

Sigurnosne kočnice mosnog kрана

Brbot, Lucija

Undergraduate thesis / Završni rad

2025

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:235:690395>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-31**

Repository / Repozitorij:

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Sigurnosna kočnica mosnog kрана

Lucija Brbot

Zagreb, 2025 godina.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Sigurnosna kočnica mosnog kрана

Mentor:

izv. prof. dr. sc. Matija Hoić

Student:

Lucija Brbot

Izjavljujem da sam ovaj rad pisala samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru izv. prof. dr. sc. Matiji Hoiću na pomoći i savjetima tijekom izrade diplomskog rada. Također, zahvaljujem se svojoj obitelji i prijateljima na neizmjerne podršci tokom studiranja.

Lucija Brbot



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:

Procesno-energetski, konstrukcijski, inženjersko modeliranje i računalne simulacije i brodstrojarski

Sveučilište u Zagrebu	
Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: 602 - 04 / 25 - 06 / 1	
Ur.broj: 15 - 25 -	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Lucija Brbot**

JMBAG: 0035226068

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Sigurnosne kočnice mosnih kranova**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Safety brakes for bridge cranes**

Opis zadatka:

Potrebno je konstruirati sigurnosne kočnice za dva mosna kрана sa sljedećim funkcijama:

- 1) osigurati kran od proklizavanja po voznoj stazi u fazi mirovanja bez napajanja,
- 2) minimizirati pomak duž vozne staze te osigurati od iskliznuća sa staze u slučaju potresa,
- 3) omogućiti podizanje kotača od tračnice u slučaju potrebe zamjene kotača,
- 4) osigurati mogućnost ručnog pogona (dodatne komponente prema potrebi).

Ciljana konstrukcijska rješenja moraju imati sljedeće karakteristike:

	veći kran	manji kran
1) Vertikalna sila za kočenje:	25 t	5 t,
2) Vertikalna sila za podizanje:	50 t	10 t,
3) Vertikalni pomak:	20 mm	20 mm,
4) Brzina pomaka:	5 mm/s	5 mm/s,
5) Širina tračnice	150 mm	65 mm,
6) Najveći tlocrt:	360 x 500 mm	270 x 500 mm,
7) Najveća visina:	1200 mm	400 mm.
8) nominalni pogon:	elektromehanički.	

Rad treba sadržavati:

- 1) Pregled literature i postojećih rješenja za zadane operativne parametre,
- 2) Pregled postojećih rješenja za slične operativne parametre,
- 3) Prijedlog nekoliko koncepata rješenja,
- 4) Odabir po jednog koncepta rješenja za svaki kran za detaljnu razradu,
- 5) Proračun i odabir elemenata pogona,
- 6) Proračun nosivih konstrukcija,
- 7) Sklopni crtež kočnica.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Datum predaje rada:

Predviđeni datumi obrane:

28. studeni 2024.

30. siječnja 2025.

6., 7. i 10. veljače 2025.

Zadatak zadao:

Predsjednik Povjerenstva:

Izv. prof. dr. sc. Matija Hoić

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

POPIS SLIKA	III
POPIS TABLICA.....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE	V
POPIS OZNAKA	VI
1. UVOD.....	3
2. OLUJNE KOČNICE	4
2.1 Kočnice za tračnice (tip Push Down).....	4
2.2 Kočnica tip RTCB Olujna	6
2.3 Kočnica tip RB	6
3. KONCEPTI.....	9
3.1 Koncept 1	9
3.2 Koncept 2	11
3.3 Koncept 3	12
3.4 Koncept 4	13
3.5 Izbor optimalne varijante za zadane projektne zahtjeve	14
4. PRORAČUN SIGURNOSNE KOČNICE ZA VELIKI KRAN	15
4.1 Kuglično navojno vreteno	15
4.2 Elektromotor.....	17
4.3 Tanjurasta opruga	18
4.4 Proračun ležaja	21
4.5 Proračun nosive konstrukcije	22
4.6 Proračun vijaka za montažu sigurnosne kočnice na mosni kran	23
4.7 Proračun dimenzija ručice za ručni pogon	24
4.8 Završni prikaz sigurnosne kočnice velikog kрана	26
5. PRORAČUN SIGURNOSNE KOČNICE ZA MANJI KRAN	28
5.1 Proračun kugličnog vretena.....	28
5.2 Elektromotor.....	30
5.3 Tanjurasta opruga	31
5.4 Proračun ležaja	34
5.5 Proračun nosive konstrukcije	35
5.6 Proračun vijaka za montažu sigurnosne kočnice na mosni kran	36

5.7 Proračun dimenzija ručice za ručni pogon	37
5.8 Konačan izgled sigurnosne kočnice malog krana	39
LITERATURA	40
PRILOZI.....	41

POPIS SLIKA

Slika 1. Kočnica za trčnice tvrtke Kor-Pak [4]	5
Slika 2. Kočnica za tračnice tvrtke Sibre [5].....	5
Slika 3. Kočnica tipa RTCB [5]	6
Slika 4. Olujna kočnica tip RB[5]	7
Slika 5. Unutrašnjost kočnice tipa RB tvrtke Sibre[5]	8
Slika 6. Varijacije kočnice tipa Rb tvrtke Romer Fordertechnik[6]	8
Slika 7. Koncept 1	10
Slika 8. Koncept 2	11
Slika 9. Koncept 3	12
Slika 10. Koncept 4	13
Slika 11. Dijagram ovisnosti položaja kočnice o sili u opruzi	18
Slika 12. Dimenzije tanjuraste opruge[9].....	19
Slika 13. Naizmjenično naslagane tanjuraste opruge.....	19
Slika 14. Konačan izgled tanjuraste opruge za kočnicu većeg kрана u presjeku	20
Slika 15. Prikaz vlačne sile na kučištu sigurnosne kočnice za veliki kран.....	22
Slika 16. Prikaz dimenzija dodatnog vretena elektromotora AFA 76C 3C 100L-02E-TH-TF- ZWM	24
Slika 17. Dimenzije ručice za ručni pogon kočnice velikog kрана	25
Slika 18. Završni prikaz presjeka sigurnosne kočnice velikog kрана	26
Slika 19. Prikaz dimenzije slobodnog prostora za kretanje matice kočnice velikog kрана	27
Slika 20. Dijagram ovisnosti položaja kočnice o sili u opruzi za manji kран	31
Slika 21. Dimenzije tanjuraste opruge[9].....	32
Slika 22. Konačan izgled tanjuraste opruge za manji kран u presjeku.....	33
Slika 23. Prikaz vlačne sile na kučištu sigurnosne kočnice za mali kран.....	35
Slika 24. Prikaz dimenzija dodatnog vretena elektromotora SFA_445A_3C_80-04F-TH-TF- ZWM	37
Slika 25. Dimenzije ručice za ručni pogon kočnice malog kрана	38
Slika 26. Završni prikaz presjeka sigurnosne kočnice manjeg kрана.....	39

POPIS TABLICA

Tablica 1. Faktor sigurnosti [7]	16
Tablica 2. Podaci elektromotora.....	17
Tablica 3. Podaci odabrane tanjuraste opruge katalogskog broja 4452 [9]	19
Tablica 4. Faktor sigurnosti [7]	29
Tablica 5. Podaci elektromotora SFA_445A_3C_80-04F-TH-TF-ZWM	30
Tablica 6. Podaci odabrane tanjuraste opruge katalogskog broja 4410 [9]	31

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

LB-24-01-00 Sigurnosna kočnica mosnog kрана velikih dimenzija

LB-24-02-00 Sigurnosna kočnica mosnog kрана malih dimenzija

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A	mm^2	Površina poprečnog presjeka
A_V	mm^2	Površina poprečnog presjeka jezgre vijka
A_{V1}	mm^2	Površina poprečnog presjeka opterećena na vlak
C_o	N	Statičko opterećenje koje djeluje na vreteno
C_{oa}	N	Dopušteno aksijalno opterećenje
D_e	mm	Vanjski promjer tanjura
D_i	mm	Unutarnji promjer tanjura
d_R	mm	Dužina ručice
F	N	Sila jednog tanjura
f	mm	Potreban progib opruge
F_k	N	Vertikalna sila za kočenje
F_{max}	N	Najveća sila u vijku
F_R	N	Ručna sila
f_s	-	Faktor sigurnosti
f_{uk}	mm	Ukupan progib stupa opruge
F_V	N	Vlačna sila
F_{Vert}	N	Vertikalna sila za podizanje
F_{vij}	N	Dopuštena sila u vijku
h_o	mm	Maksimalan dopušten progib
i_{red}	-	Prijenosni omjer reduktora
L_o	mm	Slobodna duljina
M_{EM}	Nm	Moment na izlazu iz elektromotora
M_{red}	Nm	Moment na izlaznom vratilu reduktora
n_{EM}	min^{-1}	Brzina vrtnje elektromotora
P	mm	Korak navoja
P_{EM}	kW	Snaga elektromotora
P_{max}	N	Aksijalno opterećenje zadano zadatkom
R_e	N/mm^2	Granica elastičnosti vijka
R_m	N/mm^2	Vlačna čvrstoća vijka

s	mm	Progib
S_0, S_{0_min}	-	Sigurnost, minimalna sigurnost za ležaj
t, t_1	mm	Debljina tanjura
T_{in}	Nm	Ulazni okretni moment
T_{out}	Nm	Izlazni okretni moment
v_k	mm/s	Brzina pomaka sigurnosne kočnice
$\sigma_{vl}, \sigma_{vl,dop}$	N/mm ²	Vlačno naprezanje, dopušteno vlačno naprezanje
η, η''	-	Učinkovitost

SAŽETAK

Tema ovog diplomskog rada je konstrukcija sigurnosne kočnice za mosni kran s više ključnih funkcija. Kočnica je osmišljena kako bi osigurala stabilnost i sigurnost kрана u industrijskom okruženju, posebno u uvjetima mirovanja, potresa ili potrebe za održavanjem. Glavne funkcije uključuju: sprječavanje proklizavanja kрана po voznoj stazi tijekom mirovanja, minimiziranje pomaka i osiguranje od iskliznuća sa staze u slučaju potresa, te mogućnost podizanja kotača radi zamjene. Sustav je koncipiran tako da osigura punu kočnu silu i u slučaju gubitka napajanja, pri čemu je nominalni pogon elektromehanički, uz mogućnost ručnog pogona putem dodatnih komponenti.

Kočnica će biti integrirana u nosivu strukturu čeonih nosača i okvira vitla, a njena primjena predviđena je za dva kрана različitih veličina. Za tu svrhu potrebno je konstruirati dvije varijante kočnice, jednu prilagođenu manjem, a drugu većem kranu. Konstrukcijska rješenja bit će usmjerena na pouzdanost, jednostavnost održavanja i sigurnost u najzahtjevnijim radnim uvjetima.

Diplomski rad se sastoji od: istraživanja tržišta, osmišljavanja i odabira konstrukcijskog rješenja, proračuna i oblikovanja konstrukcije i izrade tehničke dokumentacije.

3D model i sva tehnička dokumentacija izrađena je u programskom paketu Solidworks 2020.

Ključne riječi: sigurnosna kočnica, mosni kran, stabilnost, sigurnost, elektromehanički pogon, ručni pogon, potres, proklizavanje, iskliznuće, zamjena kotača

SUMMARY

The topic of this thesis is the design of a safety brake for an overhead crane with multiple key functions. The brake is designed to ensure the stability and safety of the crane in an industrial environment, particularly during standstill, seismic events, or maintenance operations. The main functions include: preventing the crane from slipping along the track during standstill, minimizing displacement and ensuring the crane stays on the track during an earthquake, and enabling the lifting of wheels for replacement. The system is designed to provide full braking force in the event of a power outage, with the primary drive being electromechanical, and the option for manual operation through additional components.

The brake will be integrated into the load-bearing structure of the end beams and the hoist frame, with its application intended for two cranes of different sizes. For this purpose, it is necessary to design two brake variants, one tailored for the smaller crane and the other for the larger crane. The design solutions will focus on reliability, ease of maintenance, and safety in the most demanding working conditions.

The thesis consists of market research, conceptualization and selection of a design solution, calculations and structural design, and preparation of technical documentation.

A 3D model and all technical documentation were created using the SolidWorks 2020 software package.

Keywords: safety brake, overhead crane, stability, safety, electromechanical drive, manual drive, earthquake, slipping, derailment, wheel replacement

1. UVOD

Mosni kranovi predstavljaju vitalan dio mnogih industrijskih operacija, no kako bi se osigurala sigurnost i stabilnost ovih velikih i moćnih strojeva, ključno je implementirati pouzdane sigurnosne mehanizme. U skladu s tim, konstrukcija sigurnosne kočnice za mosni kran postaje neizbježna potreba. Ova kočnica mora zadovoljiti niz zahtjeva kako bi osigurala siguran rad kranova u različitim uvjetima i situacijama.

Prvi zahtjev je osigurati da kranovi ne proklizavaju po voznoj stazi kad su u mirovanju. To se postiže pouzdanim kočnicama koje se aktiviraju kad kran nije u pokretu. Također, u slučaju potresa, ključno je minimizirati pomak duž vozne staze kako bi se osigurala stabilnost kranova. Ovdje se koriste posebne konstrukcijske metode koje apsorbiraju udarce i smanjuju vibracije. Još jedan važan aspekt je sprječavanje iskliznuća kranova s vozni staza, posebno u slučaju potresa. To zahtijeva dodatne mehanizme koji osiguravaju čvrsto prijanjanje kranova na stazu čak i u ekstremnim uvjetima. Također, osiguravanje mogućnosti podizanja kotača od tračnice olakšava održavanje i zamjenu dijelova kada je to potrebno.

Nadalje, u slučaju gubitka napajanja, kočnica mora osigurati potpunu kočnu silu kako bi se spriječilo nekontrolirano kretanje kranova. Ovo se postiže kombinacijom mehaničkih i električnih sistema koji osiguravaju sigurnost čak i u najnepovoljnijim okolnostima. Pogon kočnice je elektromehanički, što pruža pouzdanost i kontrolu u radu.

Naposljetku, kočnica treba omogućiti i ručni pogon u slučaju nužde. Ovo se postiže dodatnim komponentama koje se mogu montirati radi ručnog upravljanja kada je to potrebno.

Konstrukcija sigurnosne kočnice za mosni kran zahtijeva pažljivo planiranje i implementaciju kako bi se osigurala sigurnost i pouzdanost u radu ovih važnih industrijskih strojeva. Integracija ove kočnice u nosivu strukturu čeonih nosača i okvira vitla ključna je za njen uspješan rad na kranovima različitih veličina i kapaciteta.

2. OLUJNE KOČNICE

Olujne kočnice i stezaljke za tračnice koriste se u različitim industrijskim aplikacijama kako bi se zaštitili sustavi od neželjenih kretanja uzrokovanih vanjskim faktorima poput oluja, potresa i slično. Na offshore platformama i brodovima, ove kočnice osiguravaju da dizalice i drugi opremni sustavi ostanu stabilni i sigurni usprkos snažnim vjetrovima i morskim uvjetima. U čeličnoj industriji, gdje su visoke temperature i teški tereti svakodnevni, olujne kočnice pomažu u sprječavanju pomaka opreme koji bi mogao uzrokovati oštećenja ili nesreće. Također u rudarstvu i rukovanju materijalom, olujne kočnice osiguravaju da teški strojevi na tračnicama ostanu u položaju, čime se minimizira rizik od nesreća i oštećenja materijala.

U nastavku je dan preged nekoliko vrsta olujnih kočnica na tržištu.

2.1 Kočnice za tračnice (tip Push Down)

Kočnice za tračnice tipa Push Down predstavljaju sofisticiran sustav kočenja, dizajniran s pažnjom na sigurnost i dugotrajnost. Ove kočnice koriste papučicu izrađenu od ojačanog alatnog čelika, koja se silom opruge pritiska izravno na vrh glave tračnice, osiguravajući snažnu i pouzdanu silu kočenja.

Montirane na pragove, ove kočnice su precizno postavljene uz pomoć prirubnica, dok obloženi vijci omogućuju brzo otpuštanje u slučaju nužde. Fleksibilnost sustava omogućuje prilagodbu snage opruge kako bi se postigla optimalna sila držanja, prilagođena specifičnim potrebama svakog sustava.

Za dodatnu zaštitu i smanjenje habanja, predviđene su točke za podmazivanje na ključnim spojnim površinama između glave tračnice i papučice. Uz to, ovaj sustav kočenja može biti opremljen krajnjim prekidačem za indicaciju otpuštanja, što dodatno doprinosi sigurnosti, sprječavajući neželjene pokrete dok kočnica nije u potpunosti otpuštena.

Također, dostupne su razne mogućnosti prilagodbe, uključujući posebne legure za izradu papučice, zaštitne premaze za povećanje otpornosti na koroziju, te prilagođene nosače koji omogućuju savršeno uklapanje u specifične instalacijske zahtjeve.

Ove kočnice za tračnice predstavljaju vrhunsko rješenje za sve sustave gdje su sigurnost, preciznost i pouzdanost od ključne važnosti.

Slika 1. prikazuje kočnicu za tračnice tipa Push Down tvrtke Kor-Pak, dok Slika 2. prikazuje kočnicu tvrtke Sibre.



Slika 1. Kočnica za tračnice tvrtke Kor-Pak [4]



Slika 2. Kočnica za tračnice tvrtke Sibre [5]

2.2 Kočnica tip RTCB Olujna

Dvosmjerno djelujuća statička olujna kočnica za portalne dizalice tvrtke Sibre s maksimalnom silom držanja od 225 kN, generiranom pomoću klina između kotača stezaljke i tračnice. Otpušta se Eldro potiskivačem, koji je opremljen ventilom za spuštanje i C-oprugom. Kočnica se može ručno otključati i zaključati u otpuštenom položaju, dok se papučice, koje su očvrsnute i opremljene lančanicima, mogu zamijeniti na terenu. Sustav uključuje krajnje prekidače za indicaciju otpuštanja kočnice i smjera, a ukupna težina je oko 400 kg. Slika 3. prikazuje olujnu kočnicu tip RTCB tvrtke Sibre.



Slika 3. Kočnica tipa RTCB [5]

2.3 Kočnica tip RB

Stezaljke za tračnice predstavljaju ključni dio sigurnosnih sustava u industrijskim aplikacijama gdje je potrebna visoka razina stabilnosti i kontrole. Ove stezaljke koriste elektro-hidraulički sustav za otvaranje, dok se zatvaranje odvija pomoću opruga. Kada se stezaljke zatvore, skupovi tlačnih opruga, postavljeni na nosaču stezaljki, djeluju na središnje vođene tlačne pločice putem sustava poluge koljena, stvarajući pritisnu silu koja osigurava čvrsto prianjanje čeljusti na tračnicu.

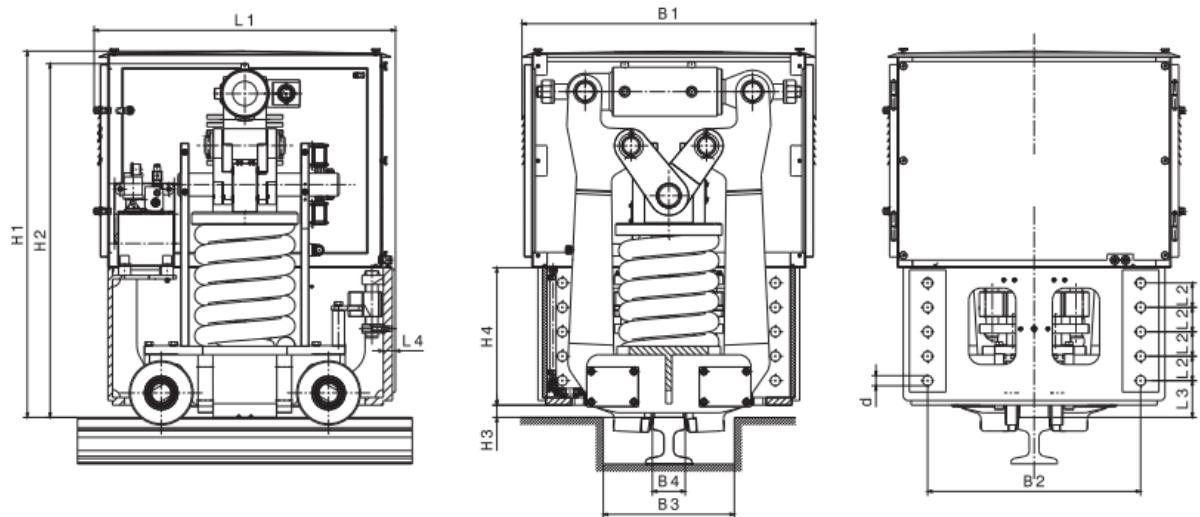
U slučaju trošenja čeljusti ili tračnica, sustav automatski prilagođava omjer prijenosa poluge kako bi kompenzirao smanjenje sile opruge, održavajući konstantnu pritisnu silu unutar dopuštenih granica. Nosač stezaljki, vođen na tračnici pomoću kotača s obročima, omogućuje slobodno horizontalno kretanje do +/- 30 mm i vertikalno kretanje do +/- 20 mm unutar kućišta stezaljki. U uzdužnom smjeru tračnice, nosač se vodi s minimalnim zazorom od 5 mm.

Za dodatnu praktičnost i sigurnost, stezaljke su opremljene zaključavajućom zaštitnom kapom od nehrđajućeg čelika koja ima tri vrata za jednostavan pristup i inspekciju. Otvaranje stezaljki može se obaviti putem integriranog hidrauličkog agregata, dok u slučaju nužde postoji mogućnost ručnog otvaranja pomoću ručne pumpe na hidrauličkom agregatu.

Funkcionalnost stezaljki nadzire se pomoću krajnjih prekidača koji signaliziraju stanje stezaljki: „Stezaljka otvorena“, „Stezaljka zatvorena“ i „Kraj trošenja“. Ovi sustavi jamče pouzdano i sigurno djelovanje stezaljki, čime doprinose cjelokupnoj sigurnosti i učinkovitosti industrijskog procesa. Slika 4. i slika 5. prikazuju olujnu kočnicu tip RB tvrtke Sibre.



Slika 4. Olujna kočnica tip RB[5]



Slika 5. Unutrašnjost kočnice tipa RB tvrtke Sibre[5]

Različiti oblici kočnice tipa RB tvrtke Romer Fordertechnik prikazani su na Slici 6.



Slika 6. Varijacije kočnice tipa Rb tvrtke Romer Fordertechnik[6]

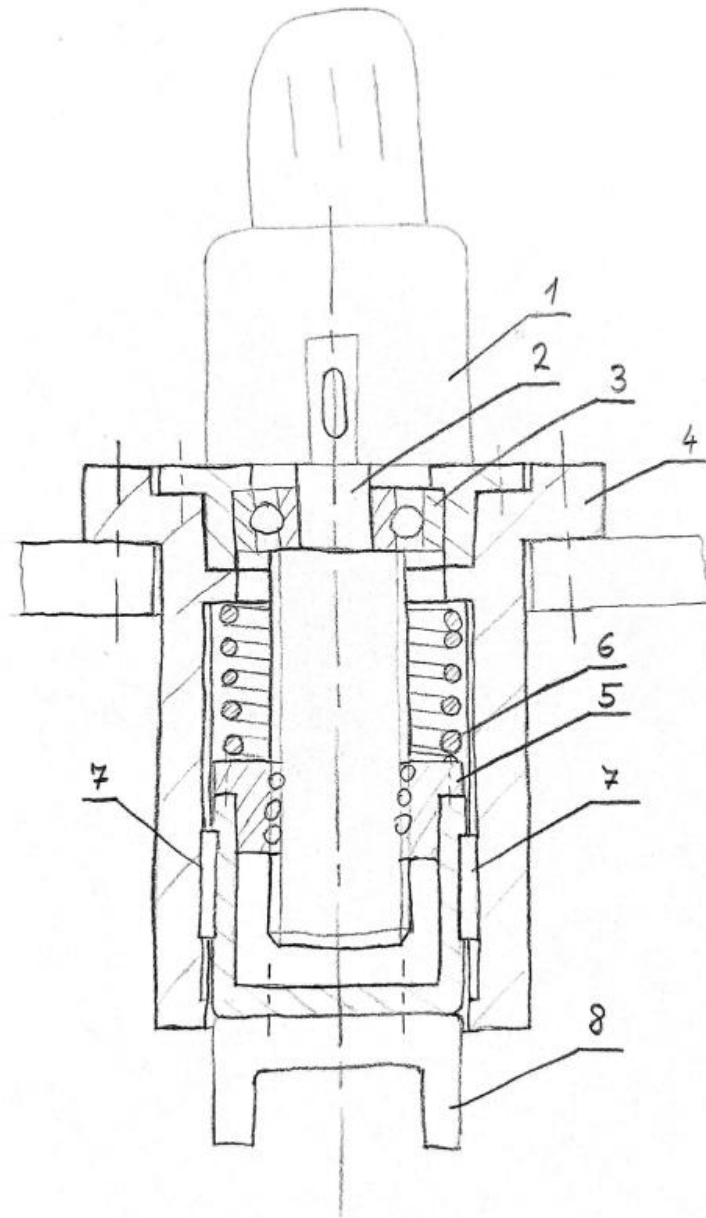
3. KONCEPTI

Potrebno je konstruirati sigurnosnu kočnicu mosnog kрана koja će osigurati kран od proklizivanja po voznoj stazi u fazi mirovanja, minimizirati pomak i iskliznuće sa vozne staze u slučaju potresa, omogućiti podizanje kotača od tračnice u slučaju potrebe zamjene kotača te osigurati punu kočnu silu u slučaju gubitka napajanja. Pogon kočnice treba biti elektromehanički, a potrebno je osigurati i mogućnost ručnog pogona.

Na osnovu zahtjeva zadanih zadatkom izrađena su konceptualna rješenja. Koncepti su izrađeni korištenjem radnih principa već postojećih konstrukcijskih rješenja iz prethodnog poglavlja. Koncepti se razlikuju prema načinu nalijeganja sigurnosne kočnice na voznu stazu te po položaju elektromotora.

3.1 Koncept 1

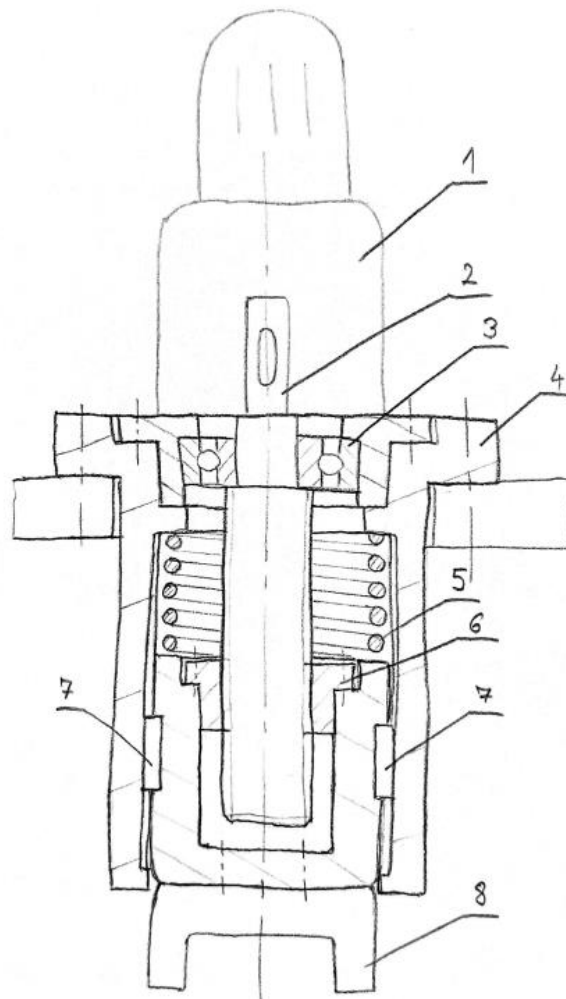
Elektromotor (1) pogoni kuglično navojno vreteno (2) koje je uležišteno radijalno aksijalnim ležajem (3). Ležaj je oslonjen na kućište (4). Između matice kugličnog navojnog vretena (5) i kućišta (4) nalazi se tlačna opruga (6) oslonjena na maticu(5). Zakretanje matice(5) onemogućeno je pomoću dva pera (7). Aktivacija sigurnosne kočnice postiže se kombinacijom kugličnog navojnog vretena(1) i tlačne opruge(2). Kada je mosni kран u pogonu u normalnim uvjetima sigurnosna kočnica nije aktivna. Potrebno je osigurati da je kočnica odignuta od tračnice za 10mm. To se postiže podizanjem kočnice preko matice vretena(5). Elektromotor(1) okreće vreteno(2), matica(5) se podiže te sabija tlačnu oprugu(6) za 10mm. U slučaju gubitka napajanja elektromotor(1) prestaje pružati otpor vretenu(2), opruga(6) pritišće maticu(5) te se kočnica spušta na tračnicu. Papučica (8) je U oblika kako bi se onemogućilo iskliznuće sa vozne staze.



Slika 7. Koncept 1

3.2 Koncept 2

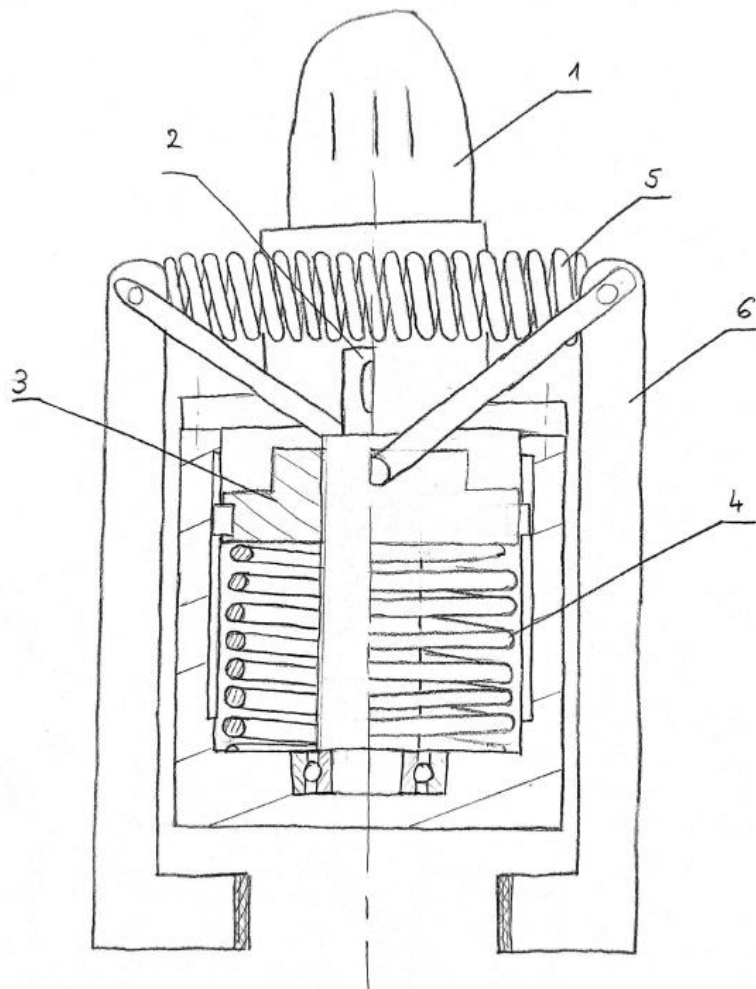
Koncept 2 je sličan kao koncept 1 no razlikuje se u vrsti navojnog vretena i načinu oslanjanja tlačne opruge. Elektromotor (1) pogoni trapezno navojno vreteno (2) koje je uležišteno radijalno aksijalnim ležajem (3). Ležaj je oslonjen na kućište (4). Između matice kugličnog navojnog vretena (6) i kućišta (4) nalazi se tlačna opruga (5) oslonjena na kućište matice (9). Zakretanje matice(6) onemogućeno je pomoću dva pera (7). Aktivacija sigurnosne kočnice postiže se kombinacijom trapeznog navojnog vretena(1) i tlačne opruge(2). Kada je mosni kran u pogonu u normalnim uvjetima sigurnosna kočnica nije aktivna. Potrebno je osigurati da je kočnica odignuta od tračnice za 10mm. To se postiže podizanjem kočnice preko matice vretena(6). Elektromotor(1) okreće vreteno(2), matica(5) se podiže te sabija tlačnu oprugu(6) za 10mm. U slučaju gubitka napajanja elektromotor(1) prestaje pružati otpor vretenu(2), opruga(6) pritišće maticu(5) te se kočnica spušta na tračnicu. Papučica (8) je oblika slova U kako bi se onemogućilo iskliznuće sa vozne staze.



Slika 8. Koncept 2

3.3 Koncept 3

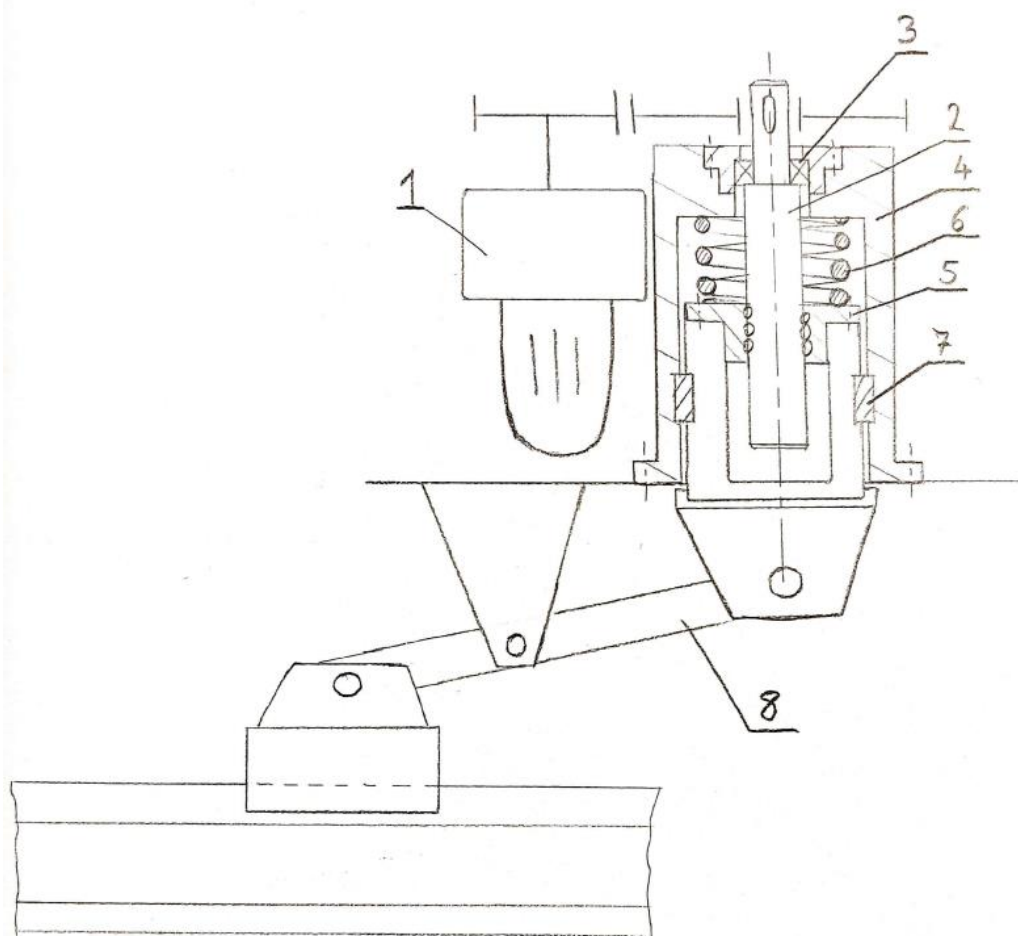
Koncept 3, poput koncepta 1 i 2, ostvaruje aktivaciju kočnice pomoću elektromotora i navojnog vretena no u ovom slučaju matica je vezana na škarni mehanizam pomoću kojeg se vozna staza obuhvaća kočnim kliještima. Elektromotor(1) pokreće navojno vreteno (2). Matica (3) pomiče se prema dolje pritišćući vertikalno postavljenu tlačnu oprugu(4). Istovremeno se škarni mehanizam(6) otvara i horizontalna tlačna opruga(5) se potišće. Aktivacija sigurnosne kočnice postiže se tako što elektromotor(1) ostaje bez napajanja te prestaje pružati otpor vretenu(2). Vertikalna tlačna opruga(4) potiskuje maticu(3) prema gore, dok horizontalna tlačna opruga(5) potiskuje škarni mehanizam(6) čime se on zatvara i stišće voznu stazu.



Slika 9. Koncept 3

3.4 Koncept 4

Elektromotor (1) pogoni kuglično navojno vreteno (2) koje je uležišteno radijalno aksijalnim ležajem (3). Ležaj je oslonjen na kućište (4). Između matice kugličnog navojnog vretena (5) i kućišta (4) nalazi se vlačna opruga (6) oslonjena na maticu(5). Zakretanje matice(5) onemogućeno je pomoću dva pera (7). Aktivacija sigurnosne kočnice postiže se kombinacijom navojnog vretena(1) i vlačne opruge(2). Kada je mosni kran u pogonu u normalnim uvjetima sigurnosna kočnica nije aktivna. Potrebno je osigurati da je kočnica odignuta od tračnice za 10mm. To se postiže podizanjem kočnice preko klackalice (8). Elektromotor(1) okreće vreteno(2), matica(5) se spušta te razvlači vlačnu oprugu(6). Desni dio klackalice(8) potišće se prema dolje dok se lijevi dio odiže od tračnice. U slučaju gubitka napajanja elektromotor(1) prestaje pružati otpor vretenu(2), opruga(6) privlači maticu(5) te se preko klackalice(8) kočnica spušta na tračnicu.



Slika 10. Koncept 4

3.5 Izbor optimalne varijante za zadane projektne zahtjeve

Izbor optimalnog koncepta temeljio se na zahtjevima zadanim zadatkom. Svaki od koncepta sastoji se od vretena pokretanog elektromotorom u kombinaciji sa oprugom. Koncept 1 i 2 su gotovo isti. Jednostavni su i sastoje se od najmanje dijelova. Koncept 1 zamišljen je sa kugličnim navojnim vretenom što je izrazito povoljno jer ono ima najveću iskoristivost te nije samokočno. Oslanjanje tlačne opruge kod koncepta 2 je povoljnije nego kod koncepta 1 jer opruga ne djeluje direktno na maticu nego preko kućišta matice čime se smanjuje koncentracija naprezanja. Koncept 3 znatno je kompliciraniji. Sastoji se od škarnog mehanizma te sadrži dvije opruge. Pretpostavka je da će ovaj koncept teško zadovoljiti gabarite zadane zadatkom. Kod koncepta 4 kočnica prilježe na tračnicu preko klackalice što povećava gabarite cijele kočnice. Odabran je koncept 1 jer svojom izvedbom zadovoljava sve uvjete zadane zadatkom. Kompaktne je izvedbe, sadrži najmanje dijelova te je najlakši za montažu i demontažu na mosni kran.

4. PRORAČUN SIGURNOSNE KOČNICE ZA VELIKI KRAN

Nakon odabira koncepta pristupa se detaljnoj razradi i proračunu. S obzirom na to da je potrebno izraditi dvije sigurnosne kočnice različitih dimenzija, najprije će se provesti proračun za kočnicu većeg mosnog kрана, nakon čega slijedi proračun za kočnicu manjeg kрана.

4.1 Kuglično navojno vreteno

Kuglično navojno vreteno omogućuje preciznu pretvorbu rotacijskog gibanja u pravocrtno bez povratnog praznog hoda. Zbog svoje konstrukcije, koja uključuje kugličnu maticu i kuglične ležajeve, kuglično vreteno smanjuje trenje te omogućuje visoku točnost i pouzdanost u radu. Ova tehnologija preuzima aksijalna naprezanja i prenosi ih na klizne vodilice, dok je pokretanje osigurano elektromotorom.

Zadatkom je zadana vertikalna sila za kočenje F_k i brzina pomaka sigurnosne kočnice v_k . Prvi korak u rješavanju zadatka je odabrati odgovarajuće kuglično navojno vreteno te provjeriti zadovoljava li čvrstoću. Odabrano je kuglično navojno vreteno SFU10020-4 proizvođača *LtRobot*. Vreteno je napravljeno od ugljičnog čelika koji je površinski kaljen, što omogućuje veću otpornost na trošenje u usporedbi s običnim ugljičnim čelikom. Korak navoja je udaljenost koju kuglična matica prijeđe s jednim okretajem kugličnog vretena te ona iznosi $P = 20\text{mm}$. Vreteno nije izloženo velikim brzinama okretanja kao ni učestalosti korištenja. Otpuštanje kočnice traje svega nekoliko sekundi te je pretpostavka da će se ta radnja ponavljati nekoliko puta u danu. Iz navedenih razloga zaključuje se da je vreteno opterećeno dominantno statičkim opterećenjem te proračun na dinamičko opterećenje nije potrebno provoditi. Slijedi proračun statičkog opterećenja.

Dopušteno aksijalno statičko opterećenje C_{oa} koje će proizvesti trajnu deformaciju u točkama kontakta čeličnih kuglica na utore kuglica odnosno navoj vretena za kuglično vreteno SFU10020-4 proizvođača *LtRobot* prema [7] jednako je:

$$C_{oa} = 606980 \text{ N} \quad (1)$$

Statičko opterećenje koje djeluje na vreteno jednako je:

$$C_o = F_k \cdot f_s, \quad (2)$$

Gdje je:

C_o - statičko opterećenje koje djeluje na vreteno;

$F_k = 500000\text{N}$ - vertikalna sila za kočenje zadana zadatkom;

$f_s = 1,15$ - faktor sigurnosti odabran iz Tablice 1. prema [7].

Tablica 1. Faktor sigurnosti [7]

Primjena	Pogon	f_s
Alatni stroj	Normalan pogon	1,0~1,3
	Pogon s udarom i vibracijama	2,0~3,0
Industrijski stroj	Normalan pogon	1,0~1,5
	Pogon s udarom i vibracijama	2,5~7,0

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (2) slijedi:

$$C_o = 500000 \cdot 1,15 = 575000 \text{ N} \quad (3)$$

Statičko opterećenje mora biti manje od dopuštenog aksijalnog opterećenja:

$$C_{oa} = 606980 \text{ N} > C_o = 575000 \text{ N}. \quad (4)$$

Usporedbom opterećenja zaključuje se da vreteno zadovoljava s obzirom na statičko opterećenje!

Ulazni okretni moment za preračunavanje kružnog kretanja u linearno kretanje prema [8] jednak je:

$$T_{in} = \frac{F_k \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}, \quad (5)$$

gdje je:

T_{in} - ulazni okretni moment, [Nm];

$P = 20$ mm -korak navoja vretena, [mm];

η -učinkovitost (prema [8] iznosi 0,9).

Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (5) dobivamo:

$$T_{in} = \frac{500000 \cdot 20}{2000 \cdot \pi \cdot 0,9} = 1768 \text{ Nm}. \quad (6)$$

Izlazni okretni moment za preračunavanje linearnog kretanja u kružno kretanje prema [8] jednak je:

$$T_{out} = \frac{F_k \cdot P \cdot \eta''}{2000 \cdot \pi}, \quad (7)$$

gdje je:

T_{out} - izlazni okretni moment, [Nm];

η'' -učinkovitost (prema [8] iznosi 0,8).

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (7) slijedi:

$$T_{out} = \frac{500000 \cdot 20 \cdot 0,8}{2000 \cdot \pi} = 1273 \text{ Nm.} \quad (8)$$

4.2 Elektromotor

Odabir elektromotora ograničen je linearnom brzinom pomaka sigurnosne kočnice v_k , odnosno brzinom pomaka matice preko koje će kočnica nalijegati na tračnicu. Također potrebno je motorom dovesti odgovarajući okretni moment za pokretanje cijelog sustava.

Potrebno je odrediti brzinu okretanja elektromotora kako slijedi:

$$n_{EM} = \frac{v_k}{P}, \quad (9)$$

gdje je:

n_{EM} -brzina vrtnje elektromotora, [min^{-1}];

$v_k = 5 \text{ mm/s}$ -brzina pomaka sigurnosne kočnice;

P -korak navoja vretena, [mm].

Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (9) slijedi:

$$n_{EM} = \frac{5}{20} \cdot 60 = 15 \text{ min}^{-1}. \quad (10)$$

Potreban moment na izlaznom vratilu elektromotora jednak je:

$$T_{in} = 1768 \text{ Nm}$$

S obzirom na izračunate parametre odabire se elektromotor AFA 76C 3C 100L-02E-TH-TF-ZWM snage 3 kW proizvođača *Watt Drive*. Sljedeća tablica (Tablica 2.) sadrži dodatne podatke o navedenom elektromotoru.

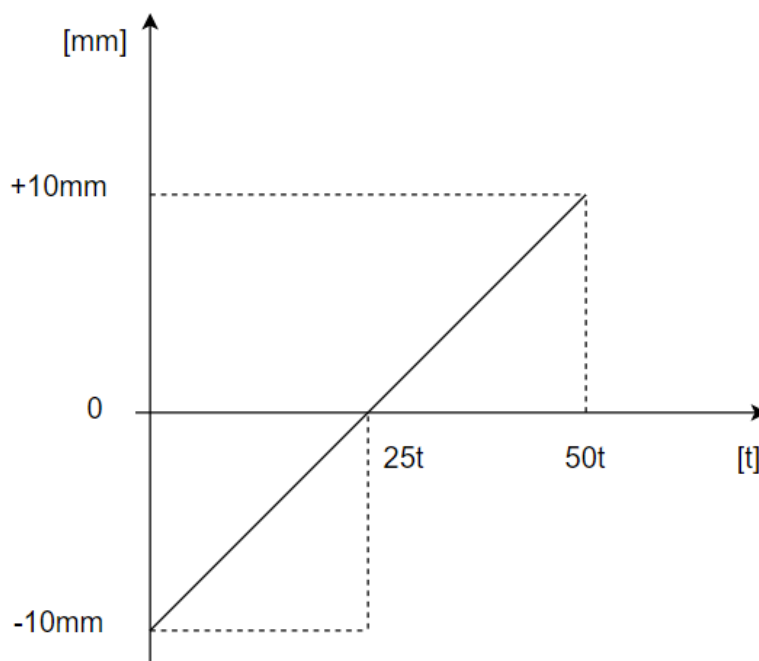
Tablica 2. Podaci elektromotora

Snaga elektromotora	$P_{EM} = 3 \text{ kW}$
Brzina vrtnje elektromotora	$n_{EM} = 2895 \text{ min}^{-1}$; $\omega_{EM} = 303,16 \text{ rad/s}$
Moment na izlazu iz elektromotora	$M_{EM} = 9,9 \text{ Nm}$
Prijenosni omjer reduktora	$i_{red} = 191,8$
Moment na izlaznom vratilu reduktora	$M_{red} = 1898 \text{ Nm}$
Brzina vrtnje izlaznog vratila	$n_{red} = 15 \text{ min}^{-1}$; $\omega_{red} = 1,57 \text{ rad/s}$

4.3 Tanjurasta opruga

Kako bi se postigla puna kočna sila u slučaju potresa ili gubitka napajanja potrebno je omogućiti aktivaciju kočnice. To se postiže kombinacijom kugličnog navojnog vretena i tanjurastih opruga. Kada je mosni kran u pogonu u normalnim uvjetima sigurnosna kočnica nije aktivna. Potrebno je osigurati da je kočnica odignuta od tračnice za 10mm. To se postiže podizanjem kočnice preko matice vretena. Elektromotor okreće vreteno, matica se podiže te sabija tanjurastu oprugu za 10mm. U slučaju gubitka napajanja elektromotor prestaje pružati otpor vretenu, opruga pritišće maticu te se kočnica spušta na tračnicu.

Kako bi opruga osigurala kočnu silu iznosa 25t ona mora u trenutku kada je kočnica neaktivna biti prednapregnuta za 50t. U trenutku kada se aktivira i rastereti za 10mm, ona ostaje prednapregnuta za preostalih 25t. U slučaju zamjene kotača potrebno je mosni kran odignuti pomoću sigurnosne kočnice za 10mm te se u tom trenutku iskorištava preostalih 25t. Osim opruge u tom trenutku i matica daje 25t sile te je potreba za 50t zadana zadatkom zadovoljena. Sljedeći dijagram prikazuje opisanu ovisnost položaja kočnice o sili u opruzi.



Slika 11. Dijagram ovisnosti položaja kočnice o sili u opruzi

Odabrana opruga je tanjurasta opruga DIN 2093, kataloškog broja 4452 proizvođača *Lesjöfors* [9]. Materijal opruge je 51CrV4.

Tablica 3. Podaci odabrane tanjuraste opruge katalogskog broja 4452 [9]

D_e [mm]	D_i [mm]	t [mm]	t_1 [mm]	L_o [mm]	h_o [mm]	h_o/t	s [mm]	F [N]
225	112	16	14,9	20,5	4,5	0,281	5,6	569897

Podaci odabrane tanjuraste opruge dani su u Tablici 3. te su u nastavku opisana značenja prvog redka tablice.

Na sljedećoj slici prikazane su dimenzije tanjuraste opruge.

D_e -vanjski promjer tanjura

D_i -unutarnji promjer tanjura

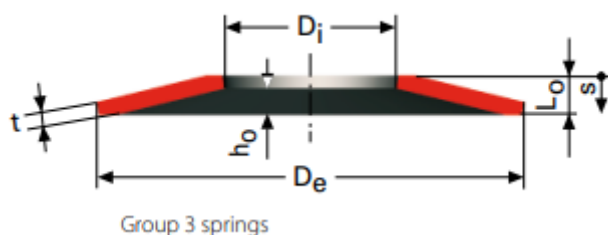
t -debljina tanjura

t_1 -debljina tanjura

L_o -slobodna duljina

h_o -maksimalan dopušten progib

s -progib

**Slika 12. Dimenzije tanjuraste opruge[9]**

Slika 13. prikazuje odabran način slaganja tanjurastih opruga. Pri ovakvom načinu slaganja tanjura, svakim dodanim tanjurom povećava se ukupan progib za iznos progiba jednog tanjura dok je sila stupca opruga jednaka sili jednog tanjura.

**Slika 13. Naizmjenično naslagane tanjuraste opruge**

Kako bi opruga zadovoljila potrebno opterećenje, sila u opruzi mora biti veća ili jednaka 500kN. Budući da je sila jednog tanjura, kako je navedeno u Tablici 3., jednaka $F = 569897 \text{ N}$, što je veće od 500kN, zaključuje se da opruga zadovoljava!

Potreban ukupan progib opruge jednak je $f = 20$ mm. Prema tome ukupan broj opruga n koje je potrebno naizmjenično naslagati iznosi:

$$n = \frac{f_{min}}{h_o} = \frac{20}{4,5} = 4,44 = 5 \quad (11)$$

Izračunat ukupan broj potrebnih tanjura zaokružuje se na prvi cijeli broj te konačan ukupan dozvoljen progib 5 neizmjenično naslaganih opruga iznosi:

$$f_{uk} = n \cdot h_o = 5 \cdot 4,5 = 22,5 \text{ mm} \quad (12)$$

Potrebno je provjeriti može li elektromotor generirati moment potreban za sabijanje sile opruge kako slijedi.

Uvrštavanjem sile tanjura u jednadžbu (5) za ulazni okretni moment za preračunavanje kružnog kretanja u linearno kretanje vretena prema [8] dobivamo moment koji elektromotor mora savladati.

$$T_{in} = \frac{F_k \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{569897 \cdot 20}{2000 \cdot \pi \cdot 0,9} = 1856 \text{ Nm} \quad (13)$$

Budući da elektromotor daje moment na izlazu iz reduktora jednak $M_{red} = 1989$ Nm (Tablica 2.) što je veće od potrebnog ulaznog okretnog momenta $T_{in} = 1856$ Nm znači da elektromotor zadovoljava!

Također je potrebno provjeriti je li sila kojom opruga tlači vreteno preko matice manja od dopuštene. Iz jednadžbe (3) dobivamo dopuštenu statičku silu jednaku:

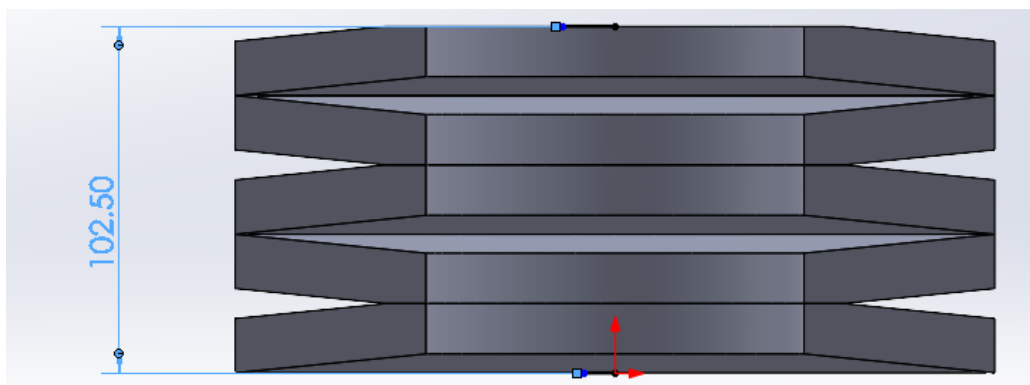
$$C_o = 500000 \cdot 1,15 = 575000 \text{ N}$$

Sila u opruzi mora biti manja od dopuštenog aksijalnog opterećenja:

$$F = 569897 \text{ N} > C_o = 575000 \text{ N}. \quad (14)$$

Opruga zadovoljava s obzirom na sve zahtjeve!

Slika 14. prikazuje konačan izgled tanjuraste opruge za kočnicu većeg kрана.



Slika 14. Konačan izgled tanjuraste opruge za kočnicu većeg kрана u presjeku

4.4 Proračun ležaja

Odabir ležaja ograničen je potrebnim aksijalnim opterećenjem a isto tako i dimanzijama. Budući da su zadani gabariti sigurnosne kočnice, potrebno je pronaći čim uži ležaj koji zadovoljava opterećenje kako bi sve stalo u sklop. Uzimajući sve segmente u obzir odabran je igličasti/aksijalni cilindrični valjkasti ležaj ZARN70130-L-TV proizvođača *Schaeffler*. [10] Tehničke specifikacije ležaja dane su u Prilogu.

Kao što je ranije spomenuto, vreteno nije izloženo visokim brzinama rotacije niti čestoj upotrebi. Sam proces otpuštanja kočnice traje samo nekoliko sekundi, a pretpostavlja se da će se ova radnja ponavljati svega nekoliko puta dnevno. Zbog tih razloga zaključeno je da je vreteno pretežno podvrgnuto statičkom opterećenju a isto vrijedi i za ležaj. Iz navedenih razloga zaključuje se da nije potrebno vršiti proračun za dinamička opterećenja. U nastavku slijedi proračun za statičko opterećenje.

Provjera statičke nosivosti:

$$S_0 = \frac{C_{0a}}{P_{0a}} \geq S_{0_min} \quad (15)$$

Gdje je:

$C_{0a} = 630\,000$ N; aksijalna statička nosivost ležaja ZARN70130-L-TV iz Priloga,

$P_{0a} = 569897$ N; ekvivalentno aksijalno statičko opterećenje,

$S_{0_min} = 1,0 \dots 1,5$; odabrano 1,1; najmanja potrebna statička sigurnost ležaja s srednjim zahtjevima za mirnoću hoda [11].

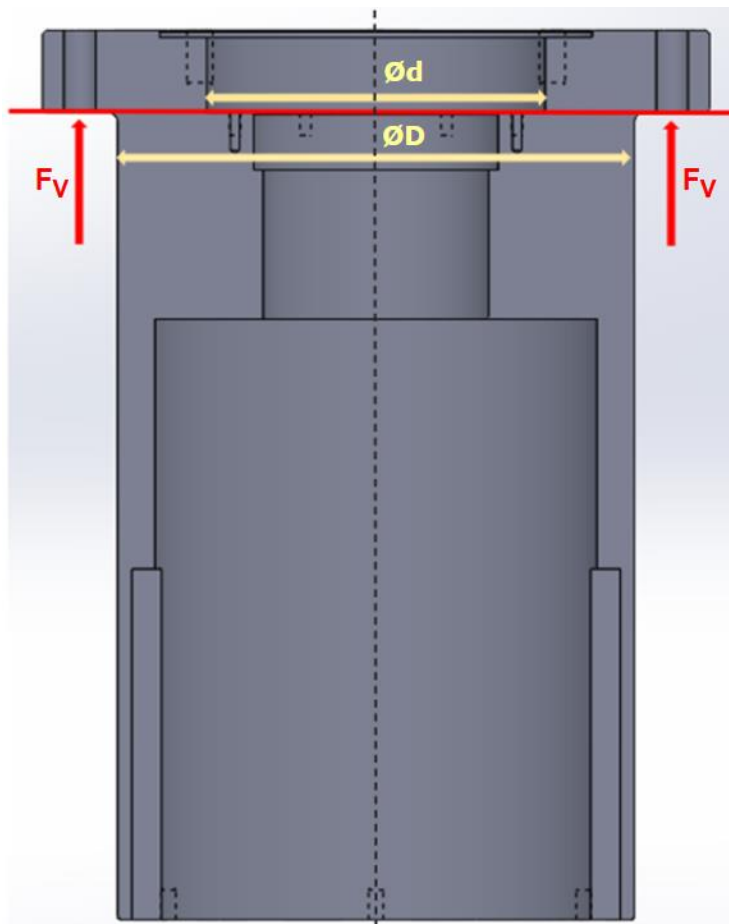
Iz (15) slijedi:

$$S_0 = \frac{630000}{569897} = 1,1 \geq 1,1 \quad (16)$$

Ležaj ZARN70130-L-TV zadovoljava uvjet statičke nosivosti!

4.5 Proračun nosive konstrukcije

Kučište sigurnosne kočnice čini cilindar sa prirubnicom izrađen tokarenjem. Odabrano je izraditi kučište iz jednog komada kako bi se izbjegle potencijalne nepravilnosti u slučaju varenja prirubnice na cilindar. Sigurnosna kočnica montira se na način da upadne kroz otvor na nosaču mosnog kрана i pričvrsti vijcima. Prilikom zamjene kotača na mosnom kranu kočna obloga sigurnosne kočnice je preko vretena maksimalno pogurana vertikalno prema donje iz kučišta. U tom trenutku mosni kran se odiže od tračnice preko vijaka koji ga spajaju sa sigurnosnom kočnicom na prirubnici. Na sljedećoj slici crvena linija predstavlja kitičan presjek kučišta i ujedno liniju na kojoj se kočnica oslanja na mosni kran. Crvene strelice predstavljaju vlačnu silu koja se javlja u trenutku odizanja kрана od vozne staze.



Slika 15. Prikaz vlačne sile na kučištu sigurnosne kočnice za veliki kran

Potrebno je provjeriti može li kučište podnijeti vlačno naprezanje.

Vlačno naprezanje jednako je:

$$\sigma_{vl} = \frac{F_V}{A_V}, \quad (17)$$

Gdje je:

F_V – vlačna sila,

A_{V1} – površina poprečnog presjeka opterećena na vlak.

Vlačna sila jednaka je:

$$F_V = F_{\text{Vert}} \cdot g = 50\,000 \cdot 9,81 = 490\,500 \text{ N}, \quad (18)$$

Gdje je:

$F_{\text{Vert}} = 50\,000 \text{ kg}$ – vertikalna sila za podizanje zadana zadatkom

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - ubrzanje zemljine sile teže.

Površina poprečnog presjeka opterećena na vlak jednaka je:

$$A_{V1} = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{275^2 \pi}{4} - \frac{180^2 \pi}{4} = 33948 \text{ mm}^2 \quad (19)$$

Gdje D i d predstavljaju veliki i mali promjer poprečnog presjeka prikazan na Slika 15. bijelim strelicama.

Uvrštavanjem izračunatih vrijednosti u (17) dobivamo:

$$\sigma_{v1} = \frac{490\,500}{33948} = 14,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (20)$$

Vlačna čvrstoća za materijal S235JR iz kojeg je izrađeno kučište iznosi:

$$\sigma_{v1,S235JR} = 340 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dopušteno vlačno naprezanje sa faktorom sigurnosti $S = 2$ iznosi:

$$\sigma_{v1,dop} = \frac{\sigma_{v1}}{S} = \frac{340}{2} = 170 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (21)$$

Usporedbom dopuštenog vlačnog naprezanja i onog koje opterećuje materijal vidimo da kučište zadovoljava!

$$\sigma_{v1,dop} = 170 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_{v1} = 14,45 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (22)$$

4.6 Proračun vijaka za montažu sigurnosne kočnice na mosni kran

Kako bi se osigurala pouzdanost vijčane veze sigurnosne kočnice mosnog kрана, potrebno je provesti proračun broja vijaka i njihove dimenzije. Vijci su opterećeni vlačno.

Najveća dopuštena sila po vijku M16 iznosi:

$$F_{\text{vij}} = R_e \cdot A_v = 640 \cdot 144 = 92160 \text{ N} \quad (23)$$

gdje je:

$$R_e = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ N/mm}^2, \quad (24)$$

$$R_m = 800 \text{ N/mm}^2; \text{ vlačna čvrstoća za vijak čvrstoće 8.8 prema[2]}$$

$$A_v = 144 \text{ mm}^2; \text{ površina poprečnog presjeka jezgre vijka M16[2].}$$

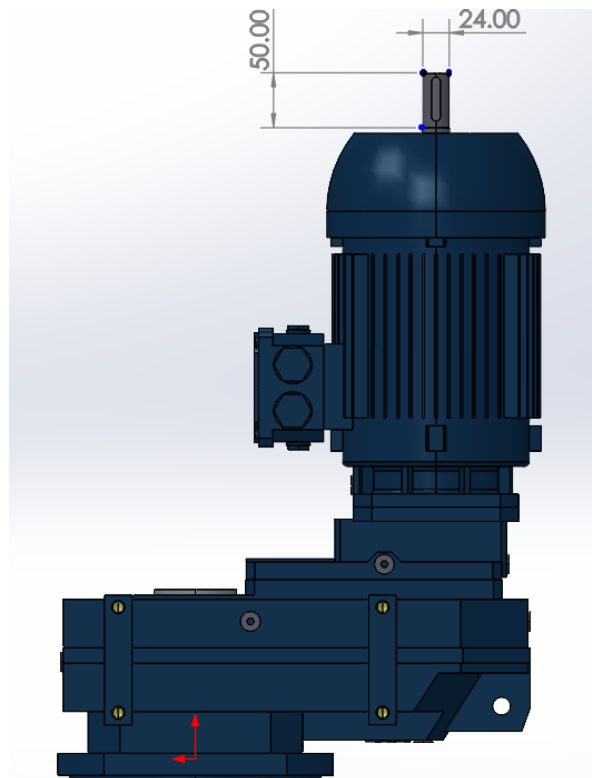
Odabrano je da će se pričvršćivanje vršiti pomoću šest vijaka M16. Dijeljenjem ukupne vertikalne sile za podizanje sa brojem vijaka dobivamo najveću silu koja se pojavljuje u jednom vijku:

$$F_{max} = \frac{F_V}{6} = \frac{490500}{6} = 81750 \text{ N.} \quad (25)$$

Budući da je sila koja se javlja u jednom vijku $F_{max} = 81750 \text{ N} < F_{vij} = 92160 \text{ N}$ manja od dopuštene sile u vijku M16 znači da vijci zadovoljavaju!

4.7 Proračun dimenzija ručice za ručni pogon

U slučaju gubitka napona, potrebno je omogućiti odizanje kрана od tračnice preko sigurnosne kočnice. To se postiže naknadnim montiranjem ručice na dodatno vreteno elektromotora čije su dimenzije prikazane na sljedećoj slici.



Slika 16. Prikaz dimenzija dodatnog vretena elektromotora AFA 76C 3C 100L-02E-TH-TF-ZWM

Potrebno je izračunati potrebnu dužinu ručice da pritom ručna sila F_R ne prelazi 250 N.

Dužina ručice računa se kako slijedi:

$$d_R = \frac{M_{EM}}{F_R}, \quad (26)$$

Gdje je:

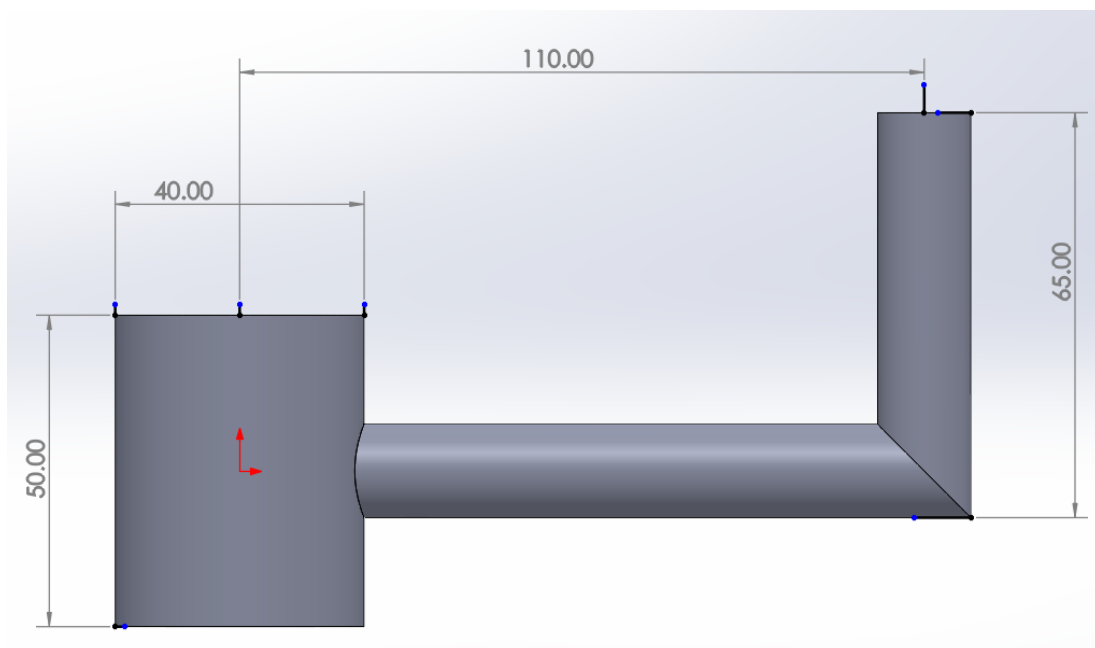
$M_{EM} = 9,9 \text{ Nm}$; moment na izlazu iz elektromotora iz Tablica 2.

$F_R = 250 \text{ N}$; ručna sila.

Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (26) slijedi:

$$d_R = \frac{M_{EM}}{F_R} = \frac{9900}{250} = 39,6 = 40 \text{ mm} \quad (27)$$

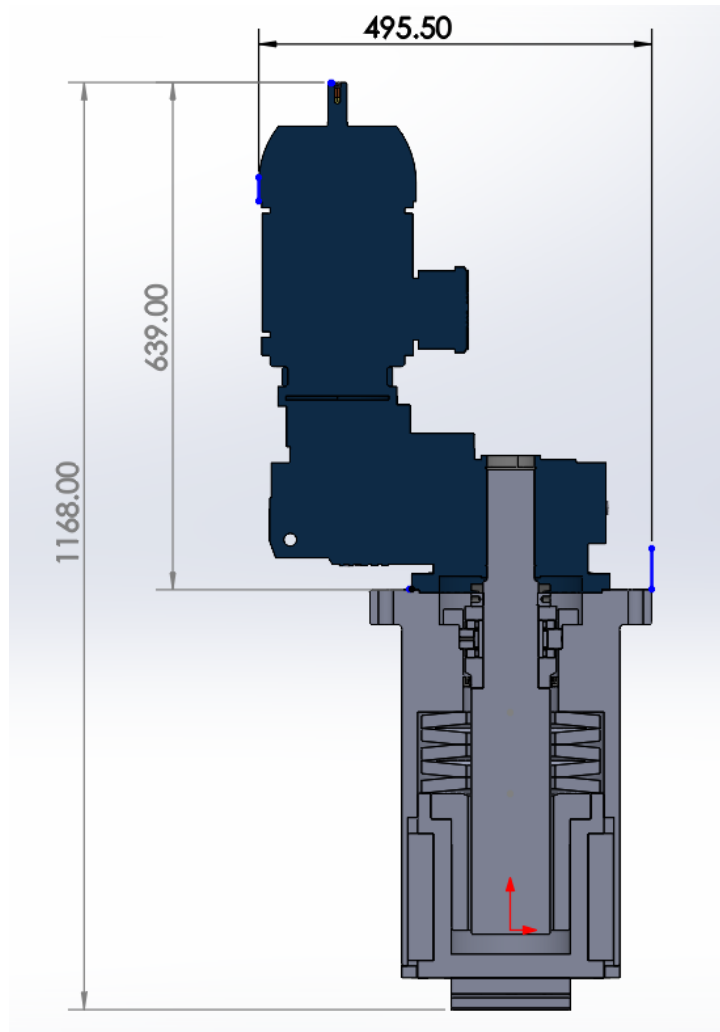
Potrebna minimalna dužina ručice je 40mm. Kako bi rukovanje ručicom bilo jednostavnije oblikovana je ručica dužine 110 mm, Slika 17.



Slika 17. Dimenzije ručice za ručni pogon kočnice velikog kрана

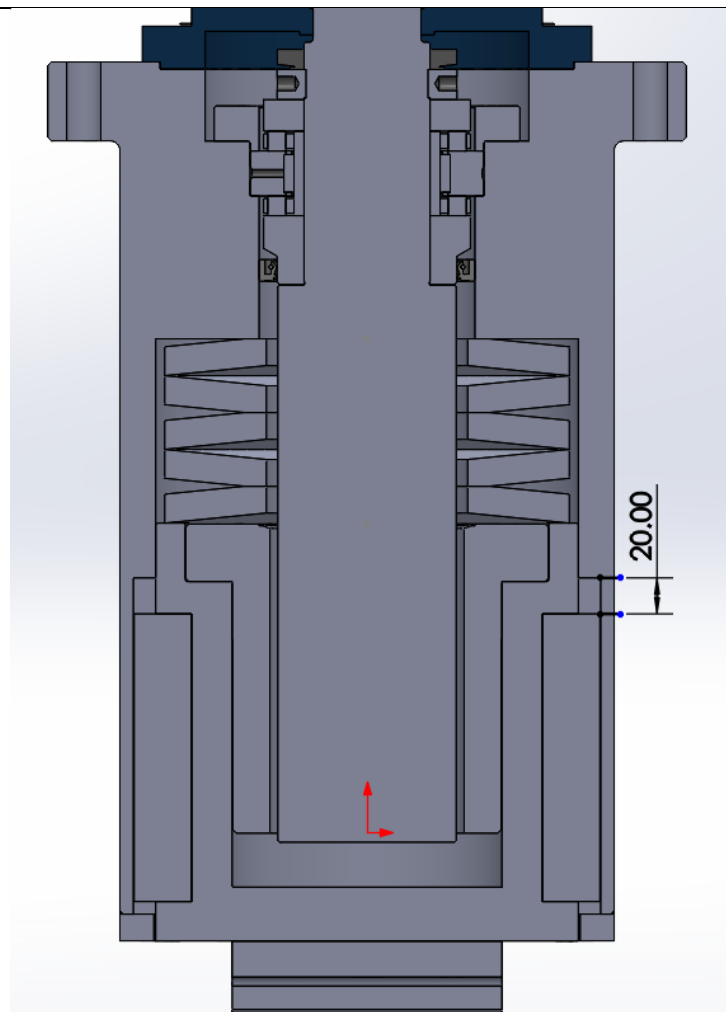
4.8 Završni prikaz sigurnosne kočnice velikog kрана

Slika 18. prikazuje završni prikaz presjeka sigurnosne kočnice velikog kрана. Kočnica je izrađena po uzoru na Koncept 1 i Koncept 2. Sastoji se od kugličnog navojnog vretena, tanjuraste opruge te elektromotora. Matica je učvršćena u kućište matice a zakretanje matice zajedno sa kućištem matice blokirano je sa dva pera.



Slika 18. Završni prikaz presjeka sigurnosne kočnice velikog kрана

Na Slika 18. i Slika 19. tanjurasta opruga je potpuno opuštena što znači da je i kočnica dostigla maksimalnu dužinu. Slika 19. prikazuje slobodan prostor za povlačenje kočnice unutar kućišta koje je zadano zadatkom. Bilo je potrebno omogućiti hod kočnice u dužini 20 mm a što se očituje naznačenom dimenzijom na Slika 19.



Slika 19. Prikaz dimenzije slobodnog prostora za kretanje matice kočnice velikog kрана

5. PRORAČUN SIGURNOSNE KOČNICE ZA MANJI KRAN

U ovom poglavlju slijedi proračun sigurnosne kočnice za manji kran. Ova kočnica bit će sastavljena od istih mehanizama kao prethodna. Opis mehanizama sadržan u proračunu kočnice za veći kran vrijedi i za kočnicu manjeg kрана te se u nastavku neće ponovno posebno opisivati.

5.1 Proračun kugličnog vretena

Zadatkom je zadana vertikalna sila za kočenje F_k iznosa 10t i brzina pomaka sigurnosne kočnice v_k iznosa 5mm/s. Prvi korak u rješavanju zadatka je odabrati odgovarajuće kuglično navojno vreteno te provjeriti zadovoljava li čvrstoću. Odabrano je kuglično navojno vreteno : SFUO4008-4 proizvođača *LtRobot* [7]. Korak navoja je udaljenost koju kuglična matica prijeđe s jednim okretajem kugličnog vretena te ona iznosi $P = 8\text{mm}$. Vreteno nije izloženo velikim brzinama okretanja kao ni učestalosti korištenja. Otpuštanje kočnice traje svega nekoliko sekundi te je pretpostavka da će se ta radnja ponavljati nekoliko puta u danu. Iz navedenih razloga zaključuje se da je vreteno opterećeno dominantno statičkim opterećenjem te proračun na dinamičko opterećenje nije potrebno provoditi. Slijedi proračun na statičko opterećenje.

Dopušteno aksijalno statičko opterećenje C_{oa} koje će proizvesti trajnu deformaciju u točkama kontakta čeličnih kuglica na utore kuglica odnosno navoj vretena za kuglično vreteno SFUO4008-4 proizvođača *LtRobot* [7] jednako je:

$$C_{oa} = 119470 \text{ N} \quad (28)$$

Statičko opterećenje koje djeluje na vreteno jednako je:

$$C_o = F_k \cdot f_s , \quad (29)$$

Gdje je:

C_o - statičko opterećenje koje djeluje na vreteno;

$F_k = 100000\text{N}$ - vertikalna sila za kočenje zadana zadatkom;

$f_s = 1,15$ - faktor sigurnosti odabran iz Tablice 4. prema [7].

Tablica 4. Faktor sigurnosti [7]

Primjena	Pogon	f_s
Alatni stroj	Normalan pogon	1,0~1,3
	Pogon s udarom i vibracijama	2,0~3,0
Industrijski stroj	Normalan pogon	1,0~1,5
	Pogon s udarom i vibracijama	2,5~7,0

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (29) slijedi:

$$C_o = 100000 \cdot 1,15 = 115000 \text{ N} \quad (30)$$

Statičko opterećenje mora biti manje od dopuštenog aksijalnog opterećenja:

$$C_{oa} = 119470 \text{ N} > C_o = 115000 \text{ N}. \quad (31)$$

Usporedbom opterećenja zaključuje se da vreteno zadovoljava s obzirom na statičko opterećenje!

Ulazni okretni moment za preračunavanje kružnog kretanja u linearno kretanje prema [8] jednak je:

$$T_{in} = \frac{F_k \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta}, \quad (32)$$

gdje je:

T_{in} - ulazni okretni moment, [Nm];

$P = 8 \text{ mm}$ -korak navoja vretena, [mm];

η -učinkovitost (prema [8] 0,9).

Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (32) dobivamo:

$$T_{in} = \frac{100000 \cdot 8}{2000 \cdot \pi \cdot 0,9} = 141,5 \text{ Nm}. \quad (33)$$

Izlazni okretni moment za preračunavanje linearnog kretanja u kružno kretanje prema [8] jednak je:

$$T_{out} = \frac{F_k \cdot P \cdot \eta''}{2000 \cdot \pi}, \quad (34)$$

gdje je:

T_{out} - izlazni okretni moment, [Nm];

η'' -učinkovitost (prema [8] iznosi 0,8).

Uvrštavanjem vrijednosti u izraz (33) slijedi:

$$T_{out} = \frac{100000 \cdot 8 \cdot 0,8}{2000 \cdot \pi} = 101,9 \text{ Nm.} \quad (35)$$

5.2 Elektromotor

Odabir elektromotora ograničen je linearnom brzinom pomaka sigurnosne kočnice v_k , odnosno brzinom pomaka matice preko koje će kočnica nalijegati na tračnicu. Također potrebno je motorom dovesti odgovarajući okretni moment za pokretanje cijelog sustava.

Potrebno je odrediti brzinu okretanja elektromotora kako slijedi:

$$n_{EM} = \frac{v_k}{P}, \quad (36)$$

gdje je:

n_{EM} -brzina vrtnje elektromotora, [min^{-1}];

$v_k = 5 \text{ mm/s}$ -brzina pomaka sigurnosne kočnice;

$P = 8 \text{ mm}$ -korak navoja vretena, [mm].

Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (9) slijedi:

$$n_{EM} = \frac{5}{8} \cdot 60 = 37,5 = 38 \text{ min}^{-1}. \quad (37)$$

Potreban moment na izlaznom vratilu elektromotora jednak je:

$$T_{in} = 141,5 \text{ Nm}$$

S obzirom na izračunate parametre odabire se elektromotor SFA_445A_3C_80-04F-TH-TF-ZWM snage 0,75 kW proizvođača *Watt Drive*. Sljedeća tablica (Tablica 5.) sadrži dodatne podatke o navedenom elektromotoru.

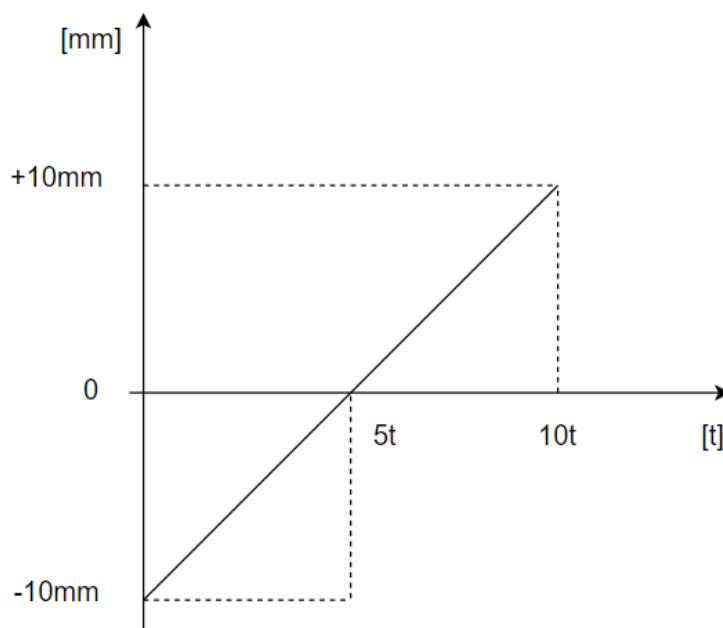
Tablica 5. Podaci elektromotora SFA_445A_3C_80-04F-TH-TF-ZWM

Snaga elektromotora	$P_{EM} = 0,75 \text{ kW}$
Brzina vrtnje elektromotora	$n_{EM} = 1430 \text{ min}^{-1}$; $\omega_{EM} = 149,75 \text{ rad/s}$
Moment na izlazu iz elektromotora	$M_{EM} = 5 \text{ Nm}$
Prijenosni omjer reduktora	$i_{red} = 37,58$
Moment na izlaznom vratilu reduktora	$M_{red} = 159 \text{ Nm}$
Brzina vrtnje izlaznog vratila	$n_{red} = 38 \text{ min}^{-1}$; $\omega_{red} = 3,98 \text{ rad/s}$

5.3 Tanjurasta opruga

Kao za kočnicu velikog kрана, i za kočnicu manjeg kрана se koristi tanjurasta opruga za aktivaciju kočnice u slučaju potresa ili gubitka napajanja kako je opisano u prethodnom poglavlju.

Hod sigurnosne kočnice velikog i malog kрана je jednak te iznosi 20mm. Kako bi opruga osigurala kočnu silu iznosa 5t ona mora u trenutku kada je kočnica neaktivna biti prednapregnuta za 10t. U trenutku kada se aktivira i rastereti za 10mm, ona ostaje prednapregnuta za preostalih 5t. U slučaju zamjene kotača potrebno je mosni kран odignuti pomoću sigurnosne kočnice za 10mm te se u tom trenutku iskorištava preostalih 5t. Osim opruge u tom trenutku i matica daje 5t sile te je potreba za 10t zadana zadatkom zadovoljena. Sljedeći dijagram prikazuje opisanu ovisnost položaja kočnice o sili u opruzi.



Slika 20. Dijagram ovisnosti položaja kočnice o sili u opruzi za manji kран

Odabrana opruga je tanjurasta opruga DIN 2093, kataloškog broja 4410 proizvođača *Lesjöfors* [9]. Materijal opruge je 51CrV4.

Tablica 6. Podaci odabrane tanjuraste opruge kataloškog broja 4410 [9]

D_e [mm]	D_i [mm]	t [mm]	t_1 [mm]	L_o [mm]	h_o [mm]	h_o/t	s [mm]	F [N]
100	51	7	6,55	9,2	2,65	0,314	2,2	114982

Podaci odabrane tanjuraste opruge dani su u Tablici 6. te su u nastavku opisana značenja prvog redka tablice.

Na sljedećoj slici prikazane su dimenzije tanjuraste opruge.

D_e -vanjski promjer tanjura

D_i -unutarnji promjer tanjura

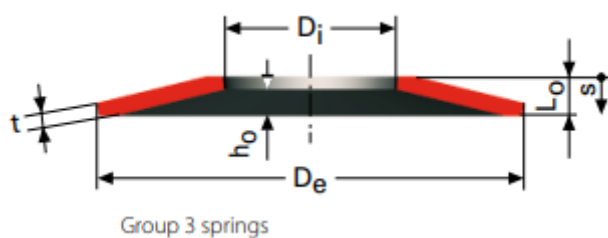
t -debljina tanjura

t_1 -debljina tanjura

L_o -slobodna duljina

h_o -maksimalan dopušten progib

s -progib



Slika 21. Dimenzije tanjuraste opruge[9]

Kao i kod kočnice većeg kрана odabran je isti način slaganja tanjurastih opruga što prikazuje Slika 13. Naizmjenično naslagane tanjuraste opruge Pri ovakvom načinu slaganja tanjura, svakim dodanim tanjurom povećava se ukupan progib za iznos progiba jednog tanjura dok je sila stupa opruga jednaka sili jednog tanjura.

Kako bi opruga zadovoljila potrebno opterećenje, sila u opruzi mora biti veća ili jednaka 100kN. Budući da je sila jednog tanjura, kako je navedeno u Tablica 6. Podaci odabrane tanjuraste opruge katalogskog broja 4410 [9], jednaka $F = 114982 \text{ N}$, što je veće od 100kN, zaključuje se da opruga zadovoljava!

Potreban ukupan progib opruge jednak je $f = 20 \text{ mm}$. Prema tome ukupan broj opruga n koje je potrebno naizmjenično naslagati iznosi:

$$n = \frac{f_{min}}{h_o} = \frac{20}{2,65} = 7,55 = 8 \quad (38)$$

Izračunat ukupan broj potrebnih tanjura zaokružuje se na prvi cijeli broj te konačan ukupan dozvoljen progib 5 neizmjenično naslaganih opruga iznosi:

$$f_{uk} = n \cdot h_o = 8 \cdot 2,65 = 21,2 \text{ mm} \quad (39)$$

Potrebno je provjeriti može li elektromotor generirati moment potreban za sabijanje sile opruge kako slijedi.

Uvrštavanjem sile stupa tanjura u jednadžbu (5) za ulazni okretni moment za preračunavanje kružnog kretanja u linearno kretanje vretena prema [8] dobivamo moment koji elektromotor mora savladati.

$$T_{in} = \frac{F_k \cdot P}{2000 \cdot \pi \cdot \eta} = \frac{114982 \cdot 8}{2000 \cdot \pi \cdot 0,9} = 154 \text{ Nm} \quad (40)$$

Budući da elektromotor daje moment na izlazu iz reduktora jednak $M_{red} = 159 \text{ Nm}$ (Tablica 5.) što je veće od potrebnog ulaznog okretnog momenta $T_{in} = 154 \text{ Nm}$ znači da elektromotor zadovoljava!

Također je potrebno provjeriti je li sila kojom opruga tlači vreteno preko matice manja od dopuštene. Iz jednadžbe (20) dobivamo dopuštenu statičku silu jednaku:

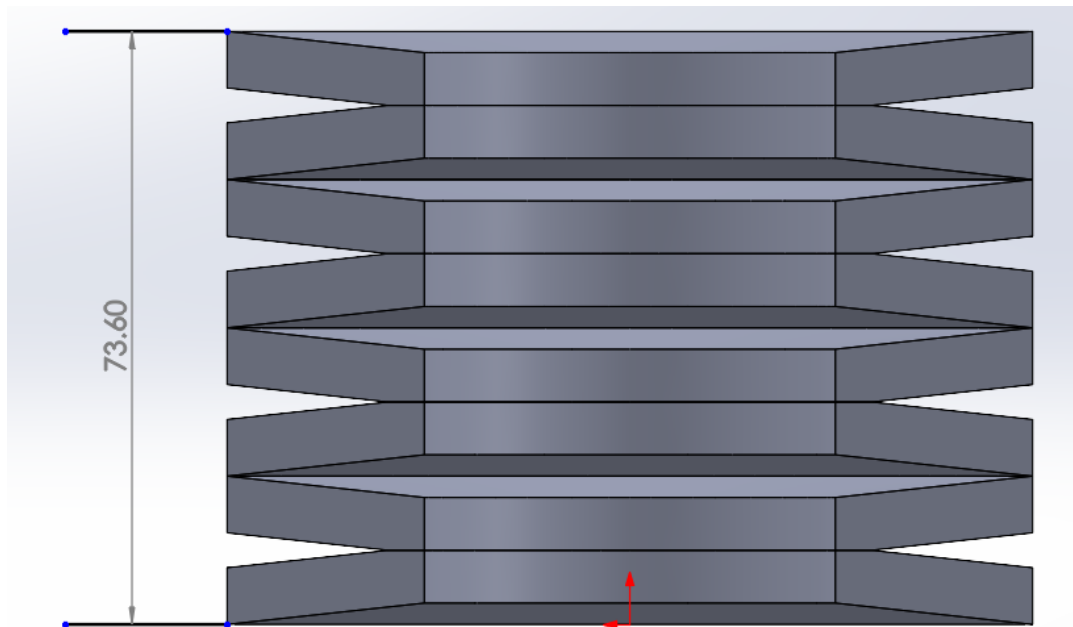
$$C_o = 100000 \cdot 1,15 = 115000 \text{ N}$$

Sila u stupu opruge mora biti manja od dopuštenog aksijalnog opterećenja vretena:

$$F = 114982 \text{ N} > C_o = 115000 \text{ N}. \quad (41)$$

Opruga zadovoljava s obzirom na sve zahtjeve!

Na sljedećoj slici vidi se prikaz konačnog izgleda proračunate tanjuraste opruge u presjeku.



Slika 22. Konačan izgled tanjuraste opruge za manji kran u presjeku

5.4 Proračun ležaja

Odabir ležaja ograničen je potrebnim aksijalnim opterećenjem a isto tako i dimanzijama. Budući da su zadani gabariti sigurnosne kočnice, potrebno je pronaći čim uži ležaj koji zadovoljava opterećenje kako bi sve stalo u sklop. Uzimajući sve segmente u obzir odabran je kuglični ležaj s aksijalnim kutnim kontaktom ZKLN3062-2RS-2AP-XL proizvođača *Schaeffler*. [10] Tehničke specifikacije ležaja dane su u Prilogu.

Kao što je ranije spomenuto, vreteno nije izloženo visokim brzinama rotacije niti često upotrebi. Sam proces otpuštanja kočnice traje samo nekoliko sekundi, a pretpostavlja se da će se ova radnja ponavljati svega nekoliko puta dnevno. Iz tih razloga zaključeno je da je vreteno pretežno podvrgnuto statičkom opterećenju a isto vrijedi i za ležaj. Iz navedenih razloga zaključuje se da nije potrebno vršiti proračun za dinamička opterećenja. U nastavku slijedi proračun za statičko opterećenje.

Provjera statičke nosivosti:

$$S_0 = \frac{C_{0a}}{P_{0a}} \geq S_{0_min} \quad (42)$$

Gdje je:

$C_{0a} = 127000$ N; aksijalna statička nosivost ležaja ZKLN3062-2RS-2AP-XL iz Priloga,

$P_{0a} = 114982$ N; ekvivalentno aksijalno statičko opterećenje,

$S_{0_min} = 1,0 \dots 1,5$; odabrano 1,1; najmanja potrebna statička sigurnost ležaja s srednjim zahtjevima za mirnoću hoda [11].

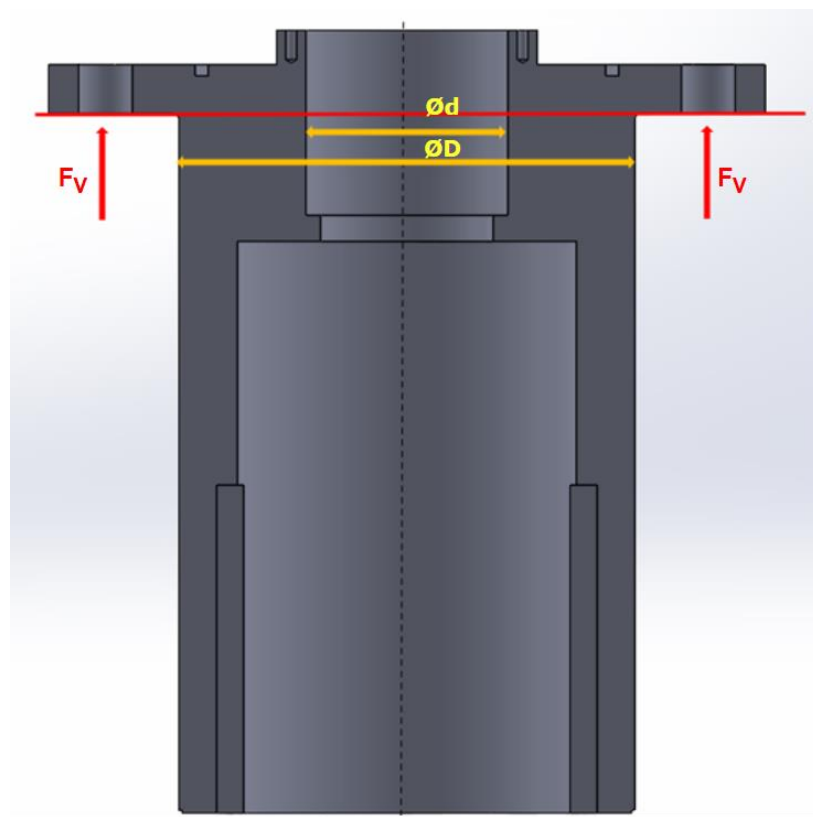
Iz (42) slijedi:

$$S_0 = \frac{127000}{114982} = 1,1 \geq 1,1 \quad (43)$$

Ležaj ZKLN3062-2RS-2AP-XL zadovoljava uvjet statičke nosivosti!

5.5 Proračun nosive konstrukcije

Kao i kod kočnice velikog kрана kućište sigurnosne kočnice čini cilindar sa prirubnicom izrađen tokarenjem. Odabrano je izraditi kućište iz jednog komada kako bi se izbjegle potencijalne nepravilnosti u slučaju varenja prirubnice na cilindar. Sigurnosna kočnica montira se na način da upadne kroz otvor na nosaču mosnog kрана i pričvrsti vijcima. Prilikom zamjene kotača na mosnom kranu kočna obloga sigurnosne kočnice je preko vretena maksimalno pogurana vertikalno prema donje iz kućišta. U tom trenutku mosni kran se odiže od tračnice preko vijaka koji ga spajaju sa sigurnosnom kočnicom na prirubnici. U tom trenutku kućište sigurnosne kočnice vlačno je opterećeno.



Slika 23. Prikaz vlačne sile na kućištu sigurnosne kočnice za mali kran

Potrebno je provjeriti može li kućište podnijeti vlačno naprezanje.

Vlačno naprezanje jednako je:

$$\sigma_{vl} = \frac{F_V}{A_V}, \quad (44)$$

Gdje je:

F_V – vlačna sila,

A_V – površina poprečnog presjeka opterećena na vlak.

Vlačna sila jednaka je:

$$F_V = F_{V_{\text{vert}}} \cdot g = 10\,000 \cdot 9,81 = 98100 \text{ N}, \quad (45)$$

Gdje je:

$F_{V_{\text{vert}}} = 10000\text{kg}$ – vertikalna sila za podizanje zadana zadatkom

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - ubrzanje zemljine sile teže.

Površina poprečnog presjeka opterećena na vlak jednaka je:

$$A_V = \frac{D^2 \cdot \pi}{4} - \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{140^2 \pi}{4} - \frac{62^2 \pi}{4} = 12375 \text{ mm}^2 \quad (46)$$

Gdje D i d predstavljaju veliki i mali promjer poprečnog presjeka prikazan na Slika 23. narančastim strelicama.

Uvrštavanjem izračunatih vrijednosti u (44) dobivamo:

$$\sigma_{v1} = \frac{98100}{12375} = 7,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (47)$$

Vlačna čvrstoća za materijal S235JR iz kojeg je izrađeno kučište iznosi:

$$\sigma_{v1,S235JR} = 340 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Dopušteno vlačno naprezanje sa faktorom sigurnosti $S = 2$ iznosi:

$$\sigma_{v1,dop} = \frac{\sigma_{v1}}{S} = \frac{340}{2} = 170 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (48)$$

Usporedbom dopuštenog vlačnog naprezanja i onog koje opterećuje materijal vidimo da kučište zadovoljava!

$$\sigma_{v1,dop} = 170 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} > \sigma_{v1} = 7,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (49)$$

5.6 Proračun vijaka za montažu sigurnosne kočnice na mosni kran

Kako bi se osigurala pouzdanost vijčane veze sigurnosne kočnice mosnog kрана, potrebno je provesti proračun broja vijaka i njihove dimenzije. Vijci su opterećeni vlačno.

Najveća dopuštena sila po vijku M16 iznosi:

$$F_{vij} = R_e \cdot A_v = 640 \cdot 144 = 92160 \text{ N} \quad (50)$$

gdje je:

$$R_e = 0,8 \cdot R_m = 0,8 \cdot 800 = 640 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}, \quad (51)$$

$$R_m = 800 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}; \text{ vlačna čvrstoća za vijak čvrstoće 8.8 prema[2]}$$

$$A_v = 144 \text{ mm}^2; \text{ površina poprečnog presjeka jezgre vijka M16[2].}$$

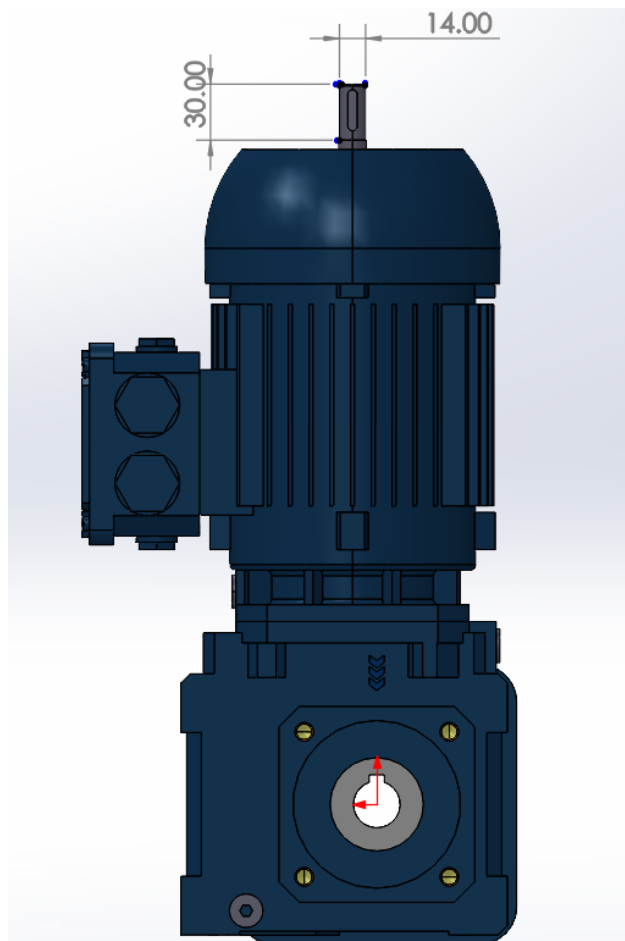
Odabrano je da će se pričvršćivanje vršiti pomoću četiri vijka M16. Dijeljenjem ukupne vertikalne sile za podizanje sa brojem vijaka dobivamo najveću silu koja se pojavljuje u jednom vijku:

$$F_{max} = \frac{F_v}{4} = \frac{98100}{4} = 24525 \text{ N.} \quad (52)$$

Budući da je sila koja se javlja u jednom vijku $F_{max} = 24525 \text{ N} < F_{vij} = 92160 \text{ N}$ manja od dopuštene sile u vijku M16 znači da vijci zadovoljavaju!

5.7 Proračun dimenzija ručice za ručni pogon

U slučaju gubitka napona, potrebno je omogućiti odizanje kрана od tračnice preko sigurnosne kočnice. To se postiže montiranjem ručice na dodatno vreteno odabranog elektromotora čije su dimenzije prikazane na sljedećoj slici.



Slika 24. Prikaz dimenzija dodatnog vretena elektromotora SFA_445A_3C_80-04F-TH-TF-ZWM

Potrebno je izračunati potrebnu dužinu ručice da pritom ručna sila F_R ne prelazi 250 N.

Dužina ručice računa se kako slijedi:

$$d_R = \frac{M_{EM}}{F_R}, \quad (53)$$

Gdje je:

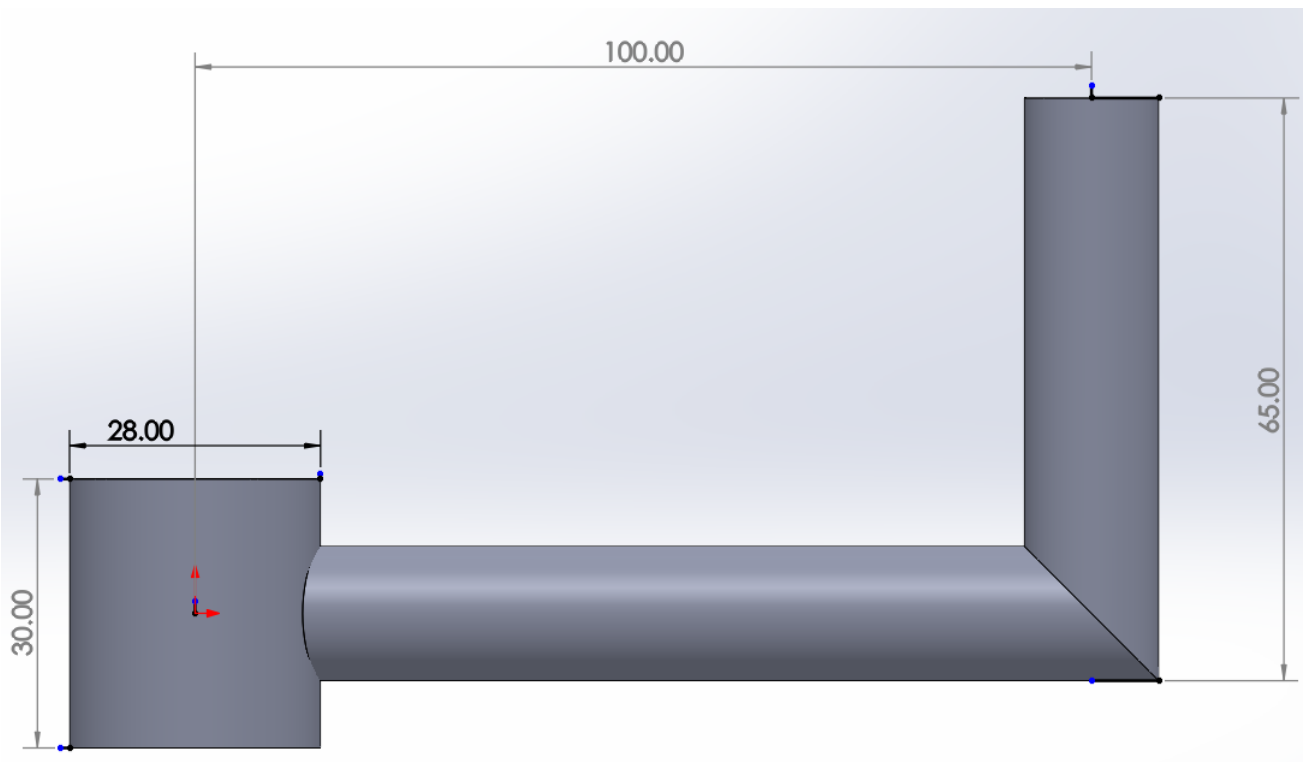
$M_{EM} = 5 \text{ Nm}$; moment na izlazu iz elektromotora iz Tablica 5.

$F_R = 250 \text{ N}$; ručna sila.

Uvrštavanjem vrijednosti u jednadžbu (53) slijedi:

$$d_R = \frac{M_{EM}}{F_R} = \frac{5000}{250} = 20 \text{ mm} \quad (54)$$

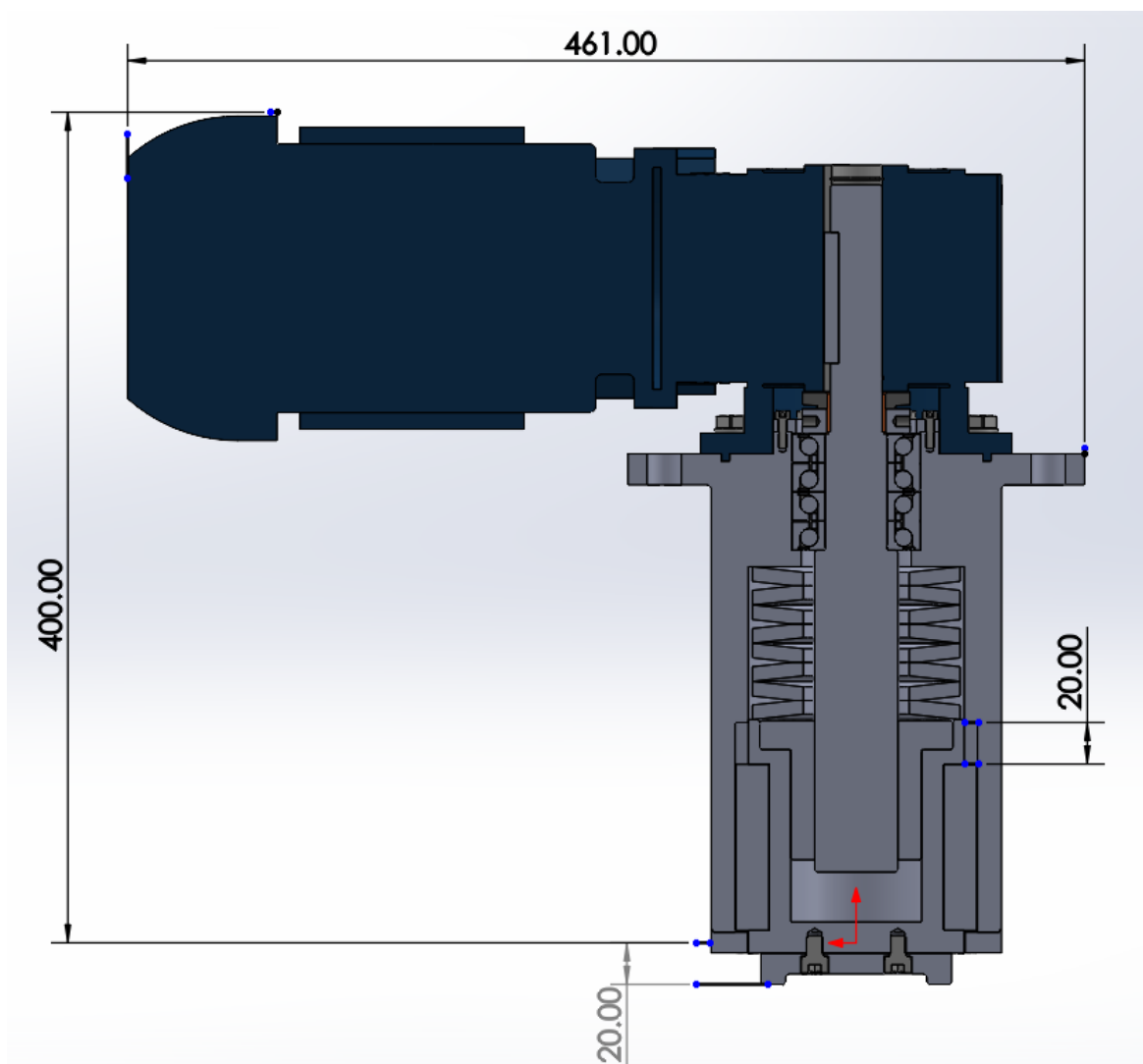
Potrebna minimalna dužina ručice je 20 mm. Kako bi rukovanje ručicom bilo jednostavnije oblikovana je ručica dužine 100 mm, Slika 25.



Slika 25. Dimenzije ručice za ručni pogon kočnice malog kрана

5.8 Konačan izgled sigurnosne kočnice malog kрана

Isto kao sigurnosna kočnica velikog kрана i kočnica manjeg kрана je napravljena na osnovu Koncepta 1 i Koncepta 2. Sastoji se od kugličnog navojnog vretena, tanjuraste opruge te elektromotora. Matica je učvršćena u kućište matice a zakretanje matice zajedno sa kućištem matice blokirano je sa dva pera. Na Slici 26. tanjurasta opruga je potpuno opuštena. Gabariti manje sigurnosne kočnice su 270x500 mm u tlocrtu, a visine 400 mm. Kao što se vidi na Slici 24. kočnica izlazi iz gabarita za 20 mm, no to je u slučaju kada je potpuno izvučena. U slučaju kada je opruga potpuno sabijena matica je pomaknuta prema gore za 20 mm a kočnica je neaktivna. U tom položaju kočnica je ukupne visine 400 mm što zadovoljava uvijet zadan zadatkom.



Slika 26. Završni prikaz presjeka sigurnosne kočnice manjeg kрана

LITERATURA

- [1] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.
- [2] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.
- [3] Herold, Z.: Računalna i inženjerska grafika, Zagreb, 2003.
- [4] <https://kor-pak.com/product/rail-head-brakes/>
- [5] <https://www.sibre.de/en/brakes/storm-brakes/>
- [6] <https://roemer-foerdertechnik.de/en/products/storm-brake-rail-clamps/>
- [7] <https://www.opalmotion.com/wp-content/uploads/2022/07/Linear-guide-and-Ball-screw-20220730.pdf>
- [8] [Thomson Ball Screws, Trapezoidal Screws and Lead Screws \(thomsonlinear.com\)](https://www.thomsonlinear.com/)
- [9] https://www.lesjoforsab.com/wp-content/uploads/downloads/stock-springs-catalogue/lesjofors_stockspring_catalogue_-no15_2020.pdf
- [10] <https://medias.schaeffler.us/en/product/rotary/rolling-and-plain-bearings/super-precision-bearings/axial-super-precision-bearings/axial-angular-contact-ball-bearings-for-screw-drives/zkln3062-2rs-2ap-xl/p/395283#Product%20Information>
- [11] Vučković, K.: Elementi konstrukcija II, podloge uz predavanja, Zagreb, 2021.

PRILOZI

- I. Odabrane komponente
- II. Tehnička dokumentacija

Prilog I.
Odabrane komponente

Elektromotor za kočnicu velikog kрана

Technical product information



	Position :	1	
	Gear series :	Shaft mounted geared motors	
	Type :	AFA 76C 3C 100L-02E-TH-TF-ZWM	
<hr/>			
	<u>Operation data :</u>		
	Ambient temperature :	+20	°C
	Type of operation :	S3..S6 ED 10min	
<hr/>			
	<u>Gear data :</u>		
	Max. perm. thermal power limit at +20 °C and S3..S6 ED 10min operation :	19	[kW]
	Output speed :	15	[rpm]
	Output torque :	1898	[Nm]
	Service factor :	0.80	
	Gear stages :	3	
	Ratio :	191.80	
	Circum ferential backlash (min-max) :	4' - 9'	
	Reduced circum ferential backlash (min-max) (OPTION) :	4' - 6'	
	Perm. input torque at fB1 :	7.8	[Nm]
	Max. perm. input speed :	4700	[rpm]
	Mounting position :	V606	
	Output flange :	square according to IEC Ø300 mm	
	Hollow shaft :	Ø 60 H7	[mm]
	Keyway :	DIN6885.3	
	Output shaft material :	C45E (1.1191)	
	Vent plug :	0.2 bar (Standard)	
	Painting :	LC1 - Indoor installation, neutral atmosphere NDFT 60 µm (C1 - DIN EN ISO 12944-5)	
	Color :	RAL 7011 (Iron grey)	
<hr/>			
	<u>Input side :</u>		
	Type :	Direct mounting	
	Input shaft :	Ø 34 k6 x 23,5 mm	
	Input flange :	square according to IEC Ø200 mm	
<hr/>			
	<u>Further executions gear unit :</u>		
	Lubricant :	Mineral oil - CLP ISO VG 220	
<hr/>			
	<u>Motor data :</u>		
	Series :	WEG Modular System Motor (EUSAS)	
	Housing material :	Aluminium	
	Efficiency class η :	IE3-87.2%	
	Type :	3CWA	
	Motor power :	3	[kW]
	Rated speed :	2895	[rpm]
	Rated torque :	9.9	[Nm]

Technical product information



Voltage :	230/400	[V]
Frequency :	50	[Hz]
Connection :	D/Y	
Rated current :	10.2 / 5.84	[A]
Starting to rated current :	7.9	
'cos φ' :	0.85	
Protection class :	IP 55	
Mounting position of the terminal box :	side 3 cable entry I	
Insulation class :	F	
Mass moment of inertia :	6.4 x 10 ⁻³	[kgm ²]
Voltage range - 50 Hz :	220-240 V (D), 380-420 V (Y), 110-120 V (DD), 190-210 V (YY)	
Voltage range - 60 Hz :	250-277 V (D), 440-480 V (Y), 125-138 V (DD), 220-240 V (YY)	
Terminal board :	9 bolts, 12 leads	


Motor certifications :



Further motor executions :

Fan :	self ventilated	
Temperature controller :	Bimetal switch NCC (TH) and PTC thermistor (TF) for switch off	
Ball bearing :	Standard	
Second motor shaft (modular) :	Ø 24 x 50	[mm]
Keyway :	DIN 6885.1	

Total weight : 83 [kg]

3D Model (STEP) : 

Dimension sheet (PDF) : 

Ležaj za kočnicu velikog kрана



View product details on medias

14.09.2024, 16:46:08 CEST

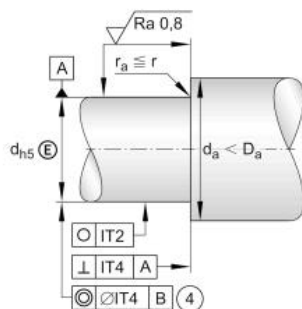
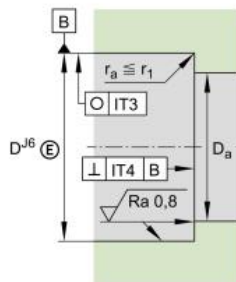
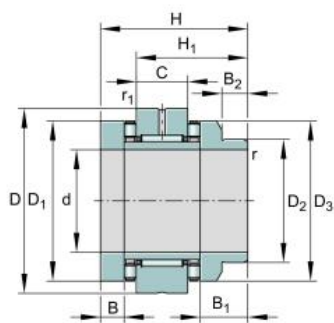
SCHAEFFLER

**ZARN70130-L-TV**

Needle roller/axial cylindrical roller bearing

Needle roller/axial cylindrical roller bearings
ZARN.-L., double direction, long shaft
locating washer

Technical information

**Main Dimensions & Performance Data**

d	70 mm	Bore diameter
D	130 mm	Outside diameter
H	103 mm	Height
C _a	201,000 N	Basic dynamic load rating, axial
C _{0a}	630,000 N	Basic static load rating, axial
C _r	56,000 N	Basic dynamic load rating, radial
C _{0r}	119,000 N	Basic static load rating, radial
C _{ua}	58,000 N	Fatigue load limit, axial
C _{ur}	16,100 N	Fatigue load limit, radial
n _{G Oil}	2,400 1/min	Limiting speed for oil lubrication
n _{G Grease}	800 1/min	Limiting speed for grease lubrication
M _{RL}	4.8 Nm	Bearing friction torque
m	4.831 kg	Weight

Mounting dimensions

D _{a max}	116 mm	Maximum diameter of housing shoulder
d _{a min}	98 mm	Minimum diameter shaft shoulder

Dimensions

H ₁	74.5 mm	Height outer ring over wave washer
C	25 mm	Width, outer ring
D ₁	115 mm	Rip diameter shaft washer
D ₂	100 mm	Heeldiameter wave washer long
D ₃	115 mm	Outside diameter wave washer long
B	17.5 mm	Width, inner ring
B ₁	38.5 mm	Width wave washer long
B ₂	18 mm	Width heel wave washer long
r _{min}	0.3 mm	Minimum chamfer dimension
r _{1 min}	0.6 mm	Minimum chamfer dimension

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all further information and guidelines for this product. For further information you can use the contact form on our website.



View product details on medias

14.09.2024, 16:46:08 CEST

SCHAEFFLER

Temperature range

T_{min}	-30 °C	Operating temperature min.
T_{max}	120 °C	Operating temperature max.

Additional information

c_{aL}	5,800 N/μm	Rigidity axial
c_{kL}	6,000 Nm/mrad	Tilting stiffness
M_m	77.3 kg*cm ²	Mass moment of inertia
	1 μm	Axial runout
radial	ZMA70/110	Recommended INA precision locknut for radial locking (not included)
axial	AM70	Recommended INA precision locknut for axial locking (not included)
M_A	330 Nm	Tightening torque nut
	46,786 N	Required locknut force
	100X120X12	Rotary shaft seal to DIN 3760 (not included)

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all further information and guidelines for this product. For further information you can use the contact form on our website.

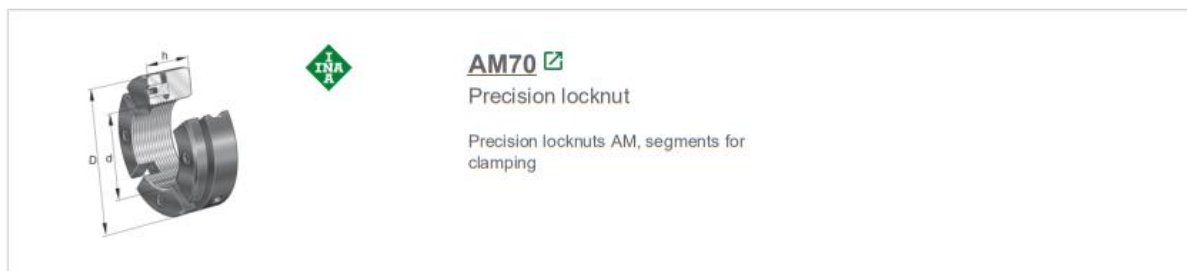
Matica za osiguravanje ležaja kočnice većeg kрана



View product details on medias

14.09.2024, 19:04:25 CEST

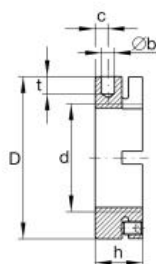
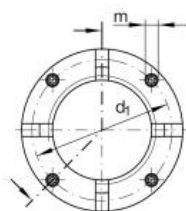
SCHAEFFLER

**AM70**

Precision locknut

Precision locknuts AM, segments for clamping

Technical information

**Main Dimensions & Performance Data**

d	M70X2	Thread
D	100 mm	Outside diameter
h	28 mm	Height
F _{aB}	650,000 N	Breaking load, axial
M _L	450 Nm	Breakawag
M _{AL}	130 Nm	Mounting torque reference
M _m	14.7 kg*cm ²	Mass moment of inertia
m	780 g	Weight

Mounting dimensions

M _m	15 Nm	Mounting torque set screw
----------------	-------	---------------------------

Dimensions

b	8 mm	Bore diameter blind hole
t	10 mm	Depth blind hole
d ₁	90 mm	Pitch circle diameter 1 (holes)
c	9 mm	Distance bore
m	M8	Threaded - threaded pin
	H11	Bore diameter blind hole housing fit

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all further information and guidelines for this product. For further information you can use the contact form on our website.

Elektromotor za kočnicu manjeg kрана

Technical product information



	Position :	1	
	Gear series :	Helical worm geared motor	
	Type :	SFA 455A 3C 80-04F-TH-TF-ZWM	
<hr/>			
	<u>Operation data :</u>		
	Ambient temperature :	+20	°C
	Type of operation :	S1	
<hr/>			
	<u>Gear data :</u>		
	Max. perm. thermal power limit at +20 °C and S1 operation :	1.7	[kW]
	Output speed :	38	[rpm]
	Output torque :	159	[Nm]
	Service factor :	1.10	
	Gear stages :	2	
	Ratio :	37.58	
	Perm. input torque at fB1 :	5.4	[Nm]
	Max. perm. input speed :	5800	[rpm]
	Mounting position :	V202	
	Output flange :	square according to IEC Ø200 mm	
	Hollow shaft :	Ø 25 H7	[mm]
	Keyway :	DIN6885.1	
	Output shaft material :	C45E (1.1191)	
	Vent plug :	0.2 bar (Standard)	
	Painting :	LC1 - Indoor installation, neutral atmosphere NDFT 60 µm (C1 - DIN EN ISO 12944-5)	
	Color :	RAL 7011 (Iron grey)	
<hr/>			
	<u>Input side :</u>		
	Type :	Direct mounting	
	Input shaft :	Ø 24 j6 x 18,5 mm	
	Input flange :	square according to IEC Ø160 mm	
<hr/>			
	<u>Further executions gear unit :</u>		
	Lubricant :	Synthetic oil - CLP PG ISO VG 460	
<hr/>			
	<u>Motor data :</u>		
	Series :	WEG Modular System Motor (EUSAS)	
	Housing material :	Aluminium	
	Efficiency class η :	IE3-82.5%	
	Type :	3CWA	
	Motor power :	0.75	[kW]
	Rated speed :	1430	[rpm]
	Rated torque :	5	[Nm]
	Voltage :	230/400	[V]
	Frequency :	50	[Hz]
	Connection :	D/Y	

Technical product information



Rated current :	2.85 / 1.64	[A]
Starting to rated current :	7.0	
'cos φ' :	0.80	
Protection class :	IP 55	
Mounting position of the terminal box :	side 3 cable entry I	
Insulation class :	F	
Mass moment of inertia :	3.2 x 10 ⁻³	[kgm ²]
Voltage range - 50 Hz :	220-240 V (D), 380-420 V (Y), 110-120 V (DD), 190-210 V (YY)	
Voltage range - 60 Hz :	250-277 V (D), 440-480 V (Y), 125-138 V (DD), 220-240 V (YY)	
Terminal board :	9 bolts, 12 leads	


Motor certifications :



Further motor executions :

Fan :	self ventilated	
Temperature controller :	Bimetal switch NCC (TH) and PTC thermistor (TF) for switch off	
Ball bearing :	Standard	
Second motor shaft (modular) :	Ø 14 x 30	[mm]
Keyway :	DIN 6885.1	

Total weight : 26.3 [kg]

3D Model (STEP) : 

Dimension sheet (PDF): 

Ležaj za kočnicu manjeg krana



View product details on medias

12.09.2024, 13:45:00 CEST

SCHAEFFLER



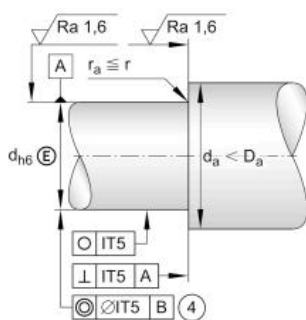
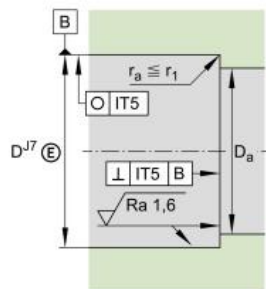
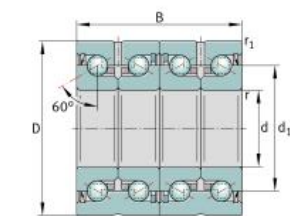
ZKLN3062-2RS-2AP-XL

Axial angular contact ball bearing

Axial angular contact ball bearings
ZKLN.-2RS-2AP-XL, matched pair, double
direction, lip seals on both sides

X-life

Technical information



Main Dimensions & Performance Data

d	30 mm	Bore diameter
	0 mm	Bore diameter upper tolerance
	-0.005 mm	Bore diameter lower tolerance
D	62 mm	Outside diameter
	0 mm	Outside diameter upper tolerance
	-0.01 mm	Outside diameter lower tolerance
B	56 mm	Width
	0 mm	Width upper tolerance
	-0.5 mm	Width lower tolerance
C_a	52,000 N	Basic dynamic load rating, axial
C_{0a}	127,000 N	Basic static load rating, axial
C_{ua}	7,700 N	Fatigue load limit, axial
n_{Grease}	5,000 1/min	Limiting speed for grease lubrication
n_{θ}	2,200 1/min	Thermally safe operating speed
M_R	0.75 Nm	Bearing frictional torque
m	0.799 kg	Weight

Mounting dimensions

$D_{a\max}$	53 mm	Maximum diameter of housing
$d_{a\min}$	40 mm	Minimum diameter shaft

Dimensions

d_1	45.5 mm	Rib diameter inner ring
r_{\min}	0.3 mm	Minimum chamfer dimension
$r_{1\min}$	0.6 mm	Minimum chamfer dimension
α	60 °	Contact angle

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all further information and guidelines for this product. For further information you can use the contact form on our website.



View product details on medias

12.09.2024, 13:45:00 CEST

SCHAEFFLER

Temperature range

T _{min}	-30 °C	Operating temperature min.
T _{max}	120 °C	Operating temperature max.

Additional information

c _{aL}	1,500 N/μm	Rigidity axial
c _{kL}	620 Nm/mrad	Tilting rigidity
M _m	1.46 kg*cm ²	Mass moment of inertia
	2.5 μm	Axial runout
	ZMA30/52	Recommended INA precision locknut for radial locking
	AM30	Recommended INA precision locknut for axial locking
M _A	32 Nm	Tightening torque for the recommended INA precision locknut
	9,947 N	Required locknut force axial

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all further information and guidelines for this product. For further information you can use the contact form on our website.

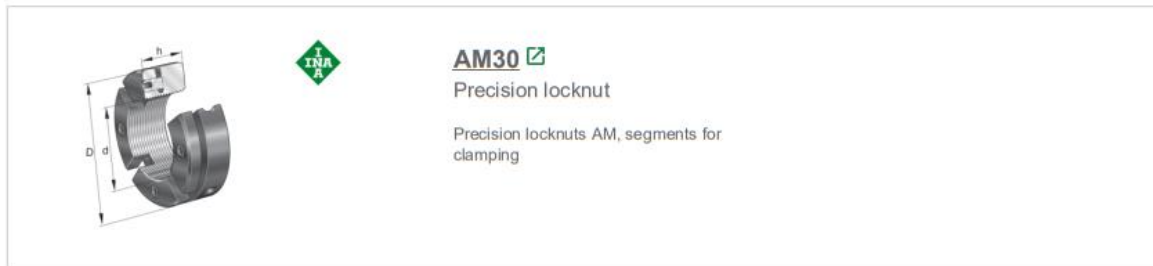
Matica za osiguravanje ležaja kočnice manjeg krana



View product details on medias

14.09.2024, 23:52:32 CEST

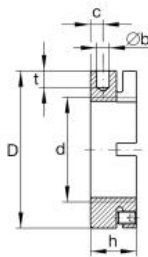
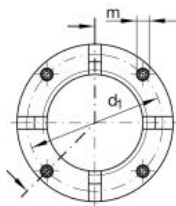
SCHAEFFLER

**AM30**

Precision locknut

Precision locknuts AM, segments for clamping

Technical information

**Main Dimensions & Performance Data**

d	M30X1,5	Thread
D	52 mm	Outside diameter
h	20 mm	Height
F _{aB}	250,000 N	Breaking load, axial
M _L	70 Nm	Breakawag
M _{AL}	32 Nm	Mounting torque reference
M _m	0.86 kg*cm ²	Mass moment of inertia
m	190.55 g	Weight

Mounting dimensions

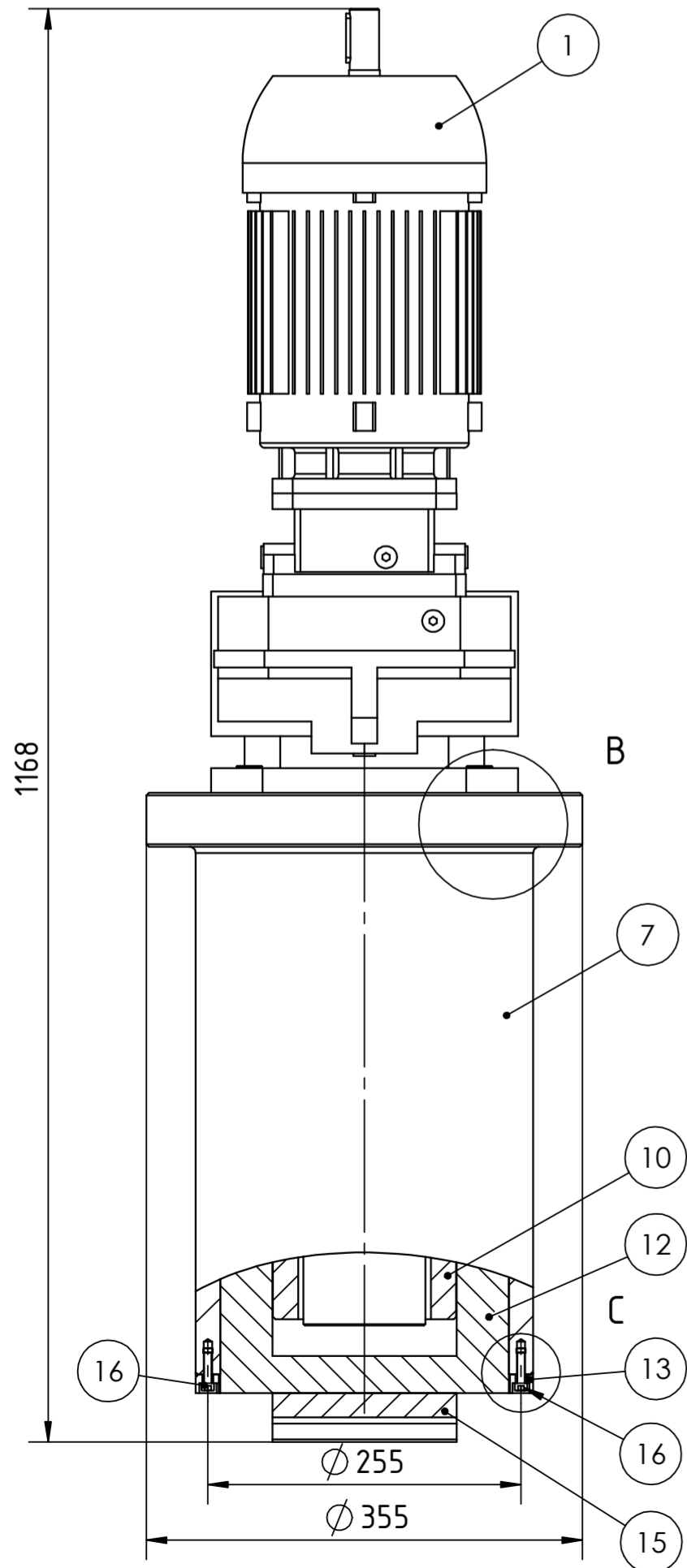
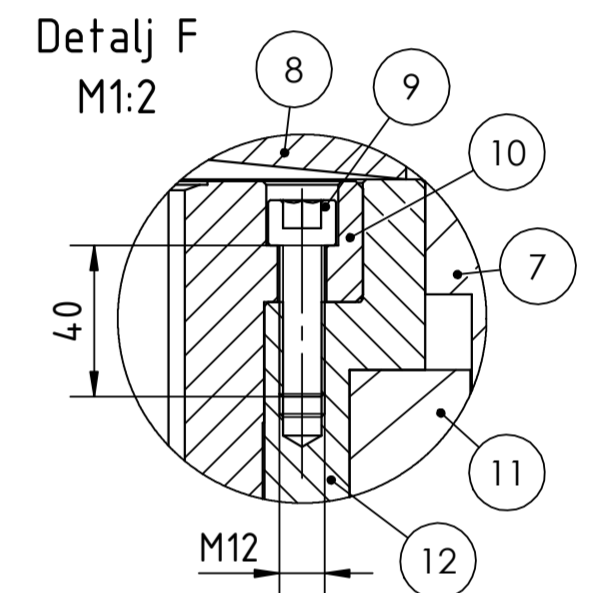
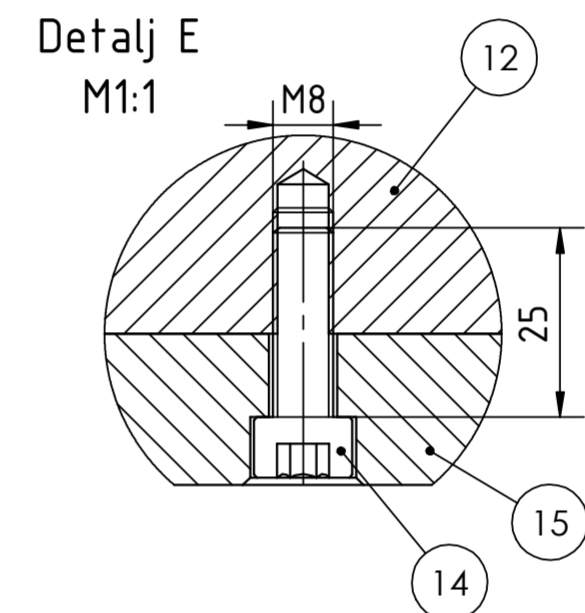
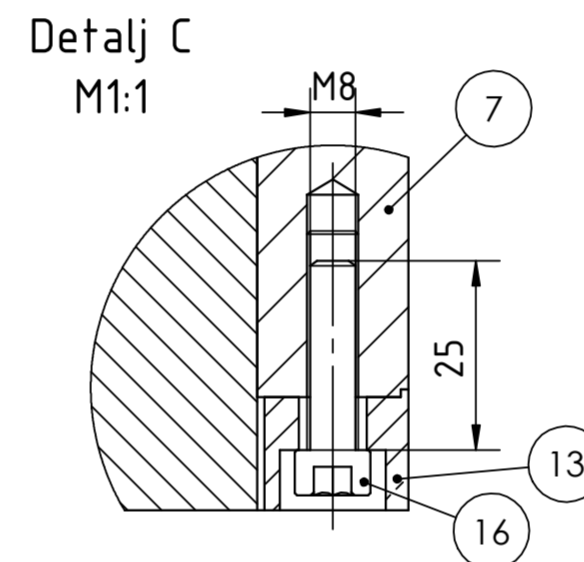
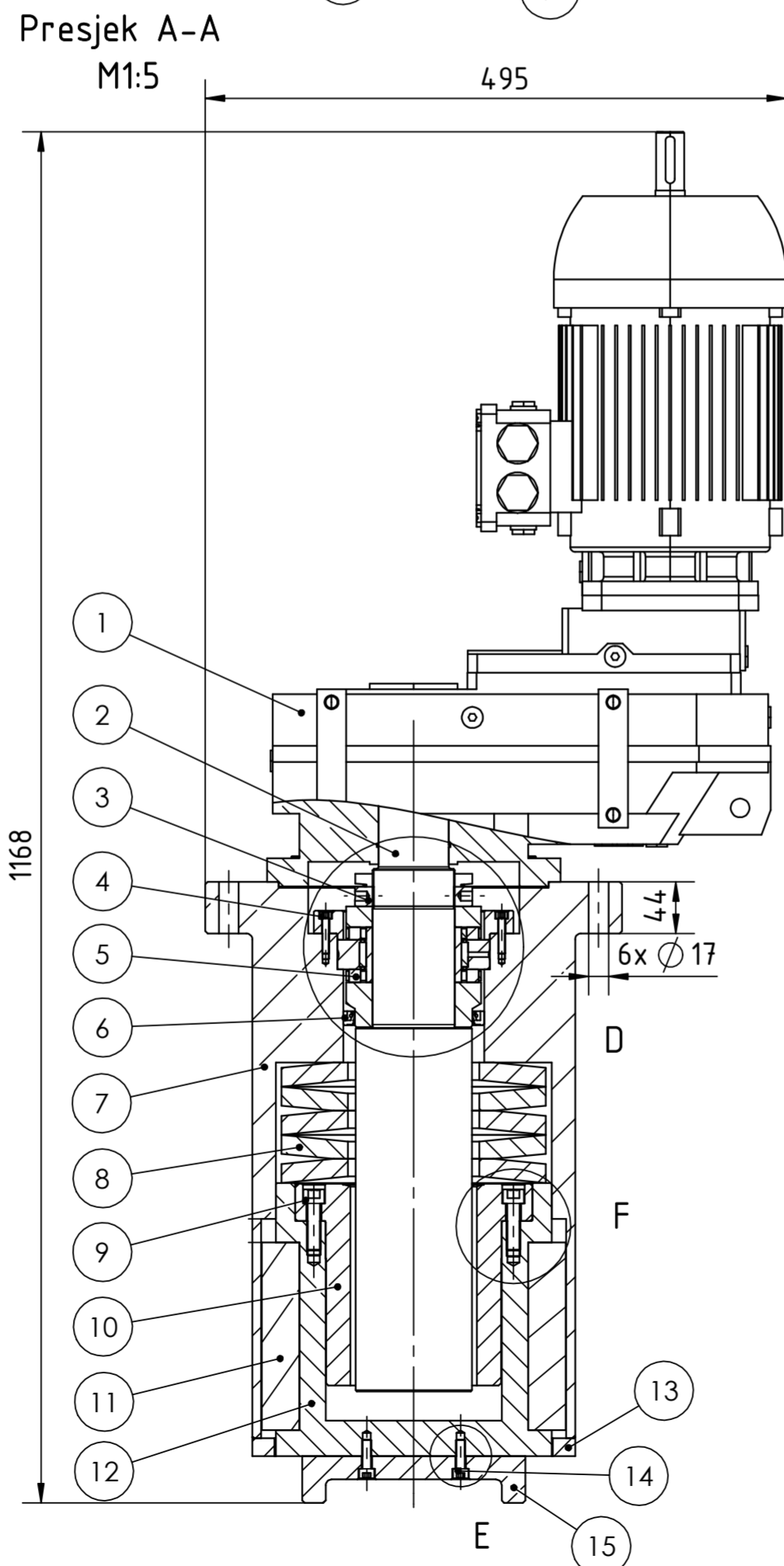
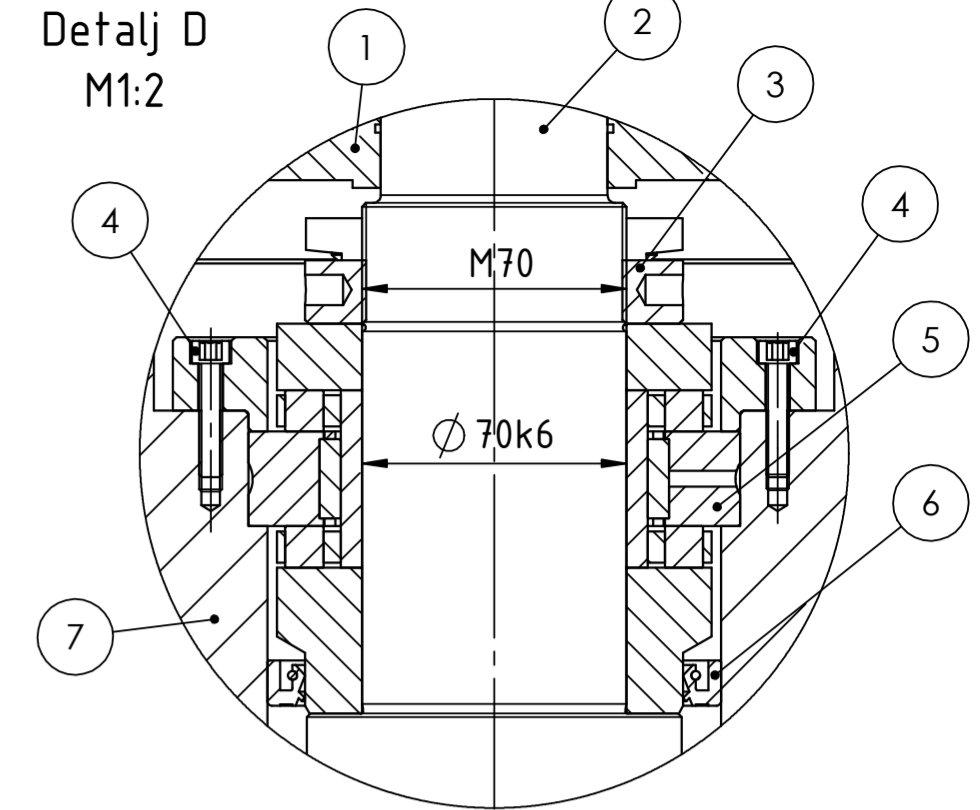
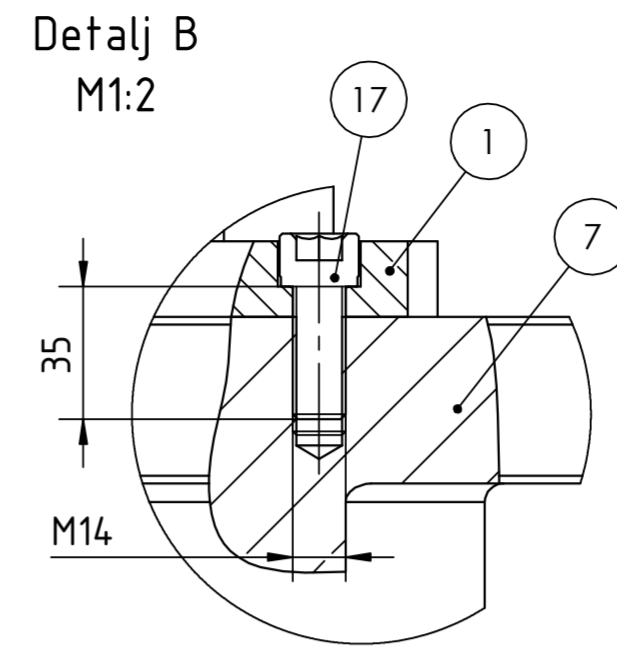
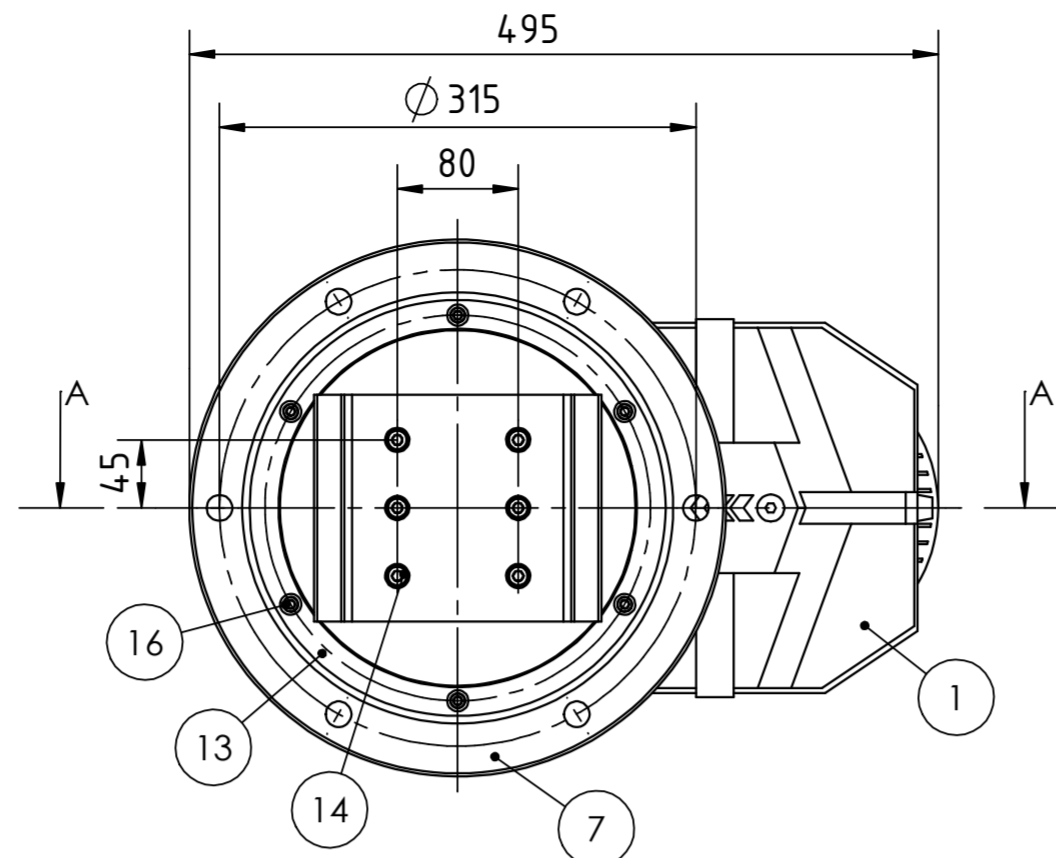
M _m	5 Nm	Mounting torque set screw
----------------	------	---------------------------

Dimensions

b	5 mm	Bore diameter blind hole
t	7 mm	Depth blind hole
d ₁	45 mm	Pitch circle diameter 1 (holes)
c	6 mm	Distance bore
m	M6	Threaded - threaded pin
	H11	Bore diameter blind hole housing fit

The datasheet is only an overview of dimensions and basic load ratings of the selected product. Please always observe all further information and guidelines for this product. For further information you can use the contact form on our website.

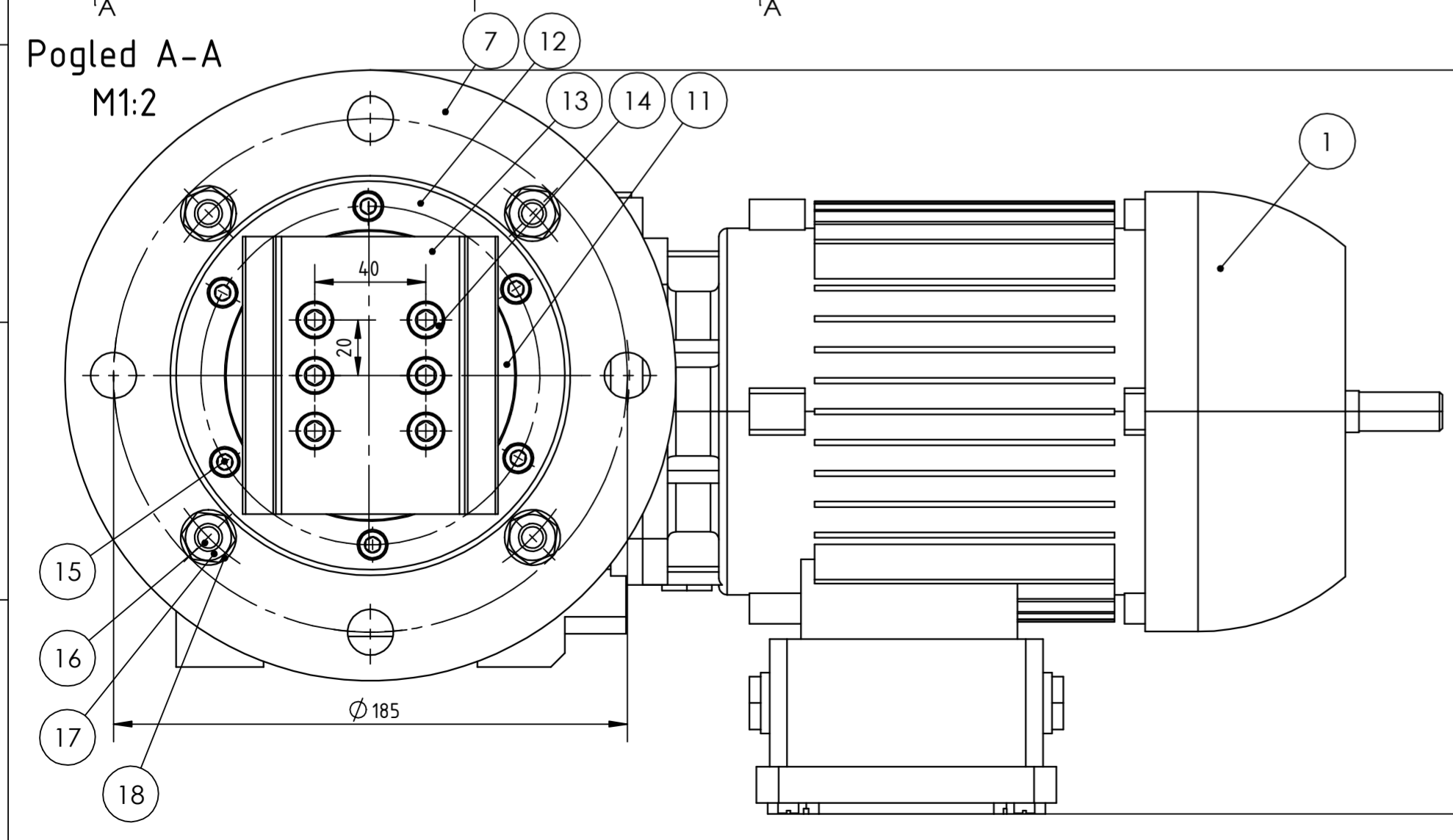
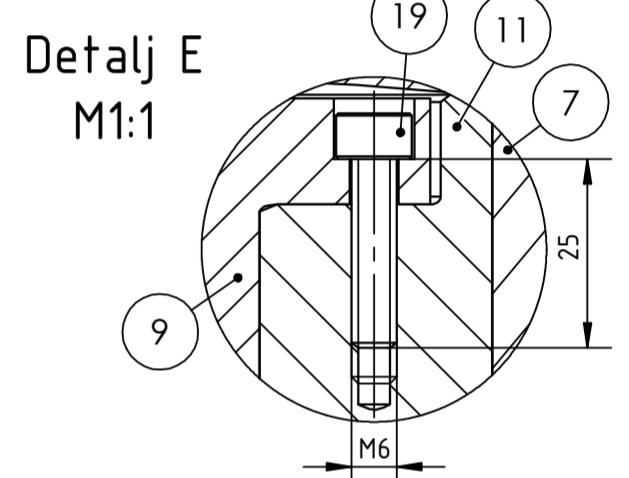
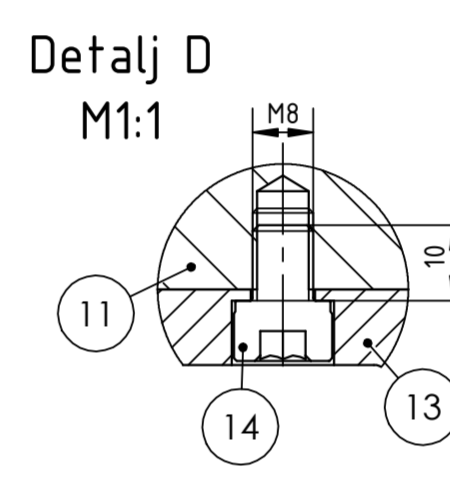
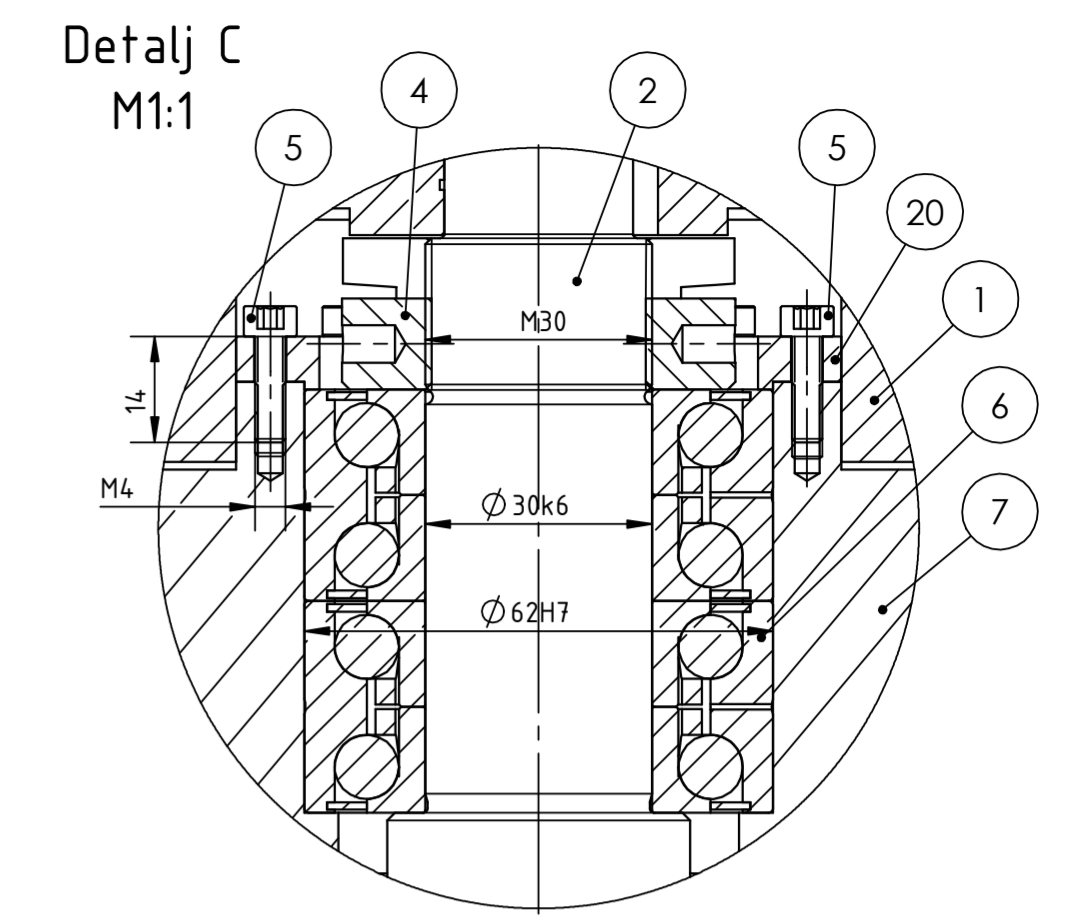
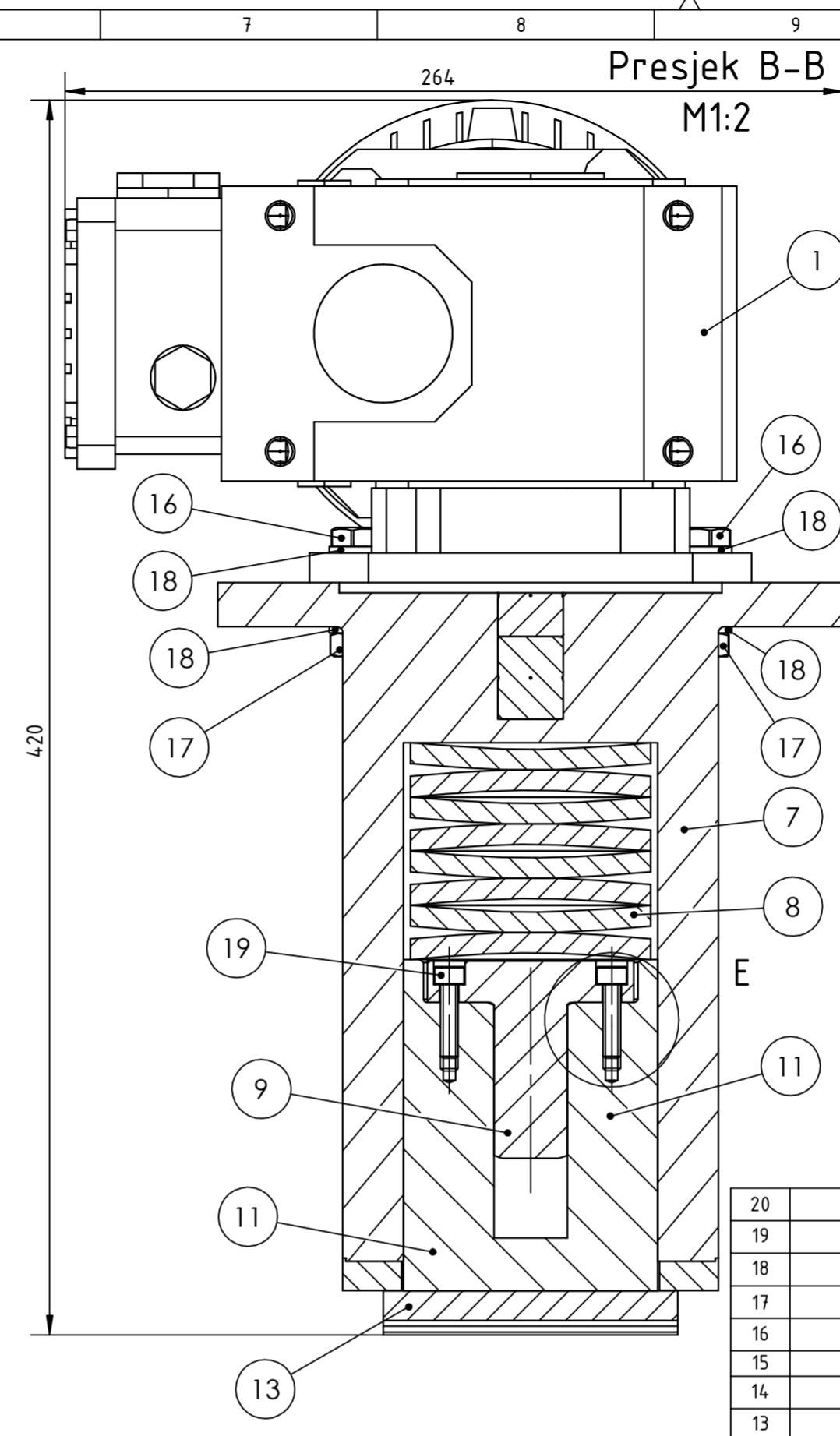
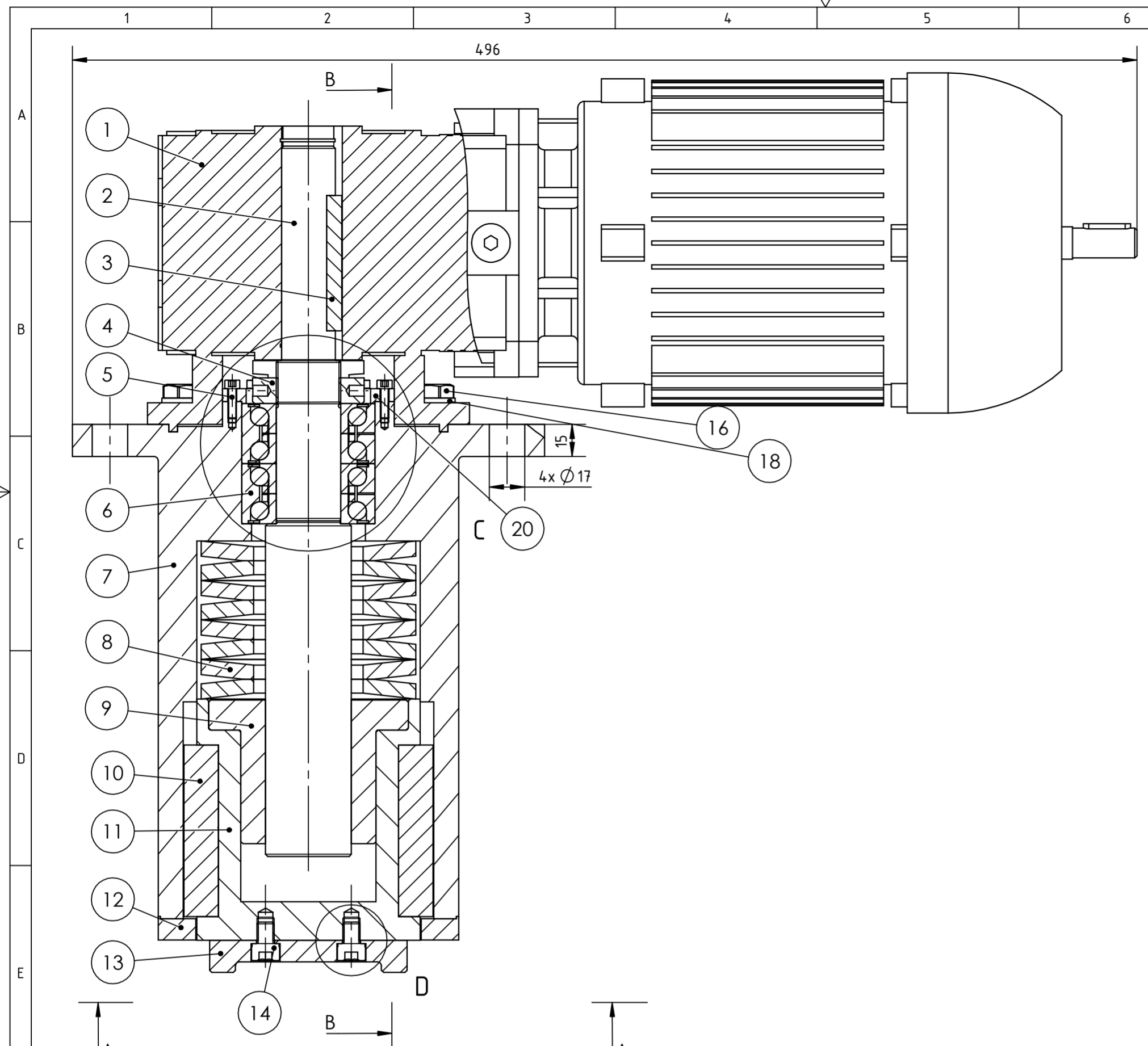
Prilog I I.
Tehnička dokumentacija



17	Vijak 5	4	DIN 912	8.8	M14x30	
16	Vijak 4	6	DIN 912	8.8	M8x25	
15	Kočna obloga	1	LB-24-01-06	S235JR	190x150x40	
14	Vijak 3	6	DIN 912	8.8	M8x25	
13	Doljnji poklopac kućišta	1	LB-24-01-05	S235JR	Ø 275x Ø 237x16	
12	Kućište matice	1	LB-24-01-04	S235JR	Ø 235x233	
11	Pero	2	DIN 6885	C 45 K	160x56x32	
10	Matice kugličnog navojnog vretena	1	LB-24-01-03		SFU10020-4; LtRobot	
9	Vijak 2	8	DIN 912	8.8	M12x40	
8	Tanjurasta opruga 4452	1	DIN 2093	51CrV4	Ø 225x103	
7	Kućište sigurnosne kočnice	1	LB-24-01-02	S235JR	Ø 355x474	
6	Brtva	1	DIN 3760		Ø 120x Ø 100x12	
5	Ležaj	1	Schaeffler		ZARN70130-L-TV	
4	Vijak 1	6	DIN 912	8.8	M6x30	
3	Precizna sigurnosna matrica	1	Schaeffler		AM70x28	
2	Kuglično navojno vreteno	1	LB-24-01-01		SFU10020-4; LtRobot	
1	AFA 76C 3C 100L-02E-TH-TF-ZWM	1			Watt Drive	83 kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projekirao	13.11.2024	Lucija Brbot	
Razradio	13.11.2024	Lucija Brbot	
Crtao	13.11.2024	Lucija Brbot	
Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:	
Ø 70k6	+0,021 +0,002	R. N. broj:	
Ø 130H7	+0,040 0	Napomena:	
Materijal:	Masa:	Kopija	
Mjerilo originala	Naziv: Sigurnosna kočnica mosnog kрана velikih dimenzija	Pozicija:	Format: A2
1:5	Crtež broj: LB-24-01-00	Listova: 1	List: 1





20	Poklopac ležaja	1	LB-24-02-07	S235JR	Ø 80x6	
19	Vijak 5	6	DIN 912	8.8	M6x25	
18	Podložna pločica A	8	DIN 125		A 10	
17	Matica	4	DIN 934	8.8	M10	
16	Vijak 4	4	DIN 933	8.8	M10x55	
15	Vijak 3	6	DIN 912	8.8	M6x16	
14	Vijak 2	6	DIN 912	8.8	M8x12	
13	Kočna obloga	1	LB-24-02-06	S235JR	100x92x15	
12	Doljni poklopac kućišta	1	LB-24-02-05	S235JR	Ø 140x11	
11	Kućište matice	1	LB-24-02-04	S235JR	Ø 104x112	
10	Pero 2	2	DIN 6885	C 45 K	80x16x14	
9	Matica kugličnog navojnog vretena	1	LB-24-02-03		SFU04008-4; LtRobot	
8	Tanjurasta opruga 4410	1	DIN 2093	51CrV4	Ø 100x74	
7	Kućište sigurnosne kočnice	1	LB-24-02-02	S235JR	Ø 220x230	
6	Ležaj	1	Schaeffler		ZKLN3062-2RS-2AP-XL	
5	Vijak 1	8	DIN 912	8.8	M4x14	
4	Precizna sigurnosna matica	1	Schaeffler		AM30x20	
3	Pero 1	1	DIN 6885	C 45 K	63x8x7	
2	Kuglično navojno vreteno	1	LB-24-02-01		SFU04008-4; LtRobot	1
1	SFA 445A 3C 80-04F-TH-TF-ZWM	1			Watt Drive	26,3 kg
Poz.	Naziv dijela	Kom.	Crtež broj Norma	Materijal	Sirove dimenzije	Masa

Broj naziva - code	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projekirao	13.11.2024	Lucija Brbot	
Razradio	13.11.2024	Lucija Brbot	
Crtao	13.11.2024	Lucija Brbot	
Pregledao			
ISO - tolerancije	Objekt:	Objekt broj:	
Ø 30k6	+0,015	R. N. broj:	
	+0,002		
Ø 62H7	+0,030		
	0		
Materijal:	Masa:	Kopija	
Mjerilo originala	Naziv: Sigurnosna kočnica mosnog kрана manjih dimenzija	Pozicija:	Format: A2
1:2	Crtež broj: LB-24-02-00		Listova: 1
			List: