Konstrukcija nosača gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Perić, Jure

Master's thesis / Diplomski rad

2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:342102

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-23**

Repository / Repozitorij:

Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Jure Perić

Zagreb, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

DIPLOMSKI RAD

Mentor: Student:

Izv. prof. dr. sc. Nenad Kranjčević Jure Perić

Zagreb, 2018.

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

Zahvaljujem se mentoru, Izv. prof. dr. sc. Nenadu Kranjčeviću koji mi je svojim znanjem i iskustvom pružio savjete i stručnu pomoć pri izradi diplomskog rada.

Također se zahvaljujem i mag. ing. Damjanu Čakmaku na korisnim i stručnim savjetima tijekom izrade proračuna metodom konačnih elemenata.

Zahvalu dugujem svim kolegama u tehničkom uredu Končar-generatori i motori d.d., za savjete i timski rad.

Posebno zahvaljujem svojim roditeljima, braći i sestrama na nesebičnoj podršci kroz sve godine studiranja.

Na kraju, zahvaljujem se mojoj Kati i sinu Josipu na iskazanoj žrtvi, strpljenju i potpori.

Jure Perić

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, brodostrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Jure Perić** Mat. br.: 0035172973

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Konstrukcija nosača gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Design of hydro generator upper combined bearing bracket**

Opis zadatka:

Za potrebe izgradnje nove hidroelektrane zadatak je konstruirati nosač gornjeg ležaja generatora. Ležaj je kombinirani, noseći i vodeći, a smješten je s gornje strane rotora vertikalnog hidrogeneratora. Konstrukcija nosača prenosi opterećenje s ležaja na kućište statora koje je vezano za betonski temelj. Nosač treba oblikovati prema položaju središnje linije gornjeg kombiniranog ležaja, a da se ujedno omogući i spajanje segmenata ležaja, brtvi, cijevi za dovod i odvod ulja, elemenata za visokotlačno podmazivanje, generatorske kape i gornjeg pokrova generatora. U radu predvidjeti i varijantu u kojoj se ruke rastavljaju od tijela nosača zbog manjih dimenzija pri transportu.

Rad treba sadržavati:

1. Uvod.
2. Tehnologično oblikovanje nosača s obzirom na izradu zavarivanjem i nosivost.
3. Crtež zavarene konstrukcije nosača. Predvidjeti i rastavljivu varijantu.
4. Crtež nosača - komplet s elementima za centriranje i povezivanje na kućište statora.
5. Crtež lonca gornjeg kombiniranog ležaja - zavar i obrada. Predvidjeti varijante za spajanje na nosač s vijčanom vezom i zavarivanjem.
6. Proračun metodom konačnih elemenata krutosti i čvrstoće nosača pri nominalnoj brzini, pogrešnoj sinkronizaciji i 50% kratko spojenih polova.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć

Zadatak zadan: 3. svibnja 2018.

Datum predaje rada: 5. srpnja 2018.

Predviđeni datum obrane: 11., 12. i 13. srpnja 2018.

Zadatak zadao:

N. Kranjčević

Izv. prof. dr. sc. Nenad Kranjčević

Predsjednica Povjerenstva:

Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

SADRŽAJ

SADRŽAJ I
POPIS SLIKA II
POPIS TABLICA III
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE IV
POPIS OZNAKA V
SAŽETAK VI
SUMMARY VII
1. UVOD 1
1.1. Hidrogeneratori 1
2. VERTIKALNI HIDROGENERATORI 3
2.1. Ležajevi 4
3. OBLIKOVANJE NOSAČA 7
3.1. Prema zavarivanju 7
3.2. Oblikovanje prema montaži 7
3.3. Rastavljiva izvedba 11
3.4. Proračun vijčane veze rastavljive ruke 11
3.4.1. Proračun pritezanja i naprezanja vijka 13
3.4.2. Proračun pera 15
3.5. Proračun zatika na spoju ruke nosača i prirubnice kućišta 16
4. PRORAČUN NOSAČA 18
4.1. Radijalna sile na vodeći ležaj 19
4.2. Metoda konačnih elemenata 21
4.2.1. Verifikacija konačnih elemenata 22
4.3. Proračunski model 24
4.3.1. Nominalna brzina-1. uvjet rada 26
4.3.2. Pogrešna sinkronizacija-2. uvjet rada 28
4.3.3. 50% kratko spojenih polova-3. uvjet rada 29
4.4. Deformacija nosača 30
4.5. Sklop nosača s ostalim djelovima 32
5. ZAKLJUČAK 33
LITERATURA 34
PRILOZI 35

POPIS SLIKA

Slika 1. Hidrogeneratori: a) vertikalni, HE Lešće; i b) horizontalni, HE Vinodol [2] 2
Slika 2. Hidrogenerator cijevne izvedbe [3] 2
Slika 3. Vertikalni položaj hidrogeneratora [4] 3
Slika 4. Najčešći položaj ležajeva na vratilu [5] 4
Slika 5. Segmenti vodećeg ležaja [5] 5
Slika 6. Segmenti nosećeg ležaja [5] 6
Slika 7. Gornji nosač u HE Doblar [5] 8
Slika 8. Pola presjeka novog vertikalnog hidrogeneratora 9
Slika 9. Gornji nosač s elementima za montažu 10
Slika 10. Vijak za centriranje nosača na kućište statora 10
Slika 11. Ugradnja ležajnog lonca na nosač, rastavljiva i nerastavljiva izvedba 11
Slika 12. Položaj vijčanog spoja ruke na nosaču 12
Slika 13. Položaj vijaka na spoju ruke i tijela nosača 12
Slika 14. Proračun pritezanja vijka[11] 14
Slika 15. Proračun naprezanja vijka[11] 15
Slika 16. Pero u spoju između ploča 15
Slika 17. Zatik u spoju između nosača i kućišta 17
Slika 18. Sila na rotor [5] 19
Slika 19. Raspored radijalne sile na segmente[5] 20
Slika 20. Tetraderski konačni element: a) osnovni, b) parabolični [17] 22
Slika 21. Rubni uvjeti na modelu štapa 23
Slika 22. Mreža: a) 608 KE , b) 135217 KE 23
Slika 23. Naprezanje grede po von Mises-u i progib u smjeru osi *y* 23
Slika 24. Konvergencija naprezanja i progiba štapa 23
Slika 25. Pojednostavljeni proračunski model 24
Slika 26. Sile i rubni uvjeti na nosaču 25
Slika 27. Mreža od 260317 KE i od 1162117 KE 26
Slika 28. Naprezanje po von Mises-u s granicom do 1/3 $R_{p0.2}$ za 1. uvjet rada 26
Slika 29. Koncentracija naprezanje za 1. uvjet rada 26
Slika 30. Pomak nosača s kućištem po Z osi na mjestu nosećeg ležaja 27
Slika 31. Konvergencija naprezanja i pomak nosača 27
Slika 32. Unutarnja koncentracije naprezanja 28
Slika 33. Naprezanje po von Mises-u s granicom do 2/3 $R_{p0.2}$ za 2. uvjet rada 28
Slika 34. Koncentracija naprezanje za 2. uvjet rada 29
Slika 35. Naprezanje po von Mises-u s granicom do 2/3 $R_{p0.2}$ za 3. uvjet rada 29
Slika 36. Koncentracija naprezanje za 3.uvjet rada 30
Slika 37. Pomak nosača po Z osi na mjestu nosećeg ležaja 30
Slika 38. Pomak nosača po Y osi na mjestu vodećeg ležaja uslijed djelovanja radijalne sile između ruku nosača 31
Slika 39. Pomak nosača po Y osi na mjestu vodećeg ležaja uslijed djelovanja radijalne sile u ruku nosača pri nominalno brzini 31
Slika 40. Dijelovi koji opterećuju nosač i naprezanje po von Mises-u 32
Slika 41. Presjek sklopa nosača s ostalim dijelovima 32

POPIS TABLICA

Tablica 1. Uvjeti rada i sila na gornji vodeći ležaj [5] 18
Tablica 2. Progib i naprezanje štapa u zavisnosti o broju KE 24
Tablica 3. Progib i naprezanje nosača u zavisnosti o broju KE 27

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

GIM-NI-00-00	Gornji nosač – komplet
GIM-NI-00-10	Gornji nosač – zavar
GIM-NI-00-20	Ležajni lonac – zavar
GIM-RI-10-00	Gornji nosač – komplet
GIM-RI-10-10	Gornji nosač – zavar
GIM-RI-10-20	Ležajni lonac – zavar
GIM-RI-10-30	Ležajni lonac – obrada
GIM-RI-10-40	Pero
GIM-RI-10-50	Zatik
GIM-RI-10-60	Transportna skica - rastavljiva izvedba
GIM-RI-00-30	Transportna skica - nerastavljiva izvedba

POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
A_a	mm^2	Površina pera na odrez
A_z	mm^2	Površina zatika na odrez
E_{rel}	%	Relativna greška
F	N	Radijalna sila od rotora
F_z	N	Ukupna aksijalna sila
F_r	N	Radijalna sila od rotora
F_{max}	N	Najveća sila u vijku
F_1	N	Najveća sila u vijku
F_1	N	Komponenta radijalne sile na ležaj
F_2	N	Komponenta radijalne sile na ležaj
F_3	N	Komponenta radijalne sile na ležaj
F_{r1}	N	Radijalna sila za uvjet rada 1
F_{r2}	N	Radijalna sila za uvjet rada 2
F_{r3}	N	Radijalna sila za uvjet rada 3
F_o	N	Minimalna sila pritezanja
h_i	mm	Najveća udaljenost vijka od ruba ploče
L_r	mm	Udaljenost spoja ruke od stope
My	Nmm	Moment savijanja u spoju ruke
M	Nm	Moment pritezanja
w_{max}	mm	Progib
p	N/mm^2	Površinski tlak na pero
τ_a	N/mm^2	Naprezanje tangecijalno u peru
τ_{dop}	N/mm^2	Dopušteno naprezanje u peru
τ_z	N/mm^2	Naprezanje tangecijalno u zatiku
τ_{dop}	N/mm^2	Dopušteno naprezanje zatika
σ_s	N/mm^2	Naprezanje grede

SAŽETAK

U radu je prikazano konstruiranje i proračun nosača gornjeg kombiniranog ležaja. Opisane su vrste hidrogeneratora s obzirom na položaj vratila rotora te smještaj i glavne funkcije gornjeg nosača u vertikalnom hidrogeneratoru. Prikazana je položaj segmenata kombiniranog ležaja na tijelo gornjeg nosača te položaj i veličina radijalne i aksijalne sile koja djeluju na nosač.

Opisano je tehnologično oblikovanja nosača i ležajnog lonca s aspekta postupka zavarivanja, strojne obrade i montaže svih dijelova koje je potrebno spojiti na nosač. Također, zbog manjih dimenzija transporta nosača, konstruirane su rastavljive ruke uporabom vijaka te je izračunato naprezanja u vijcima pomoću softvera za proračun vijčanih spojeva.

Pomoću metode konačnih elemenata provedena je analiza naprezanja i pomaka za tri različita uvjeta rada hidrogeneratora a prethodno je dana verifikacija tetraedarskih paraboličnih konačnih elemenata.

Na osnovu provedenog oblikovanja i proračuna napravljena je tehnička dokumentacija za rastavljivu i nerastavljivu izvedbu prema kojoj će nosač biti izrađen.

Ključne riječi: hidrogenerator, nosač ležaja, tehnologično oblikovanje, krutost, čvrstoća

SUMMARY

This paper presents the construction and calculation of upper bearing bracket. Hydrogenerators, regarding position of the rotor shaft, and accommodation and main functions of the upper bracket in vertical hydrogenerators, are described. The position of the segments of the combined bearing on the upper support body is shown, also the position and size of the radial and axial forces acting on the carrier.

Technological design of the bracket and bearing pot is described from the point of view of welding, machining and assembly of all the parts that will be connected to the bracket. Also, due to the smaller dimensions of the bracket carriage, disassembled hands were constructed using screws and, using software to calculate screw connections, the strain in screws was calculated.

Analysis of stress and displacement for three different work conditions of the hydrogenerator was carried out with help of finite element method, but tetrahedral parabolic finite elements were verified before.

On the basis of the design and calculating prepared the technical documentation for separable and inseparable embodiment for which the bracket will be made.

Key words: hydrogenerators, bearing bracket, technological design, stress, displacement

1. UVOD

Današnji svijet bez električne energije je nezamisliv. Jedan od načina njene proizvodnje su hidroelektrane. Iskorištavanje energije vodnog potencijala ekonomski je konkurentno proizvodnji električne energije iz fosilnih i nuklearnog goriva, zato je hidroenergija najznačajniji obnovljivi izvor energije.

Prva hidroelektrana izgrađena 1881. na slapovima Niagare je prva moderna hidrocentrala koja je počela proizvoditi električnu struju, što označava veliki izum Teslina sustava izmjenične struje, koji omogućava prijenos velikih količina električne energije na daljinu. 28. kolovoza 1895., puštena je u pogon prva hrvatska hidroelektrana Jaruga, koja je druga najstarija hidroelektrana u svijetu i prva u Europi.

Ključna prednost hidroelektrana je smanjena ili u potpunosti eliminirana emisija stakleničkih plinova. Emisija stakleničkih plinova je u potpunosti eliminirana, ako se isključivo promatra samo proces proizvodnje električne energije. Nedostaci hidroelektrana su uništavanje ekosustava, nanosi mulja u vodenom bazenu koji smanjuje dubinu vodenog bazena, promjena okoliša, preseljenje ljudi i nesreće sa branama koje za posljedicu mogu imati veliku pogiblju ljudi nastanjenih nizvodno od brane.

S ekonomskog aspekta prednost je što hidroelektrane ne koriste fosilna goriva kao pokretač turbine, odnosno električnog generatora. Time električna energija nastala u hidroelektranama postaje rentabilnija, te neovisna o cijeni i ponudi fosilnih goriva na tržištu. Hidroelektrane također imaju predviđen dulji životni vijek nego elektrane na fosilna goriva. Današnje, moderne, hidroelektrane zahtijevaju vrlo malen broj osoblja, zbog velikog stupnja automatiziranosti. Nadalje, cijena investicije u izgradnju hidroelektrane se povrati u razdoblju do desetak godina [1].

1.1. Hidrogeneratori

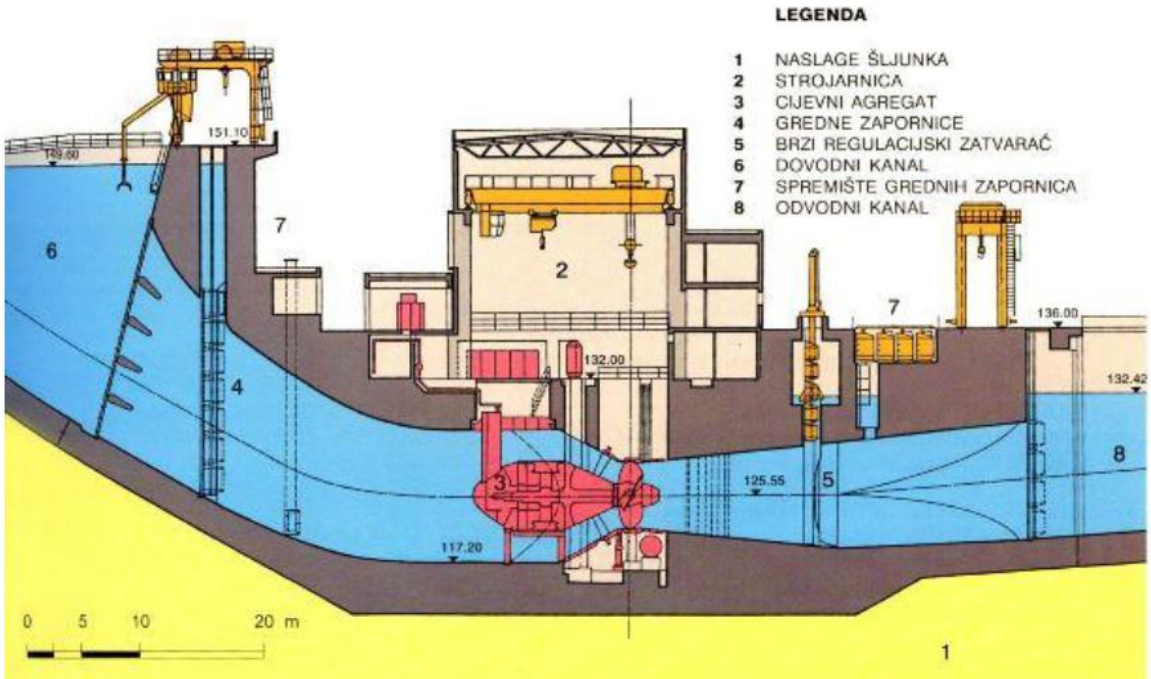
Hidrogenerator je električni generator, redovito trofazni sinkroni, pogonjeni vodnom turbinom. Sinkrona brzina vrtnje određena je vrstom vodne turbine i ovisi o hidrauličnim prilikama (o količini vode i visini pada). Kod malih padova i velikih snaga često je potrebno, zbog svojstava turbine, graditi hidrogeneratore za male brzine vrtnje, s velikim brojem magnetskih polova.

Položaj hidrogeneratora ovisi o snazi, specifičnoj brzini vrtnje, o padu vode, količini vode i vrsti turbine. Vratilo hidrogeneratora obično je vertikalno (Slika 1, a), a vrlo rijetko horizontalno (Slika 1, b).

a) **b)**

Slika 1. Hidrogeneratori: a) vertikalni, HE Lešće; i b) horizontalni, HE Vinodol [2]

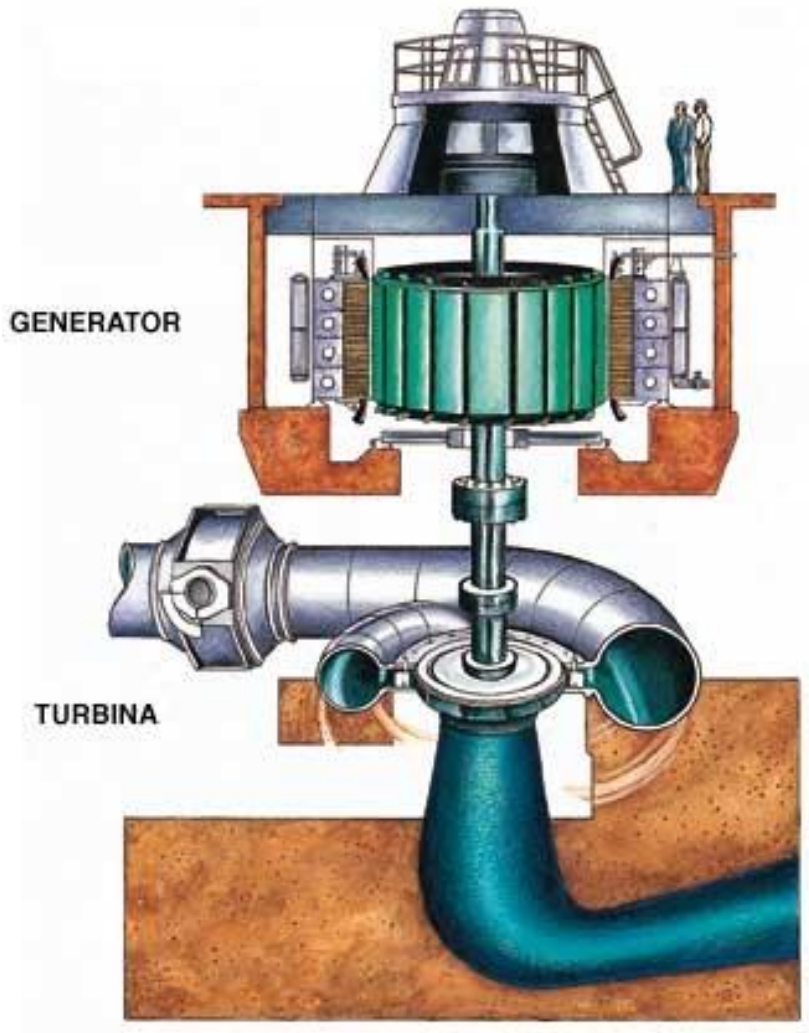
U takozvanoj cijevnoj izvedbi (za male padove vode) generator i turbina čine cjelinu, jer je generator ugrađen u posebno kućište (takozvana kruška) ispred turbine, koje je u vodoravnom položaju potopljeno u vodotok (Slika 2).



Slika 2. Hidrogenerator cijevne izvedbe [3]

2. VERTIKALNI HIDROGENERATORI

U projektu izgradnje nove hidroelektrane, za koju je potrebno konstruirati nosač gornjeg kombiniranog ležaja, položaj vratila generatora je vertikalan (Slika 3). Veliki broj hidrogeneratora izvodi se sa vertikalnim vratilom zbog specifičnih zahtjeva pogonske hidroturbine, nerentabilnošću i često zbog nemogućnosti izrade hidrogeneratora velikih dimenzija u horizontalnoj izvedbi i neophodne krutosti statora i rotora odnosno izrade ležajeva odgovarajuće nosivosti. Montaža, eksploatacija i remont vertikalnih hidrogeneratora vrši se mnogo lakše nego kod horizontalnih. Međutim, vertikalni položaj vratila zahtijeva u konstrukciji nosećih elemenata da budu proračunati da prime sile od težine rotacijskih dijelova generatora i silu reakcije vode na turbinsko kolo [6].



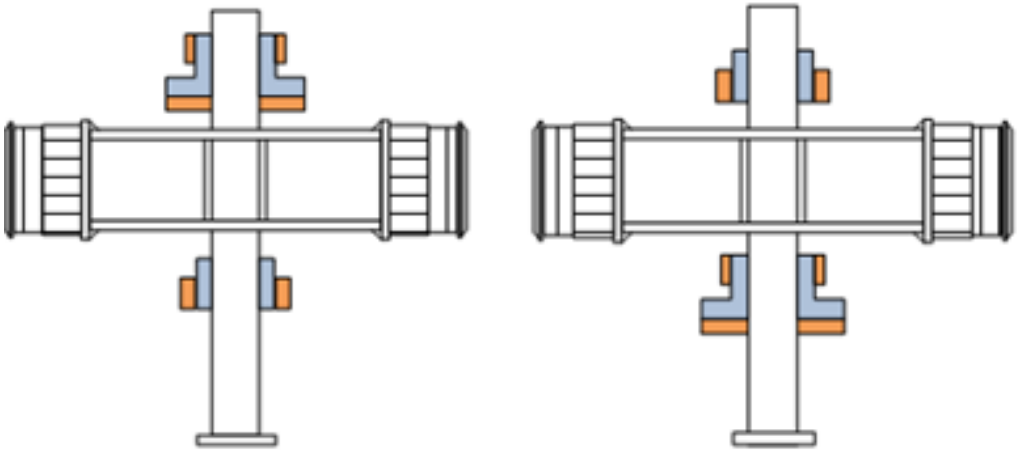
Slika 3. Vertikalni položaj hidrogeneratora [4]

2.1. Ležajevi

Dvije najčešće izvedbe položaja ležaja na vratilu su prikazane na slici 4 Izvedba pod a) je takozvana izvedba visećeg tipa u kojoj je gornji ležaj vodeći i noseći (kombinirani ležaj) i nalazi se iznad rotora. Na taj način rotor zajedno s turbinom visi na nosećem ležaju. Vodeći ležaj nalazi se ispod rotora. Ovaj tip položaja kombiniranog ležaja hidrogeneratora je također zadan u projektu izgradnje novog generator.

Druga izvedba pod b) je takozvana kišobran izvedba u kojoj generator stoji kao uspravni kišobran oslonjen na noseći ležaj i smješten je ispod rotora. Vodeći ležaj nalazi se iznad rotora.

U obje izvedbe najčešće postoji još jedan vodeći ležaj koji se nalazi iznad turbinskog kola i on spada po konstrukciji kod proizvođača turbine. Na slici 4 prikazani su ležajevi samo na generatorskom dijelu vratila.



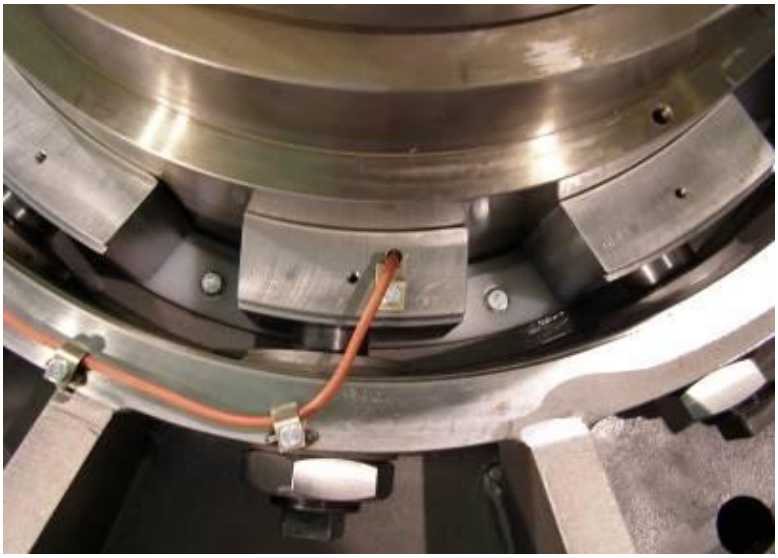
a) **b)**

Slika 4. Najčešći položaj ležajeva na vratilu [5]

Svi ležajevi su klizni samopodmazujući. Smješteni su u tijelu gornjeg i donjeg nosača koje je ispunjeno uljem. Noseći i vodeći ležajevi spadaju u najodgovornije sklopove generatora, jer se u njima ostvaruje prenošenje opterećenja od rotora na nepokretni dio generatora. Neophodan uvjet za siguran rad ležajeva je razdvajanje kliznih površina slojem ulja, tj. treba osigurati fluidno stanje između kliznih površina. Proces trenja se odvija u sloju ulja, a samim time klizne površine se ne dodiruju. Da bi tanak sloj ulja mogao nositi opterećenje, neophodno je da se formira zazor između segmenata koji miruju na nosaču i

ležajnog zvona koje rotira i učvršćeno je na vratilo. Zazor je u obliku klina koji se sužava u smjeru okretanja. [6]

Vodeći segmenti na slici 5 preuzimaju radijalnu silu koju prenose na nosač vodećih segmenata a koji je učvršćen na tijelo gornjeg nosača hidrogeneratora.



Slika 5. Segmenti vodećeg ležaja [5]

Noseći segmenti prikazani na slici 6 preuzimaju vertikalnu odnosno aksijalnu silu i pričvršćeni su direktno na tijelo nosača

Na slikama 5. i 6. može se vidjeti kabel (narančaste boje) koji je na svom jednom kraju spojen na termometar, a na drugom kraju izlazi kroz ploču za uvodnice koja se nalazi na plaštu bureta. Termometri su postavljeni u pojedine segmente i očitavaju temperaturu istih.

Slika 6. Segmenti nosećeg ležaja [5]

Također, na slici 6 može se uočiti tanki kružni cjevovod koji je dio sustava visokotlačnog podmazivanja. Iz kružnog cjevovoda ulje dolazi u svaki noseći segment i izlazi na njegovu nosivu površinu pod visokim tlakom. Visoko tlačno podmazivanje prilikom starta generatora sprečava ubrzano trošenje vodećih segmenata, a isti su obloženi bijelom kovinom koja ima izgrecanu površinu da ulje brzo ne pobjegne između nosivih ploha segmenata. Sustav visokotlačnog podmazivanja se isključuje pri postizanju nazivne brzine i potrebne temperature ulja.

Dovodna cijev visokotlačnog podmazivanja priključena je na navojnik koji je zavaren na tijelo nosača a na isti način je spojena cijev za uljokaz. Dovod ulja u tijelo nosača izvedeno je pomoću cijevi koje se spajaju na prirubnice a odvod ulja se vrši pomoću uljne spirale koja se nalazi unutar tijela nosača. Ispust ulja je napravljen pomoću cijevi koja mora biti ispod najniže razine ulja.

3. OBLIKOVANJE NOSAČA

Hidrogeneratori su tipični primjeri proizvoda s malom serijskom ili pojedinačnom proizvodnjom, jer se prema vodotoku za svaku hidroelektranu i prema zahtjevima investitora, odnosno kupca, zahtijeva i nova konstrukcija generatora. Među dijelovima koje zahtijevaju novu konstrukciju je i gornji nosač. Prema projektu gradnje nove hidroelektrane za izradu velikog generatora (nominalna snaga 11 MVA) potrebno je konstruirati i gornji nosač kombiniranog ležaja [5].

3.1. Prema zavarivanju

Cijeli nosač se izrađuje tehnologijom zavarivanja osim kod rastavljive izvedbe ruku od tijela nosača koje se spajaju vijčanom vezom. Odabrano je da nosač ima četiri ruke i da se oslanjaju na istim pozicijama (po vertikali) kao i kućište statora na četiri temeljna bloka u betonu. Ruke su napravljene kao zavarena kutijasta konstrukcija zbog veće krutosti i potrebe za spajanjem ostalih dijelova, kao što su cijevi i bakreni vodiči, uzduž bočnih stranica ruku. Ruke su zatvorene i zbog manjeg utjecaja korozije unutar konstrukcije i manje površine za bojanje nosača.

Oblikovanje zavarene konstrukcije nosača napravljeno je prema mogućnostima izrade zavara na nosaču, prema povoljnom položaju zavara obzirom na naprezanja, redoslijedu zavarivanja, a debljine limova su nastojane biti što ujednačenije zbog samo dobave materija, odnosno brzine izrade. Uz navedeno, treba se voditi računa i na ukupnu masu zavarene konstrukcija koja je u projektu planirana do oko 8t. Zavarena konstrukcija se izrađuje izvan tvornice a cijena izrade se određuje najviše prema masi konstrukcije i prema kompliciranosti oblika zavara (kutni zavar je jeftiniji za izradu jer nema prethodne strojne obrade za razliku od V zavara) [7].

Posebna pažnja usmjerena je na dodatke za strojnu obradu tokarenjem što je vidljivo na crtežima zavara nosača i lonca.

Cijeli nosač je izrađen od normaliziranog čelika S355J2+N (Č.0561)

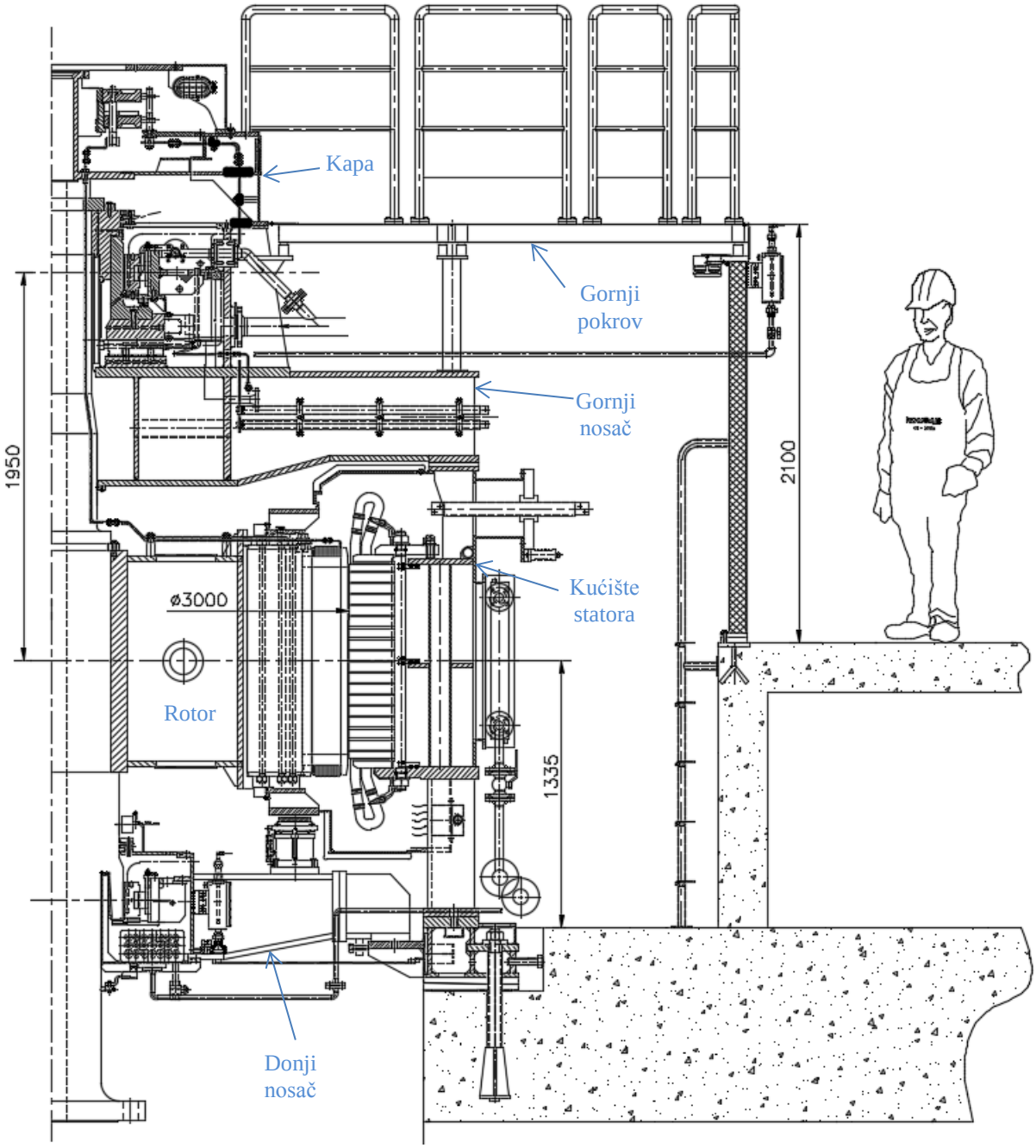
3.2. Oblikovanje prema montaži

Zbog velikih mjera i mase, hidrogeneratori se u tvornicama grade od više dijelova, koji se nakon prijevoza na mjesto ugradnje spajaju i ispituju prije puštanja u pogon. Da bi se izbjegle pogreške prilikom montaže dijelova na terenu, nastoji se što više dijelova probno spojiti u tvornici prije transporta na teren gdje ponekad nema uvjeta za strojnu doradu i ispravljanje

pogrešaka. Kao glavna orijentacija za montažu je oznaka smjera vode koja mora biti prikazana na crtežu i označena na nosaču prilikom izrade. Slika 7. prikazuje dio montaže gornjeg nosača u hidroelektrani koji ima 6 ruku i na kojem se nalazi kapa (žuta boja).

Slika 7. Gornji nosač u HE Doblar [5]

Posebnost novog nosača je u tome što je centralna linija vodećeg ležaja znatno iznad prirubnice kućišta statora. Na slici 8 je vidljivo da osim smještaja kombiniranog ležaja na nosač, potrebno je na njega montirati i ostale dijelove kao što je kapa (u kojoj se nalaze četkice uzbude), gornji pokrov (koji omogućuje pristup kapi, služi kao izolator buke).

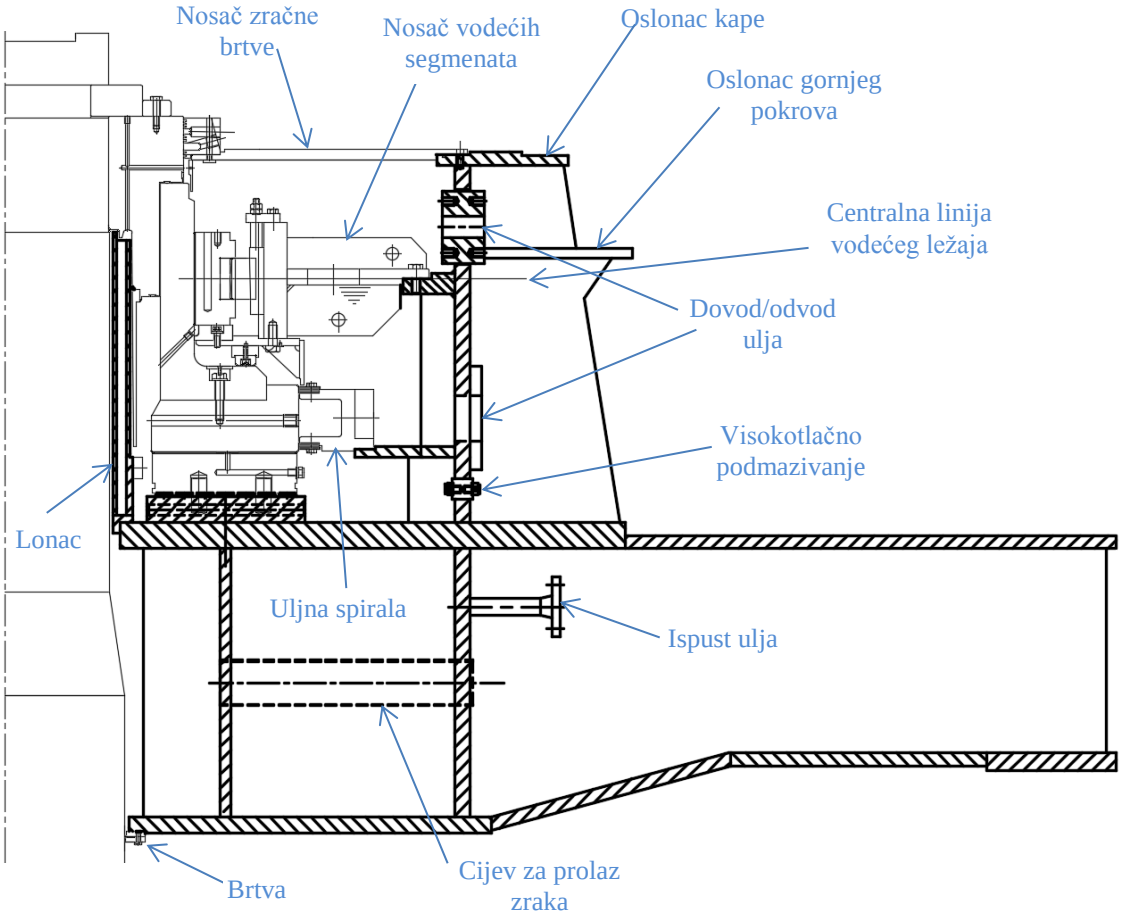


Slika 8. Pola presjeka novog vertikalnog hidrogeneratora

Također, osim najvažnijeg pozicioniranja nosača prema centralnoj liniji ležaja, na nosaču se moraju moći spojiti svi naznačeni dijelovi prikazani na slici 9.

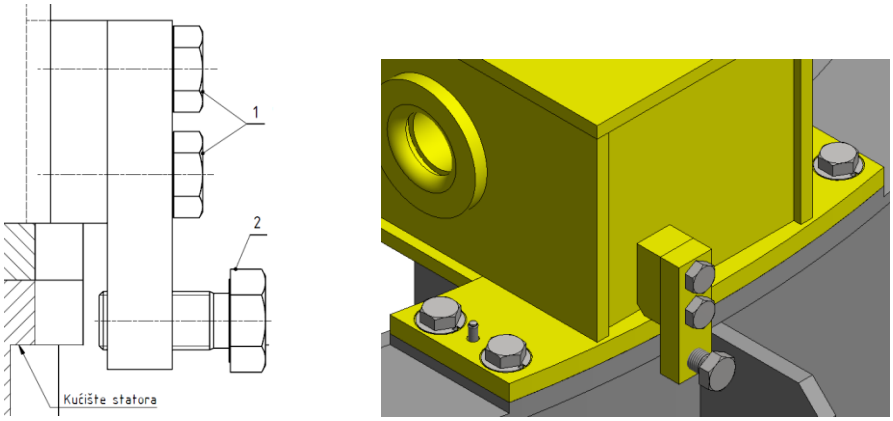
Centriranje nosača s obzirom na os rotacije hidrogeneratora vrši se pomoću vijaka koji se nalaze na kraju svake ruke nosača. (Slika 10) Zakretanjem vijka broj 2 dolazi do naslanjanja čela vijak o prirubnicu kućišta i malih pomaka nosača po kućištu. Vijci označeni brojem 1 služe za demontažu sklopa za centriranje prilikom strojne obrade tokarenjem.

Svi vijčani spojevi moraju se osigurati oblikom od odvrtanja korištenjem takozvane podloške s nosom, standarda DIN432.



Slika 9. Gornji nosač s elementima za montažu

Kao što je vidljivo na slici 10 sklop za centriranje je pomaknut u odnosu na središte nosača. To je napravljeno zbog izbjegavanja kolizije s rebrom za nošenje kućišta statora [8]. Os vijka se mimoilazi s osi nosača ali to ne utječe značajno prilikom postupka centriranja.



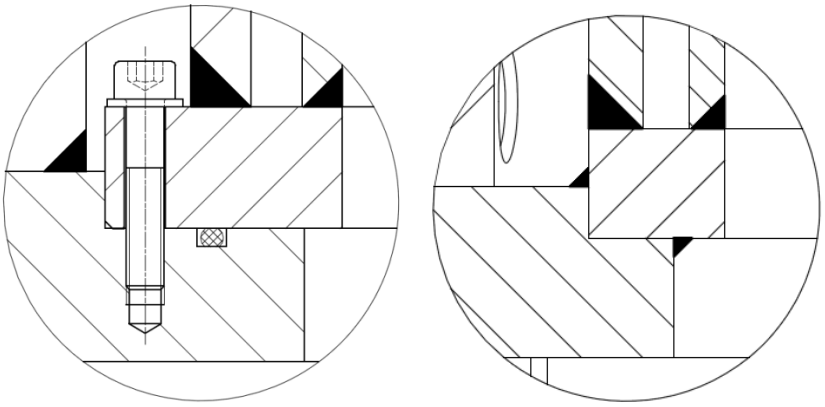
Slika 10. Vijak za centriranje nosača na kućište statora

3.3. Rastavljiva izvedba

Rastavljanje ruku nosača izvedeno je vijčanom vezom uz dodatno korištenje pera horizontalno postavljenog kao osiguranje od vertikalnog opterećenja i cilindričnog zatika postavljenog vertikalno radi lakšeg i točnije pozicioniranja ruke prilikom montaže.

Rastavljanje dviju nasuprotnih ruku postižemo najveću širinu nosača od 2860mm i na taj način cestovni transport nosač ne spada u kategoriju specijalnog transporta. Dok nerastavljiva izvedba prelazi 3500mm i spada u specijalni transport što poskupljuje i otežava organizaciju transporta [9]. Gabaritne veličine nosača vidljive su na crtežima transporta.

Također na istoj konstrukciji nosača rastavljive izvedbe je i lonac koji je spojen vijčanom vezom. Takvo spajanje lonca omogućuje zasebnu strojnu obradu lonca za koju je potrebno manje vremena jer se obrada vrši na manjem stroju nego kad je obrada lonca u sklopu s donjim nosačem. Odabrana je veličina vijaka kao najveća moguća obzirom na prostor ugradnje. Rastavljiva izvedba, za razliku od zavarene izvedbe, zahtijeva uporabu brtve da bi se spriječilo curenje ulja što je prikazano na slici 11.



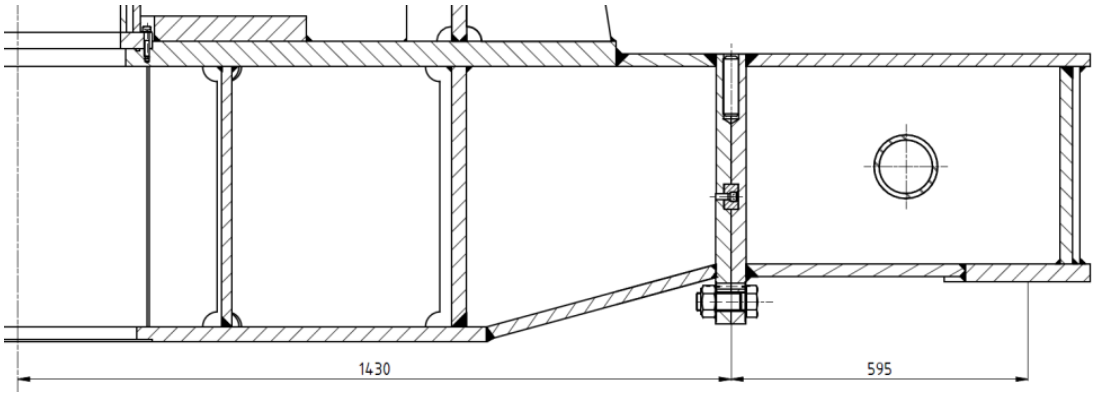
Slika 11. Ugradnja ležajnog lonca na nosač, rastavljiva i nerastavljiva izvedba

3.4. Proračun vijčane veze rastavljive ruke

Proračun najveće sile u vijku izračunat je prema [10]. Pretpostavljeno je zakretanje oko gornjeg ruba ploče ako se smatra da je na tom djelu konstrukcija dovoljno kruta i da neće doći do savijanja spojenih ploča. (Slika 12)

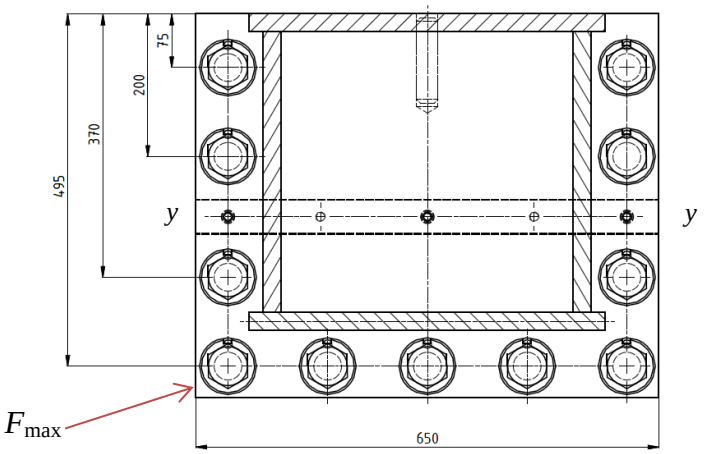
Za potrebe proračuna razmatra se samo jedna rastavljiva ruka, odnosno 1/4 aksijalne sile F_z.

F_z je ulazni parametar prema[5] i predstavlja ukupnu aksijalnu silu koja djeluje na gornji nosač, a dobije se kao zbroj rotirajućih dijelova hidrogeneratora (težina rotora i turbine) zajedno sa svim dijelovima koji opterećuju nosač (kapa, pokrov, zračna brtva, sklop ležaja) te zbroj najveće hidrauličke sile na turbinu koju dostavlja proizvođač turbine.



Slika 12. Položaj vijčanog spoja ruke na nosaču

Slika 12. prikazuje položaj spoja ruke u odnosu na os nosača i u odnosu na sredinu stope koja se oslanja na kućište. Vijčani spoj je udaljen od sredine stope za L_r = 595 mm.



Slika 13. Položaj vijaka na spoju ruke i tijela nosača

$$F_{max} = \frac{M_y}{\sum {h_i}^2} \cdot h_{max} = \frac{299582500}{1584775} \cdot 495 = 93574 \text{ N} \tag{1}$$

$$\sum {h_i}^2 = 2 \cdot (75^2 + 200^2 + 370^2) + 5 \cdot 495^2 = 1584775 \text{ mm}^2 \tag{2}$$

h_i prema slici 13.

$$M_y = \frac{F_z}{4} \cdot L_r = \frac{2014000}{4} \cdot 595 = 299582500 \text{ Nmm} \quad (3)$$

L_r =595 prema slici 12.

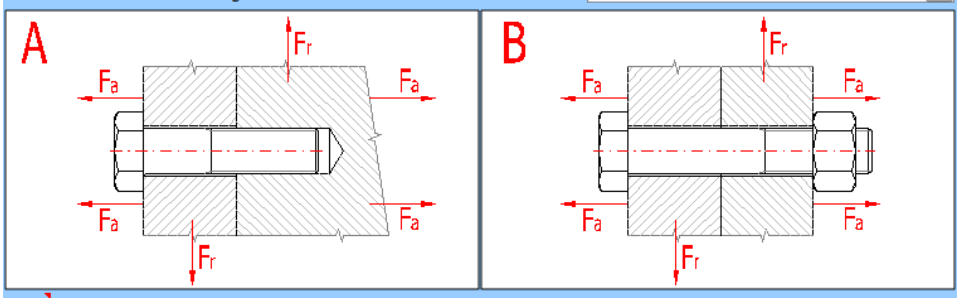
F_z = 2014000 N prema[5]

3.4.1. Proračun pritezanja i naprezanja vijka

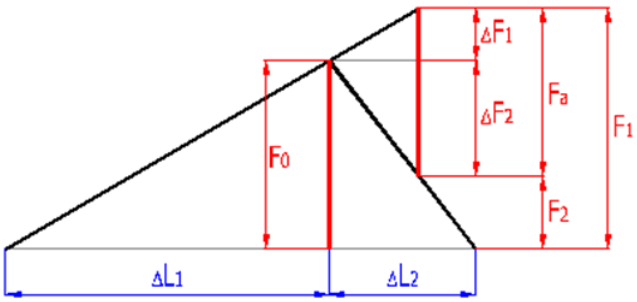
Za odabrani vijak M36 klase 8.8 pomoću programa za proračun vijaka [11] izračunato je potrebno pritezanje vijka za najnepovoljniju poziciju vijka, odnosno za F_{max}. To nam je potrebno da provjerimo hoće li doći do odvajanja u donjem djelu spojenih ploča što može izazvati udare i lom vijka, a također da ne pritegnemo vijak toliko da u radu naprezanje u vijku prijeđe granicu tečenja [12]. Inače, svi vijci se pritežu na 1/2 granice tečenja i takvi momenti pritezanja se ne navode na crtežu [5].

U program za proračun vijka unosimo kao ulazne podatke najveću radnu silu F_a u vijku i željeni ostatak sile u podlozi F_2. Također unosimo koeficijente trenja između navoja vijka i matice, odnosno kontaktne površine matice i podloške. Koeficijent trenja za podmazane površine Molykot-om iznosi 0,11 prema [5]. Nadalje unosimo materijal ploča nosača koje se spajaju a to je S355J2+N (Slika 13).

1.0	☑ **Loading of the connection, basic parameters of the calculation.**			
1.1	Calculation units		SI Units (N, mm, kW...)	
1.2	**Loading conditions, connection type**			
1.3	Design of the bolt connection		B ... Bolt connection with a through bolt	
1.4	Loading of the bolt connection		Loading in the bolt axis	
1.5	The course of loading		Static loading	



1.6	**Loading of the connection**			
1.7	Maximum axial force	F_{amax}	93574,00	[N]
1.8	Minimum axial force	F_{amin}	93574,00	[N]
1.9	Maximum radial force	F_r	0,00	[N]
2.0	☑ **Operational and mounting parameters of the connection.**			
2.1	Desired coefficient of tightness (prestressing) of the connectio	q_a	0,500	
2.2	Desired safety against side shift	q_r	1,000	
2.3	Required residual prestressing of clamped parts of the connect	F_{2min}	46787,00	[N]
2.4	Desired safety of the bolt at the yield point	n_s	2,000	
2.5	Friction coefficient in threads	μ_t	0,110	
2.6	Friction coefficient in seating face of the head (nut) of the bolt	μ_c	0,110	
5.0	☑ **Prestressing, force conditions and operational diagram of the connection.**			
5.1	**Stiffness constants of the connection**			
5.2	Stiffness of the connecting bolt	c_b	1538384,09	[N/mm]
5.3	Stiffness of the clamped parts	c_m	3283088,42	[N/mm]
5.4	Resulting stiffness od the group of surcharged parts of the joir	c_1	1538384,09	[N/mm]
5.5	Resulting stiffness of the group of relieved parts of the joint	c_2	3283088,42	[N/mm]
5.6	**Assembly preload of the bolt connection**			
5.7	Maximum axis component of the operational force	F_a	93574	[N]
5.8	Maximum radial component of the operational force	F_r	0	[N]
5.9	Minimum needed clamping force for transfer of the radial force	F_{cmin}	0	[N]
5.10	Part of the operational force additionally loading the bolt	ΔF_1	29856,60	[N]
5.11	Part of the operational force relieving the clamped parts	ΔF_2	63717,40	[N]
5.12	Minimum needed assembly preload of the joint	F_{0min}	110505	[N]
5.13	Assembly preload of the joint	F_0	110505,0	[N]
5.14	Tightening torque	M	554,09	[Nm]
5.15	**Force conditions of the loaded connection**			
5.16	Change of prestresssing due to heating of the connection	ΔF_{0T}	0,00	[N]
5.17	Loss of prestressing due to deformation of the connection	ΔF_{0L}	0,00	[N]
5.18	Operating prestressing of the joint	F_0'	110505,00	[N]
5.19	Residual prestressing of clamped parts of the connection	F_2	46787,60	[N]
5.20	Resulting internal axis force in the bolt	F_1	140361,60	[N]
5.21	Coefficient of tightness (prestressing) of the connection	q_a	0,500	
5.22	Safety against side shift	q_r	0,000	



Slika 14. Proračun pritezanja vijka[11]

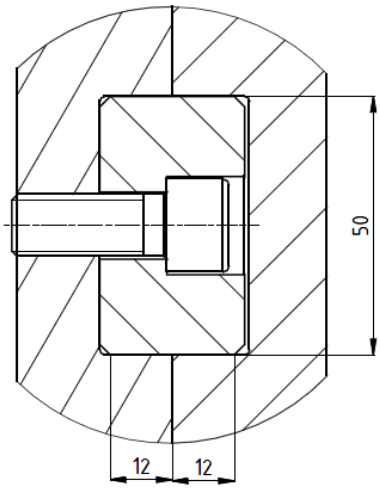
Kao rezultat dobijemo potrebnu minimalnu silu pritezanja F_o i moment pritezanja M=555 Nm koji se navodi na crtežu kompleta rastavljive izvedbe. Vidi se da je najveća sila u vijku F_1=140361,6 N, a reducirano naprezanje σ_{red}=175,61 MPa, Faktor sigurnosti je 3,76 (Slika 14),(Slika 15).

6.0	☑ **Strength checks of statically loaded bolt connections.**			
6.1	**Strength check of connections in the working state**			
6.2	Internal axis force in the bolt	F_1	140361,60	[N]
6.3	Tensile stress in bolt core from the axis force	σ	171,86	[MPa]
6.4	Torsional stress in bolt core from tightening moment	τ	41,69	[MPa]
6.5	Additional bending stress	σ_b	0,00	[MPa]
6.6	Resulting reduced stress in the bolt core	σ_{red}	175,61	[MPa]
6.7	Yield point of the bolt material	S_y	660	[MPa]
6.8	Safety at yield point	n	3,76	

Slika 15. Proračun naprezanja vijka[11]

3.4.2. Proračun pera

Za proračun pera na odrez i površinski tlak, zanemaren je utjecaj sile trenja između ploča i na taj način prelazi se na stranu sigurnosti. Odabrani materijal pera je Ck 45 (Č. 1531).



Slika 16. Pero u spoju između ploča

$$\tau_a = \frac{\frac{F_z}{4}}{A_a} = \frac{\frac{2014000}{4}}{32500} = 15{,}5\ \text{MPa} \tag{5}$$

$$A_a \cong 50 \cdot 650 = 32500\ \text{mm}^2 \text{ prema slici 16 i 13.} \tag{6}$$

$$\tau_{dop} = 0.6 \cdot R_e = 0.6 \cdot 400 = 240\text{MPa [13]} \tag{7}$$

$$\tau_a = 15{,}5\ \text{MPa} < \tau_{dop} = 240\ \text{Mpa}$$

Površinski tlak:

$$p = \frac{\frac{F_z}{4}}{A_p} = \frac{\frac{2014000}{4}}{7800} = 64.55 \text{ MPa} \tag{8}$$

$A_p \cong 12 \cdot 650 = 7800 \text{ mm}^2$ prema slici 16 i 13. (9)

$p_{dop} = 100\text{MPa}$ [12] (10)

$$p = 64.55 \text{ MPa} < p_{dop} = 100 \text{ Mpa}$$

3.5. Proračun zatika na spoju ruke nosača i prirubnice kućišta

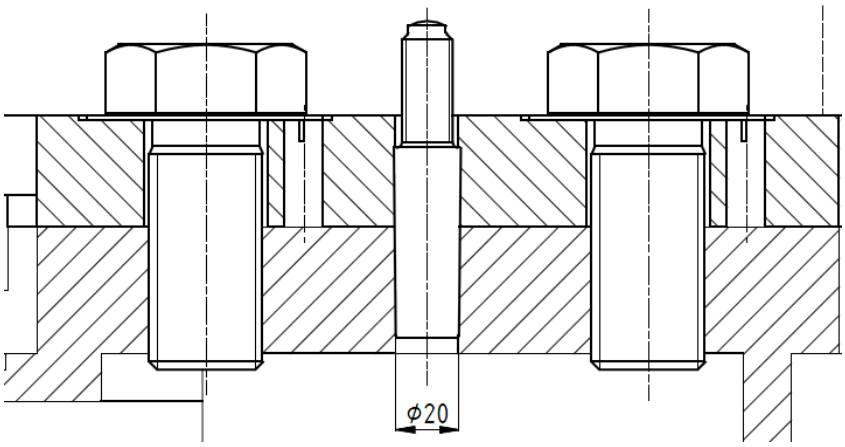
Na svakoj od četiri ruke postavljen je po jedan zatik. Primarna svrha postavljanja ovog zatika je preuzimanje radijalne sile rotora i pozicioniranje nosača na kućište prilikom ponovnih montaža. Zbog toga je zatik koničan.

Zatik se proračunava za najnepovoljniji režim rada generatora (50% kratko spojenih polova rotora) u kojem nastaje najveća radijalna sila na vodeći ležaj. Zatik također sprečava pomicanje nosača uslijed temperaturnih razlika kućišta i nosača, naročito pri čestom zaustavljanju rada generatora. Temperaturne razlike su izraženije kada je dio nosač zajedno sa rukama iznad gornjeg pokrova i na taj način je izložen nižim temperaturama nego što je izložene kućište (Slika 16).

U ovom proračunu zanemarujemo silu trenja između spoja koja nastaje uslijed ukupne aksijalne sile $F_{z.}$ i sile pritezanja vijaka do 1/2 granice tečenja.

Na slici 15 vidljivi su vijci koji spajaju nosač za kućište. Po jednoj ruci ima ih 4. Ove vijke nije potrebno proračunavati jer najveći udio naprezanja nastaje zbog sile pritezanja vijaka. Zbog toga što se nosač i kućište statora ne ponašaju kao kruto tijelo nego kao elastično, dolazi do disipacije energije pri savijanju nosača i savijanja gornje prirubnice kućišta a tako i do zanemarivog naprezanja vijaka. Veličina M36 je odabrana na osnovu dosadašnjih načina spajanja nosača i kućišta na većim hidrogenratorima. [5]

Odabrani materijal zatika je E295 (Č.0545).



Slika 17. Zatik u spoju između nosača i kućišta

$$\tau_z = \frac{F_r}{4 \cdot A_z} = \frac{207900}{4 \cdot 314.16} = 165 \text{ MPa} \quad \textbf{(11)}$$

$$A_z \cong \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{20^2 \cdot \pi}{4} = 314.16\text{mm}^2 \quad \textbf{(12)}$$

$$\tau_{zdop} = 0.6 \cdot R_e = 0.6 \cdot 300 = 180\text{MPa [12]} \quad \textbf{(13)}$$

$$F_{r3} = 207900 \text{ N}$$

F_{r3} je najveća radijalna sila koja nastaje zbog režim rada generatora pri 50% kratko spojenih polova rotora.

$$\tau_z = 165 \text{ MPa} < \tau_{zdop} = 180 \text{ Mpa}$$

4. PRORAČUN NOSAČA

Proračun nosača provodi se prema zadanim uvjetima iz projekta uz pomoć metode konačnih elemenata. Potrebno je izračunati krutost nosača u aksijalnom i radijalnom smjeru. Također je potrebno zadovoljit čvrstoću u zavisnosti o uvjetima rada.

Veličine radijalne sile *F*r zavise o uvjetima rada generatora (Tablica 1) i ulazni su parametar u proračun nosača, a dobivene su iz proračuna kritičnih brzina vratila koji obuhvaća i reakcije u vodećim ležajevima pri djelovanju sila na rotor (Slika 18).

Tablica 1. Uvjeti rada i sila na gornji vodeći ležaj [5]

Uvjeti rada	Radijalna sila *F*r na gornji vodeći ležaj
1. Nominalna brzina	Fr_1 = 59.6 kN
2. Pogrešna sinkronizacija	Fr_2 = 124.2 kN
3. 50% kratko spojenih polova	Fr_3 = 207.9 kN

Aksijalna sila *F*z = 2014000 N je ulazni parametar (ovisi o masi rotora, turbine i hidrauličkoj sili opterećenja turbine) i djeluje na gornji noseći ležaj te je konstantna u sva tri uvjetia rada.

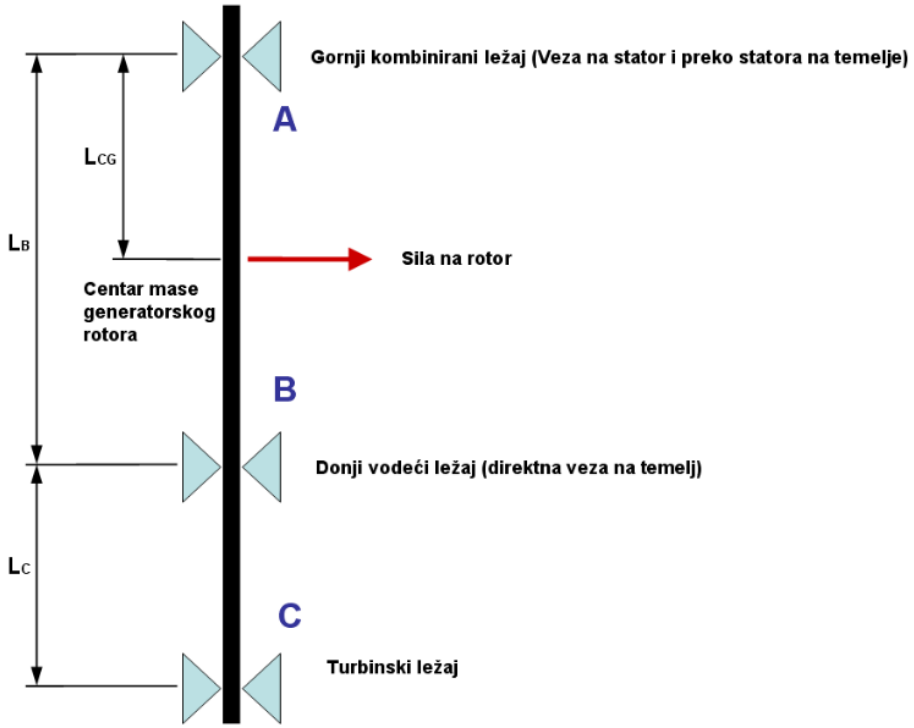
Iako je u stvarnom radu generatora pri nominalnoj brzini ta sila manja, zbog dodatne sigurnosti se uzima maksimalna moguća aksijalnu sila koja se može postići na turbini (podaci dostavljeni od strane proizvođača turbine) bez obzira na brzinu vrtnje. Tako da je u svim uvjetima rada uračunato pojava takozvanog pobjega rotora (turbina se slobodno vrti bez tereta sve dok se ne zatvore turbinske lopatice).

Na (Slika 17) shematski je prikazan položaj vodećih ležajeva hidrogeneratora na koje se raspoređuje radijana sila rotora koja zavisi o uvjetima rada.

Za uvjet rada pod 1. naprezanja mogu biti najviše do 1/3 granice razvlačenja. [5]

Za materija S355J2+N vlačna čvrstoće R_m = 490 MPa i granica razvlačenja $R_{p0.2}$ = 335 MPa [14]

Uvjeti rada 2. i 3. (Tablica 1) su kratkotrajne pojave i kao takve smiju povećati naprezanja u nosaču do najviše 2/3 granice razvlačenja [5].

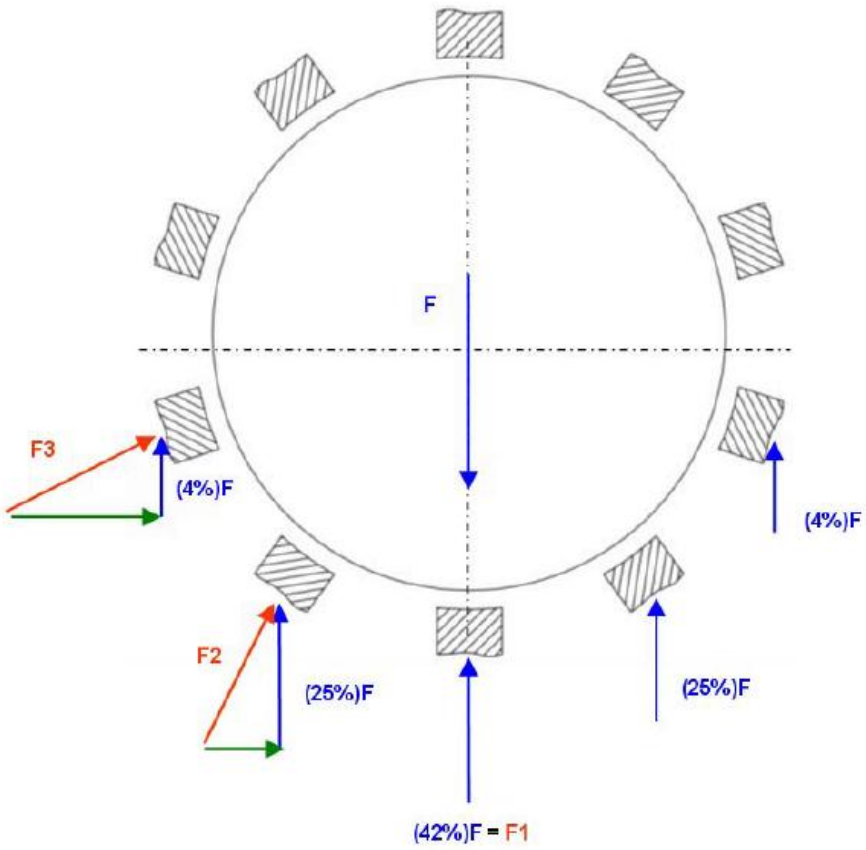


Slika 18. Sila na rotor [5]

4.1. Radijalna sile na vodeći ležaj

Segmenata je deset i simetrično su postavljeni. Pri zamišljenoj radijalnoj sili vratila F (plava boja) javljaju se reakcijske komponente sile u segmentima ležaja koje su paralelne s istom (plava boja s postotkom udjela radijalne sile). Raspored reakcijske komponente sile na segmente gornjeg vodećeg ležaja prikazan je na slici 18.

Da bi se postavila radijalne sile na segmente u proračunskom modelu, potrebne su reakcijske sile okomite na segmente F_1, F_2, F_3(crvena boja).



Slika 19. Raspored radijalne sile na segmente[5]

U nastavku su izračunate okomite sile (crvena boja) na segment u zavisnosti o uvjetima rada.

Kut između segmenata: 360 /10=36°

Uvjet rada 1. Nominalna brzina: $F = Fr_1 = 59.6$ kN

$$F_1 = F_{r1} \cdot 0.42 = 59600 \cdot 0.42 = 25032 \text{ N} \tag{14}$$

$$F_2 = \frac{F_{r1} \cdot 0.25}{\cos 36} = \frac{59600 \cdot 0.25}{0.809} = 18417 \text{ N} \tag{15}$$

$$F_3 = \frac{F_{r1} \cdot 0.04}{cos72} = \frac{59600 \cdot 0.04}{0.309} = 7714 \text{ N} \tag{16}$$

Uvjet rada 2. Pogrešna sinkronizacija: $F = Fr_2 = 124.2$ kN

$$F_1 = F_{r2} \cdot 0.42 = 124200 \cdot 0.42 = 52164 \text{ N} \tag{17}$$

$$F_2 = \frac{F_{r2} \cdot 0.25}{\cos 36} = \frac{124200 \cdot 0.25}{0.809} = 38380 \text{ N} \tag{18}$$

$$F_3 = \frac{F_{r2} \cdot 0.04}{cos72} = \frac{124200 \cdot 0.04}{0.309} = 16077 \text{ N} \tag{19}$$

Uvjet rada 3. 50% kratko spojenih polova: $F = F_{r3}$ = 207.9 kN

$$F_1 = F_{r3} \cdot 0.42 = 207900 \cdot 0.42 = 87318 \text{ N} \tag{20}$$

$$F_2 = \frac{F_{r3} \cdot 0.25}{\cos 36} = \frac{207900 \cdot 0.25}{0.809} = 64245 \text{ N} \tag{21}$$

$$F_3 = \frac{F_{r3} \cdot 0.04}{cos72} = \frac{207900 \cdot 0.04}{0.309} = 26911 \text{ N} \tag{22}$$

4.2. Metoda konačnih elemenata

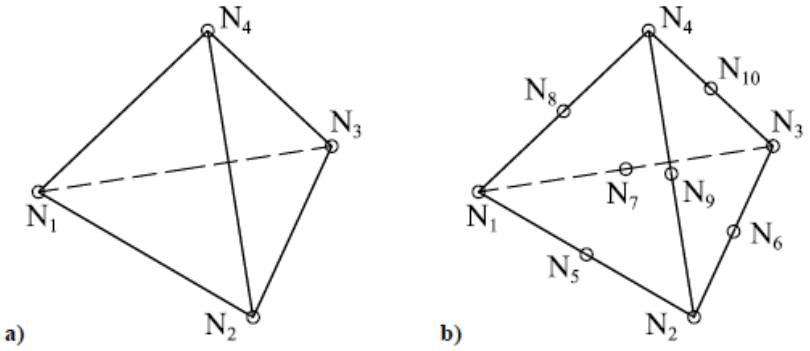
Metoda konačnih elemenata (MKE) numerička je metoda temeljena na diskretizaciji kontinuuma. MKE je prikladna numerička metoda za analizu složenih konstrukcijskih problema, prvenstveno onih koje je komplicirano riješiti poznatim analitičkim metodama te je u tom kontekstu korištena kao alat pri izradi ovog rada [15] [16].

Jedan od primijenjenih načina ispitivanja točnosti dobivenih rješenja je ispitivanje konvergencije. Cilj analize je da se rješenja dobivena pomoću MKE što više približe vrijednostima koje dovoljno točno opisuju razmatrani problem. S povećavanjem broja konačnih elemenata (KE) numerička rješenja moraju se približavati točnim vrijednostima. To fizikalno znači da usitnjavanjem mreže KE energija deformiranja konvergira prema točnom iznosu energije deformiranja PM. Pritom se podrazumijeva da se mreža s većim brojem KE dobiva tako da se elementi početne mreže dijele na više manjih elemenata. Opisana metoda približavanja točnom rješenju uz jednoliko smanjenje dimenzija elemenata, u literaturi je poznata kao h-postupak [17].

Pri stvaranju 3D mreža za kompliciranije geometrije korišteni su isključivo parabolični tetraedri odnosno 3D elementi drugog reda koji daju veću točnost od elemenata prvog reda te su učinkoviti za rješavanje problema savijanja. Također, učinkovitije prikazuju koncentracije naprezanja i bolje opisuju geometriju modela uz manji broj elemenata.

Trodimenzionalni elementi daju precizna rješenja ukoliko elementi nisu iskrivljeni prilikom generiranja mreže na modelu koji se analizira. To znači da konačni elementi moraju što bolje odgovarati svom referentnome obliku prilikom opisivanja zadanog problema.

Tetraedar drugog reda ima 10 čvorova, a svaki čvor ima 3 stupnja slobode gibanja (3 translacije) (slika 19) [16].



Slika 20. Tetraderski konačni element: a) osnovni, b) parabolični [17]

4.2.1. Verifikacija konačnih elemenata

Primjenom programskog paketa *SolidWorks* [15] napravljena je analiza naprezanja i deformacije jednostavnog numeričkog modela grede. Na jednostavnom primjeru cilj je provjeriti konvergenciju rješenja i usporediti numerička rješenja s analitičkim rješenjima dostupnim u literaturi.

Model grede visine h=10mm, širine b=50mm i duljine l=500mm diskretiziran je s tetraedarskim elementima drugog reda. Prema [18] trebaju vrijediti ograničenja: visina štapa h malena je u usporedbi s rasponom l te treba biti ispunjen uvjet $h/b \leq 1/5$ do 1/4, omjer maksimalnog pomaka i raspona je malen, tj. $w_{max}/l \leq 0{,}01$ do 0,02.

Postavljen je Poissonov faktor ν =0. Odabrana je sila koja djeluje okomito na kraju grede $F_š$= 100N ali u modelu se postavlja pola iznosa sile jer se razmatra samo pola modela zbog simetrije.

Analitičko rješenje najvećeg naprezanja i progiba prema [13] glasi

$$\sigma_s = \sigma_{ekv} = \frac{F_š \cdot l}{b \cdot h^2} \cdot 6 = \frac{100 \cdot 500}{50 \cdot 10^2} \cdot 6 = 60 \text{ MPa} , \tag{23}$$

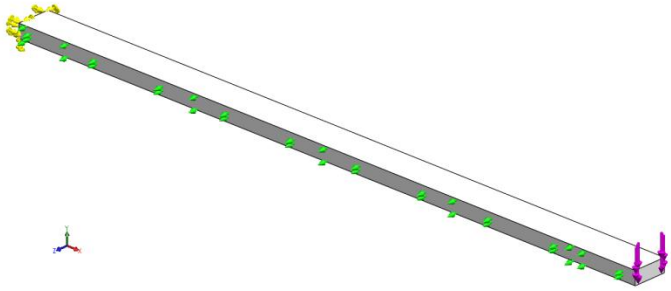
$$w_{max} = \frac{F_š \cdot l^3}{E \cdot b \cdot h^3} \cdot 4 = \frac{100 \cdot 500^3}{210000 \cdot 50 \cdot 10 h^3} \cdot 4 = 4{,}7619\text{mm} , \tag{24}$$

< usvojen je modul elastičnosti

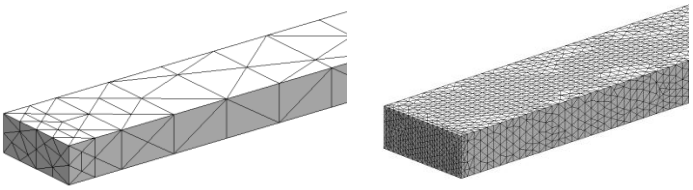
E=210000 MPa za čelik.

Slika 20 prikazuje rubne uvjete simetrije (zeleno) i uklještenje na jednom kraju (žuto) te djelovanje sile na drugom kraju (ljubičasto).

Slika 21 prikazuje Prvu i zadnju gustoću mreže.

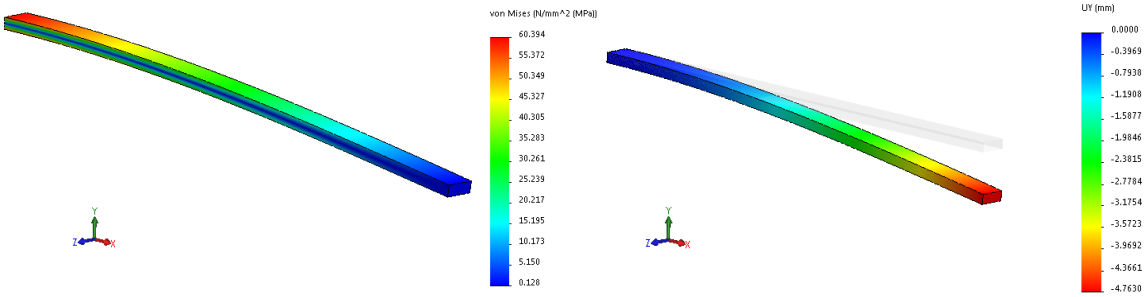


Slika 21. Rubni uvjeti na modelu štapa

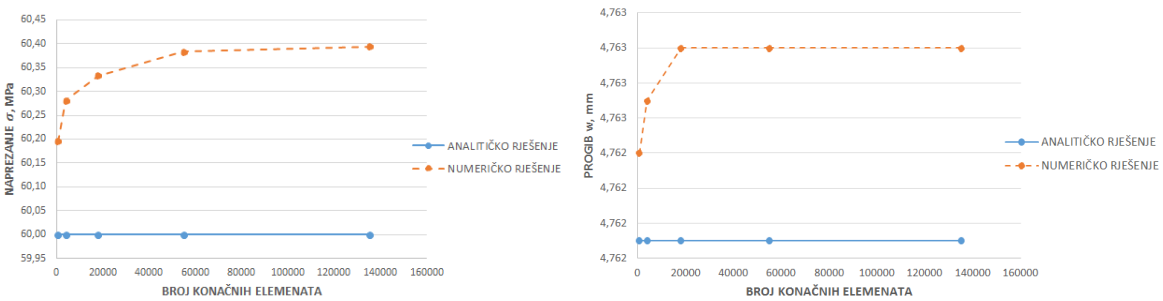


a) b)

Slika 22. Mreža: a) 608 KE , b) 135217 KE



Slika 23. Naprezanje grede po von Mises-u i progib u smjeru osi *y*



Slika 24. Konvergencija naprezanja i progiba štapa

Na slici 24 vidljivo je da naprezanja i progib konvergiraju ta tetraedarski KE drugog reda.

Tablica 2. Progib i naprezanje štapa u zavisnosti o broju KE

Broj KE	Iznos progiba w	Naprezanje σ
608	4,7624	60,195
3970	4,7627	60,281
18038	4,763	60,333
54976	4,763	60,383
135217	4,763	60,394

Relativna greška E_{rel} definirana je kao razlika između dva susjedna rješenja diskretizacije. U zadnjem koraku za progib relativna pogreška poklapa se na treću decimalu dok u zadnjem koraku za naprezanje iznosi:

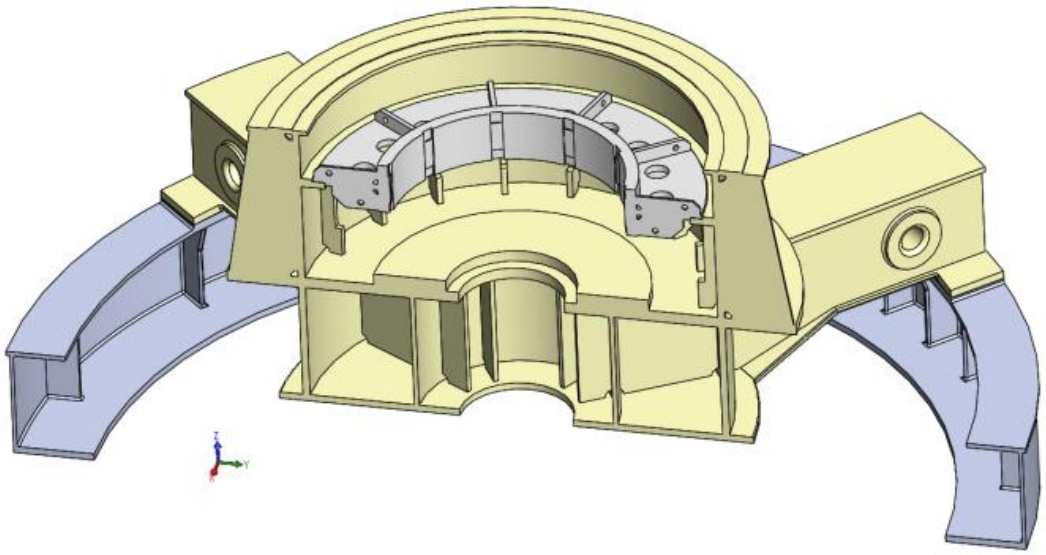
$$E_{\mathrm{rel}} = \left(\frac{60{,}394}{60{,}383} - 1\right) \cdot 100 = 0{,}018\ \%$$

Odstupanje numeričkih rezultata od analitičkih:

$$E_{\mathrm{rel}} = \left(\frac{60}{60{,}383} - 1\right) \cdot 100 = 0{,}638\%$$

4.3. Proračunski model

Proračunski model nosača je pojednostavljen zbog smanjenja potrebnih resursa pri izradi mreže i simulacije naprezanja i krutosti. Pojednostavljivanjem nije narušena glavna struktura nosača nego su izbačeni manji dijelovi koji ne utječu na čvrstoću nosača (Slika 25)



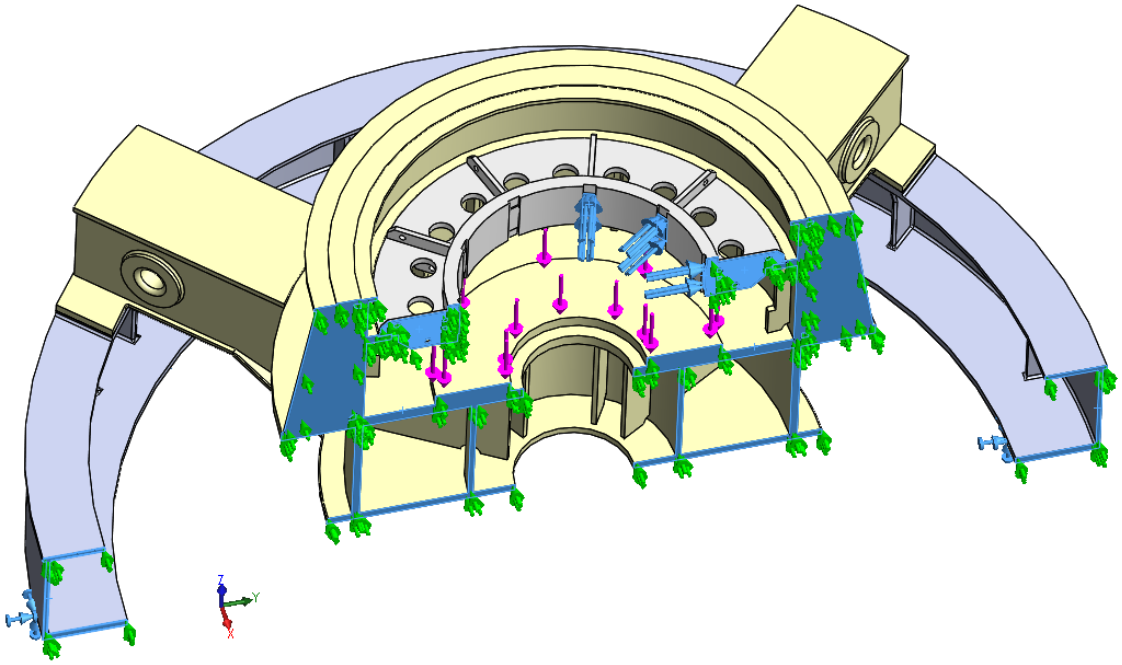
Slika 25. Pojednostavljeni proračunski model

Da bi se dobila što točnija naprezanja u nosaču (onakva kakva će bit u eksploataciji) dodan je dio kućišta. Taj gornji dio kućišta, u oblika dva kružna vijenca spojena vanjskom oplatom i rebrima, se pod opterećenjem također deformira i na taj način umanjuje koncentracije naprezanja u nosaču. Sredina kućišta zajedno sa statorskim limovima ima jaču krutost i nije pridodana modelu da se ne opterećuje model s dodatnim KE.

Također, da bi se postavila radijalna sila na nosač dodan je model nosača vodećih segmenata i pričvršćen je na prirubnicu unutar tijela nosača tako da prihvat najveće komponente radijalne sile bude u ravnini simetrije.

Na nosač segmenata su postavljene sile prema rasporedu prikazanim na (Slika 19), (Slika 26) a njihova veličina zavisi o uvjetima rada što je vidljivo u jednadžbama (14) do (22). Plave strelice prikazuju komponente radijalne sire F_R.

Sila F_1 kao komponenta sile F_R prema jednadžbama (14), (17) , (20) koja se nalazi u ravnini simetrije dijeli se na pola iznosa.

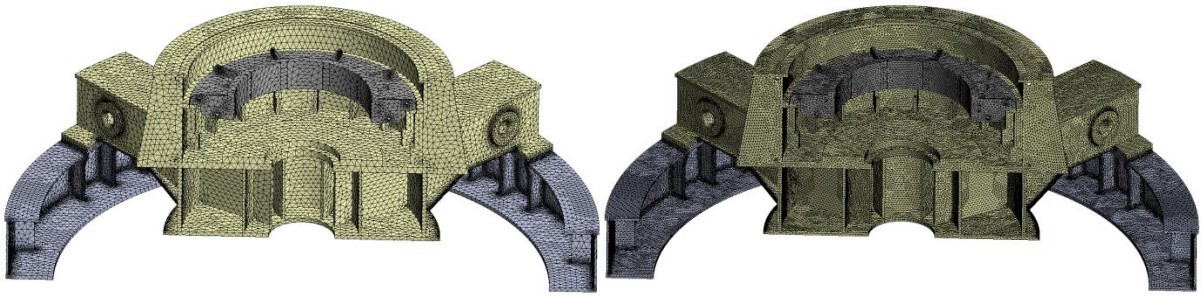


Slika 26. Sile i rubni uvjeti na nosaču

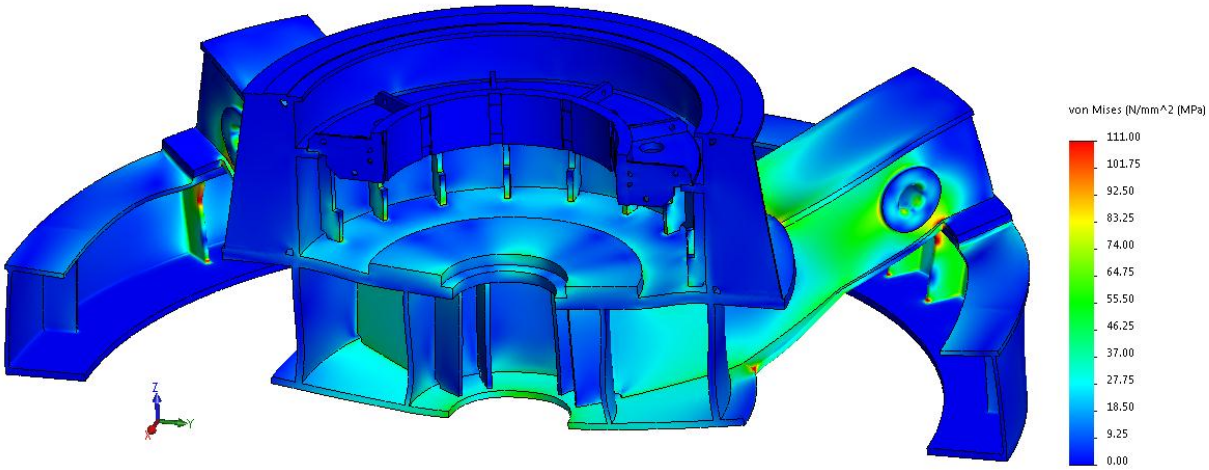
Slika 26 prikazuje proračunski model sa rubnim uvjetima simetrije i uklještenja na donjoj plohi gornjeg dijela kućišta. Postavljena je aksijalna sila (ljubičaste strelice) na mjesto gdje dolaze segmenti nosećeg ležaja.

Na slikama 27 do 29 prikazana je mreža KE i naprezanja u nosaču te mjesto koncentracije naprezanja pri prvom uvjetu rada.

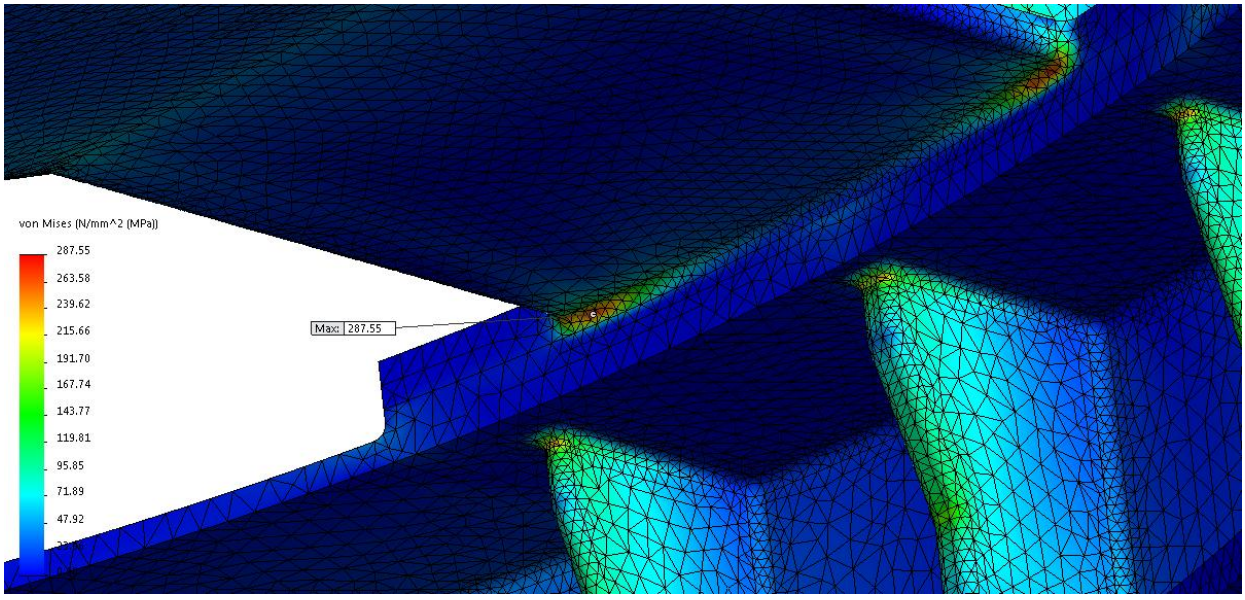
4.3.1. Nominalna brzina-1. uvjet rada



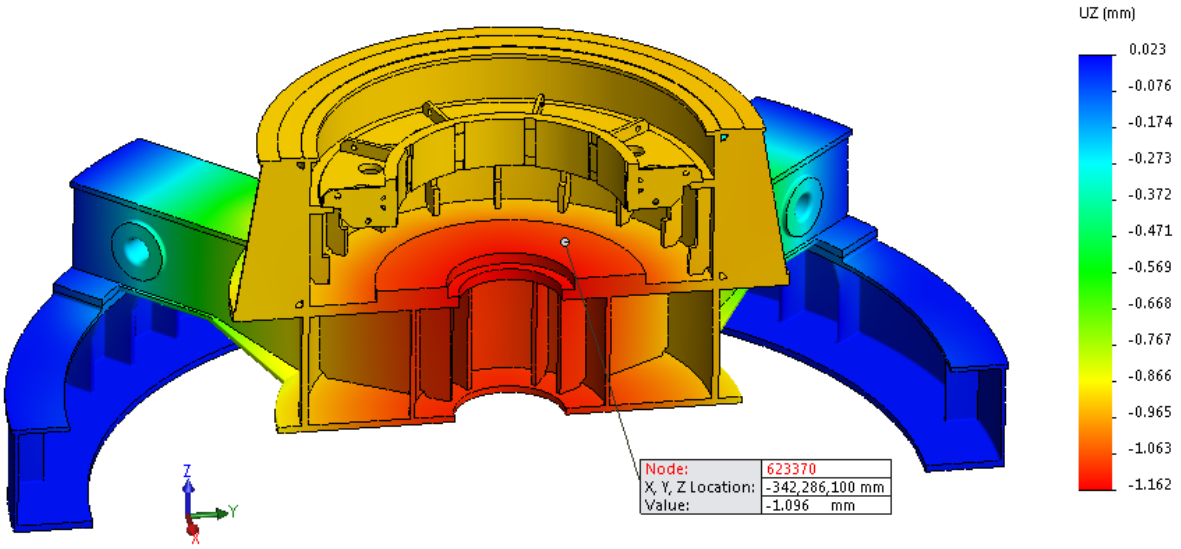
Slika 27. Mreža od 260317 KE i od 1162117 KE



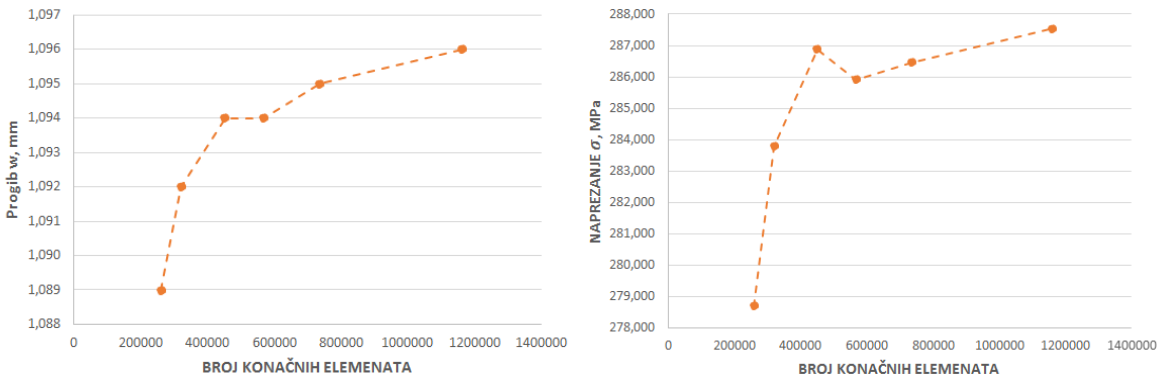
Slika 28. Naprezanje po von Mises-u s granicom do 1/3 $R_{p0.2}$ za 1. uvjet rada



Slika 29. Koncentracija naprezanje za 1. uvjet rada



Slika 30. Pomak nosača s kućištem po Z osi na mjestu nosećeg ležaja



Slika 31. Konvergencija naprezanja i pomak nosača

Tablica 3. Progib i naprezanje nosača u zavisnosti o broju KE

Broj konačnih elemenata	Iznos progiba w	Naprezanje σ
260317	1,089	278,71
320644	1,092	283,80
451186	1,094	286,88
567733	1,094	285,92
736486	1,095	286,47
1162117	1,096	287,55

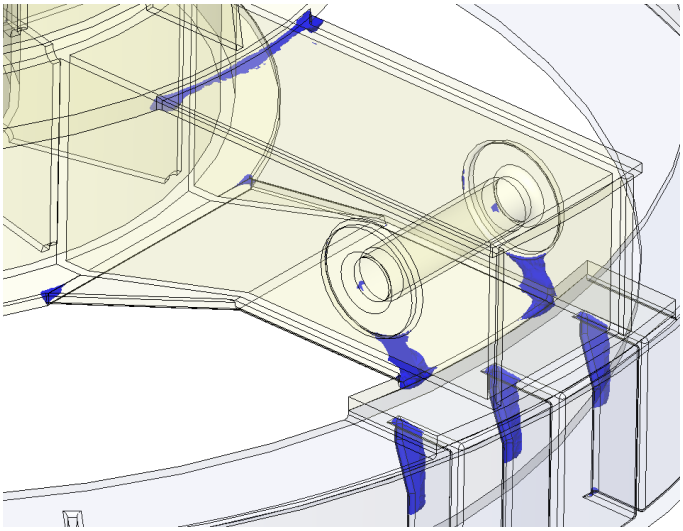
Relativna greška naprezanja u zadnjem koraku diskretizacije:

$$E_{\mathrm{rel}} = \left(\frac{287{,}55}{286{,}47} - 1\right) \cdot 100 = 0{,}377\ \%$$

Relativna greška progiba u zadnjem koraku diskretizacije:

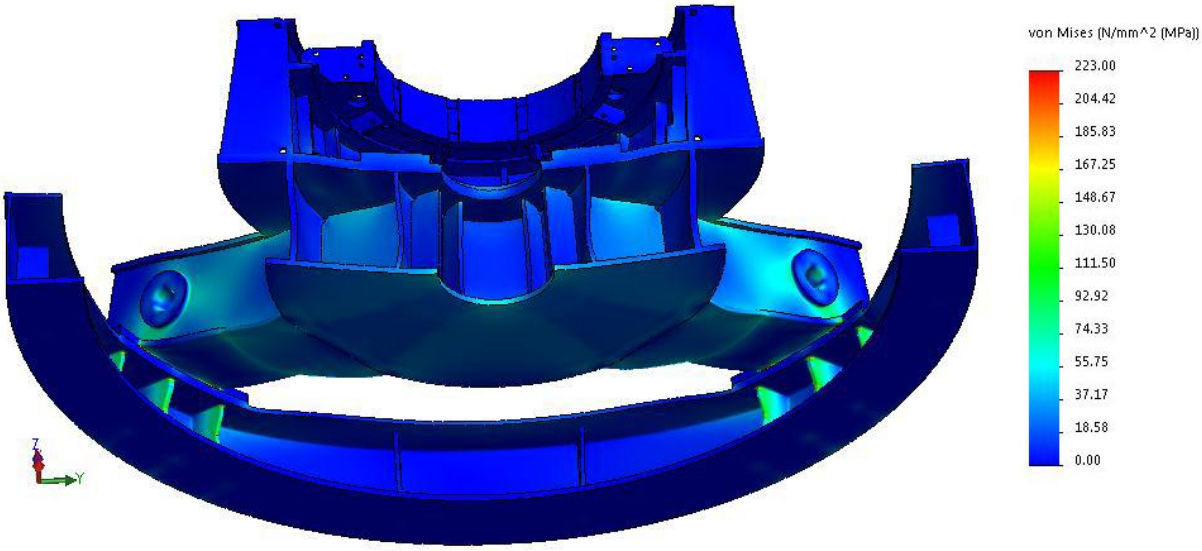
$$E_{\mathrm{rel}} = \left(\frac{1{,}096}{1{,}095} - 1\right) \cdot 100 = 0{,}091\ \%$$

Na temelju prethodnog vidljivo je da će rezultati konvergirati.

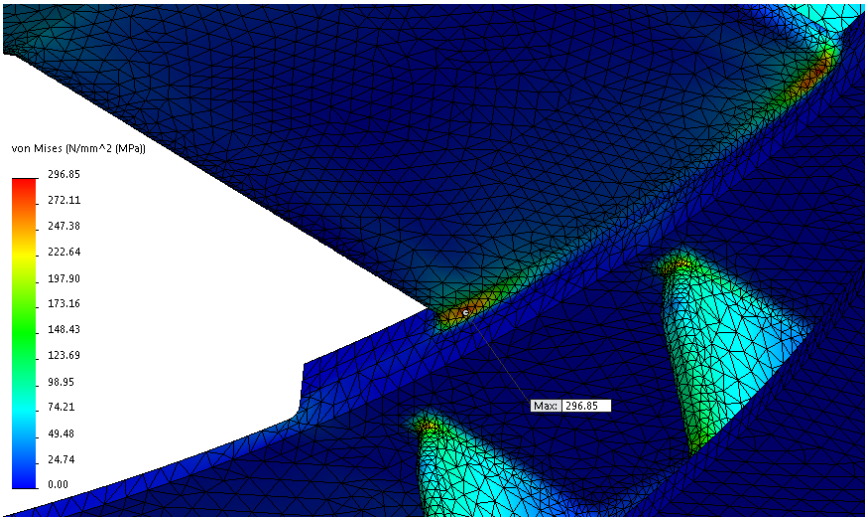


Slika 32. Unutarnja koncentracije naprezanja

4.3.2. Pogrešna sinkronizacija-2. uvjet rada

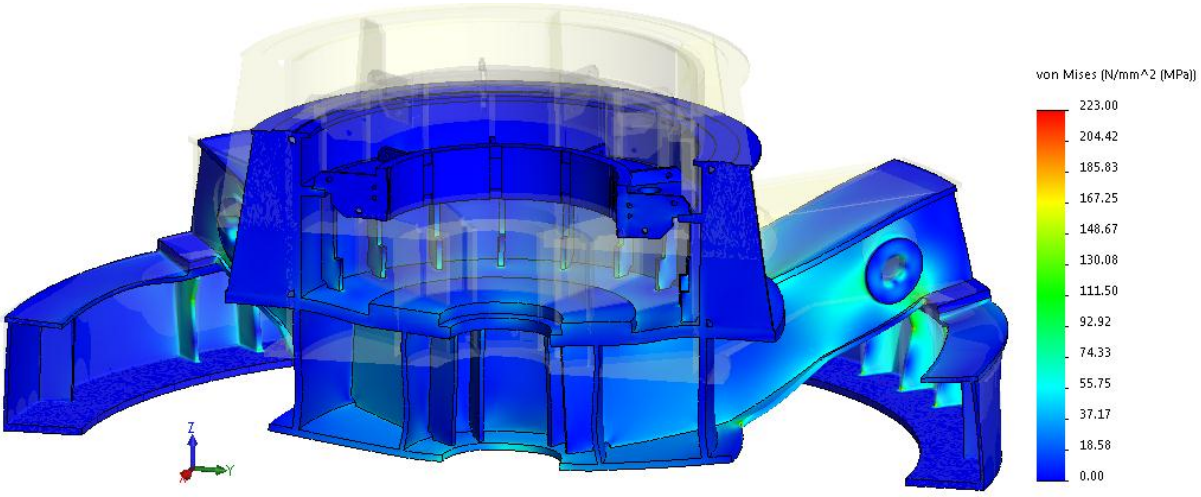


Slika 33. Naprezanje po von Mises-u s granicom do 2/3 $R_{p0.2}$ za 2. uvjet rada

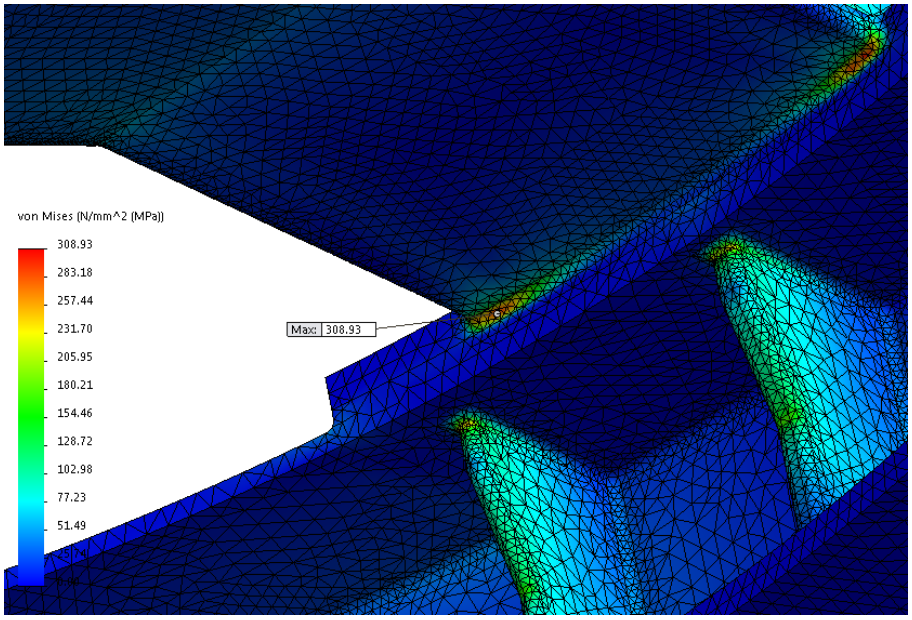


Slika 34. Koncentracija naprezanje za 2. uvjet rada

4.3.3. 50% kratko spojenih polova-3. uvjet rada

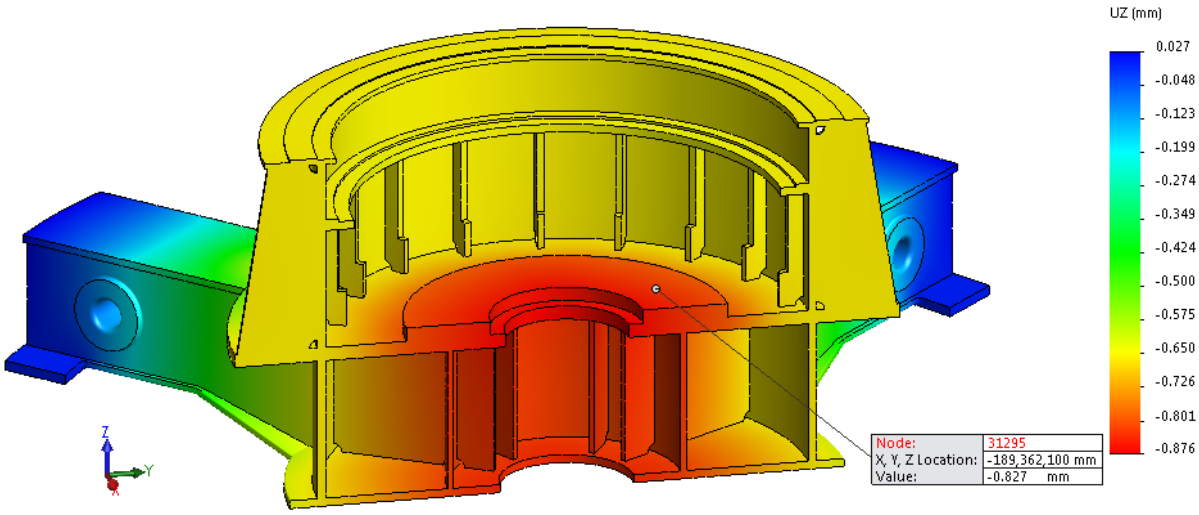


Slika 35. Naprezanje po von Mises-u s granicom do 2/3 $R_{p0.2}$ za 3. uvjet rada



Slika 36. Koncentracija naprezanje za 3.uvjet rada

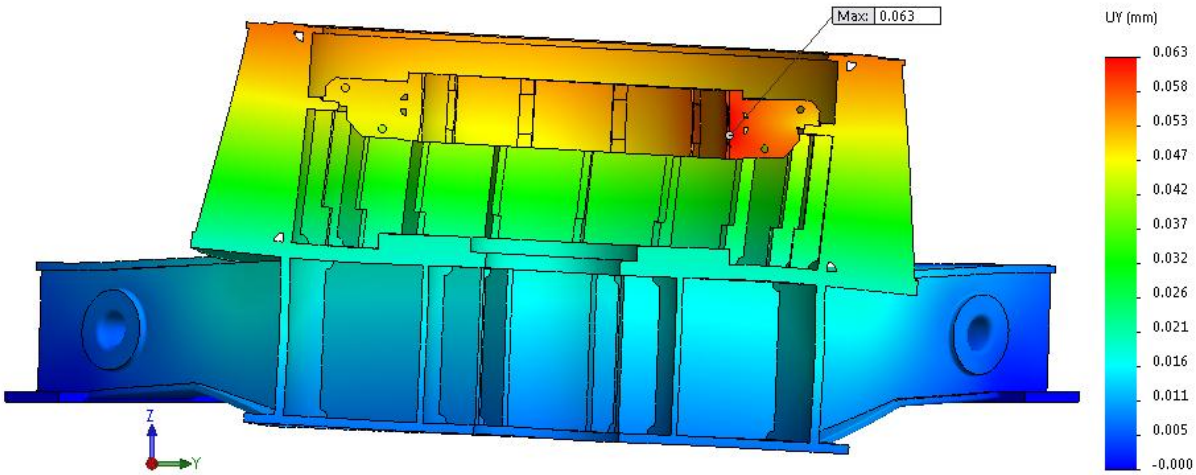
4.4. Deformacija nosača



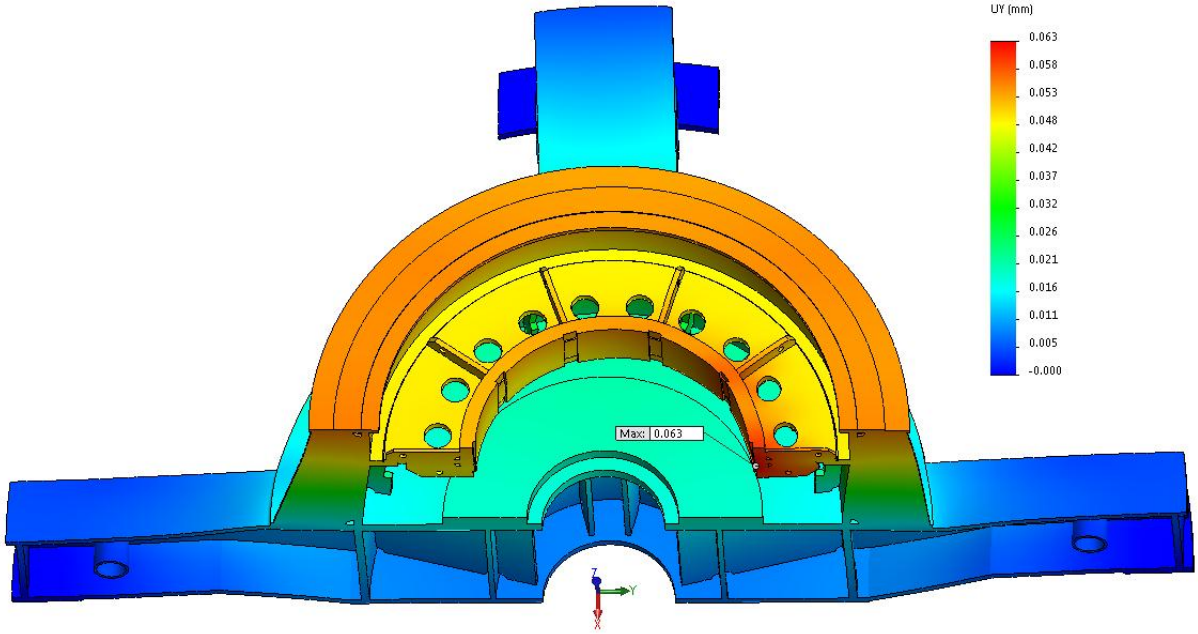
Slika 37. Pomak nosača po Z osi na mjestu nosećeg ležaja

Aksijalna krutost nosača :

$$\frac{F_z}{\Delta z} = \frac{2014000}{0.827} = 2435308\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}} \cong 2{,}435\,\frac{\mathrm{MN}}{\mathrm{mm}}$$



Slika 38. Pomak nosača po Y osi na mjestu vodećeg ležaja uslijed djelovanja radijalne sile između ruku nosača



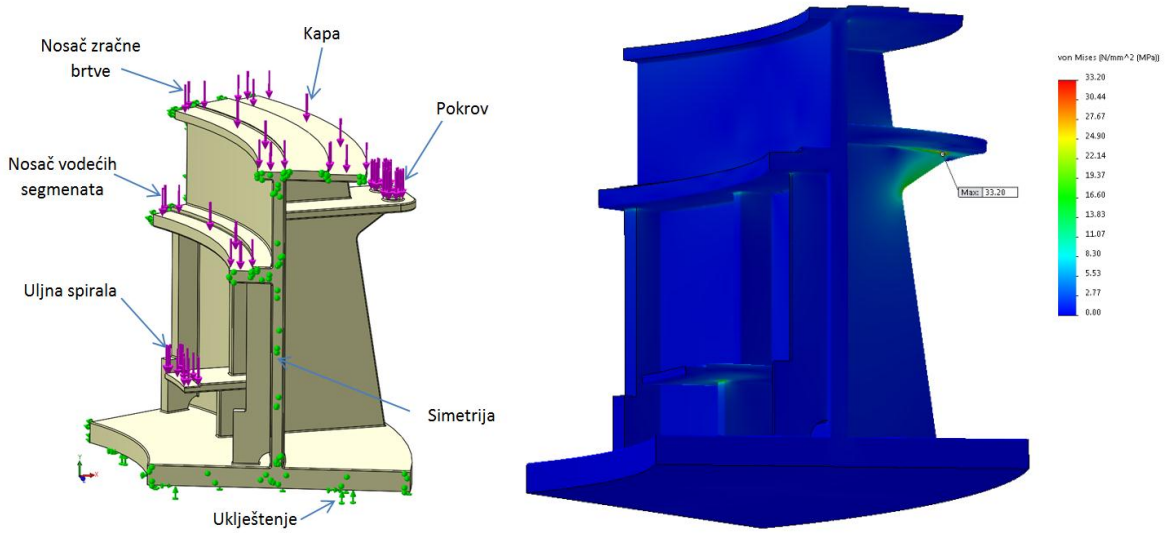
Slika 39. Pomak nosača po Y osi na mjestu vodećeg ležaja uslijed djelovanja radijalne sile u ruku nosača pri nominalno brzini

Radijalna krutost nosača :

$$\frac{F_z}{\Delta y} = \frac{59600}{0.063} = 946032\,\frac{\mathrm{N}}{\mathrm{mm}} \cong 0{,}946\,\frac{\mathrm{MN}}{\mathrm{mm}}$$

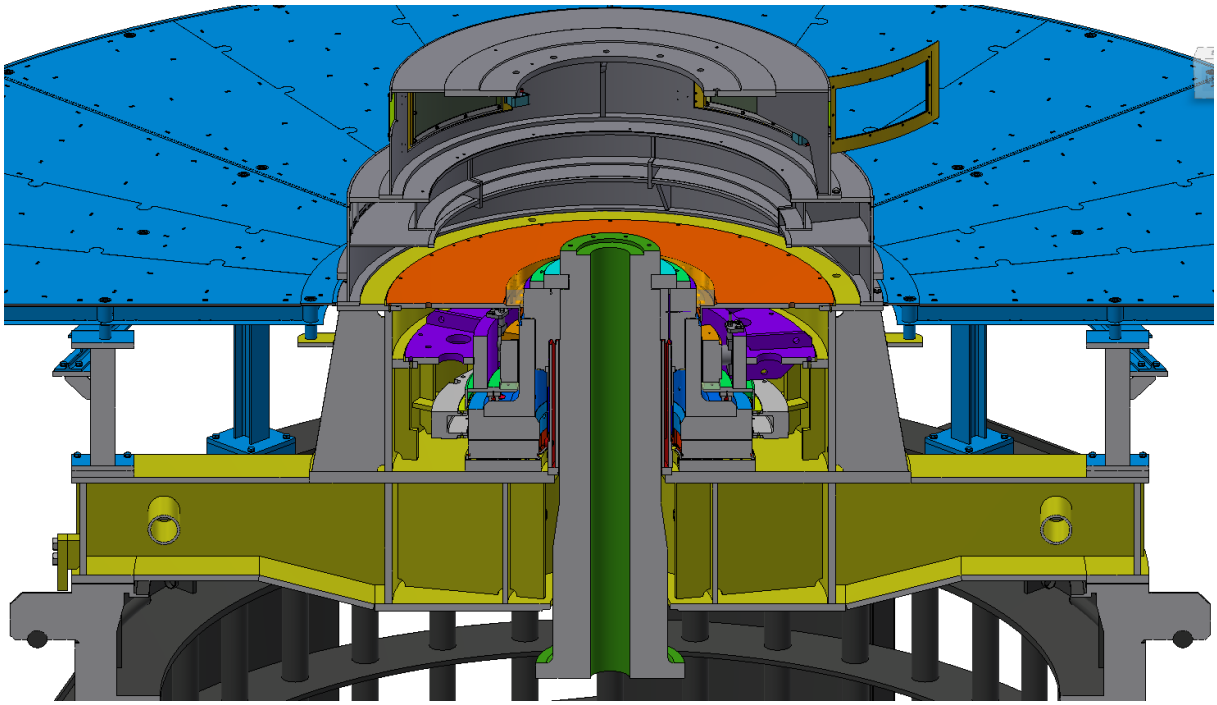
4.5. Sklop nosača s ostalim djelovima

Slika 40 prikazuje sve dijelove koji se spajaju na nosač i opterećuju ga vlastitom težinom. Postavljeni su rubni uvjeti i sile a kao rezultat dobijemo da je najviše opterećena ploča koja nosi pokrov.



Slika 40. Dijelovi koji opterećuju nosač i naprezanje po von Mises-u

Slika 41 prikazuje nosač u sklopu s glavnim dijelovima [8].



Slika 41. Presjek sklopa nosača s ostalim dijelovima

5. ZAKLJUČAK

Cilj rada bio je konstruirati nosač gornjeg kombiniranog ležaj za projekt izgradnje nove hidroelektrane. Nosač tijekom eksploatacije mora podnijeti opterećenja u najtežim uvjetima rada hidrogeneratora. Prilikom procesa konstruiranja znatan dio vremena je posvećen usklađivanju funkcionalnosti i montaže nosača s ostalim dijelovima koji se na njega spajaju ili prolaze kroz njega. To je posebno bilo otežano s onim elementima za koje se ne izrađuju 3D modeli. Poznato je da su najbezbolnije pogreške, kolizije u pojedinim sklopovima, koje se otkriju i otklone dok su sklopovi još uvijek izrađeni samo kao 3D modeli, a najgore kad se pogreške ustanove pri montaži na terenu u hidroelektrani ili u radu samog generatora.

Prilikom tehnologičnog oblikovanja zavarene konstrukcije jedan od najvažnijih elemenata na tehničkoj dokumentaciji zavarene konstrukcije su dodaci za strojnu obradu. Saznajući korisne informacije iz negativnih iskustava prilikom strojne obrade lonca, napravljene su korekcije na uobičajenim dodacima za strojnu obradu pri izradi crteža zavara lonca. Također je trebalo voditi računa o koncentracijama naprezanja i po mogućnosti postaviti ojačanja.

S obzirom da se radi o nosaču koji nosi svu masu rotora i turbinskih dijelova, pokazalo se da nosač mora imati ima veću krutost u aksijalnom smjeru. Ako se želi dobiti stvarni pomak nosećeg ležaja u radu hidrogeneratora, potrebno bi bilo koristiti cijelo kućište u proračunskom modelu, što zahtjeva vrijeme i resurse zbog znatnog povećanja broja konačnih elemenata.

LITERATURA

[1] https://hr.wikipedia.org/wiki/Hidroelektrana

[2] http://www.koncar-gim.hr/hr/proizvodni_program/Veliki_Generatori/Reference

[3] https://www.grad.unizg.hr/_download/repository/3_KVS_koristenjevodnih_snaga[1].pdf

[4] https://www.snowyhydro.com.au/

[5] Končar Generatori i Motori d.d., Zagreb – Interni podaci

[6] Milosavljević, V., Petrović D. S., Hidrogeneratori, Režimi rada, konstrukcije i kvarovi, Istraživački centar ICNT, Beograd, 2007.

[7] Tehnologično oblikovanje, podloge s predavanja, FSB, Zagreb, 2015.

[8] Autodesk Inventor Professional 2016.

[9] https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/1997_07_76_1352.html

[10] Ščap D., Prenosila i dizala, Podloge za konstrukciju i proračun. FSB Zagreb, 1990.

[11] MITCalc ver. 1.24

[12] Decker, K. H.: Elementi strojeva, Tehnička knjiga Zagreb, 1975.

[13] Kraut, B.: Strojarski priručnik, Tehnička knjiga Zagreb, 1970.

[14] Toplo valjani proizvodi od konstrukcijskih čelika-2. dio: Tehnički uvjeti isporuke za nelegirane konstrukcijske čelike (EN 10025-2:2004)

[15] Solidworks simulation 2015.

[16] Sorić, J., Metoda konačnih elemenata, Golden marketing, Zagreb 2004.

[17] Čakmak, D., Numerička analiza krutosti gumenog zgloba rastojnika-prigušivača, Diplomski rad, FSB, Zagreb 2015.

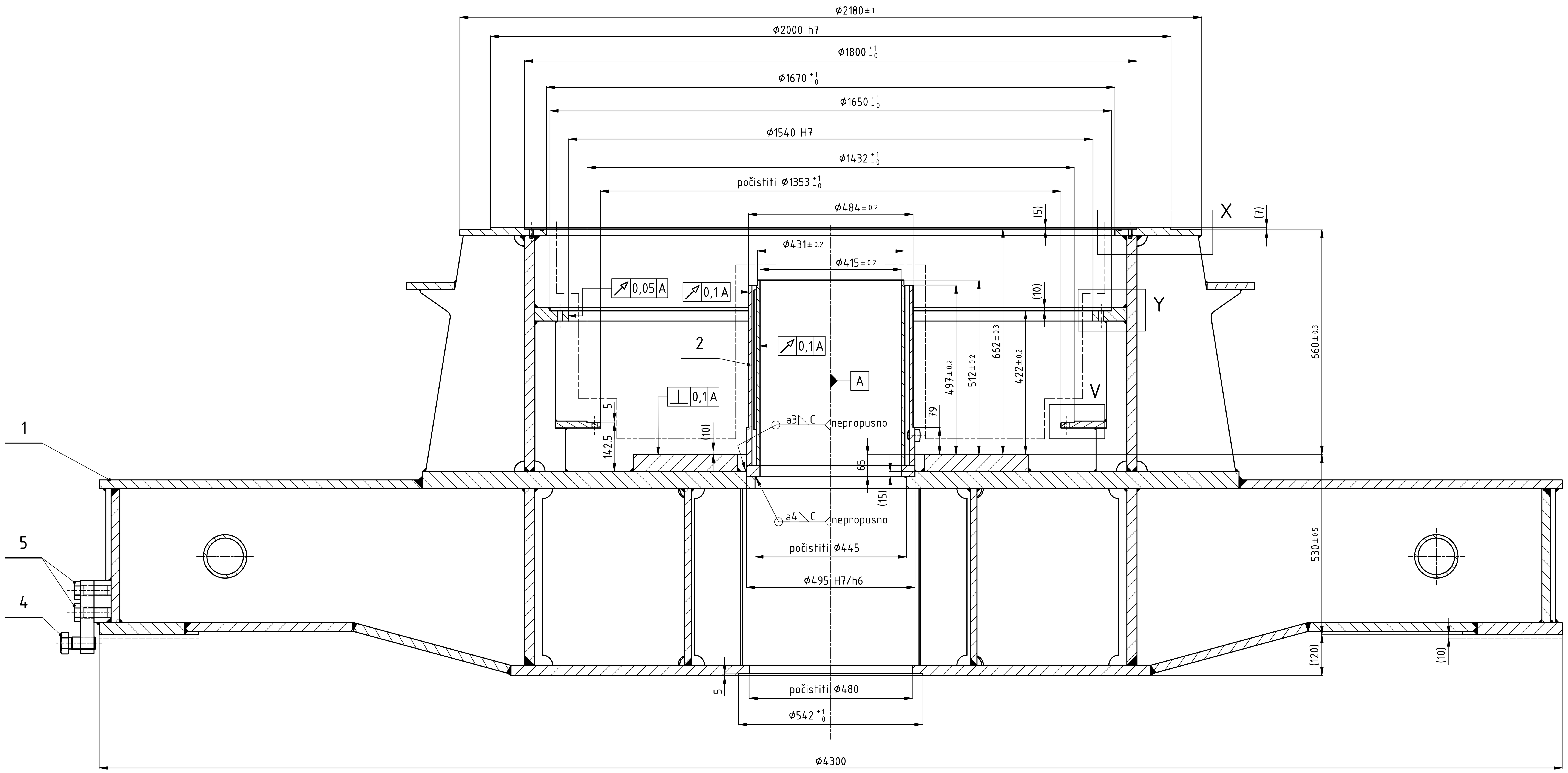
[18] Alfirević, I., Nauka o čvrstoći I, Tehnička knjiga, Zagreb 1995.

PRILOZI

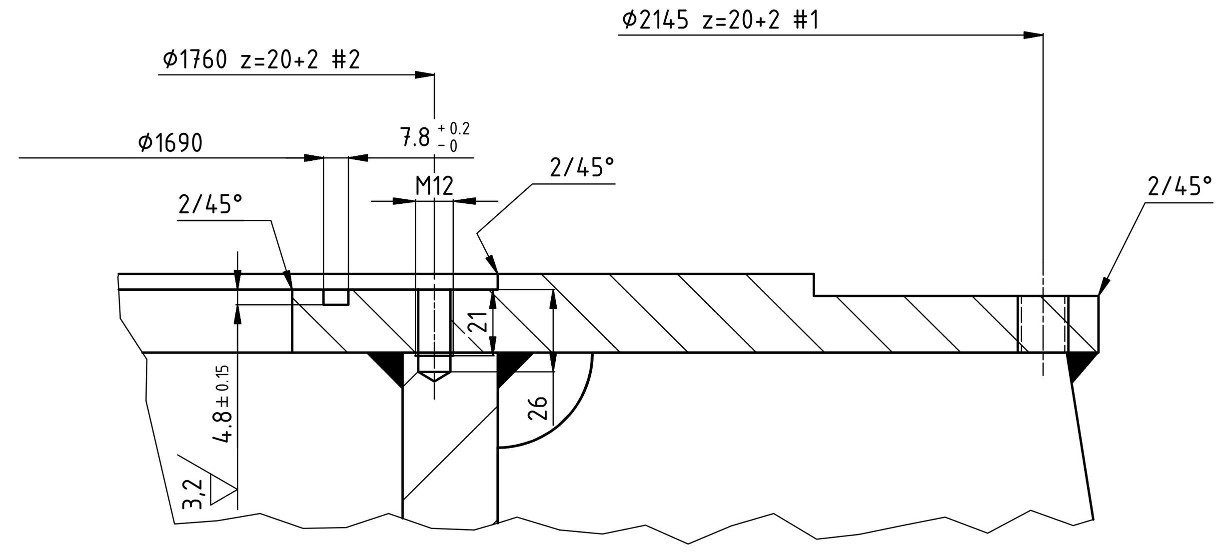
I. CD-R disc

II. Tehnička dokumentacija

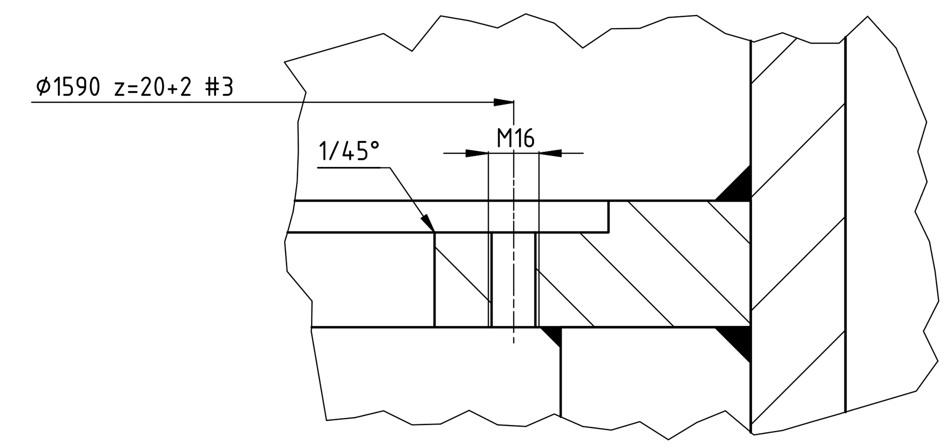
Presjek A-A
(1 : 8)



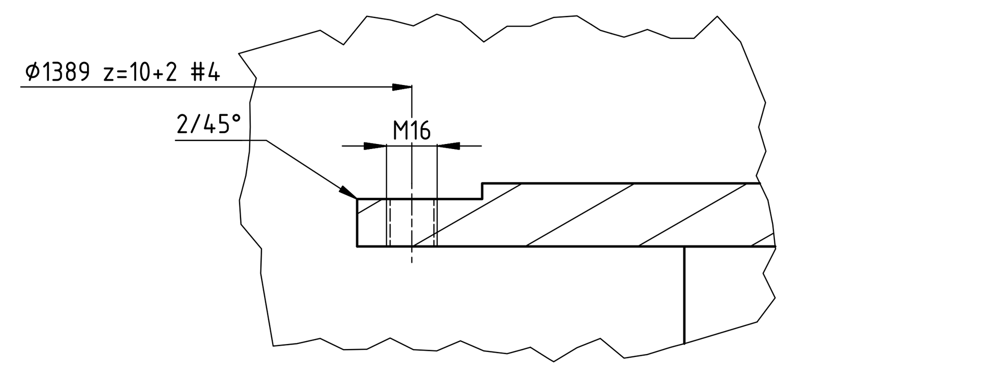
Detalj X
(1 : 2)



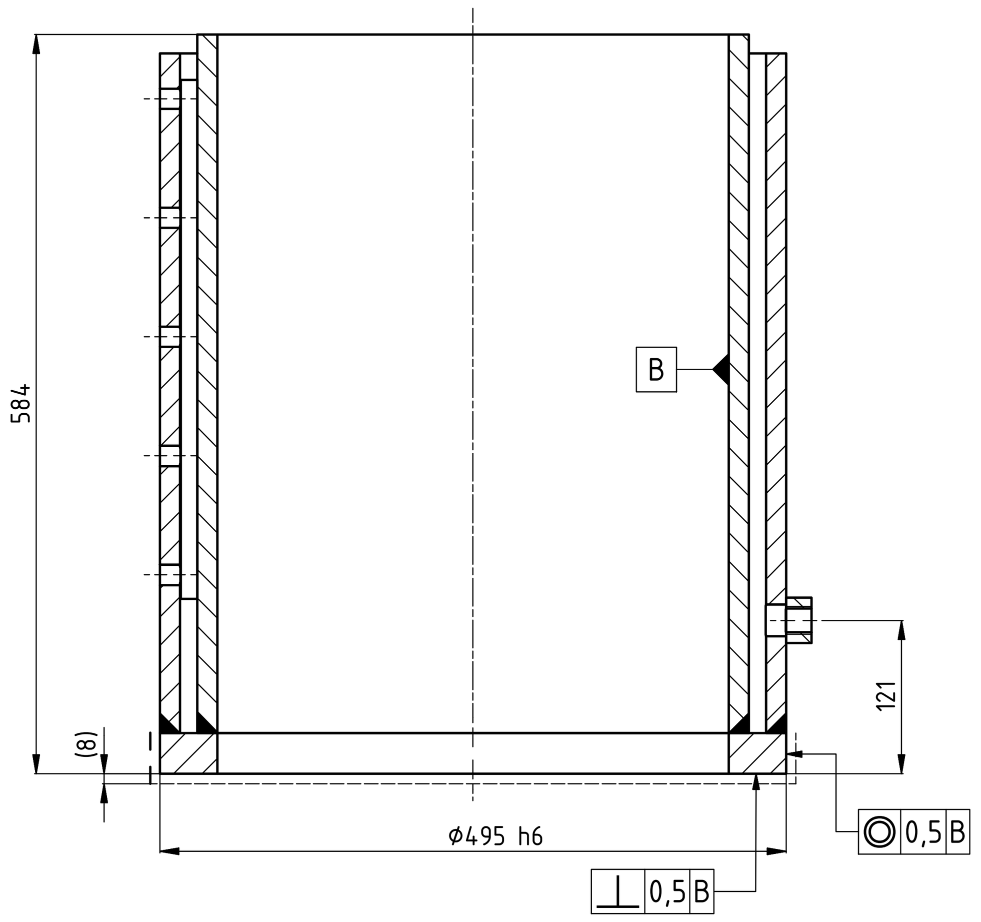
Detalj Y
(1 : 2)



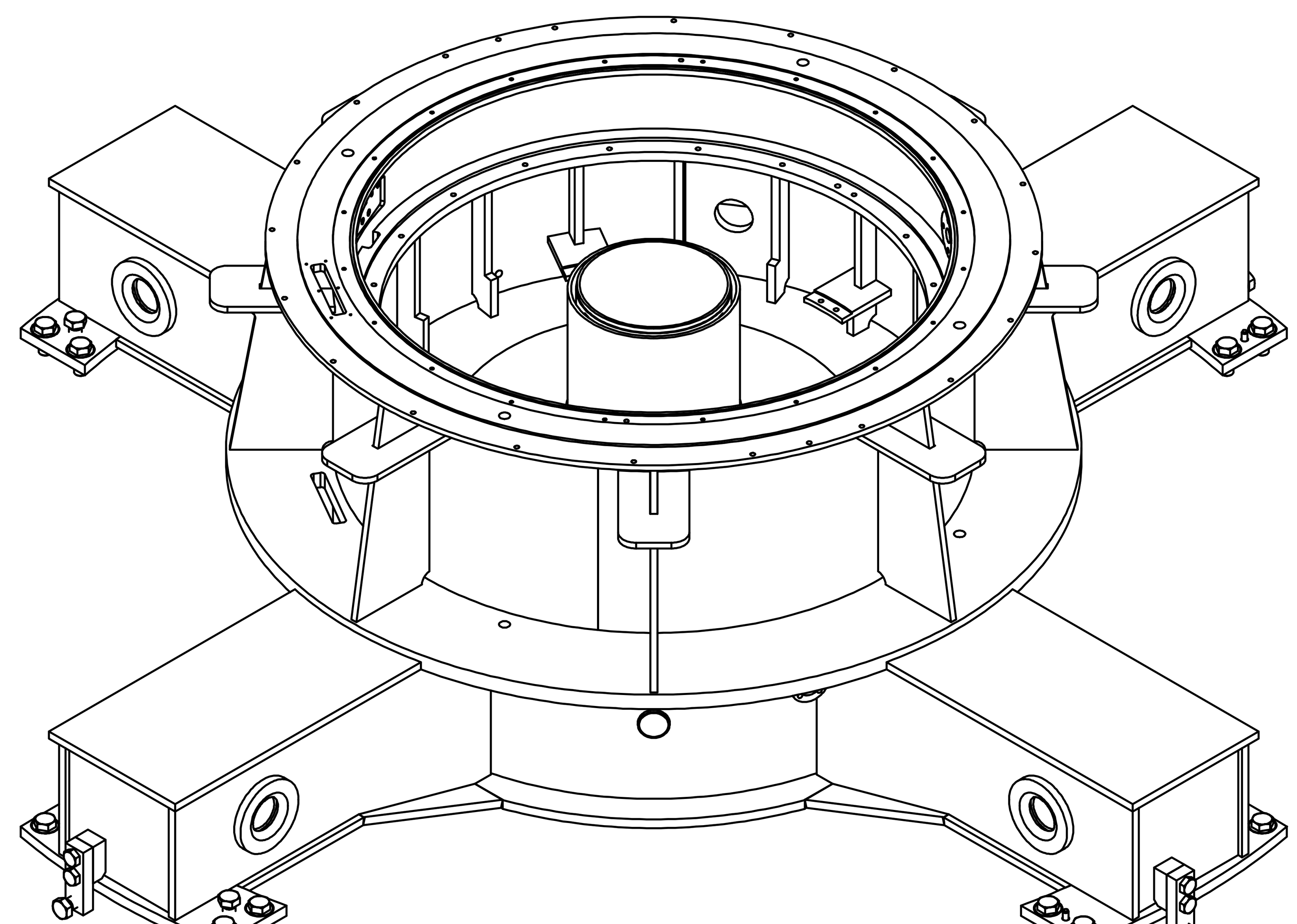
Detalj V
(1 : 2)



Predobrada ležajnog lonca (Poz. 2)
(1 : 5)



3D Prikaz
(1 : 15)



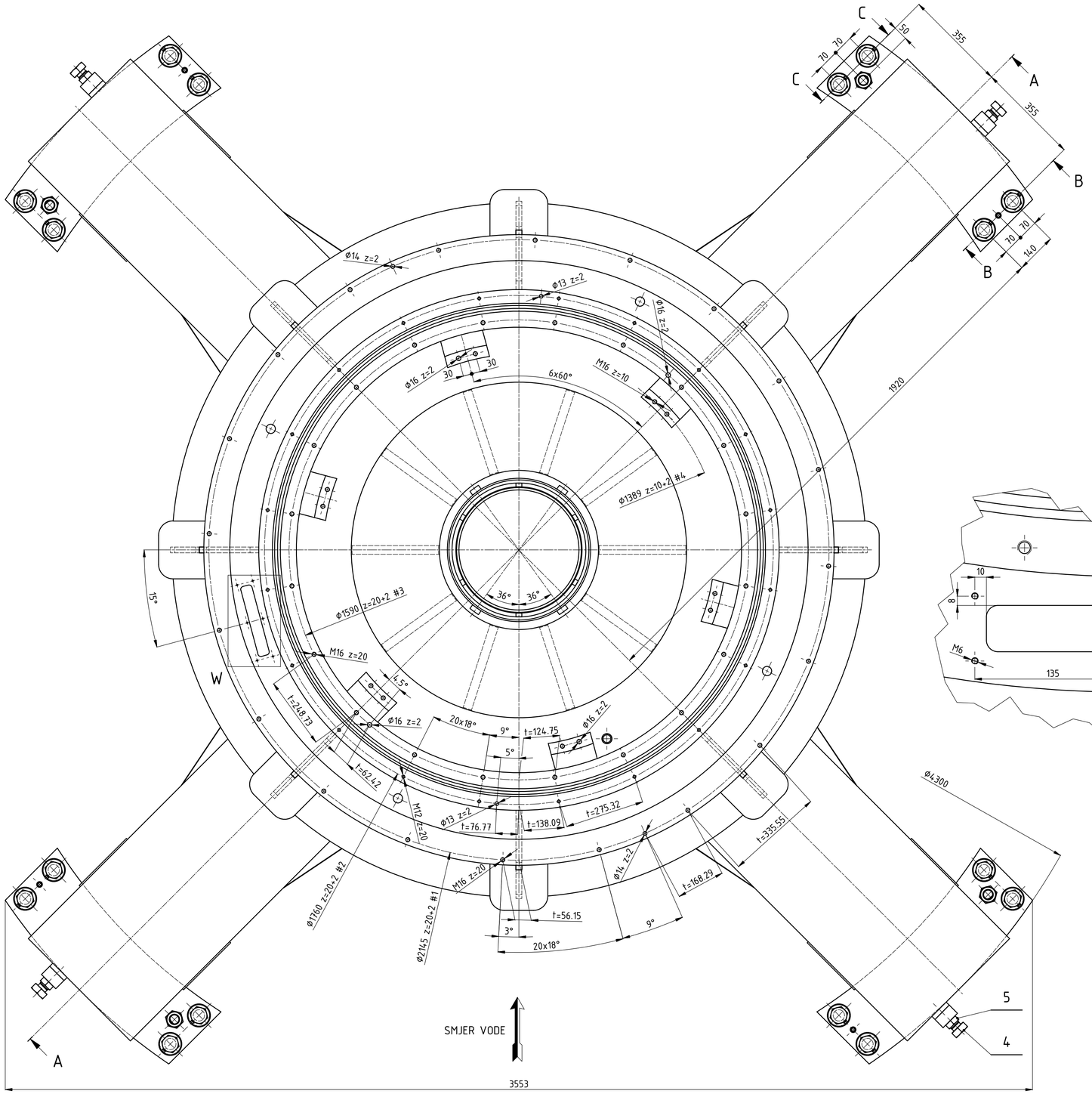
-Ne ličiti obrađene površine.
———————Ne ličiti, nauljiti.

	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SKOŠENE BRIDOVE / TOLERANCES LENGTH DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES										TOLERANCIJE KUTNIH MJERA / TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS						TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B / FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B										TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI / TOLERANCES LINEAR AND EQUILATERAL								TOLERANCIJA PRI OKRETANJU / TOLERANCE IN ROTATION
mjera *dimension*	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	ISO 2768-1	od	0	10	50	120	ISO 2768-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 13920	od	0	10	30	100	300	1000	ISO 2768-2	SREDNJI TOLERANCIJSKI RAZRED / ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000		do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		do	10	30	100	300	1000	3000		
odstupanje *tolerance*	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2		° (±)	1°	0°30'	0°20'	0°10'		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		0.2 mm

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb Studij strojarstva
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić		
	Razradio	06.2018.	Jure Perić		
	Crtao	06.2018.	Jure Perić		
	Mentor	06.2018.	Nenad Kranjčević		

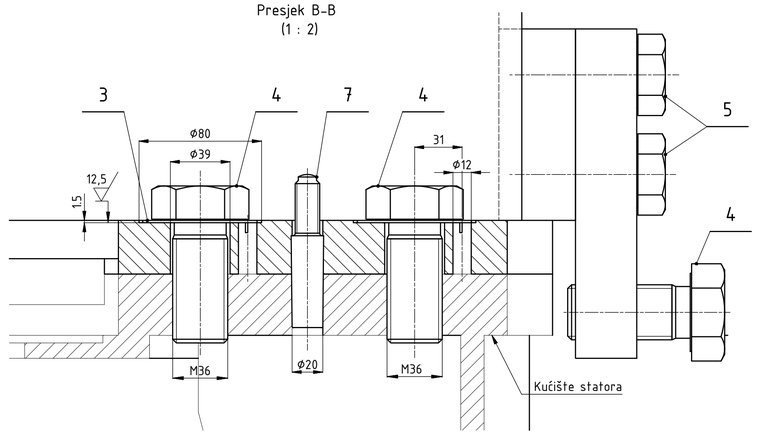
ISO - tolerancije		
Ø1540 H7	+0.125	0
Ø495 H7	+0.063	0
Ø495 h6	0	-0.040
Ø495 H7/h6	+0.103	0
Ø2000 h7	0	-0.150

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora
Objekt broj:
R. N. broj:
Napomena:
Smjer: Konstrukcijski
Kopija
Materijal:
Masa: 7939 kg
DIPLOMSKI RAD
Mjerilo originala: 1:8
Naziv: Gornji nosač - komplet (nerastavljiva izvedba)
Pozicija:
Format: A1
Listova: 2
List: 1
Crtež broj: GIM-NI-00-00

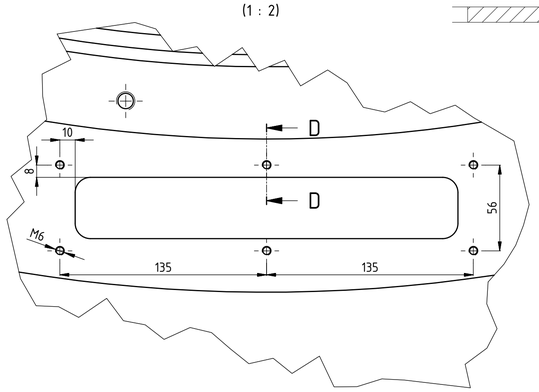


Poz. Item.	Kom. Piec.	Naziv/Name	Crtež/Drawing Standard	Broj dijela Part No.	Materijal/Material Standard	Masa/kom Mass/piece	∑Masa ∑Mass
1	1	Gornji nosač - zavar	GIM-NI-00-10		S355J2+N	7990	7990
2	1	Lonac - zavar	GIM-NI-00-20		S355J2+N	151	151
3	16	Podloška A36	DIN 432	908718	Čelik A4P	0.04	0.6
4	20	Vijak M36x80	DIN 933	G94258	8.8 A4P	1.08	21.7
5	8	Vijak M30x80	DIN 933	G90118	8.8 A4P	0.7	5.6
6	4	Vijak M36x60	DIN 933	G95106	8.8 A4P	0.92	3.7
7	4	Zatik konični Φ20x120(80)	DIN 258	Y16123	E295	0.22	0.9

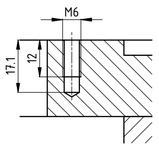
Presjek B-B
(1 : 2)



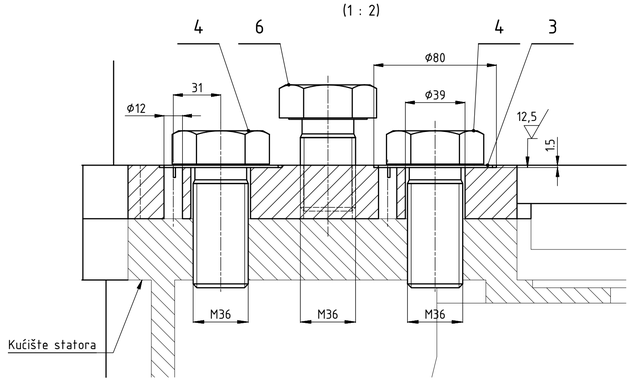
Detalj W
(1 : 2)



Presjek D-D
(1 : 1)



Presjek C-C
(1 : 2)



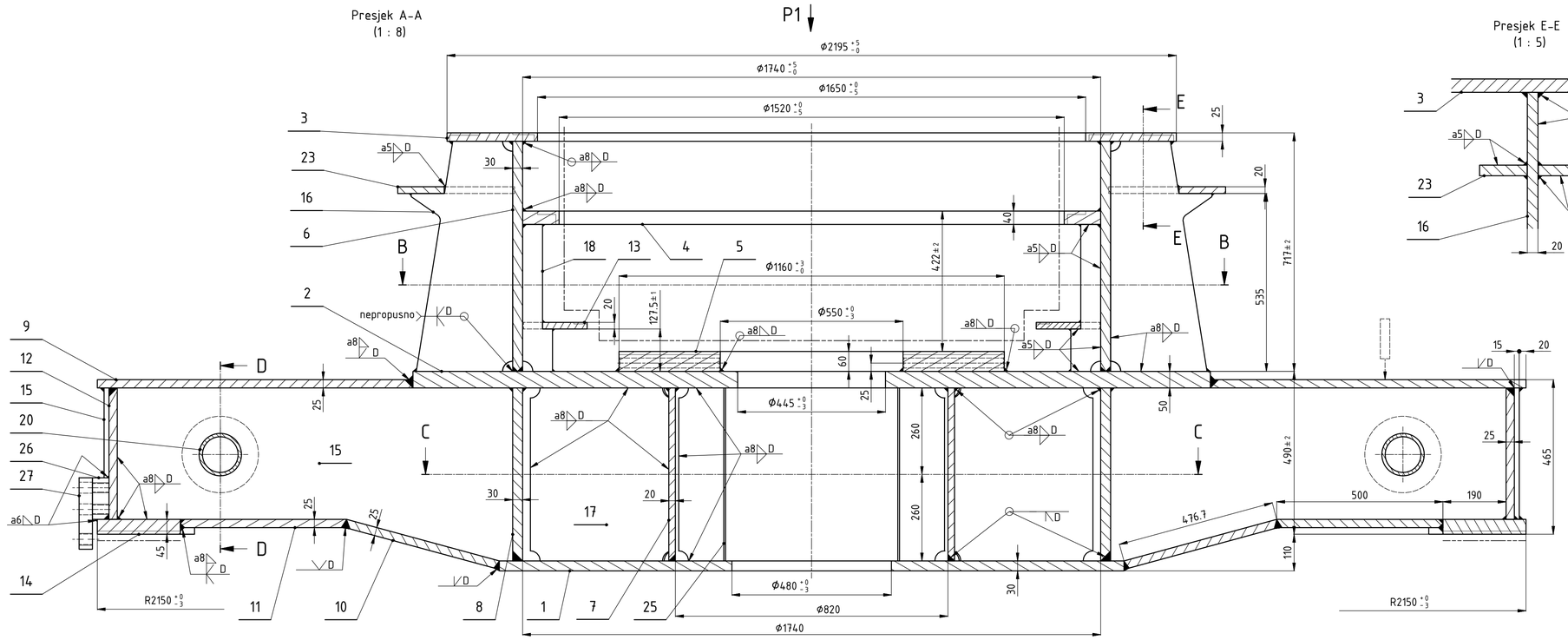
Napomena:
#1 Precrtati položaj rupa s donje kape.
#2 Precrtati položaj rupa s nosača zračne brtve.
#3 Precrtati položaj rupa s nosača vodečih segmenata.
#4 Precrtati položaj rupa s uljne spirale.

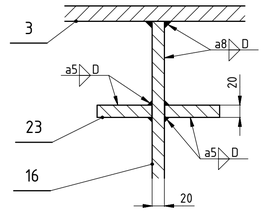
	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SKOŠENE BRIDOVE TOLERANCES LENGTH DIMENSIONS, EXCLUDING BREAKN EDGES										TOLERANCIJE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS					TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 17925-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 17925-B										TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND EQUALITERAL										TOLERANCIJA PRI OKRETANJU TOLERANCE IN ROTATION
mjera dimension	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1	od	0	10	50	120	ISO 2768-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	ISO 13920		od	0	10	30	100	300	1000	3000	ISO 2768-2	SREDNA TOLERANCIJA RAZREDI ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS MEDIUM
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000			do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000				do	10	30	100	300	1000	3000		
odstupanje tolerance	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2			(±)	°	0°30'	0°20'	0°10'		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10				mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8			0.2 mm

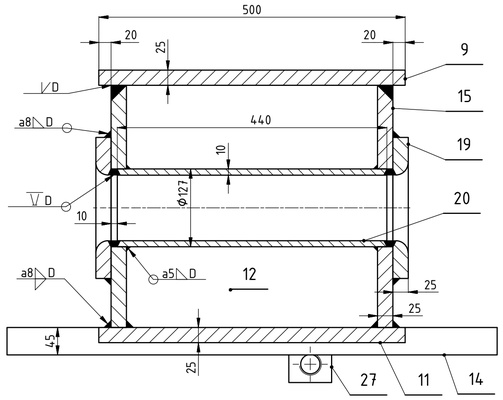
Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor	06.2018.	Nenad Kranjčević	
ISO - tolerancije	Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora			Objekt broj:
				R. N. broj:
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski
	Materijal:	Masa: 7939 kg		DIPLOMSKI RAD
	Mjerilo originala 1:8	Naziv: Gornji nosač - komplet (nerastavljiva izvedba)		Pozicija:
		Crtež broj: GIM-NI-00-00		Format: A1
				Listova: 2
				List: 2

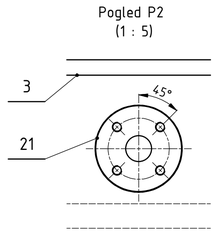
FSB Zagreb
Studij strojarstva

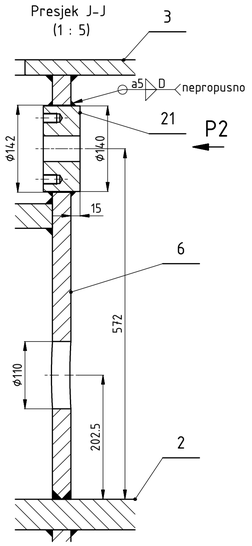
Kopija

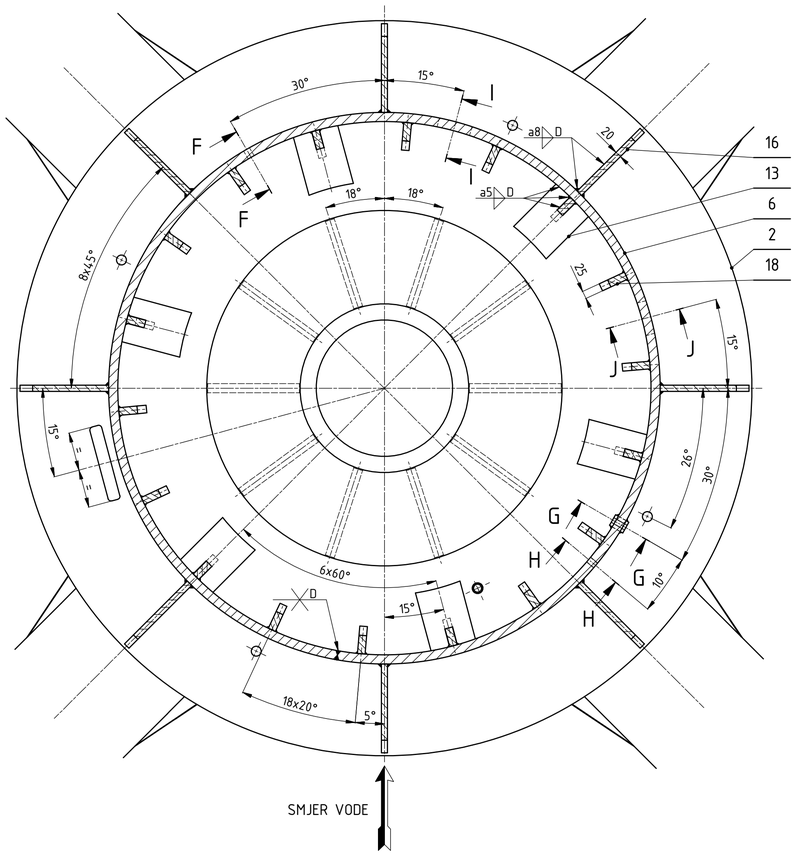


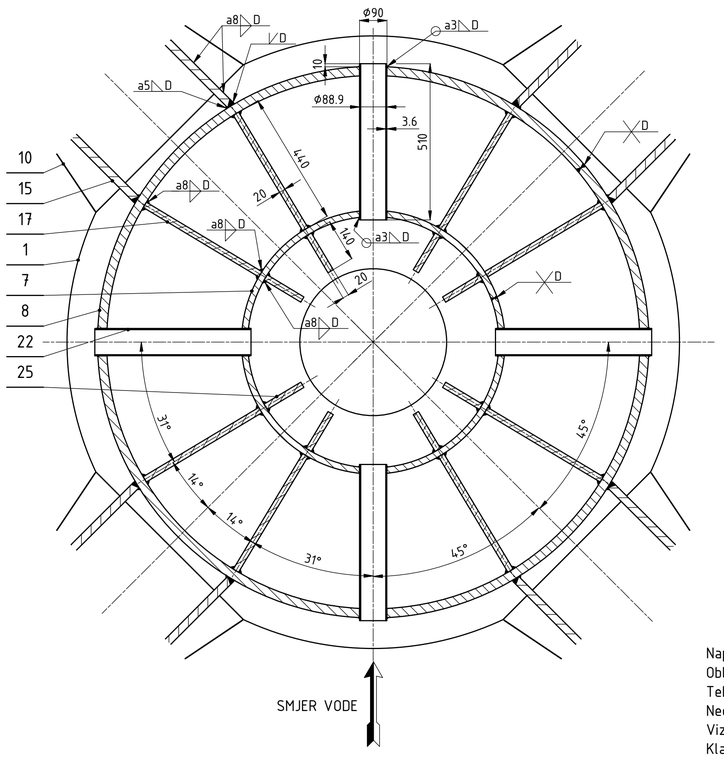


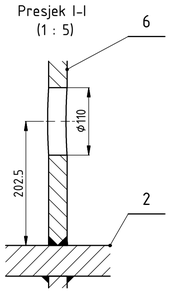


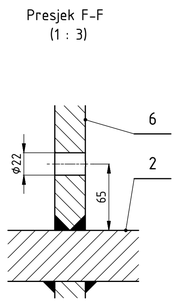


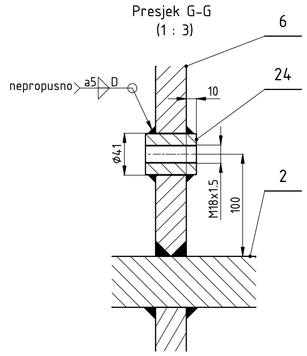


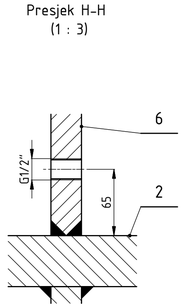












SMJER VODE

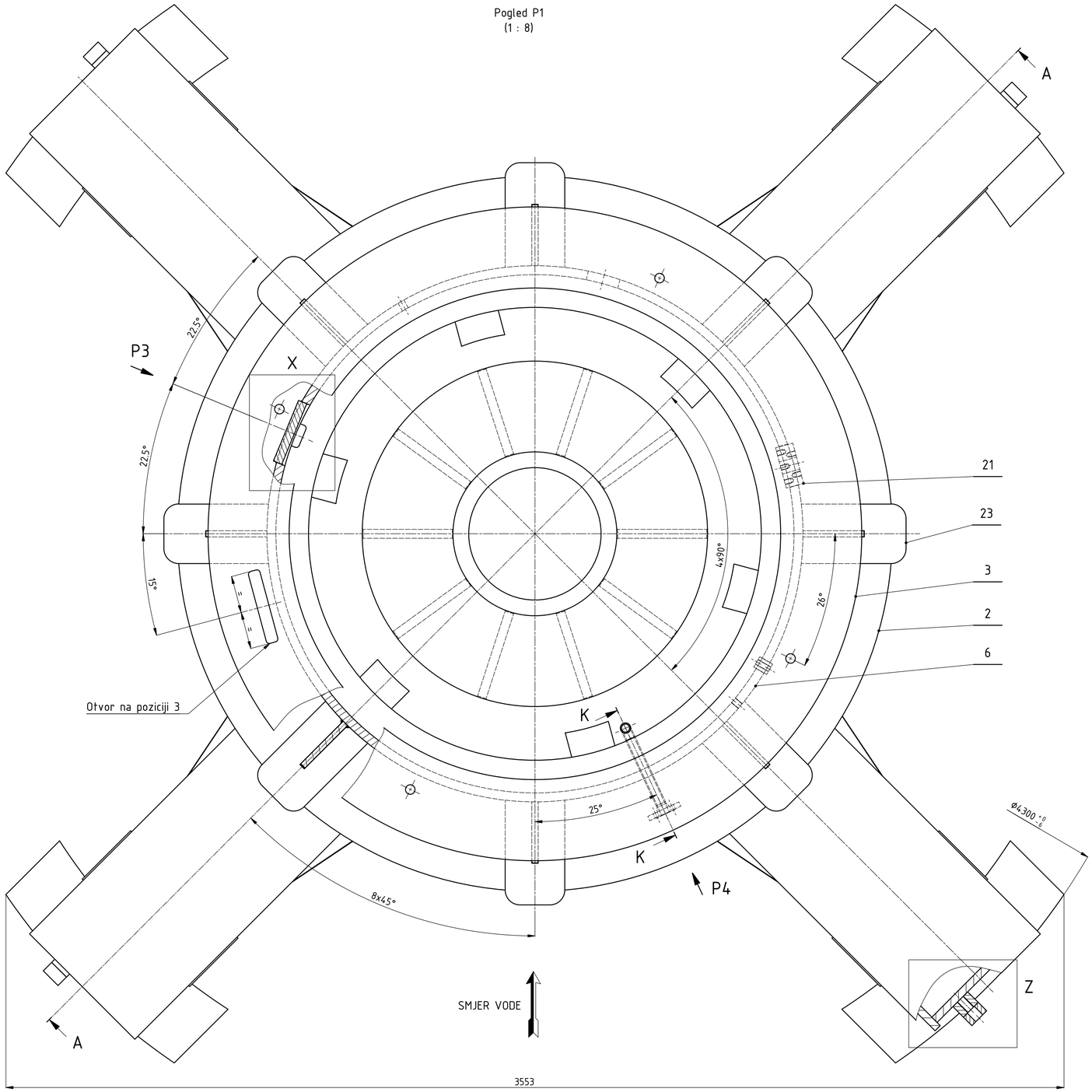
SMJER VODE

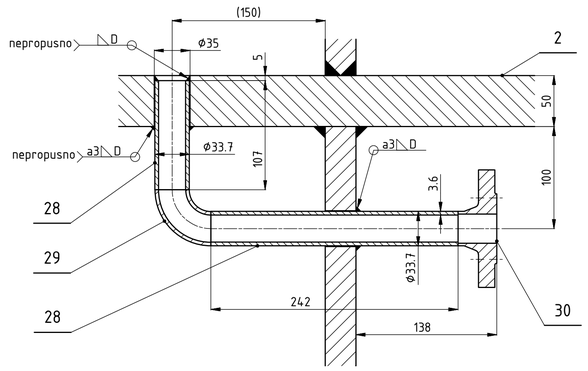
	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SKIDENE BRIDOVE TOLERANCES LENGTH DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES										TOLERANCIJE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS					TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B										TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND EQUILATERAL							TOLERANCIJA PRI OKRETANJU TOLERANCE IN ROTATION
mjera dimension	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1	od	0	10	50	120	ISO 2768-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 2768-1	od	0	10	30	100	300	1000	ISO 2768-2	SREDNA TOLERANCIJSKI RAZRED ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000		do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		do	10	30	100	300	1000	3000		
odstupanje tolerance	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3		° (±)	f	0°30'	0°20'	0°10'		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		0.2 mm

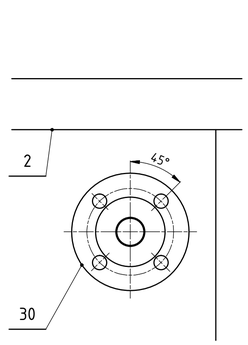
Napomena:
Oblici zavara prema ISO 9692-1.
Tehnološki zavari: Klasa C s provarom korijena.
Neoznačeni zavari: a8 D
Vizualno ispitivanje zavara 100% prema ISO 17637, ISO 5817-C
Klasa homogenosti materijala prema EN 10160: klasa S2/E3.
Ugrađeni materijali s atestom prema EN 10204 3.1
Zaštita temeljnim i pokrivnim premazom.
Elminacija zaostalih naprezanja: vibriranje.
———————— Ne ličiti, nauljiti
-·-·- Utisnuti identifikacijsku oznaku: GIM-00-10

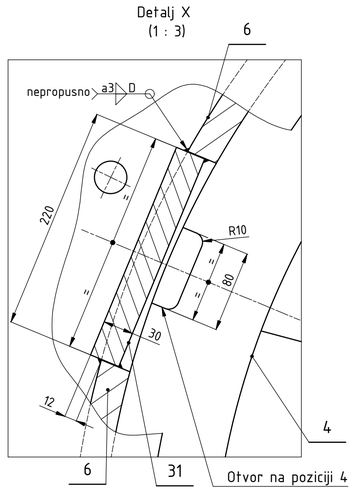
	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao	06.2018.	Jure Perić		
Razradio	06.2018.	Jure Perić		
Crtao	06.2018.	Jure Perić		
Mentor		Nenad Kranjčević		

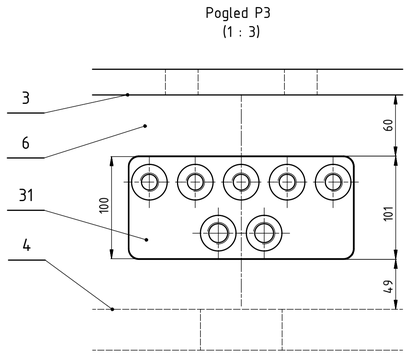
Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora	Objekt broj:	
	R. N. broj:	
Napomena:		Kopija
Materijal:	Masa: 7990 kg	
Mjerilo originala 1:8	Naziv: Gornji nosač - zavar (nerastavljiva izvedba)	Pozicija:
	Format: A1	Listova: 3
	Crtež broj: GIM-NI-00-10	List: 1

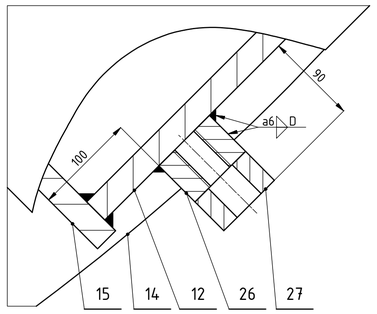












		TOLERANCE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SKOŠENE BRIDOVE TOLERANCES LINEAR DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES									TOLERANCE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS				TOLERANCE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B									TOLERANCE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND FLAT									TOLERANCIJA PRI ORETANJU TOLERANCE IN ROTATION
mjera *dimension*	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768	od	0	10	50	120	ISO 2768-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 13920	od	0	10	30	100	300	1000	3000	ISO 2768-2	SREDNA TOLERANCISKA RAZRED *ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM*
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	12000		do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		do	10	30	100	300	1000	3000		
odstupanje *tolerance*	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2			° (±)	°	0°30'	0°20'	0°10'		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		0.2 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
Razradio	06.2018.	Jure Perić	
Crtao	06.2018.	Jure Perić	
Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 7990 kg

Mjerilo originala 1:8

Naziv: Gornji nosač - zavar (nerastavljiva izvedba)

Pozicija:

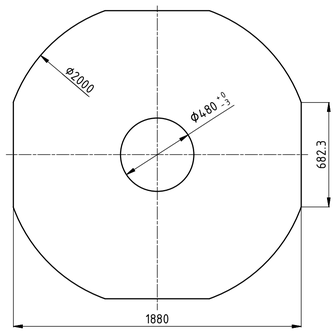
Format: A1

Listova: 3

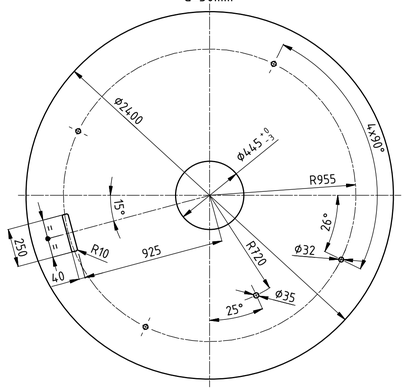
List: 2

Crtež broj: GIM-NI-00-10

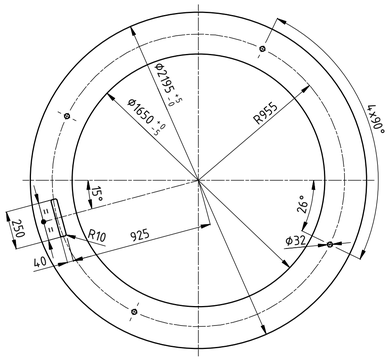
Poz. 1
(1 : 20)
d=30mm



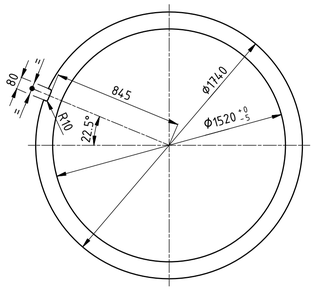
Poz. 2
(1 : 20)
d=50mm



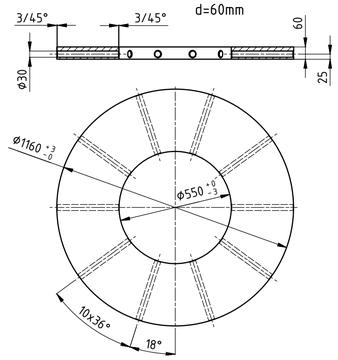
Poz. 3
(1 : 20)
d=25mm



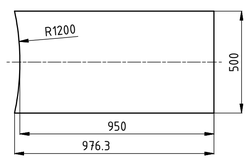
Poz. 4
(1 : 20)
d=40mm



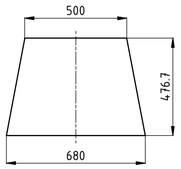
Poz. 5
(1 : 15)
d=60mm



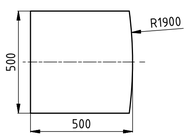
Poz. 9
(1 : 15)
d=25mm



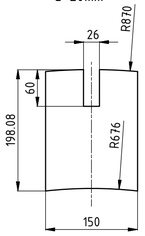
Poz. 10
(1 : 15)
d=25mm



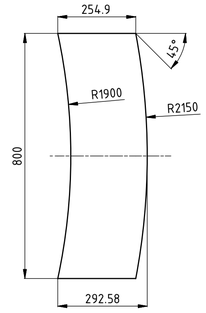
Poz. 11
(1 : 15)
d=25mm



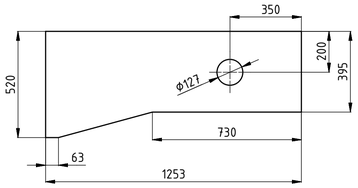
Poz. 13
(1 : 5)
d=20mm



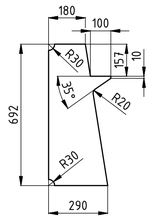
Poz. 14
(1 : 10)
d=45mm



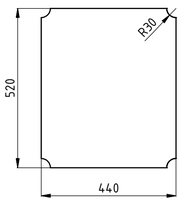
Poz. 15
(1 : 15)
d=25mm



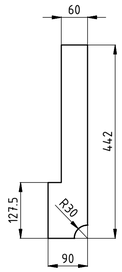
Poz. 16
(1 : 15)
d=20mm



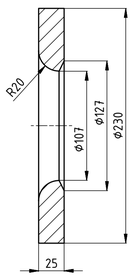
Poz. 17
(1 : 10)
d=20mm



Poz. 18
(1 : 7)
d=25mm

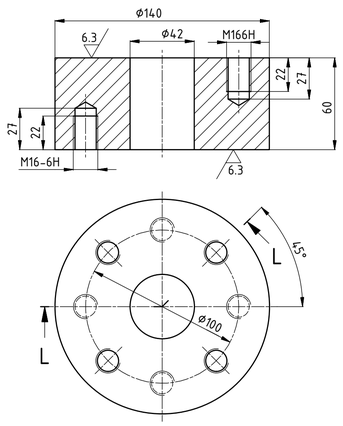


Poz. 19
(1 : 3)
d=25mm

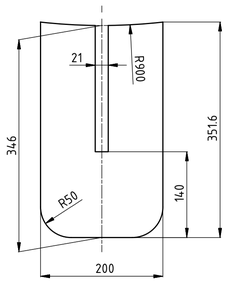


Poz. 21
(1 : 2)
d=60mm

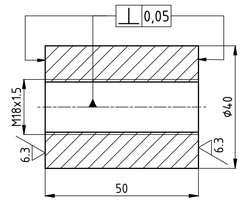
Presjek L-L



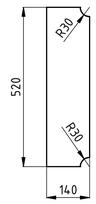
Poz. 23
(1 : 5)
d=20mm



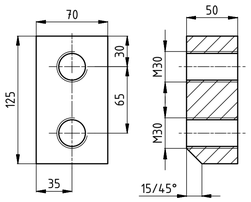
Poz. 24
(1 : 1)



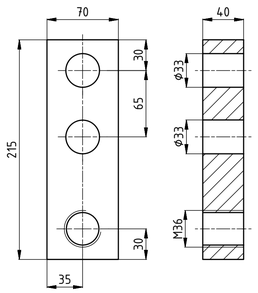
Poz. 25
(1 : 10)
d=20mm



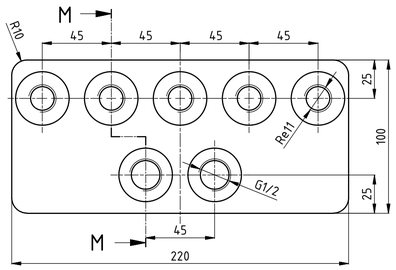
Poz. 26
(1 : 3)
d=50mm



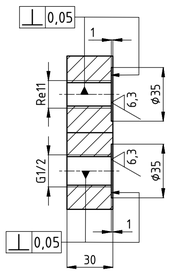
Poz. 27
(1 : 3)
d=40mm



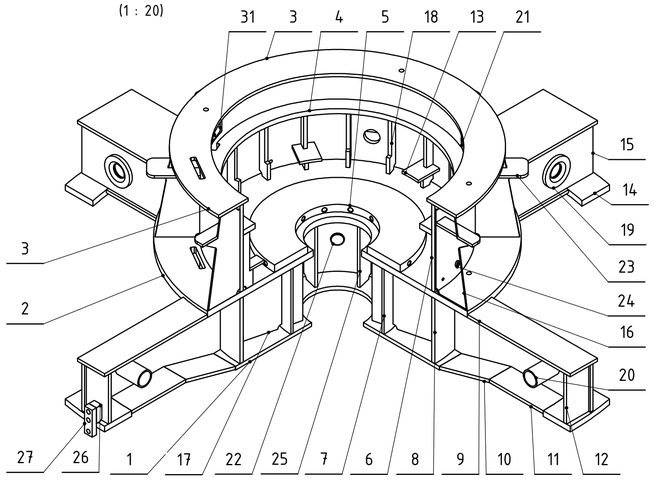
Poz. 31
(1 : 2)
d=30mm



Presjek M-M



3D Prikaz
(1 : 20)



Poz. Item.	Kom. Piec.	Naziv/Name	Mjere/Dimensions	Crtež/Drawing Standard	Materijal/Material Standard	Masa/kom Mass/piece	ΣMasa ΣMass
1	1	Ploča donja			Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	671.4	671.4
2	1	Prsten 1			Lim 50 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	1709.1	1709.1
3	1	Prsten 2			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	320.4	320.4
4	1	Prsten 3			Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	176.3	176.3
5	1	Prsten 4			Lim 60 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	368.9	368.9
6	1	Cilindar 1	⌀1800/⌀1740x692		Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	892.2	892.2
7	1	Cilindar 2	⌀860/⌀820x520		Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	211.4	211.4
8	1	Cilindar 3	⌀1800/⌀1740x520		Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	674.7	674.7
9	4	Ploča 1			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	94.1	376.3
10	4	Ploča 2			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	55	219.9
11	4	Ploča 3	500x500x25		Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	48.4	193.4
12	4	Ploča 4	410x395x25		Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	31.8	127.1
13	6	Ploča 5			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	4.3	26
14	4	Stopa			Lim 45 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	71.1	284.5
15	8	Rebro 1			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	101.8	814.7
16	8	Rebro 2			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	25.9	207.6
17	8	Rebro 3			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	35.5	283.8
18	18	Rebro 4			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	5.8	104.7
19	8	Zaštitni prsten			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	6.1	48.6
20	4	Cijev ⌀127x10	L=440		Cv 127x10 ; S355J2H EN 10210	12.7	50.8
21	1	Prirubnica ⌀140x60			Lim 60 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	6.3	6.3
22	4	Cijev ⌀88.9x3.6	L=510		Cv 88.9x3.6 ; S355J2H EN 10210	3.9	15.4
23	8	Ploča 6			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	10.1	80.6
24	1	Navojnik M18x1.5			Okr 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10060	0.4	0.4
25	8	Rebro 5			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	11.2	89.7
26	4	Ploča 1 odrivnog sklopa			Lim 50 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	2.9	11.8
27	4	Ploča 2 odrivnog sklopa			Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	3.9	15.8
28	1	Cijev ⌀33.7x3.6	L=350		Cv 33.7x3.6 ; S355J2H EN 10210	0.9	0.9
29	1	Luk 90°, ⌀33.7x3.6		DIN 2605	S355J2H EN 10210	0.2	0.2
30	1	Prirubnica DN 25/33.7		DIN 2633	S355J2+N EN 10025	1.3	1.3
31	1	Ploča za uvodnice			Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	4.8	4.8

	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SVIJEŠNE BRIDOVE TOLERANCES LENGTH DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES										
mjera dimension	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000	
odstupanje tolerance	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2		

	TOLERANCIJE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS				
od	0	10	50	120	ISO 2768-1
do	10	50	120	400	
°	°	'	'	'	
(±)	1°	0°30'	0°20'	0°10'	

	TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B								
od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 13920
do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	
mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10	

	TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND EQUALITERAL						
od	0	10	30	100	300	1000	ISO 2768-2
do	10	30	100	300	1000	3000	
mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	

TOLERANCIJA PRI ODREZANJU TOLERANCE IN ROTATION
SREDNA TOLERANCIJSKI RAZRED ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM
0.2 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
Razradio	06.2018.	Jure Perić	
Crtao	06.2018.	Jure Perić	
Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal: Masa: 7990 kg

Mjerilo originala 1:8

Naziv: Gornji nosač - zavar (nerastavljiva izvedba)

Pozicija:

Format: A1

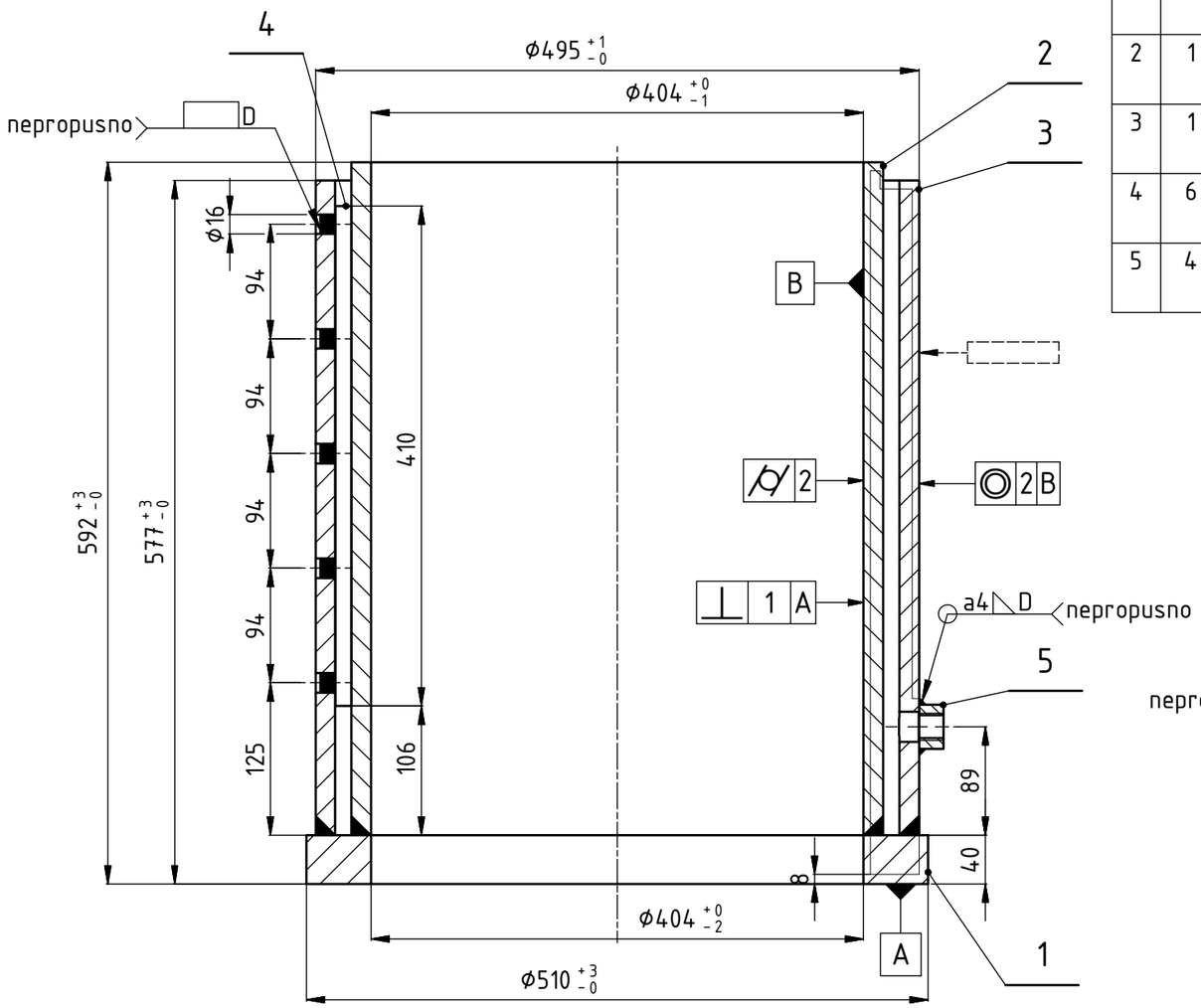
Listova: 3

List: 3

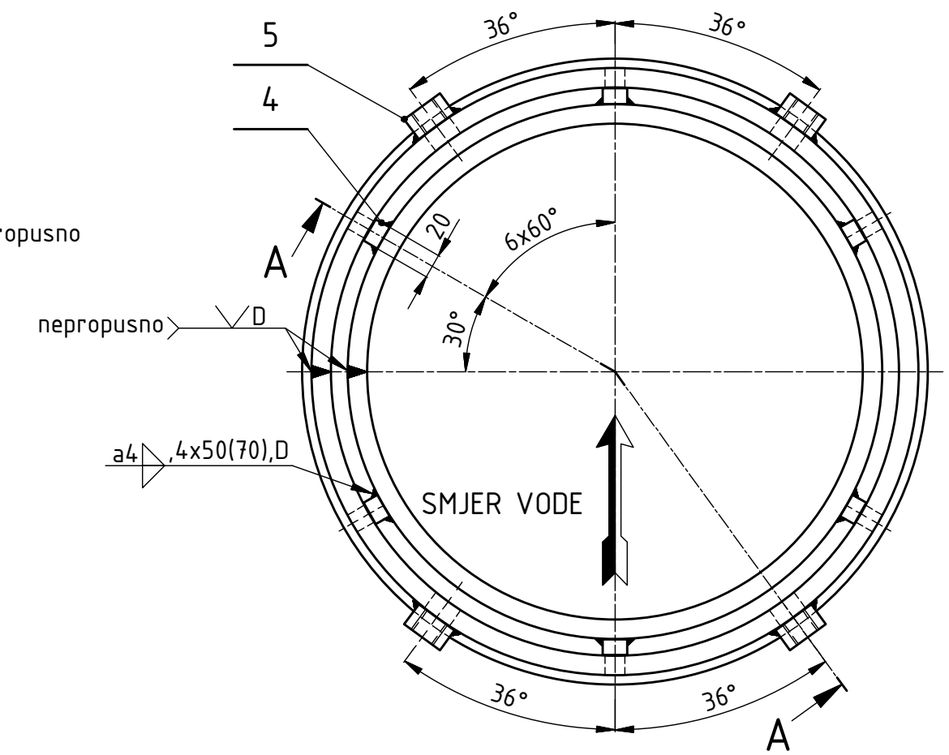
Crtež broj: GIM-NI-00-10

Poz. Item.	Kom. Piec.	Naziv/Name	Mjere/Dimensions	Crtež/Drawing Standard	Materijal/Material Standard	Masa/kom Mass/piece	ΣMasa ΣMass
1	1	Priribnica	ϕ510/ϕ404x40		Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	23.9	23.9
2	1	Cilindar unutarnji	ϕ436/ϕ404x552		Lim 16 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	91.5	91.5
3	1	Cilindar vanjski	ϕ495/ϕ463x537		Lim 16 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	100.5	100.5
4	6	Rebro	410x20x13		Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	0.8	5
5	4	Navojnik R 1/2"	ϕ36x20		Okr 36 ; S355J2+N EN 10060 ; EN 10025	0.1	0.5

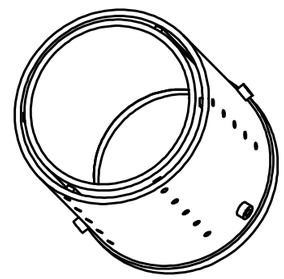
Presjek A-A
(1 : 5)



(1 : 5)

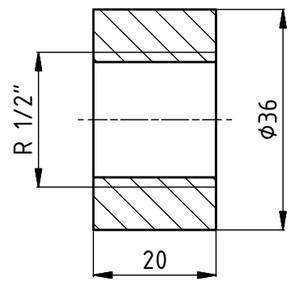


3D Prikaz



Napomena:
Zavar unutar provrta ϕ16 ispuniti najmanje do dubine 5mm.
Ne bojati temeljnim premazom - nauljiti.
Utisnuti identifikacijsku oznaku: GIM-NI-00-20
Eliminacija zaostalih naprezanja: odžarivanje.

Pozicija 5
(1 : 1)



Tolerancije slobodnih mjera - dozvoljena odstupanja ostvarena kod zavarenih konstrukcija, prema ISO 13920 - klasa B										
Područje nazivnih mjera										
2 30	30 120	120 400	400 1000	1000 2000	2000 4000	4000 8000	8000 12000	12000 16000	16000 20000	iznad 20000
± 1	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16

		Datum	Ime i prezime	Potpis
Broj naziva - code	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 221,3 kg

Naziv: Lonac - zavar (nerastavljiva izvedba)

Pozicija:

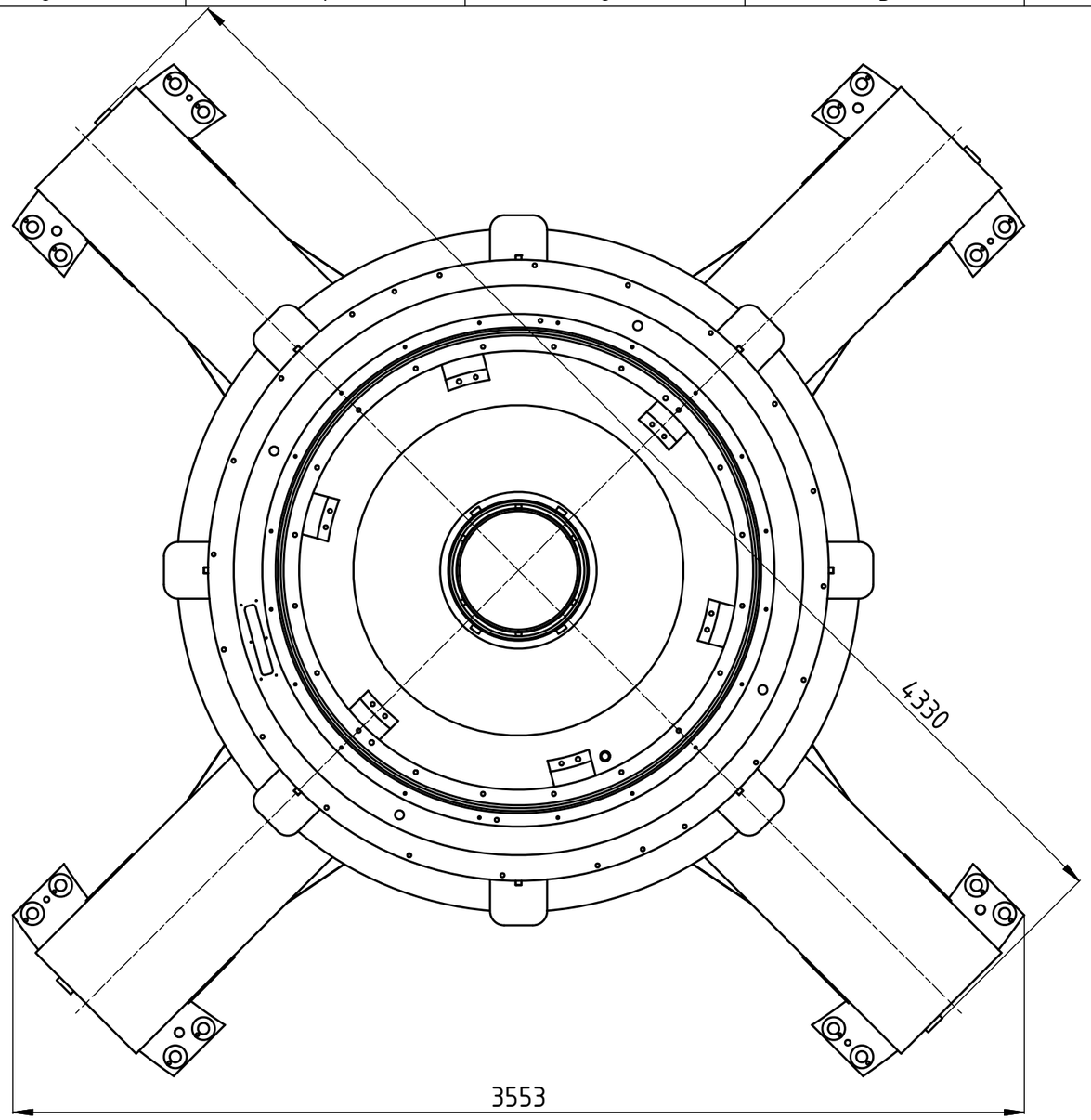
Format: A3

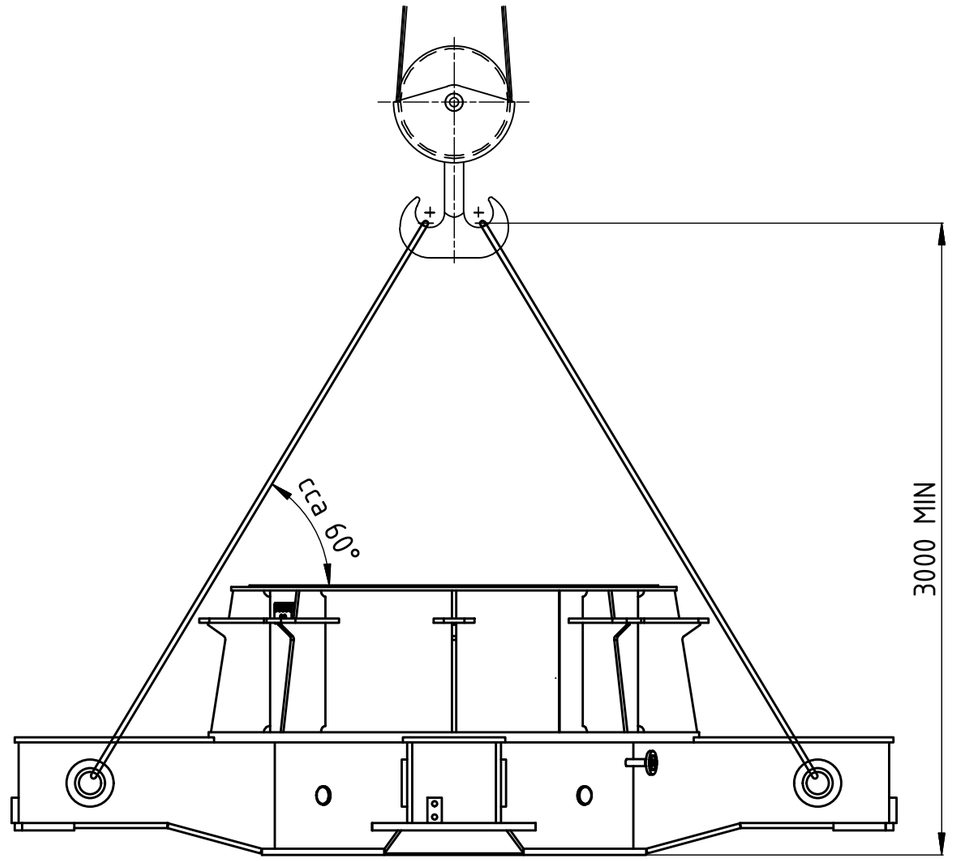
Mjerilo originala 1:5

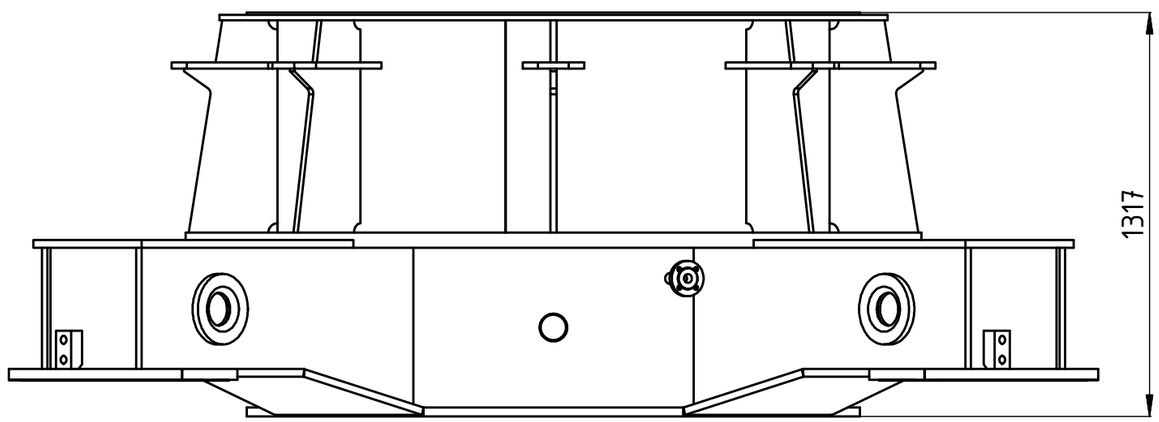
Listova: 1

Crtež broj: GIM-NI-00-20

List: 1





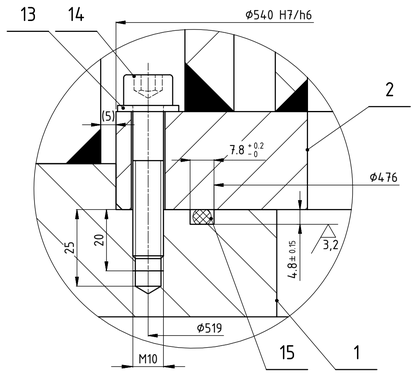


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor		Nenad Kranjčević	

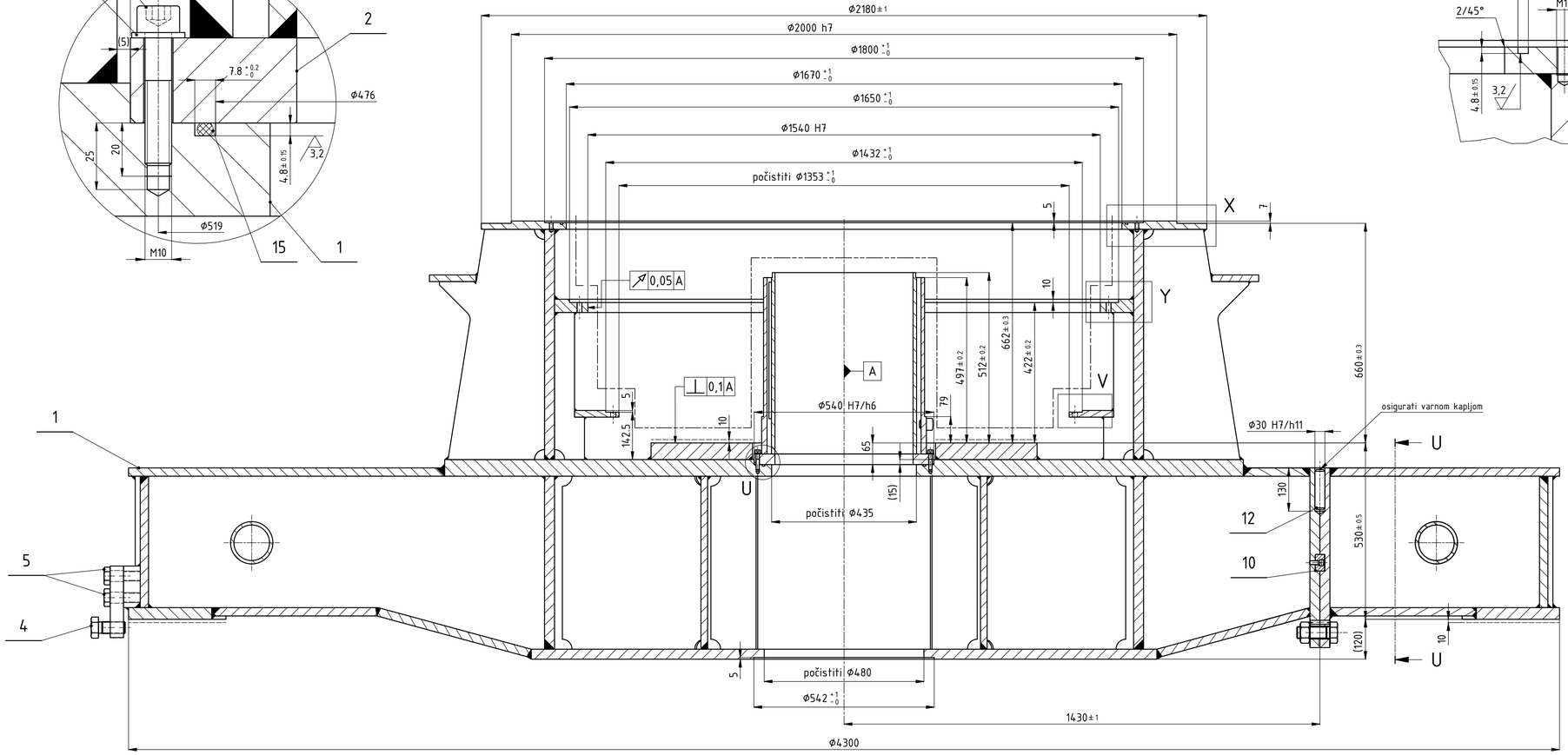
FSB Zagreb

ISO - tolerancije	Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora	Objekt broj:
		R. N. broj:
	Napomena:	Kopija
	Materijal: / Masa: 8000 kg	
	Mjerilo originala	Naziv: Transportna skica (nerastavljiva izvedba) / Pozicija: / Format: A3
		Listova: 1
	Crtež broj: GIM-NI-00-30	List: 1

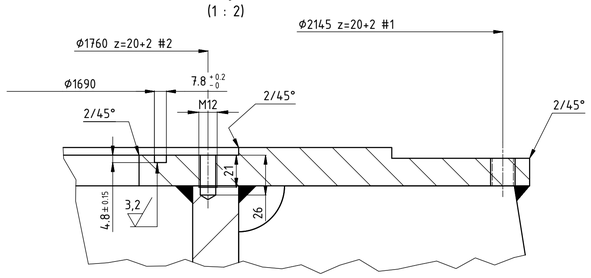
Detalj U
(1 : 1)



Presjek A–A
(1 : 8)

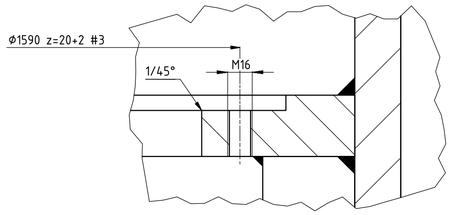


Detalj X
(1 : 2)

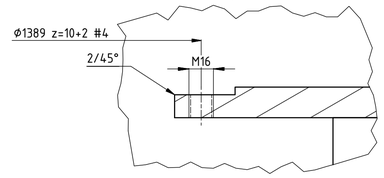


6,3 / 3,2 / 12,5

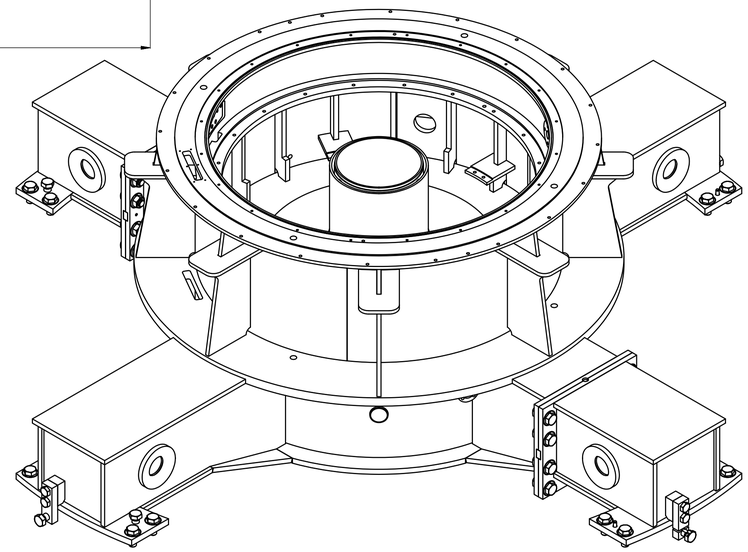
Detalj Y
(1 : 2)



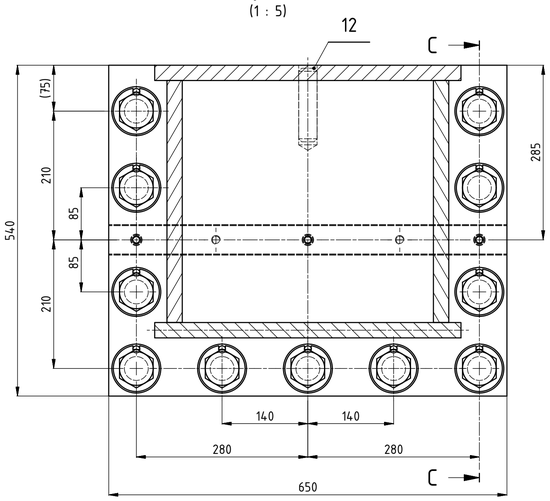
Detalj V
(1 : 2)



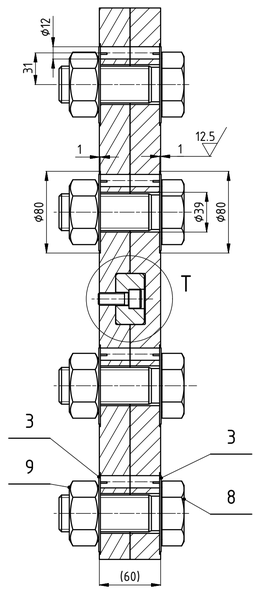
3D Prikaz
(1 : 15)



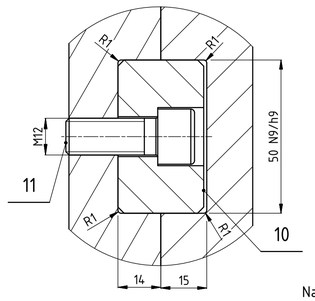
Presjek B–B
(1 : 5)



Presjek C–C
(1 : 3)



Detalj T
(1 : 1)



Napomena
-Matice M36 (poz. 9) pritegnuti s momentom 555 Nm.
-Podmazan navoj vijka i kontaktna površina matice s podloškom.
-Ne ličiti obrađene površine.
———————— Ne ličiti, nauljiti.

Broj naziva - code			
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
Razradio	06.2018.	Jure Perić	
Crtao	06.2018.	Jure Perić	
Mentor	06.2018.	Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb
Studij strojarstva

ISO - tolerancije	
Ø1540 H7	+0.125 / 0
Ø2000 h7	0 / −0.150
Ø540 H7	+0.070 / 0
Ø540 H7/h6	+0.110 / 0
50 N9	0 / −0.062
50 N9/h9	+0.062 / −0.062
Ø30 H7	+0.021 / 0
Ø30 H7/h11	+0.151 / 0

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora
Objekt broj:
R. N. broj:
Napomena:
Smjer: Konstrukcijski
Kopija
Materijal:
Masa: 8242 kg
DIPLOMSKI RAD
Mjerilo originala 1:8
Naziv: Gornji nosač - komplet (rastavljiva izvedba)
Pozicija:
Format: A1
Listova: 2
List: 1
Crtež broj: GIM-RI-10-00

TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA, OSIM ZA SVOJNE BRODVE TOLERANCES LINEAR DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES											
mjera dimension	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	4000	
odstupanje tolerance	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	

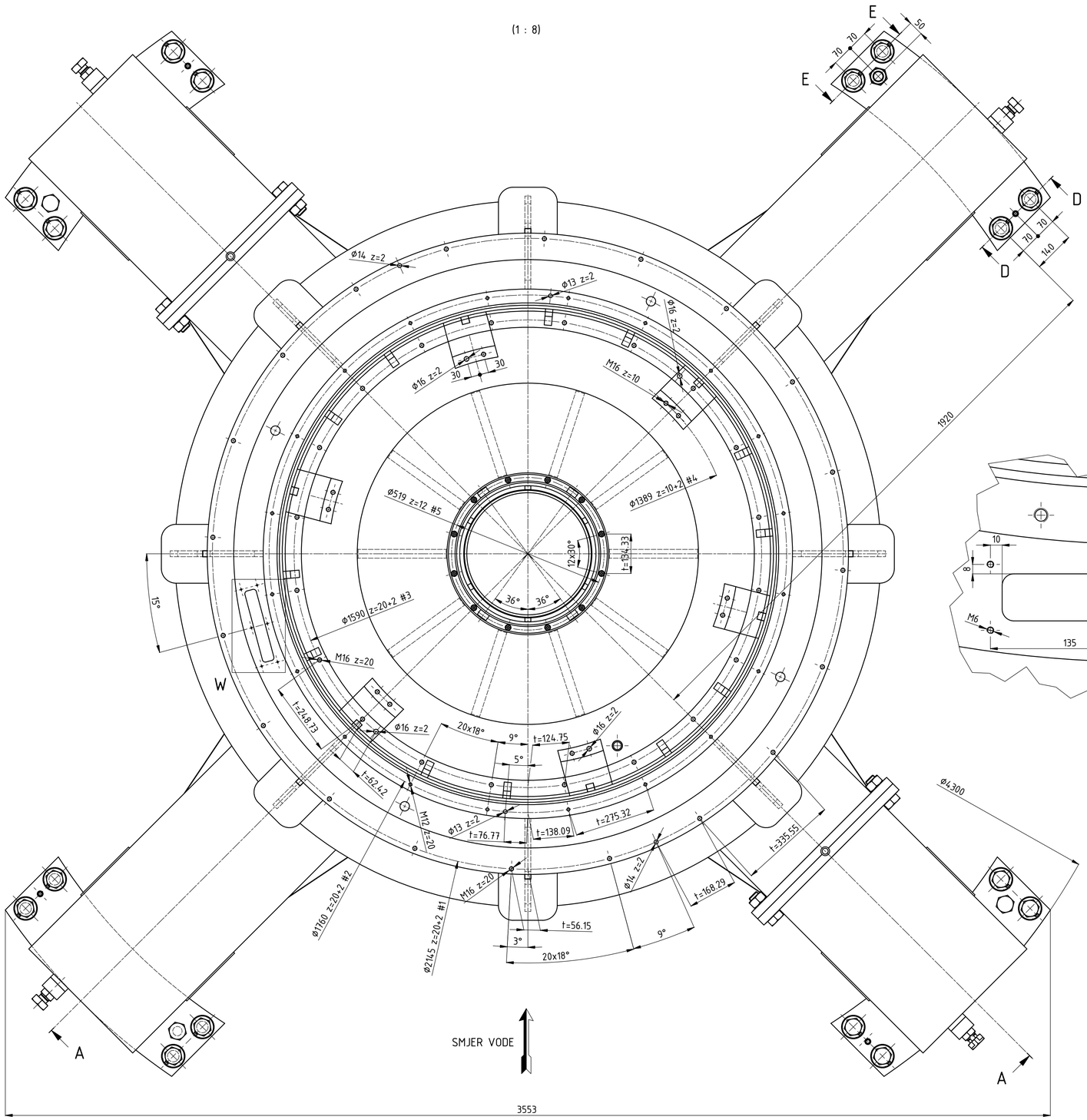
TOLERANCIJE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS					
od	0	10	50	120	ISO 2768-1
do	10	50	120	400	
° (±)	1°	0°30'	0°20'	0°10'	

TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B										
od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	ISO 13920-B
do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		
mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		

TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND EQUILATERAL							
od	0	10	30	100	300	1000	ISO 2768-2
do	10	30	100	300	1000	3000	
mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	

TOLERANCIJA PRI OKRETANJU TOLERANCE IN ROTATION
SREDNJA TOLERANCIJSKI RAZRED ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM
0.2 mm

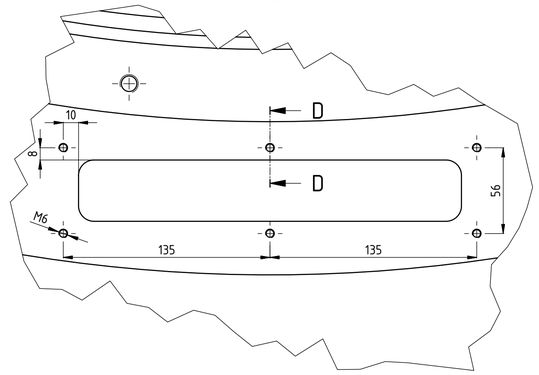
(1 : 8)



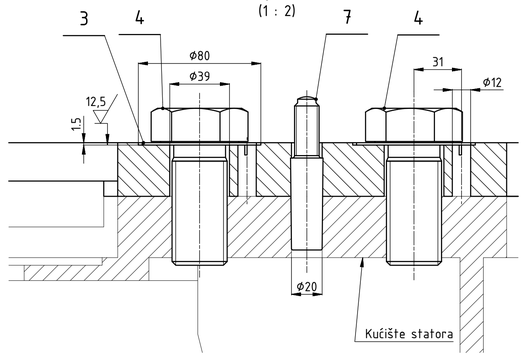
6,3 3,2 12,5

Poz. Item.	Kom. Piec.	Naziv/Name	Crtež/Drawing Standard	Broj dijela Part No.	Materijal/Material Standard	Masa/kom Mass/piece	∑Masa ∑Mass
1	1	Gornji nosac (zavar)	GIM-RI-10-10		S355J2+N	8186.2	8186.2
2	1	Lonac obrada	GIM-RI-10-30		S355J2+N	233.2	233.2
3	38	Podloška A36	DIN 432	908718	Č A4P	0.04	1.5
4	20	Vijak M36x80	DIN 933	G94258	8.8 A4P	1.08	21.7
5	8	Vijak M30x80	DIN 933	G90118	8.8 A4P	0.7	5.6
6	4	Vijak M36x60	DIN 933	G95106	8.8 A4P	0.92	3.7
7	16	Zatik konični Φ20x120(85)	DIN 258	G90199	E295	0.22	3.5
8	22	Vijak M36x100	DIN 933	G95106	8.8 A4P	1.24	27.4
9	22	Matica M36	DIN 934	G90541	8 A4P	0.4	8.9
10	2	Pero	GIM-RI-10-40		C 45	7.3	14.6
11	6	Vijak M12 x 30	DIN 912	G95544	8.8 A4P	0.05	0.3
12	2	Zatik Φ30x120	GIM-RI-10-50		E295	0.65	1.3
13	12	Podloška A10	DIN 125	908542	Č A4P	0	0
14	12	Vijak M10x50	DIN 912	G96542	8.8 A4P	0.04	0.5
15	1	Brtva O-prsten Φ6	DIN 3771	985403	Guma	0.3	0.3

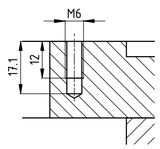
Detalj W
(1 : 2)



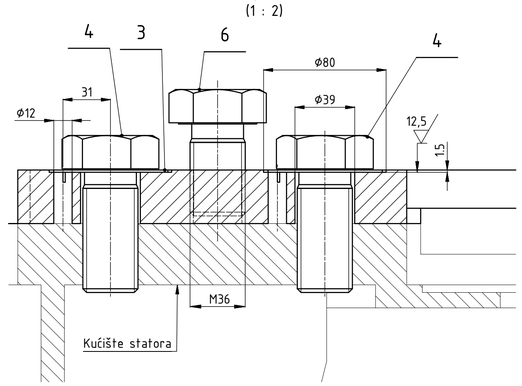
Presjek D-D
(1 : 2)



Presjek D-D
(1 : 1)



Presjek E-E
(1 : 2)



Napomena:
#1 Precrtati položaj rupa s donje kape.
#2 Precrtati položaj rupa s nosača zračne brtve.
#3 Precrtati položaj rupa s nosača vodečih segmenata.
#4 Precrtati položaj rupa s uljne spirale.
#5 Precrtati položaj rupa s ležajnog lonca.

	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SVEŽENE BRIDVE TOLERANCES LINEAR DIMENSIONS, EXCLUDING BURNED EDGES											TOLERANCIJE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS					TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B										TOLERANCIJE PRAVOSTRANOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND ZIGZAG STRAIGHT										TOLERANCIJA PRI OKRETANJU TOLERANCE IN ROTATION
mjera	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1	od	0	10	50	120	ISO 2768-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 2768-1	od	0	10	30	100	300	1000	3000	ISO 2768-2	SREDNA TOLERANCIJSKI RAZRED
dimension	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000		do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		do	10	30	100	300	1000	3000		*ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS=MEDIUM*
odstupanje *tolerance*	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2			(±)	1°	0°30'	0°20'	0°10'		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		0.2 mm

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor	06.2018.	Nenad Kranjčević	
ISO - tolerancije	Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora			Objekt broj:
				R. N. broj:
	Napomena:			Smjer: Konstrukcijski
	Materijal:		Masa: 8242 kg	DIPLOMSKI RAD
	Mjerilo originala 1:8	Naziv: Gornji nosač - komplet (rastavljiva izvedba)		Pozicija:
		Crtež broj: GIM-RI-10-00		Format: A1
				Listova: 2
				List: 2

FSB Zagreb
Studij strojarstva

Kopija

Napomena:
Oblici zavara prema ISO 9692-1.
Tehnološki zavari: Klasa C s provarom korijena.
Neoznačeni zavari: a8◺D
Vizualno ispitivanje zavara 100% prema ISO 17637, ISO 5817-C
Klasa homogenosti materijala prema EN 10160: klasa S2/E3.
Ugrađeni materijali s atestom prema EN 10204 3.1
Zaštita temeljnim i pokrivnim premazom.
Elminacija zaostalih naprezanja: vibriranje.
———— Ne ličiti, nauljiti
Utisnuti identifikacijsku oznaku: GIM-00-10

	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SKOŠENE BRIDOVE / *TOLERANCES LENGTH DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES*									
mjera / *dimension*	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	ISO 2768-1
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	
odstupanje / *tolerance*	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2	

	TOLERANCIJE KUTNIH MJERA / *TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS*					
mjera / *dimension*	od	0	10	50	120	ISO 2768-1
	do	10	50	120	400	
odstupanje / *tolerance*	° (±)	1°	0°30′	0°20′	0°10′	

	TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B / *FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B*									
mjera / *dimension*	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 13920
	do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000	
odstupanje / *tolerance*	mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10	

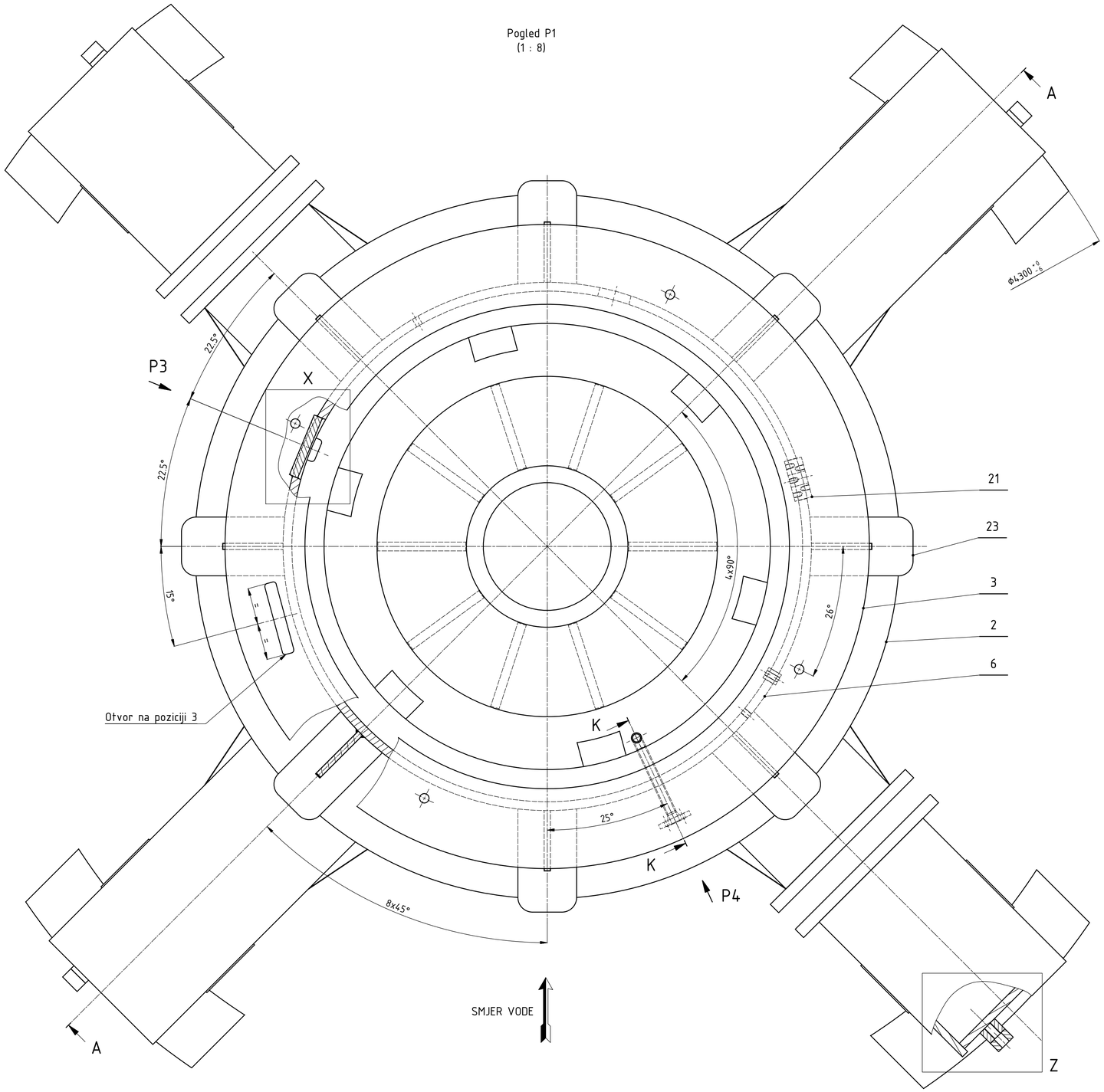
	TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI / *TOLERANCES LINEAR AND EQUILATERAL*							
mjera / *dimension*	od	0	10	30	100	300	1000	ISO 2768-2
	do	10	30	100	300	1000	3000	
odstupanje / *tolerance*	mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	

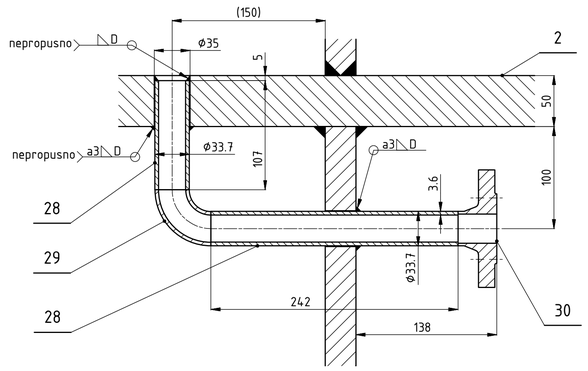
TOLERANCIJA PRI OKRETANJU / *TOLERANCE IN ROTATION*
SREDNJI TOLERANCIJSKI RAZRED / *ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM*
0.2 mm

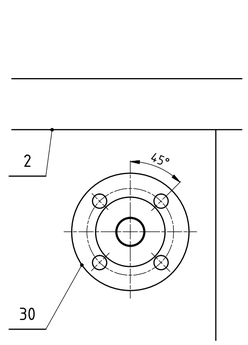
	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
Razradio	06.2018.	Jure Perić	
Crtao	06.2018.	Jure Perić	
Mentor		Nenad Kranjčević	

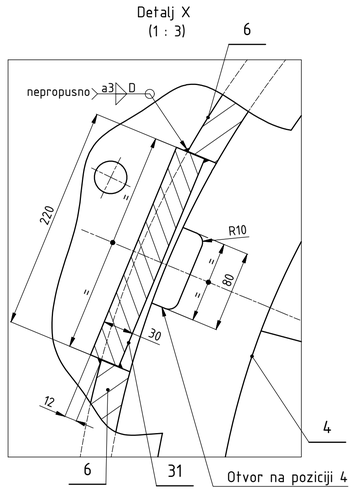
FSB Zagreb

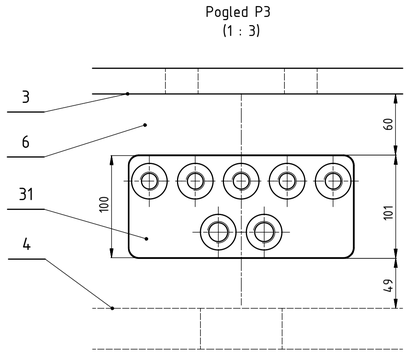
Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora	Objekt broj:
	R. N. broj:
Napomena:	Kopija
Materijal:	Masa: 8380 kg
Mjerilo originala: 1:8	Naziv: Gornji nosač - zavar (rastavljiva izvedba)
Pozicija:	Format: A1
	Listova: 3
Crtež broj: GIM-RI-10-10	List: 1

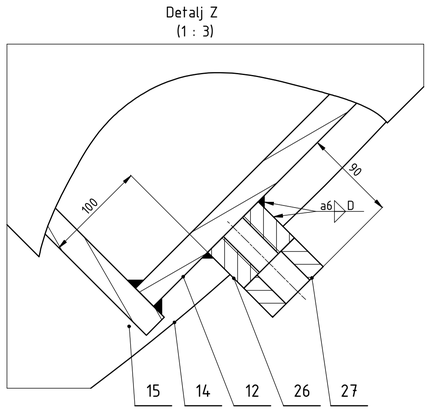








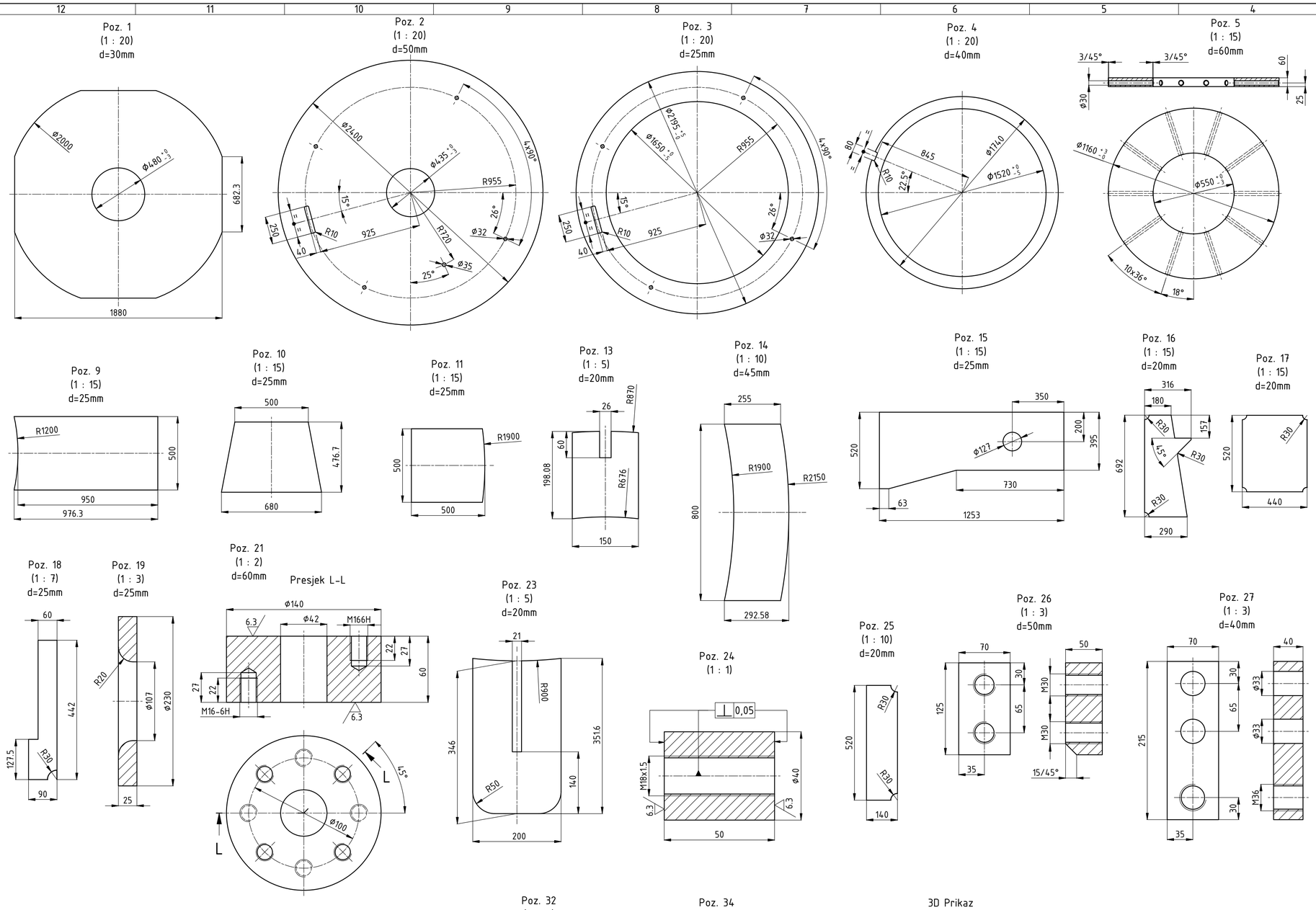




	TOLERANCIE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SVOJSNE BRIDVE TOLERANCES LINEAR DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES										TOLERANCIE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS					TOLERANCIE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 17920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 17920-B										TOLERANCIE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND CIRCULAR FINAL										TOLERANCIJA PRI OKRETANJU TOLERANCE IN ROTATION
mjera	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1	od	0	10	50	120	ISO 7168-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 13920	od	0	10	30	100	300	1000	3000	ISO 7168-2	SREDNJA TOLERANCISKI RAZRED ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS MEDIUM
dimension	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000		do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		do	10	30	100	300	1000	3000		
odstupanje tolerance	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2			(±)	1°	0°30'	0°20'	0°10'		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		0.2 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao	06.2018.	Jure Perić		FSB Zagreb
Razradio	06.2018.	Jure Perić		
Crtao	06.2018.	Jure Perić		
Mentor		Nenad Kranjčević		

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora	Objekt broj:	
	R. N. broj:	
Napomena:		Kopija
Materijal:	Masa: 8380 kg	
Mjerilo originala 1:8	Naziv: Gornji nosač - zavar (rastavljiva izvedba)	Pozicija:
	Crtež broj: GIM-RI-10-10	Format: A1
		Listova: 3
		List: 2



Poz. Item.	Kom. Piec.	Naziv/Name	Mjere/Dimensions	Crtez/Drawing Standard	Materijal/Material Standard	Masa/kom Mass/piece	ΣMasa ΣMass
1	1	Ploča donja			Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	671.4	671.4
2	1	Prsten 1			Lim 50 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	1711.8	1711.8
3	1	Prsten 2			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	320.4	320.4
4	1	Prsten 3			Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	176.3	176.3
5	1	Prsten 4			Lim 60 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	368.9	368.9
6	1	Cilindar 1	⌀1800/⌀1740x692		Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	892.2	892.2
7	1	Cilindar 2	⌀860/⌀820x520		Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	211.4	211.4
8	1	Cilindar 3	⌀1800/⌀1740x520		Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	674.7	674.7
9	2	Ploča 1			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	94.1	188.2
10	4	Ploča 2			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	55	219.9
11	2	Ploča 3			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	48.4	96.7
12	4	Ploča 4	410x395x25		Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	31.8	127.1
13	6	Ploča 5			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	4.3	26
14	4	Stopa			Lim 45 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	71.1	284.5
15	4	Rebro 1			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	101.8	407.3
16	8	Rebro 2			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	26.3	210.4
17	8	Rebro 3			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	35.5	283.8
18	18	Rebro 4			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	5.8	104.7
19	8	Zaštitni prsten			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	6.1	49.1
20	4	Cijev ⌀127x10	L=440		Cv 127x10 ; S355J2H EN 10210	12.7	50.8
21	1	Prirubnica ⌀140x60			Lim 60 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	6.3	6.3
22	4	Cijev ⌀88.9x3.6	L=510		Cv 88.9x3.6 ; S355J2H EN 10210	3.9	15.4
23	8	Ploča 6			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	10.1	80.6
24	1	Navojnik M18x1.5			Okr 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10060	0.4	0.4
25	8	Rebro 5			Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	11.2	89.7
26	4	Ploča 1 odrivnog sklopa			Lim 50 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	0.4	1.5
27	4	Ploča 2 odrivnog sklopa			Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	0.5	2
28	1	Cijev ⌀33.7x3.6	L=350		Cv 33.7x3.6 ; S355J2H EN 10210	0.9	0.9
29	1	Luk 90°, ⌀33.7x3.6		DIN 2605	S355J2H EN 10210	0.2	0.2
30	1	Prirubnica DN 25/33.7		DIN 2633	S355J2+N EN 10025	1.3	1.3
31	1	Ploča za uvodnice			Lim 30 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	4.8	4.8
32	2	Ploča 7			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	20.6	41.2
33	4	Ploča 8	650x540x40		Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	110.2	440.9
34	2	Ploča 9			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	41.3	82.6
35	2	Ploča 10	500x690x25		Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	66.7	133.4
36	4	Rebro 6			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	49.5	198
37	4	Rebro 7			Lim 25 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	49.2	196.8

	TOLERANCIJE DUŽINSKIH MJERA, OSIM ZA SKIDNE BRODVE TOLERANCES LENGTH DIMENSIONS, EXCLUDING BROKEN EDGES											TOLERANCIJE KUTNIH MJERA TOLERANCES ANGULAR DIMENSIONS					TOLERANCIJE SLOBODNIH MJERA NEOBRAĐENIH ZAVARENIH KONSTRUKCIJA ISO 13920-B FREE TOLERANCES RAW WELDED CONSTRUCTIONS ISO 13920-B										TOLERANCIJE PRAVOCRTNOSTI I RAVNOSTI TOLERANCES LINEAR AND EQUALITERAL										TOLERANCIJA PRI OKRETANJU TOLERANCE IN ROTATION
mjera dimension	od	0.5	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	ISO 2768-1	od	0	10	50	120	ISO 2768-1	od	2	30	120	400	1000	2000	4000	8000	ISO 13920	od	0	10	30	100	300	1000	3000	ISO 2768-2	SREDNA TOLERANCIJSKI RAZRED ISO 2768-2 TOLERANCE CLASS-MEDIUM
	do	3	6	30	120	400	1000	2000	4000	8000		do	10	50	120	400		do	30	120	400	1000	2000	4000	8000	12000		do	10	30	100	300	1000	3000		
odstupanje tolerance	mm (±)	0.1	0.1	0.1	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3		° (±)	′	0°30′	0°20′	0°10′		mm (±)	1	2	2	3	4	6	8	10		mm (±)	0.05	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8		0.2 mm

	Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
Razradio	06.2018.	Jure Perić	
Crtao	06.2018.	Jure Perić	
Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 8380 kg

Mjerilo originala 1:8

Naziv: Gornji nosač - zavar (rastavljiva izvedba)

Pozicija:

Format: A1

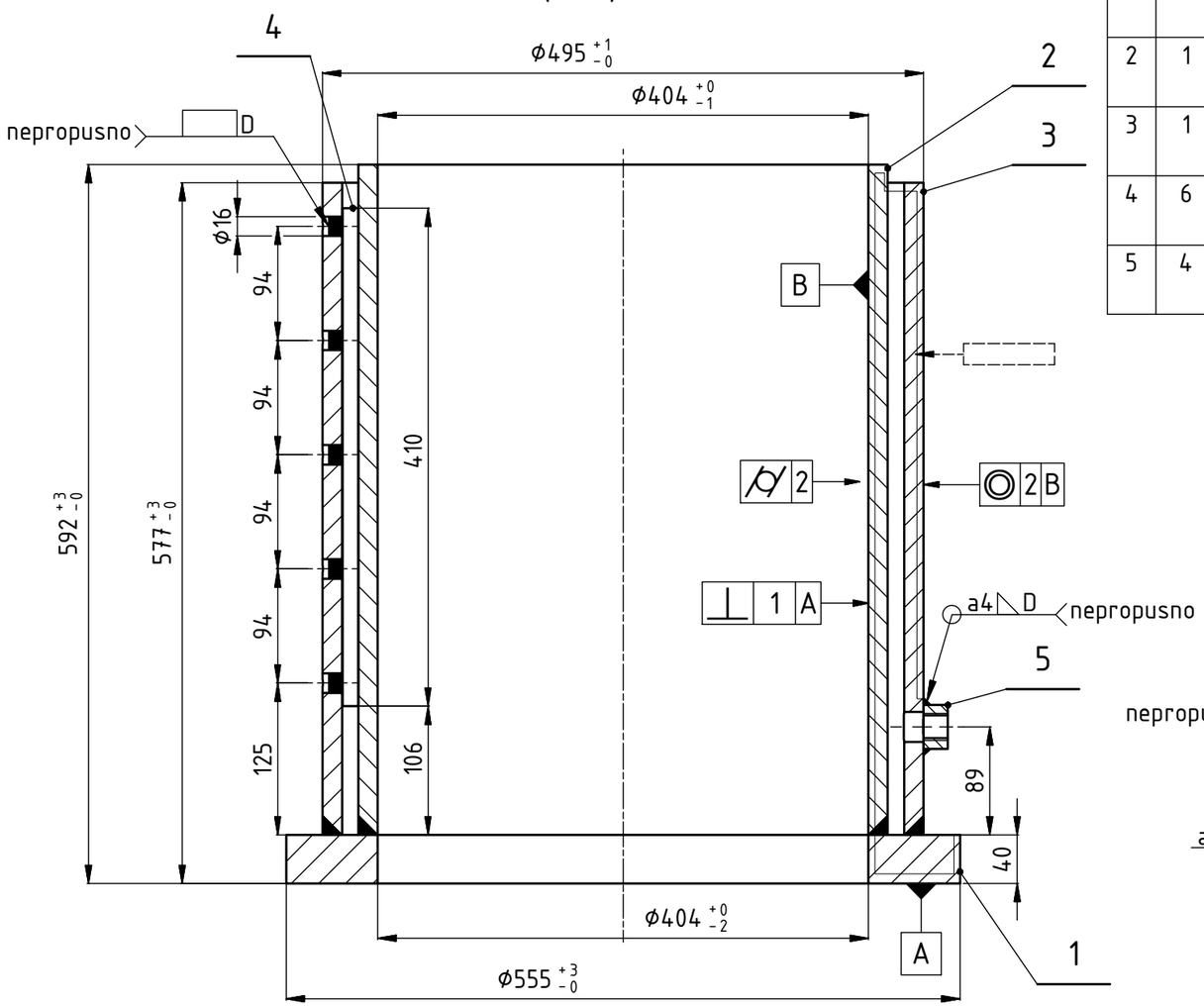
Listova: 3

Crtež broj: GIM-RI-10-10

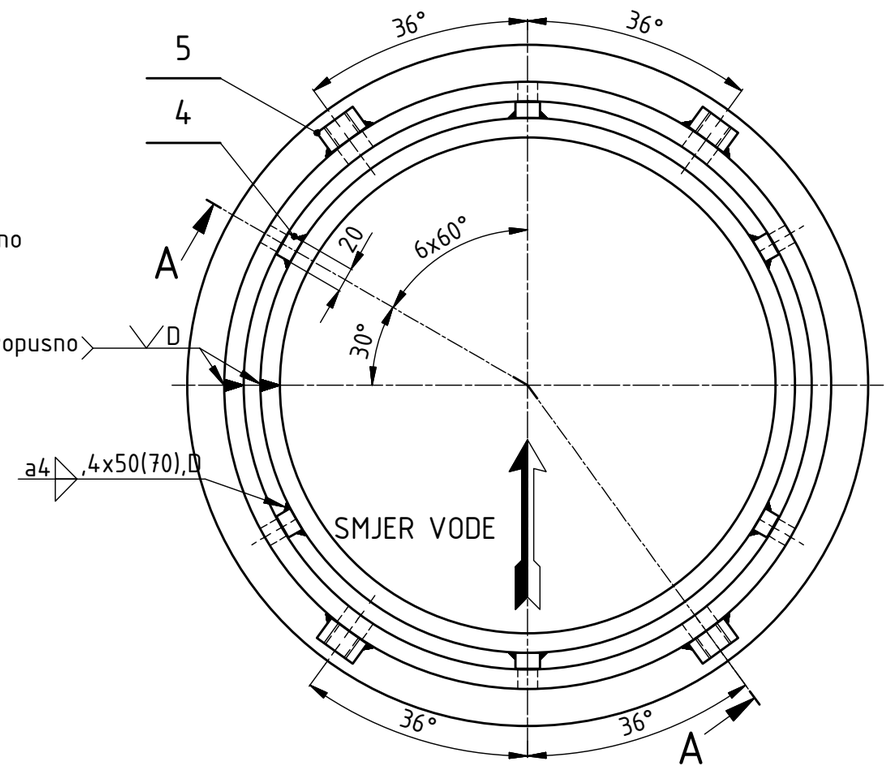
List: 3

Poz. Item.	Kom. Piec.	Naziv/Name	Mjere/Dimensions	Crtež/Drawing Standard	Materijal/Material Standard	Masa/kom Mass/piece	ΣMasa ΣMass
1	1	Priribnica	ϕ555/ϕ404x40		Lim 40 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	35.7	35.7
2	1	Cilindar unutarnji	ϕ436/ϕ404x552		Lim 16 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	91.5	91.5
3	1	Cilindar vanjski	ϕ495/ϕ463x537		Lim 16 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	100.5	100.5
4	6	Rebro	410x20x13		Lim 20 ; S355J2+N EN 10029 ; EN 10025	0.8	5
5	4	Navojnik R 1/2"	ϕ36x20		Okr 36 ; S355J2+N EN 10060 ; EN 10025	0.1	0.5

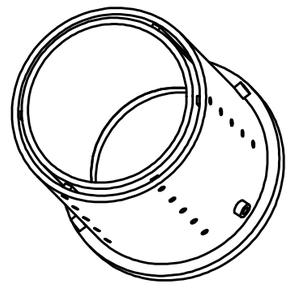
Presjek A-A
(1 : 5)



(1 : 5)

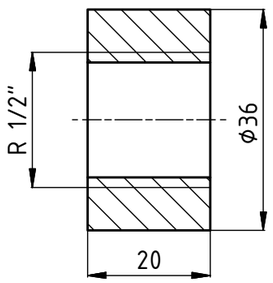


3D Prikaz



Napomena:
Zavar unutar provrta ϕ16 ispuniti najmanje do dubine 5mm.
Ne bojati temeljnim premazom - nauljiti.
Utisnuti identifikacijsku oznaku: GIM-RI-10-20
Eliminacija zaostalih naprezanja: odžarivanje.

Pozicija 5
(1 : 1)



Tolerancije slobodnih mjera - dozvoljena odstupanja ostvarena kod zavarenih konstrukcija, prema ISO 13920 - klasa B										
Područje nazivnih mjera										
2 30	30 120	120 400	400 1000	1000 2000	2000 4000	4000 8000	8000 12000	12000 16000	16000 20000	iznad 20000
± 1	± 2	± 2	± 3	± 4	± 6	± 8	± 10	± 12	± 14	± 16

		Datum	Ime i prezime	Potpis
Broj naziva - code	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal:

Masa: 233,2 kg

Mjerilo originala 1:5

Naziv: Lonac - zavar (rastavljiva izvedba)

Pozicija:

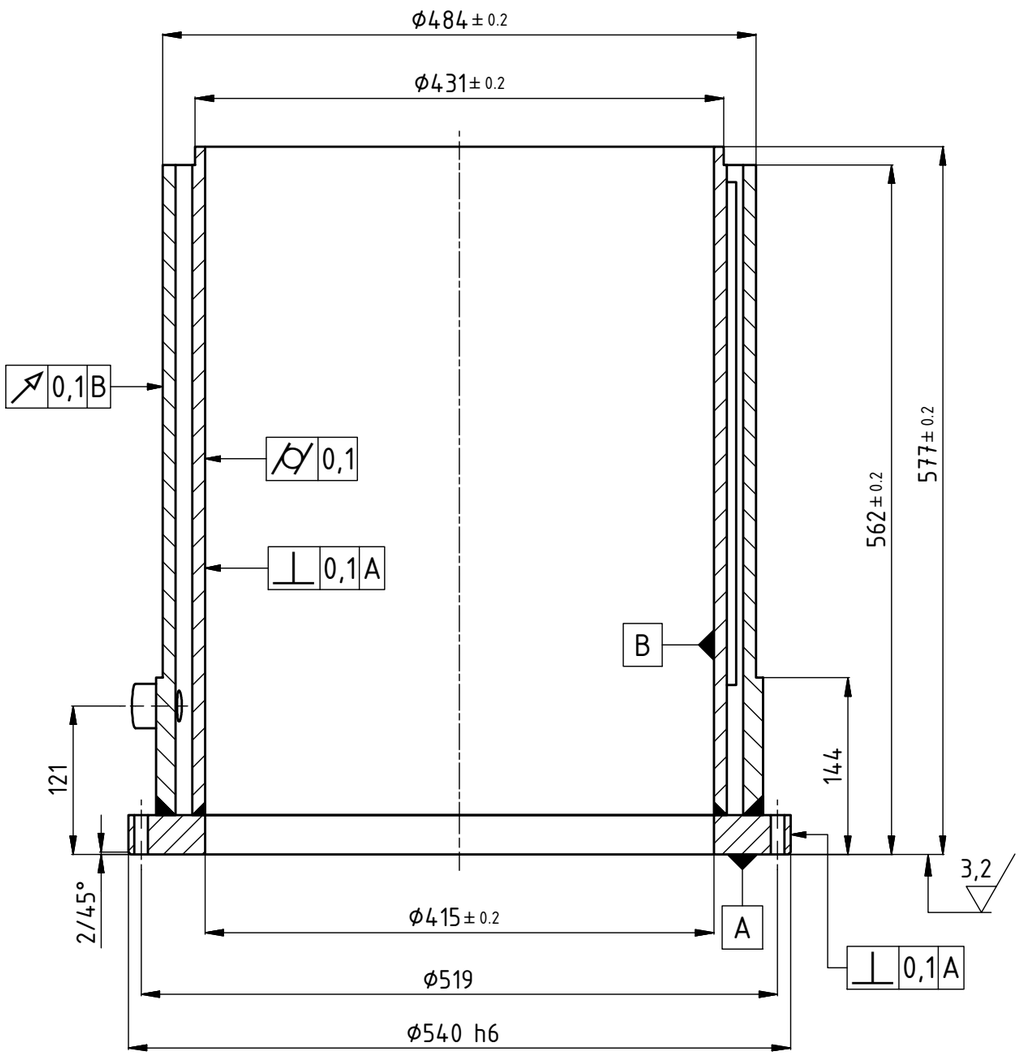
Format: A3

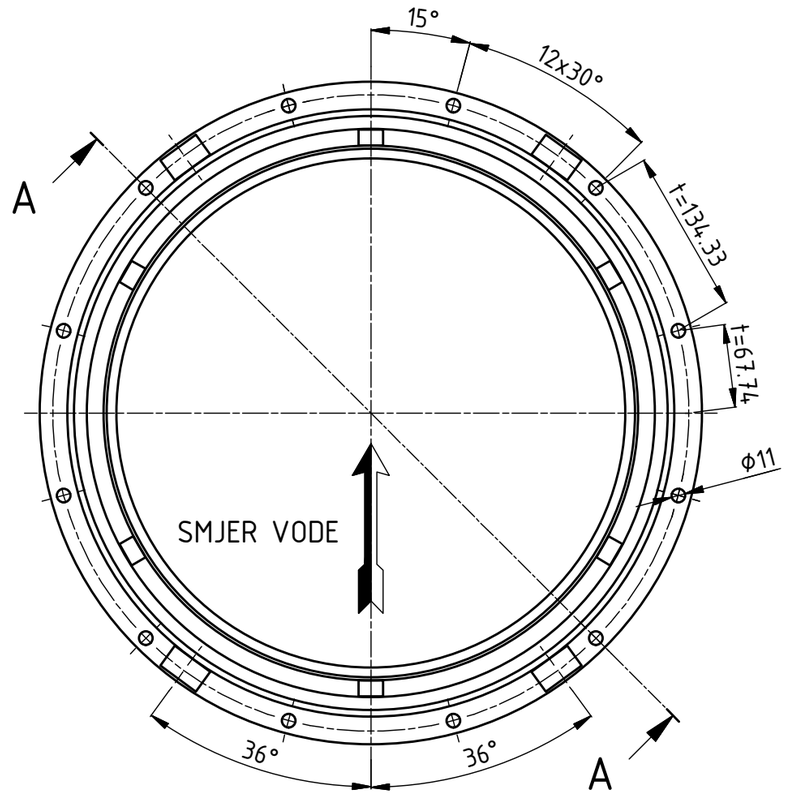
Listova: 1

Crtež broj: GIM-RI-10-20

List: 1

Presjek A-A
(1 : 5)





6,3 / 3,2

Tolerancije slobodnih mjera - dozvoljena odstupanja ostvarena strojnom obradom, prema ISO 2768-m /SREDNJI/											
Područje nazivnih mjera											
0.5 3	3 6	6 30	30 120	120 315	315 1000	1000 2000	2000 4000	4000 8000	8000 12000	12000 16000	16000 20000
± 0.1	± 0.1	± 0.2	± 0.3	± 0.5	± 0.8	± 1.2	± 2	± 3	± 4	± 5	± 6

Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije	
Ø540 h6	0 -0.040

Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora

Objekt broj:

R. N. broj:

Napomena:

Kopija

Materijal: GIM-RI-10-20

Masa: 233,2 kg

Mjerilo originala: 1:5

Naziv: Lonac - obrada (rastavljiva izvedba)

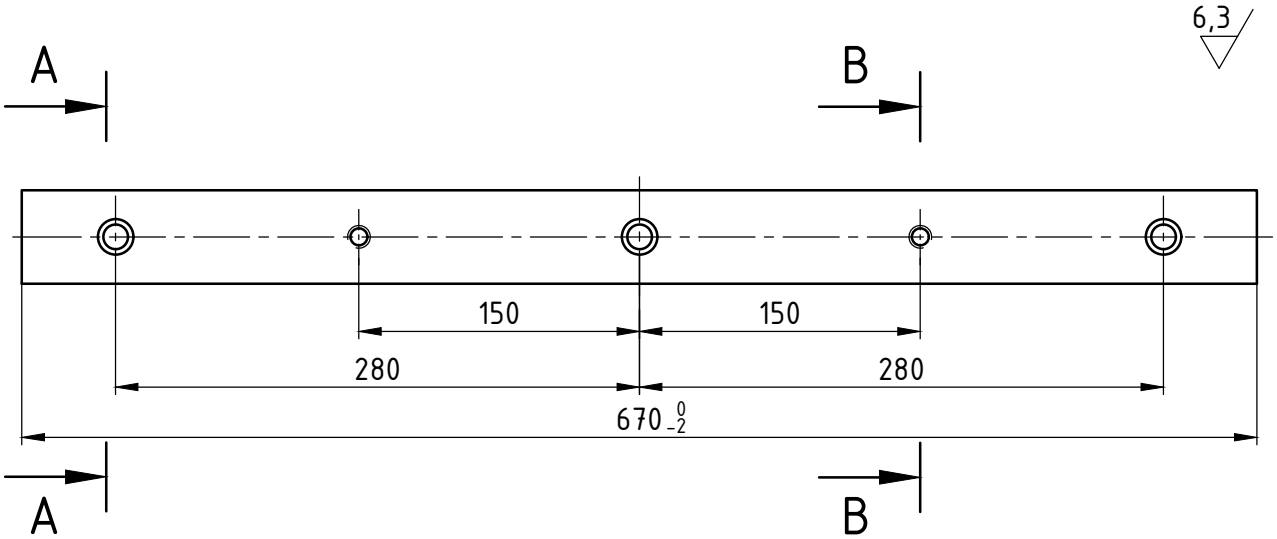
Pozicija:

Format: A3

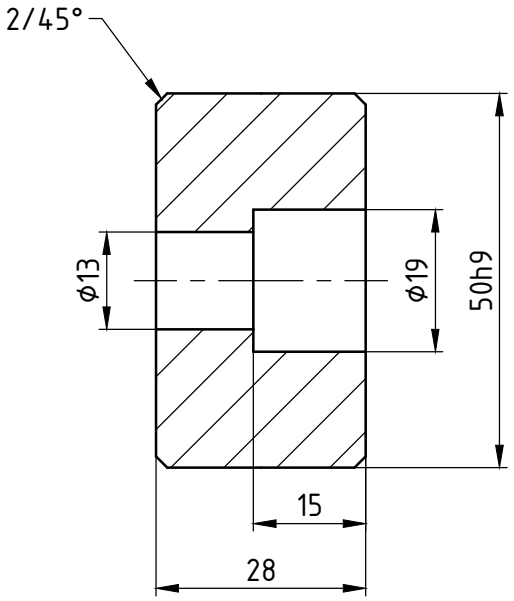
Listova: 1

Crtež broj: GIM-RI-10-30

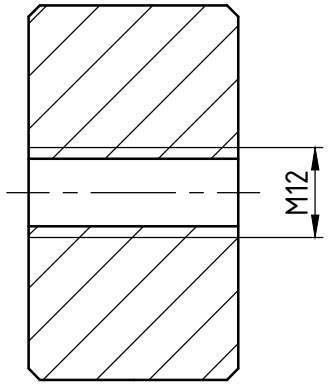
List: 1



Presjek A-A
(1:1)



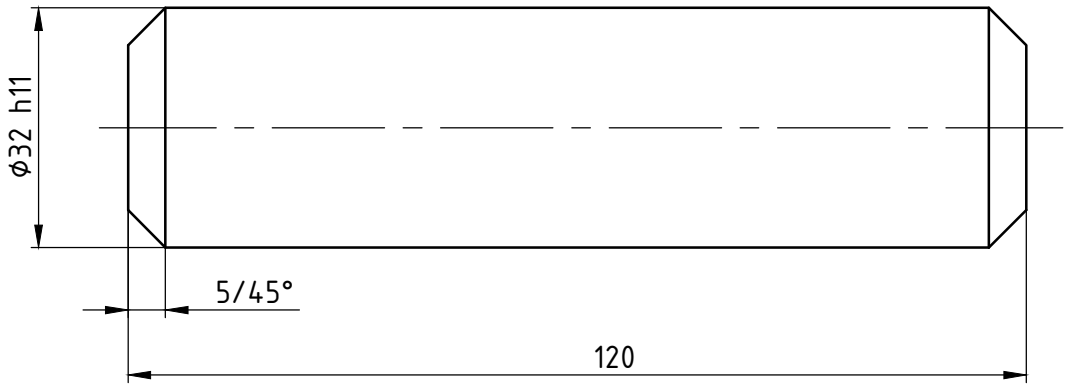
Presjek B-B
(1:1)



Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić		
	Razradio	06.2018.	Jure Perić		
	Crtao	06.2018.	Jure Perić		
	Mentor		Nenad Kranjčević		

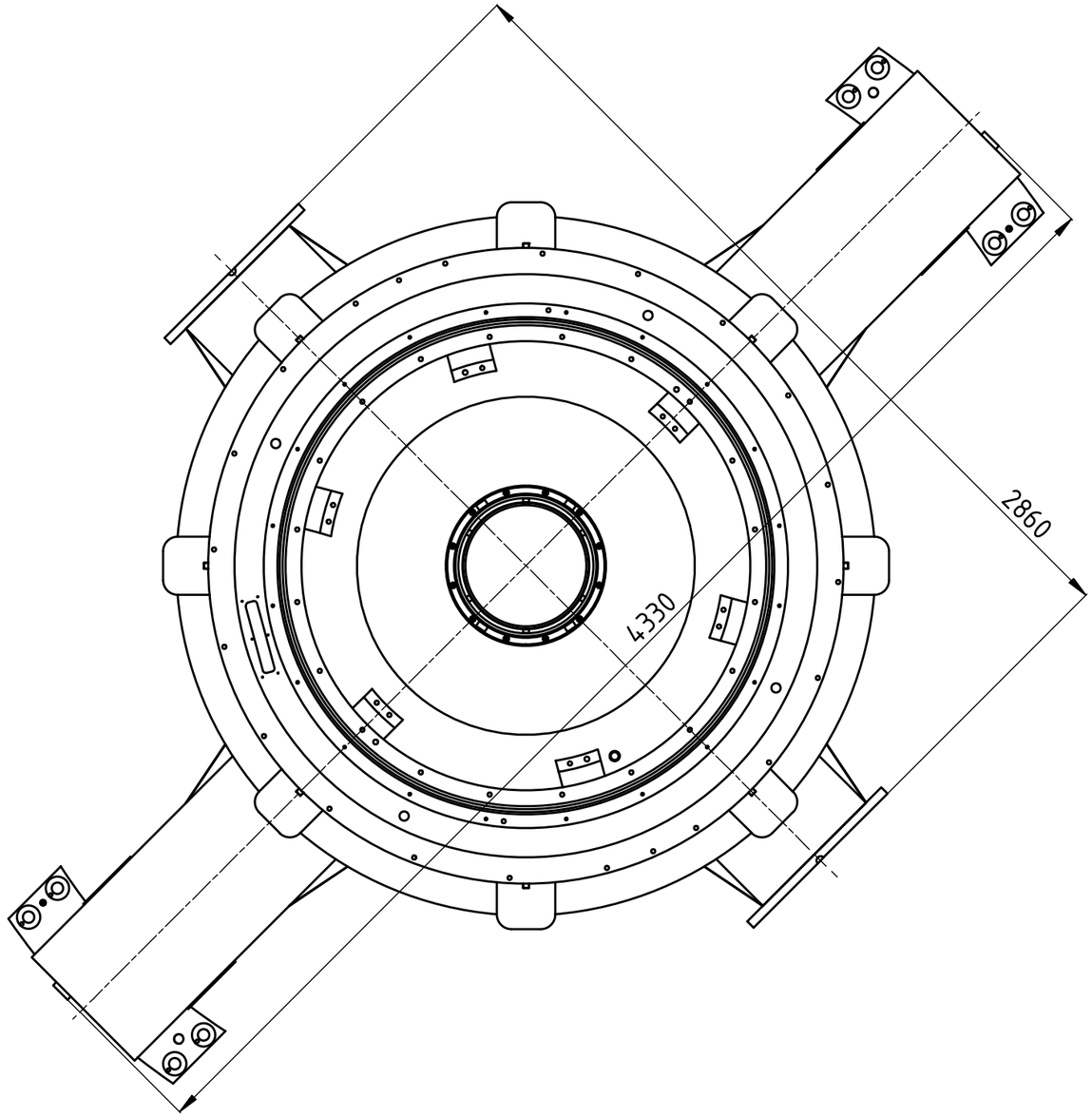
ISO - tolerancije	Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora		Objekt broj:
50 h9 +0 -0.062			R. N. broj:
	Napomena:		Kopija
	Materijal: Ck 45	Masa: 7.3 kg	
	Mjerilo originala 1:4	Naziv: Pero	Pozicija:
			Format: A4
			Listova: 1
		Crtež broj: GIM-RI-10-40	List: 1

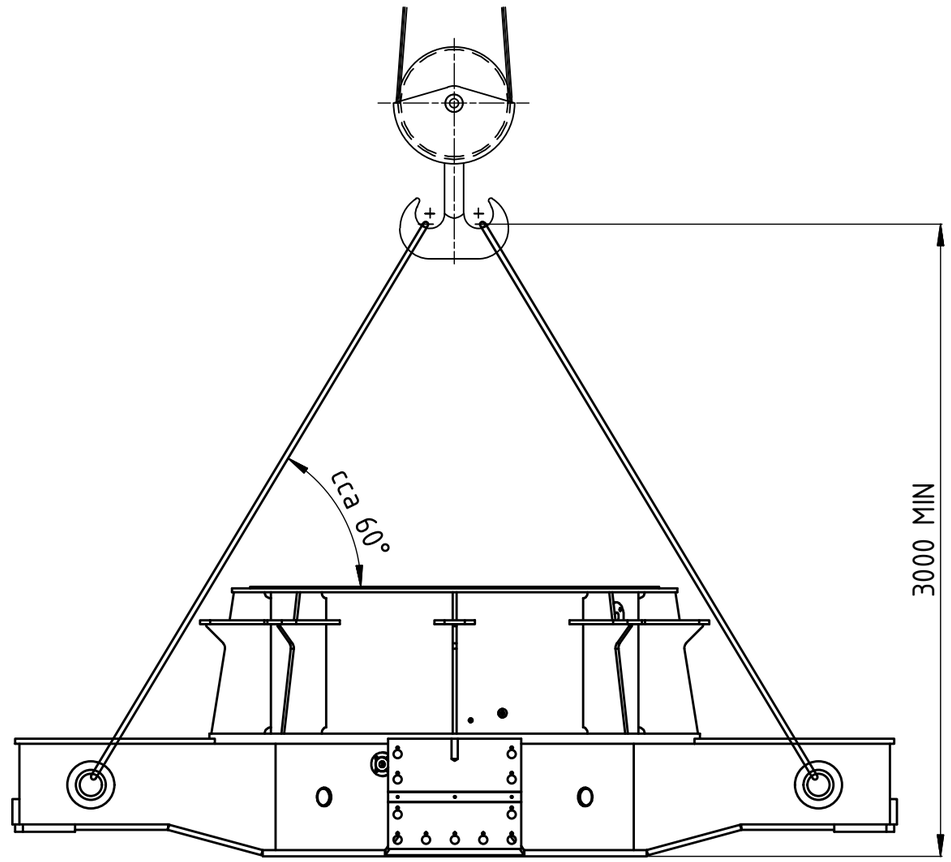
6,3

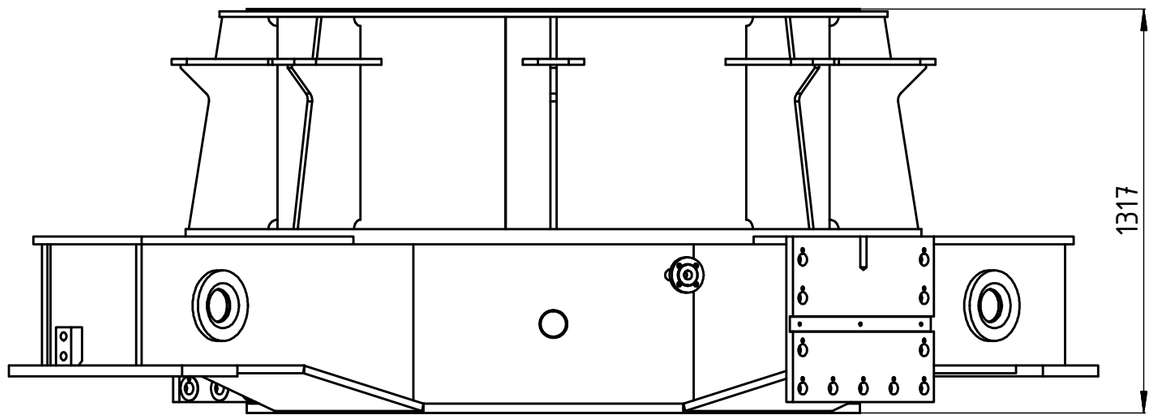


Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić		
	Razradio	06.2018.	Jure Perić		
	Crtao	06.2018.	Jure Perić		
	Mentor		Nenad Kranjčević		

ISO - tolerancije		Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora	Objekt broj:
Ø30 h11	+0 / -0.130		R. N. broj:
		Napomena:	Kopija
		Materijal: E295 — Masa: 0,6 kg	
		Mjerilo originala 1:1 — Naziv: Zatik — Pozicija:	Format: A4
			Listova: 1
		Crtež broj: GIM-RI-10-50	List: 1







Broj naziva - code		Datum	Ime i prezime	Potpis
	Projektirao	06.2018.	Jure Perić	
	Razradio	06.2018.	Jure Perić	
	Crtao	06.2018.	Jure Perić	
	Mentor		Nenad Kranjčević	

FSB Zagreb

ISO - tolerancije	Objekt: Nosač gornjeg kombiniranog ležaja hidrogeneratora		Objekt broj:
			R. N. broj:
	Napomena:		Kopija
	Materijal:	Masa: 7350 kg	
	Mjerilo originala	Naziv: Transportna skica (rastavljiva izvedba)	Pozicija:
			Format: A3
			Listova: 1
		Crtež broj: GIM-RI-10-60	List: 1