalikult väike, et andur oleks töökorras. Töös on kasutanud analoog magnetandurit. Andur tuleb fikseerida näiteks kahepoolse teibiga.



Joonis 2.1.1 - Magnet anduri paigaldus koht

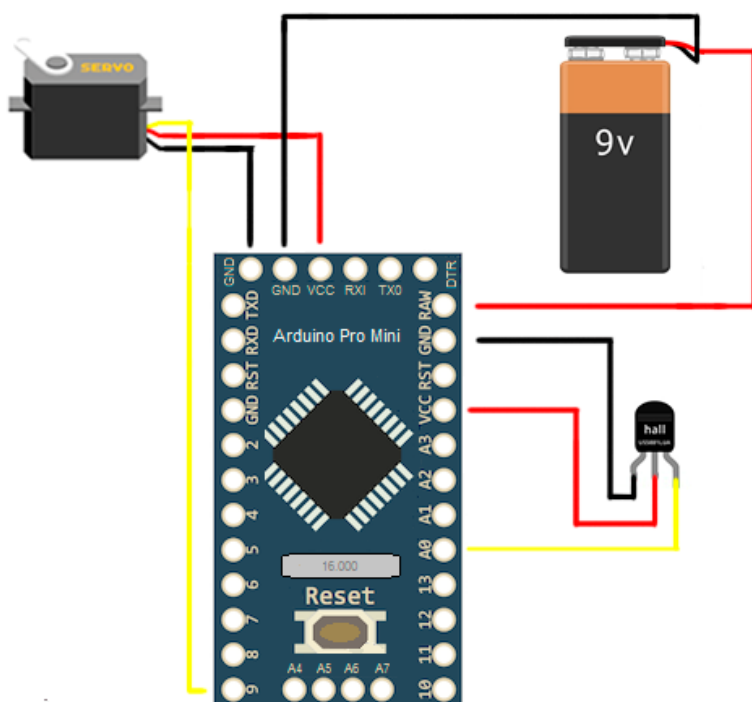
Joonis 2.1.2 – Magnet andur



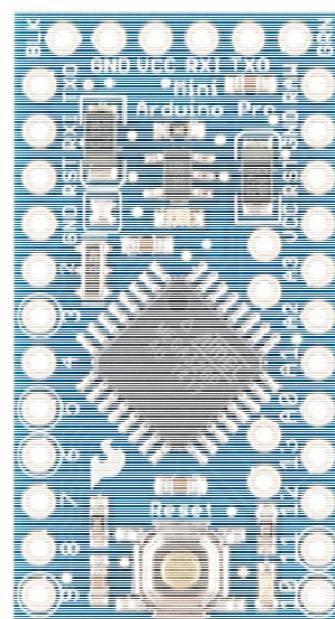


## 2.2 Elektriskeem

Tööks oli valinud Arduino Mini Pro 5V. Selle suurused (18x30 mm) ja PWM pins on parajad antud rakenduse korral. Programmeerimiseks kasutatakse USB-TTL siirdmikut, sest seadmes ei ole ette nähtud skeemi USBga koostöötamiseks. Patarei 9V, micro servo mootor, magnetandur on ühendatud Arduino Mini Pro mikrokontrolleriga. Kood on kirjutatud programmis Arduino IDE (Lisa 1).



Joonis 2.2.1 – Arduino Mini Pro



Joonis 2.2.2 – Skeem

## 2.3 Patarei

Kingituskarpis ei ole nuppu, mis teeb kasutamise lihtsamaks, see tähendab, et süsteem hakkab tööle, kohe peale patarei sisestamist. Arduino Mini Pro nõuab sisepinget (7-9) V. kasutatakse tavalist patareid 9 V. See annab võimalust kasutada karpi umbes 15 tundi jooksul. See on piisavalt pikk kasutusaeg.

Patarei 9V mahtuvus – 625 mA/t

Arduino Mini Pro DC Current per I/O Pin - 40 mA

$$t = \frac{625}{40} = 15,625 t$$

## 2.4 Mootor

Karbi tööks valitakse mikro servomootorit SG90. Selle pöördemoment on 1.5 kgcm (4.8V). Arduino Mini Pro nõuab pinget 5 V, siis võetakse pöördemoment = 1.5 kgcm=0.147Nm

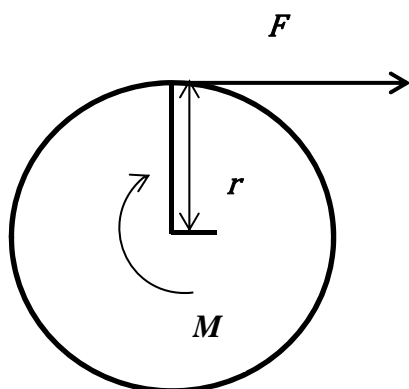
Vaatleme, milline jõud mõjub mootori võllil:

$$F = \frac{M}{r} = \frac{0,147}{0,025} = 5,88 N$$

Teeme selgeks, mis jõue väärtus on vaja ühe kroonlehe tõstmiseks. Võtame kõike detailide massi, mis asuvad mootori ja kroonlehe vahel:

**$m = 43 g$**  – kroonlehe, kroonlehe plaadi, kroonlehe hoidja ülemise osa, liigendülekande, ketta ja pöörlemistelje summaarne mass, juhul kui materjaliks on PLA plastik (mille tihedus on 1230 kg/m<sup>3</sup>)

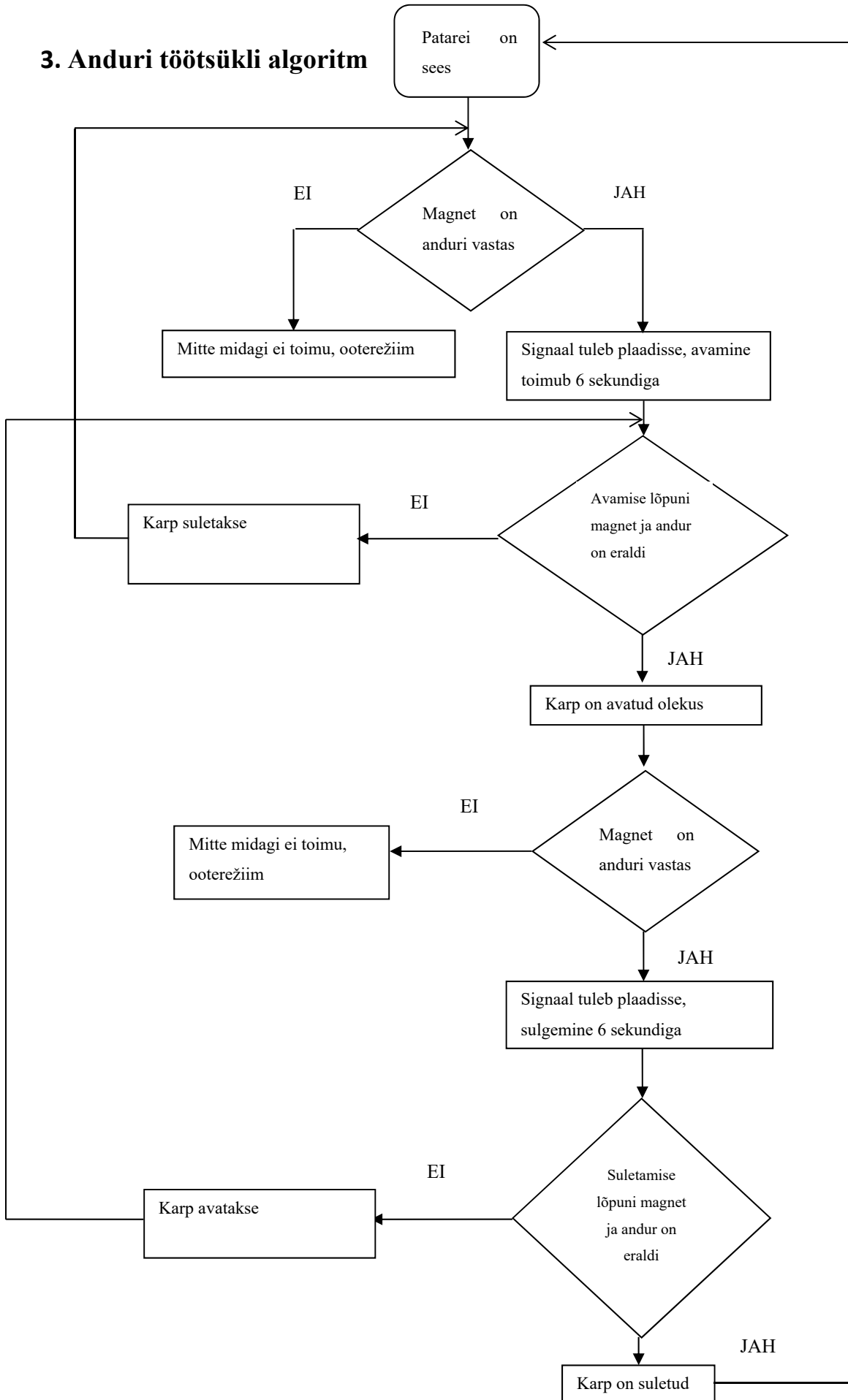
**$F = m * g = 0,0438 * 9,8 = 0,43 N$**  - jõud, mida läheb tarvis ühe kroonlehe tõstmiseks



**Joonis 2.4.1 – Jõud, mis mõjub ketasele**

Järelikult mootori võllil mõjuvast jõust peaks piisama kuue kroonlehe tõstmiseks (tuleks veel arvesse võtta hõõrdekaod ja muud takistused).

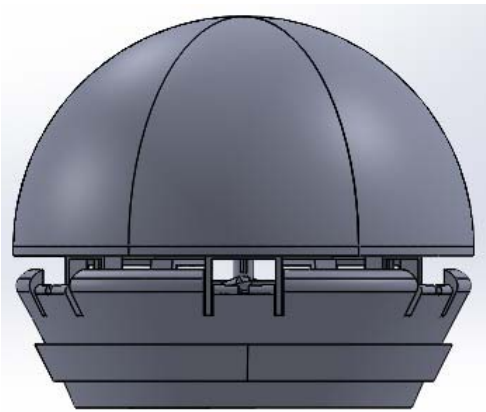
### 3. Anduri töötsükli algoritm



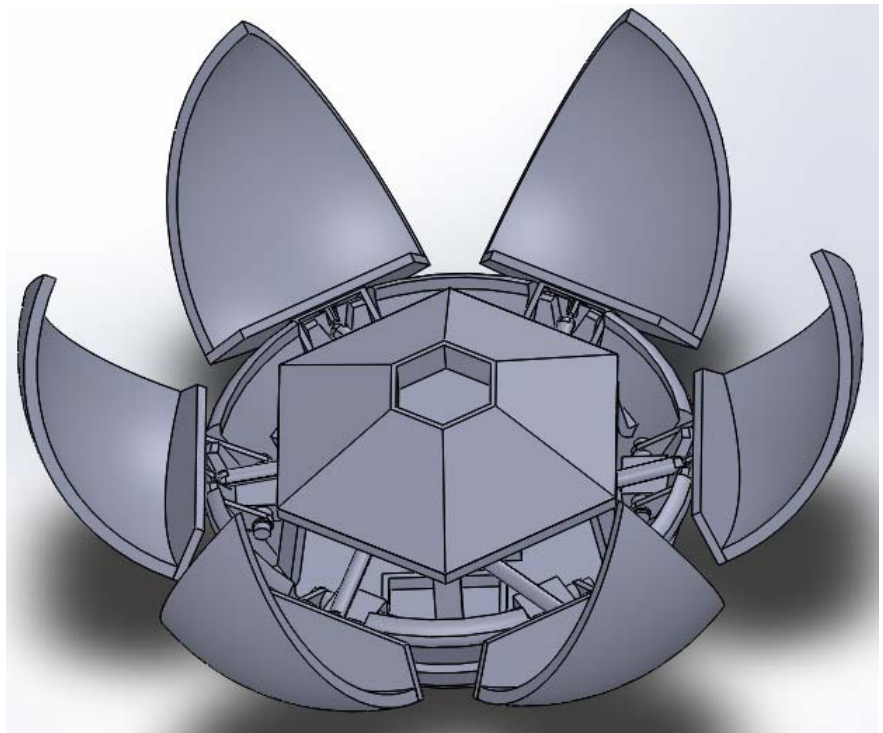
Nii töö algoritm selgitab sellega, et välissõrmus ei ole fikseeritud ja võib vabalt keerata. Juhul, kui karp avatakse, sõrmus võib keerata, siis magnet ja andur on eraldi, mis toob suletamisele. Kui vältida seda, kuni lõppu avamiseni on vaja keerata sõrmust – see garanteerib, et karp ei sule sobimatus momentis. Suletamine toimub samaks algoritmiks.

#### 4. Lõplik mudel

Kingituse karbi mudel oli modeleeritud programmis SolidWorks 2013. Lisas 2 on toodud karbi koostusjoonist. Lõpus saame, et karbi kõrgus on 127,47 mm ja laius - 150 mm on suletud olukorras, avatud olukorras - 125,8 mm ja 250,8 mm.



Joonis 4.1 – Suletud olukord



Joonis 4.2 – Avatud olukord

## 5. MAJANDUSLIK ANALÜÜS

Majandusliku analüüsi läbiviimisel kasutati 3D trükkimise hinnakalkulaatorit. PLA plastik oli valitud karbi materjaliks.

Tabel 1.1. Tellitavate komponentide hinnad

<b>Tellitavad komponendid</b>	<b>Kogus (tk)</b>	<b>Hind tk(€)</b>
Karbi alaosa	1	39
Kroonleht	6	15
Kroonlehe plaat	6	5
Liigenühend	6	15
Plaat	1	26,22
Plaadi jalg	6	5
Sõrmuse hoidja	1	53,74
Patarei hoidja	1	7,49
Välimise rõnga pool 1	1	8,54
Välimise rõnga pool 2	1	8,63
Pöörlemistelg 1	1	5
Pöörlemistelg 2	1	5
Ketas	1	5,86
Lukk	1	5
Detail 1	6	5
Detail 2	6	5
Silinder	6	5
Sidepulk	12	1
Kokku:	64	506,4

Tabel 1.2. Ostetavate komponentide hinnad

Ostetavad komponendid	Kogus (tk)	Hind (€)
Polt DIN933 M4x8	12	0,14
Stopperringas 5mm völli	12	2
Stopperringas 6mm völli	1	2
Laager	1	9,20
Patarei 9V	1	4,20
Kokku:	27	41,08

Tabel 1.3. Elektroonikakomponentide hinnad

Elektroonika	Kogus(tk)	Hind(€)
Magnetandur	1	1
Arduino Mini Pro	1	9,95
Micro Servo Motor SG90	1	6,9
Patarei 9V hoidja	1	1,23
USB-TTL konverter	1	4
Kokku:	5	21,18

Komponentide summa : 568,74 €

Konstruksiooni maksumus ei sisalda projekteerimise ega kokkupanemise kulusid.

Majandusliku analüüsisist on näha, et hind on liiga suur ühekordse tootmiseks, aga see sõltub 3D trükkemist, materjalist ja printeri omadustest, siis hind võib olla nii suurem kui vähem seda väärtust.

## KOKKUVÕTTE

Kuidas oli öeldud töö alguses, autori eesmärk diplomitöös oli proekteerida kingituse karp, mis teeb teie ettepaneku momendi unustumatuks ja samal ajal on kompaktsuse, kerguse, konstruktsiooni lihtsuse ja võimalikult odava hinna omadustega. Töö lõpuks võib öelda, et esimesed kolm nõuet on edukalt tehtud, aga hind ikkagi liiga suur ja nõuab lisa otsust vähendamiseks. Lisaks tahaks teha anduri algoritmi lihtsam, kui see on praegu.

Töö alguses oli ainult välimuse mudel ja mitte midagi rohkem. Karpi lõppu välimusmudelit sain ainult töö lõpuks, sest alati midagi lisakse või muutakse. Võib öelda, et välimus on üks peamisest sammust, nagu kingituskarp peaks olema. Töö jooksul vajati töödelda nii mehhanism, mis oleks nii lihtne, kui efektiivne. See oli teine samm diplomitöös. Selles oli huvitav otsida kõige rohkem sobivat varianti, analüüsida erinevate mehhanismi positiivseid ja negatiivseid aspekteid. Peamine raskus oli leida nii mehhanismi, mis kindlustab vajaliku avamist. Nagu te juba teate, ma leidsin otsust.

Peale neid variante ja arvutusi, tuleb kolmas samm, mis samuti määrab töö algoritmi. Selles osa mina pidin tegema valik andurite vahel, mis mõtles andurite analüüsi ja parema valiku otsust. Eeldatakse, et selline algoritm töötab niimoodi:

Patarei on sees, mis annab inimesele ~15 tundi karbi kasutamiseks. Kui magnet, mis asub välissõrmuse sees, on magnet anduri vastas, ehk inimene keerab välissõrmust vajalikule kohale, siis toimub karbi avamist. Aga, avamise jooksul on vaja keerata sõrmust ehk magnet eralduda andurist – siis karp ei sule kohe pärast avamist. See garanteerib, et sõrmus ise ei lähe lahku ja ei sulgu sobimatu momentis – väga usaldatavalt. Tuleb määrata, et avamise ja suletamise aeg on 6 sekundit. Ma arvan, et see on piisavalt, et teha lihtsat liikumist käega. Suletamine toimub samaks: kui magnet on anduri vastas, siis karp sulgub. Kui selle tegevuse lõpuni magnet ja andur ei ole eraldi, siis jälle toimub avamist. Kui inimese tegevus lõpeb, siis patarei tuleb võtta välja. Selle variantiga ma olen rahul, vaid ikka on kuhu edasi söösta.



Bakalauriuse töö tegemise ajal puutusin kokku erinevate probleemide ja lahendustega, mille tulemusena omandasin uued insenerlikud oskused ja sain enesejuhtimise kogemuse. Töö jooksul olid raksused Töö eesmärgiks oli projekteerida kingituskarpi, mis teeb abieluettepaneku unustumatuks ja selle karbi peamine on lihtsus ja kergus. Leian, et eesmärk on saavutatud.

## SUMMARY

The aim of this bachelor's thesis is to design which makes your marriage proposal unforgettable torque while this box is compactness, lightness, simplicity of construction and low cost properties as possible. At the work's end can finally say that the first three conditions have been successful done, but price is still too high and it requires the decision for additional reduction. In addition, the sensor's algorithm would make the algorithm simpler than it is now.

At the beginning of work I had only appearance of the model, and nothing more. The box's finally appearance got only at the work's end, because there was always something to add or change. It can be said that the appearance is the one of key steps, such as the gift box should be. During the process of work was needed a mechanism that would be simple and effective at the same time. It was second stage in the bachelor's thesis. It was interesting to look for the most suitable option, to analyze the various mechanisms of positive and negative sides. The main difficulty was to find such a mechanism that ensures the required opening. As you already know, I found the decision. After these variants and calculations it's time for third step, which also determines the algorithm of work. In this part, I had to make a choice between the sensors, which coined the sensors for better analysis and selection decision. It is expected that this algorithm works like this:

The battery is inside, which gives ~ 15 hours using for owner. When the magnet, which is located inside of outside ring, is in front of magnetic sensor or person turns outside ring to right position, then the box will open. But, during the opening of the need to turn the ring or to separate magnetic sensors, if the box does not - it will close immediately after opening. This guarantees that the ring itself is not going to leave, and do not close in undesirable moments - very reliably. It is necessary to determine the opening and closing time is 6 seconds. I think that it's enough to make a simple movement of your hand. Closing works same: if the magnetic sensor is in front of sensor, the box closes. If at action's end the magnet and sensor didn't separate, then again box opens. If person's activity is finished, the battery should be taken out. Its variant with I am satisfied, but still is where to work.

During my bachelor's thesis writing, I faced many problems and solutions, which enriched my engineer and self-management experience. The aim of thesis was to design a gift box that makes a marriage proposal unforgettable and the main of this is the easy and simplicity. I think that the goal is reached.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. <http://www.sustainablemagic.org/small-magic-flowers.html>
2. <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2612104/The-ball-PLAYS-children-Father-creates-amazing-robotic-sphere-scuttle-spin-roll-away-kids.html>
3. <http://www.google.com/patents/US20120099939>
4. <http://ru.dreamstime.com/%D0%B8%D0%BB%D0%BB%D1%8E%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F-%D1%88%D1%82%D0%BE%D0%BA%D0%B0-%D1%8D%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B7%D1%8B-%D0%BA%D0%BE-%D0%B5%D1%81-%D1%88%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B8-%D1%82%D0%B0%D0%BA%D0%B6%D0%B5-%D0%B2%D0%B5%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80-%D0%B8-%D1%8E%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%86%D0%B8%D0%B8-%D0%BF%D1%80%D0%B8%D1%82%D1%8F%D0%B6%D0%BA%D0%B8-corel-image58623843>
5. <http://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?designation=618/6&unit=metricUnit>
6. <https://www.eemeli.ee/et/stopperrongad/668-stopperrongas-vollile.html>
7. <http://saitinpro.ru/glavnaya/raschety/raschety-km-kg/raschet-balok-na-moment-i-progib/raschet-konsolnoj-balki/>
8. [http://3dtoday.ru/wiki/abs\\_plastic/](http://3dtoday.ru/wiki/abs_plastic/)
9. [http://3dtoday.ru/wiki/PLA\\_plastic/](http://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic/)
10. [http://www.oomipood.ee/3d\\_printimine\\_oomipoes](http://www.oomipood.ee/3d_printimine_oomipoes)
11. <https://shaperize.com/>
12. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardProMini>
13. <http://www.auctionzealot.com/members/rkellyp/promini.png>
14. <http://yeint.ee/elektroonika-1/arduino/arduino-platvormid/arduino-pro-mini-328-5v16mhz>
15. <http://www.ittgroup.ee/et/mootorid-rattad-ja-reduktorid/67-servo-mikro-sg90.html>

16. <http://360dya.ru/elektromotory/asinxronnye/vrashhayushhij-moment-dvigatelya-usilie-na-valu/>
17. <https://grabcad.com/library/9v-duracell-battery>
18. <https://grabcad.com/library/battery-holder-bh9v-pc-nd-1>
19. <http://www.robolabor.ee/3d/>
20. [https://www.makexyz.com/?utm\\_source=3dprintingpricecheck&utm\\_medium=serp](https://www.makexyz.com/?utm_source=3dprintingpricecheck&utm_medium=serp)

# Lisad

## 1. Lisa. Arduino IDE kood

```
#include <Servo.h>
Servo myservo;
int magnet;
int magnetB;
int pos;
int i;
bool lock = false;
bool flag = true;
void setup() {
myservo.attach(9);
myservo.write(10);
}
void loop() {
magnet = analogRead(0);
if ((magnet < 450)&&(pos != 41)){
lock=false;
}
else{
lock=true;
}
if(lock == !true){
for (pos = 10; pos <= 40; pos++) {
myservo.write(pos);
delay(150);
}
flag=false;
}
else{
}
magnetB = analogRead(0);

if (magnetB < 450){
lock=false;
}
else{
lock=true;
}
if((lock == !true)&&(flag == false)){
for (pos = 40; pos >= 10; pos--) {
myservo.write(pos);
delay(150);
}
flag=false;
}

}
```

## 2. Lisa. Koostejoonis

