

Vertikalni podizni uređaj za kontrolu i održavanje tlačnog cjevovoda hidroelektrane

König, Martin

Master's thesis / Diplomski rad

2010

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:235:937730>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-19**

Repository / Repozitorij:

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



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Martin König

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada:

Prof. dr. sc. Zvonko Herold, dipl. ing

Martin König

Zagreb, 2010.

Sažetak rada

Vertikalni podizni uređaj sa prikladnom strojarnicom rabić će se u procesu čišćenja cjevovoda hidroelektrane pjeskarenjem radi njegove kontrole i održavanja. Vertikalni podizni uređaj kotačima omogućuje sigurno vođenje stjenkama cjevovoda.

Oblikovan je od kvadratnih profila u kombinaciji zavarene izvedbe te vijčanih spojeva. Vijčani spojevi su potrebni radi zahtjeva za montažom i demontažom u skućenom prostoru te zahtjevom za manjom masom konstrukcije.

Strojarnica je izvedena od HEA i HEB profila u zavarenoj i vijčanoj izvedbi. U sastavu strojarnice nalaze se mobilno vitlo tvrtke Tractel, te ručno podizno vitlo M2000 tvrtke Emce koje omogućuje podizanje, odnosno spuštanje platforme u slučaju nestanka električne energije.

IZJAVA

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad izradio samostalno u zadanom vremenskom razdoblju.

Diplomski rad sam izradio na temelju znanja stečenog na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, služeći se navedenom literaturom te uz pomoć mentora.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Zvonku Heroldu na pruženoj stručnoj pomoći i savjetima pri izradi ovog diplomskog rada.

Također, zahvaljujem svojim, roditeljima, kolegama, te prijateljima koji su mi pružili pomoć i podršku i trpili me tijekom studiranja i izrade ovog diplomskog rada.

Martin König

Popis fizikalnih veličina

Fizikalna veličina	Jedinica	Opis
Q_k	N	težina transportnog uređaja
Q_t	N	ukupna nosivost transportnog uređaja
Q_{uk}	N	ukupna masa
Q_s, F_s	N	nosivost jednog stupa
M_s	N/mm	moment savijanja
R_m	N/mm ²	minimalna čvrstoća na vlak
$R_{p0,2}$	N/mm ²	minimalna granica tečenja
h, l	mm	duljina, krak
a	mm	debljina zavora
F_{sm}	N	smična sila u zavaru
T_s	N/mm ²	smično naprezanje zavora
W	mm ³	moment otpora
I	mm ⁴	moment tromosti
σ_{red}	N/mm ²	reducirano naprezanje zavora
σ_v	N/mm ²	vlačno naprezanje
A_{zav}	mm ²	površina zavora
A_j	mm ²	površina presjeka vijka
f	1	faktor ispune
F_L	N	računska lomna sila užeta
F_{max}	N	maksimalna sila u užetu
S_u	1	faktor sigurnosti užeta
d	mm	promjer užeta
D	mm	promjer bubnja
c_p	1	koeficijent pregibanja užeta
Q_L	N	nosivost ležaja
M_A	N/mm ²	moment na osovini
d_o	mm	promjer osovine
σ_{fDN}	N/mm ²	dopušteno naprezanje na savijanje
	N/mm ²	

Sadržaj

1	UVOD	1
2	HIDROELEKTRANE	2
2.1	OSNOVNI DIJELOVI HIDROELEKTRANE	4
3	HIDROELEKTRANA ZAKUČAC	8
4	ČIŠĆENJE CJEVOVODA	12
5	VERTIKALNI PODIZNI UREĐAJ - ZAHTJEVI	13
6	STROJARNICA PODIZNOG UREĐAJA – ZAHTJEVI	15
7	PRORAČUN	17
7.1	PRORAČUN VERTIKALNOG PODIZNOG UREĐAJA	17
7.1.1	<i>Proračun gornjeg nosača</i>	17
7.1.1.1	Proračun vijaka ploče gornjeg polunosaja	17
7.1.1.2	Proračun zavara na gornjem polunosaju	18
7.1.1.3	Proračun nosivih vijaka gornje ploče	20
7.1.1.4	Proračun nosivih vijaka konstrukcije	21
7.1.2	<i>Proračun vertikalnog nosača</i>	22
7.1.2.1	Proračun vijaka M12	22
7.1.2.2	Proračun zavara gornje ploče vertikalnog stupa	22
7.1.2.3	Proračun zavara donje ploče vertikalnog stupa	23
7.1.3	<i>Proračun donjeg nosača</i>	24
7.1.3.1	Proračun nosivih vijaka donjeg nosača	24
7.1.3.2	Proračun nosive konstrukcije podnice	25
7.1.3.3	Sigurnosni uređaji	26
7.2	PRORAČUN MEHANIZAMA ZA DIZANJE PLATFORME VERTIKALNOG PODIZNOG UREĐAJA	27
7.2.1	<i>Dimenzioniranje čelične užadi</i>	27
7.2.2	<i>Izbor užnice</i>	27
7.2.3	<i>Proračun ležaja užnice</i>	28
7.2.4	<i>Proračun osovine užnice</i>	29
7.2.5	<i>Proračun nosivih profila strojarnice</i>	29
7.2.6	<i>Proračun zavara nosivih profila</i>	30
7.2.7	<i>Izbor vitla</i>	31
8	ZAKLJUČAK	33
9	LITERATURA	34

Popis slika

<i>Slika 1 –Poprečni presjek brane Prančevići</i>	<i>2</i>
<i>Slika 2 - Pogled na branu Prenčevići i akumulacijsko jezero Prančevići</i>	<i>8</i>
<i>Slika 3 – Pregledna situacija.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 4 - Uzdužni profil postrojenja HE Zakučac.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 5 - Čvor vodne i zasunske komore.....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 6 - Uzdužni presjek vodne i zasunske komore i čvora strojarnice</i>	<i>10</i>
<i>Slika 7 - Vertikalni podizni uređaj.....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 8 - Strojarnica podiznog uređaja.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 9 - Prikaz nosivih vijaka gornjeg polunosača</i>	<i>17</i>
<i>Slika 10 - Prikaz zavara na gornjem nosaču s opterećenjima</i>	<i>18</i>
<i>Slika 11 - Prikaz zavara.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 12 - Prikaz opterećenja nosivih vijaka gornje ploče</i>	<i>20</i>
<i>Slika 13 - Prikaz opterećenja nosivih vijaka konstrukcije</i>	<i>21</i>
<i>Slika 14 - Prikaz opterećenja vijaka vertikalnog nosača.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 15 - Prikaz zavara gornje ploče vertikalnog stupa</i>	<i>22</i>
<i>Slika 16 - . Prikaz zavara donje ploče vertikalnog stupa</i>	<i>23</i>
<i>Slika 17 - Prikaz vijaka donje ploče.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 18 - Prikaz opterećenja silom F_s nosive konstrukcije podnice.....</i>	<i>25</i>
<i>Slika 19 - Blocstop</i>	<i>26</i>
<i>Slika 20 - Profil užnice.....</i>	<i>27</i>
<i>Slika 21 - Prikaz opterećenja ležajeva i osovine</i>	<i>28</i>
<i>Slika 22 - Naprezanje gornjeg nosača</i>	<i>29</i>
<i>Slika 23 - Zavar nosivih profila</i>	<i>30</i>
<i>Slika 24 – Tirak</i>	<i>31</i>
<i>Slika 25 - Emce M2000 ručno vitlo</i>	<i>32</i>

Popis tehničke dokumentacije

Vertikalni podizni uređaj

Vertikalni podizni uređaj	100-1
Gornji nosač	101-1
Gornja polunoslač	102-1
Gornja dijagonala	103-1
Vertikalni nosač	104-1
Vertikalni nosač ograde	105-1
Rukohvat	106-1
Donji nosač	107-1
Donji polunoslač	108-1
Vanjski donji nosač	109-1
Donji polunoslač	110-1
Nosač poda	111-1
Obrub	112-1
Ploča	113-1
Donja ploča	114-1
Gornja ploča	115-1
Odstojnik	116-1
Sklop kotača	117-1

Sklop nosača

Sklop nosača	200
Nosač za M2000 vitlo	201
HEA kraći nosač	202
Sklop užnice_1	203
Nosač užnice	204
Sklop užnice_2	205
Kvadratna cijev	206
Odstojnik	207

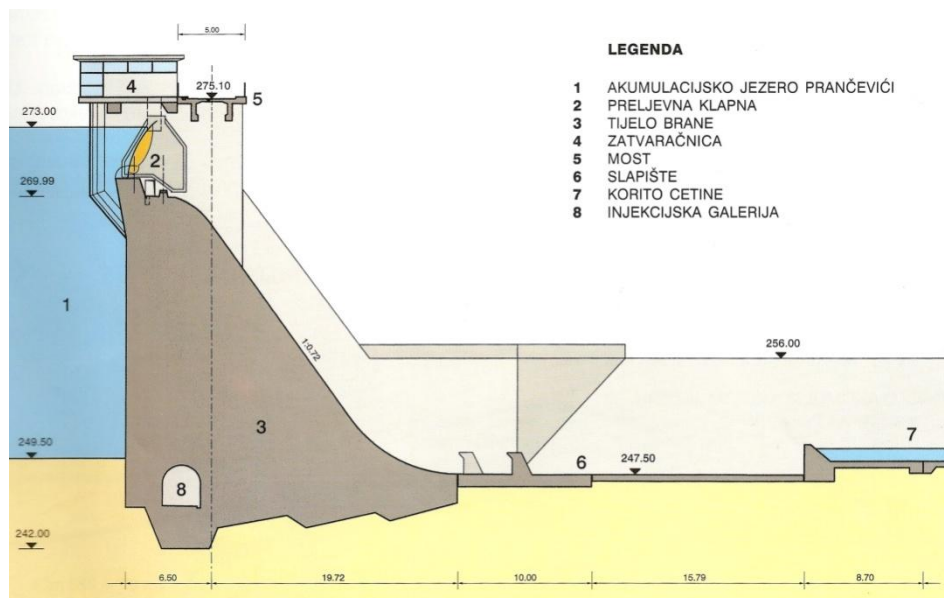
HEA dulji nosač	208
Kvadratna cijev_1	209
Kvadratna cijev_2	210

1 Uvod

Potencijalna energija vodene mase koja se koristi pri pretvorbi u kinetičku za vršenje mehaničkog rada vrlo je velika i nekontrolirana i može izazvati velika razaranja. Jedan od sustava kojem je potrebno posvetiti značajnu pažnju je i sustav zaštite cjevovoda. Veliki tlakovi na stjenke cjevovoda mogu dovesti do pucanja cijevi što ostavlja velike posljedice. Pri tome je važno da se sustav zaštite cjevovoda, prilikom bilo kakve havarije odradi u što kraćem vremenu. Zbog takvog nestacionarnog strujanja fluida u visokotlačnim cjevovodima te njihove kontrole i održavanja potrebno je konstruirati i konstrukcijski razraditi vertikalni transportni uređaj za sigurno spuštanje radnika s potrebnom opremom i energetskim priključcima. Taj transportni uređaj mora omogućiti spuštanje i podizanje radnika kroz cjevovod promjera $\varnothing 3750$ mm. Cjevovod iza gornje zasunske komore započinje lukom 90° srednjeg polumjera $R \approx 10$ m, na koji se nastavlja ravni vertikalni dio cjevovoda visine $h \approx 210$ m, te završava likom polumjera $R \approx 10$ m koji dovodi vodu horizontalno u turbinu.

2 Hidroelektrane

Hidroelektrane (HE, eng. hydro power plants, njem. Wasserkraftwerke) su postrojenja u kojima se potencijalna energija vode najprije pretvara u kinetičku energiju njezinog strujanja, a potom u mehaničku energiju vrtnje vratila turbine te, konačno, u električnu energiju u generatoru. Hidroelektranu u širem smislu čine i sve građevine i postrojenja koje služe za prikupljanje (akumuliranje), dovođenje i odvođenje vode (brana, zahvati, dovodni i odvodni kanali, cjevovodi itd), pretvorbu energije (turbine, generatori), transformaciju i razvod električne energije (rasklopna postrojenja, dalekovodi) te za smještaj i upravljanje cijelim sustavom (strojarnica i sl).



Slika 1 –Poprečni presjek brane Prančevići

Hidroelektrane se mogu podijeliti prema njihovom smještaju, padu vodotoka, načinu korištenja vode, volumenu akumulacijskog bazena, smještaju strojarnice, ulozi u elektroenergetskom sustavu, snazi itd.

Prema smještaju samih postrojenja, odnosno prema vodenom toku čiju energiju iskorištavaju, hidroelektrane mogu biti:

- "klasične", na kopnenim vodotokovima: rijekama, potocima, kanalima i sl.
- na morske valove
- na morske mijene: plimu i oseku.

Prema padu vodotoka, odnosno visinskoj razlici između zahvata i ispusta vode (klasične) hidroelektrane se mogu podijeliti na:

- niskotlačne, s padom do 25 m
- srednjotlačne, s padom između 25 i 200 m
- visokotlačne, s padom većim od 200 m.

Prema načinu korištenja vode, odnosno regulacije protoka hidroelektrane se dijele na:

- protočne, kod kojih se snaga vode se iskorištava kako ona dotječe
- akumulacijske, kod kojih se dio vode prikuplja (akumulira) kako bi se mogao koristiti kada je potrebnije
- crpno-akumulacijske ili reverzibilne, kod kojih se dio vode koji nije potreban pomoću viška struje u sustavu crpi na veću visinu, odakle se pušta kada je potrebnije.

Prema načinu punjenja, odnosno veličini akumulacijskog bazena hidroelektrane mogu biti:

- s dnevnom akumulacijom, kod kojih se akumulacija puni po noći, a prazni po danu
- sa sezonskom akumulacijom, kod kojih se akumulacija puni tijekom kišnog, a prazni tijekom sušnog razdoblja godine
- s godišnjom akumulacijom, kod kojih se akumulacija puni tijekom kišnih, a prazni tijekom sušnih godina.

Prema udaljenosti strojarnice od brane hidroelektrane se dijele na:

- pribranske, čija je strojarnica smještena neposredno uz branu, najčešće podno nje
- derivacijske, čija je strojarnica smještena podalje od brane.

Prema smještaju strojarnice hidroelektrane se dijele na:

- nadzemne, kod kojih je strojarnica smještena iznad razine tla
- podzemne, kod kojih je strojarnica smještena ispod razine tla.

Prema njihovoj ulozi u elektroenergetskom sustavu hidroelektrane se mogu podijeliti na:

- temeljne, koje rade cijelo vrijeme ili većinu vremena

- vršne, koje se uključuju kada se za to pokaže potreba, npr. za pokrivanje vršne potrošnje.

Prema instaliranoj snazi (učinku) hidroelektrane mogu biti:

- velike
- male.

Razlika između velikih i malih hidroelektrana, odnosno donji i gornji granični iznosi snage u cijelom svijetu pri tome nisu jednoznačno određeni pa se, na primjer, mogu kretati od 5 kW (u Kini) do 30 MW (SAD-u), dok se kod nas malom smatra HE snage između 50 i 5000 kW. Također valja reći da u nekim zemljama postoji i dodatna podjela hidroelektrana malih snaga na mikro, mini i male hidroelektrane.

2.1 Osnovni dijelovi hidroelektrane

U osnovne dijelove hidroelektrane ubrajaju se:

- brana ili pregrada na vodotoku
- zahvat vode
- dovod vode
- vodostan ili vodena komora
- tlačni cjevovod
- obilazni cjevovod
- turbina
- sustav zaštite od hidrauličkog udara
- generator
- strojarnica
- rasklopno postrojenje
- odvod vode.

Svi dijelovi koji su pri tome u neposrednom doticaju s vodom, odnosno služe za njezino prikupljanje, dovođenje i odvođenje te pretvorbu njezine energije nazivaju se zajedničkim imenom **hidrotehnički sustav**.

Brana ili **pregrada** (eng. dam, njem. Sperre) osnovni je dio hidrotehničkog sustava pa i cijelog postrojenja HE (nerijetko se cijelo hidroenergetsko postrojenje jednostavno naziva 'branom') i ima trostruku ulogu:

- skretanje vode s prirodnog toka prema zahvatu
- povišenje razine vode kako bi se povećao pad
- ostvarenje akumulacije.

S obzirom na visinu, brane mogu biti visoke i niske, a s obzirom na izradu masivne (npr. betonske) ili nasute (npr. zemljane, kamene). Niske se brane nazivaju i pragovima, što je čest slučaj kod malih vodotokova, odnosno kod malih hidroelektrana.

Zahvat vode prima i usmjerava vodu zadržanu u akumulaciji prema dovodu, odnosno turbini. Može se izvesti na površini vode ili ispod nje. Kada je pregrada niska i razina vode gotovo konstantna izvodi se na površini, dok se ispod površine i to na najnižoj mogućoj razini izvodi u slučaju kada se razina vode tijekom godine značajno mijenja. Prolaz vode kroz zahvat se regulira zapornicima.

Dovod vode je dio hidrotehničkog sustava koji spaja zahvat s vodostanom, odnosno s vodenom komorom. Ovisno o izgledu okolnog tla i pogonskim zahtjevima, može biti:

- otvoren (kanal)
- zatvoren (tunel), koji može biti gravitacijski ili tlačni.

Gravitacijski tunel nije posve ispunjen vodom pa za promjenu protoka vode valja regulirati zahvat, dok kod tlačnog tunela voda ispunjava cijeli poprečni presjek i za promjenu protoka ne treba utjecati na zahvat. S gledišta elastičnosti pogona (mogućnosti odgovaranja na promjene u elektroenergetskom sustavu) tlačni su kanali povoljniji jer bolje mogu pratiti promjenu opterećenja.

Vodostan ili **vodena komora** predstavlja zadnji dio dovoda, a služi za odgovaranje na promjene opterećenja. Kada je dovod izveden kao gravitacijski tunel, mora imati odgovarajući volumen kako se u njemu mogle pohraniti veće količine vode, a kada je tunel tlačni, njegove dimenzije moraju biti takve da tlak u dovodu ne poraste preko dopuštene granice ili da razina vode ne padne ispod visine ulaza u tlačni cjevovod.

Tlačni cjevovod dovodi vodu od vodostana do turbina. Izrađuje se o čelika ili betona (kod manjih padova), a prema smještaju može biti na površini ili u tunelu. Na ulazu u njega obvezno se nalazi zaporni organ kojim se sprječava daljnje protjecanje vode u slučaju pucanja cijevi. Ispred glavnog zapornog organa redovito se postavlja i pomoćni, koji omogućava bilo kakve radove na glavnom bez potrebe za pražnjenjem sustava. Obilazni cjevovod je smješten na početku tlačnog i služi za njegovo postupno punjenje te za izjednačavanje tlaka ispred i iza zapornog organa.

Vodne turbine ili **hidroturbine** predstavljaju središnji dio sustava jer služe za pretvaranje kinetičke energije strujanja vode u mehaničku energiju vrtnje vratila turbine, odnosno generatora. Ovisno o načinu prijenosa energije vodotoka na njih turbine mogu biti:

- impulsne
- reakcijske koje mogu biti radijalne i aksijalne.

Turbine se često dijele i prema izvedbi, u pravilu prema imenu konstruktora ili proizvođača pa postoje Francisove, Peltonove, Kaplanove, Bankijeve, Ossbergerove itd.

Sustav zaštite od hidrauličkog udara služi za sprječavanje povećanja tlaka preko dopuštene granice, odnosno vodenog (hidrauličkog) udara u tlačnom cjevovodu. Visina tlaka pri tome ovisi o vremenu potrebnom za zatvaranje zapora na dnu cjevovoda.

Generator je uređaj u kojem se mehanička energija vrtnje vratila pretvara u električnu. Može biti postavljen okomito (kod velikih hidroelektrana) ili vodoravno (kod manjih ili kada su dvije turbine spojene na jedan generator). Kod crpno-akumulacijskih hidroelektrana uz turbinu i generator se na istom vratilu nalazi i crpka pa generator može raditi i kao motor.

Strojarnica je građevina u kojoj su smještene turbine, vratila, generatori te svi potrebni upravljački i razni pomoćni uređaji. Može biti izgrađena na otvorenom, kao samostojeća zgrada ili ukopana, u tunelu.

Rasklopno postrojenje predstavlja vezu hidroelektrane i elektroenergetskog sustava. Izvodi se u neposrednoj blizini strojarnice, a tek iznimno (ako je to uvjetovano okolnim tlom) dalje od nje.

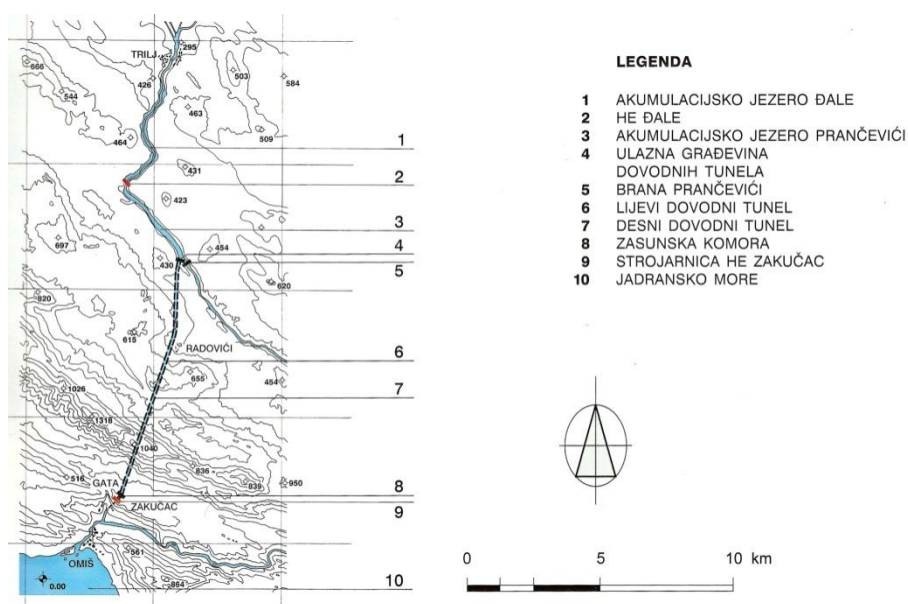
Odvod vode je završni dio hidrotehničkog sustava, a može biti izveden kao kanal ili kao tunel. Služi za vraćanje vode iskorištene u turbini natrag u korito vodotoka ili za dovod vode do zahvata sljedeće elektrane.[1]

3 Hidroelektrana Zakučac

Hidroelektrana Zakučac visokotlačno je derivacijsko postrojenje smješteno na ušću rijeke Cetine u more, kod grada Omiša. Prema snazi i proizvodnji HE Zakučac najveće je postrojenje hidroenergetskog sustava sliva rijeke Cetine, na koje otpada oko 69% ukupne godišnje proizvodnje.



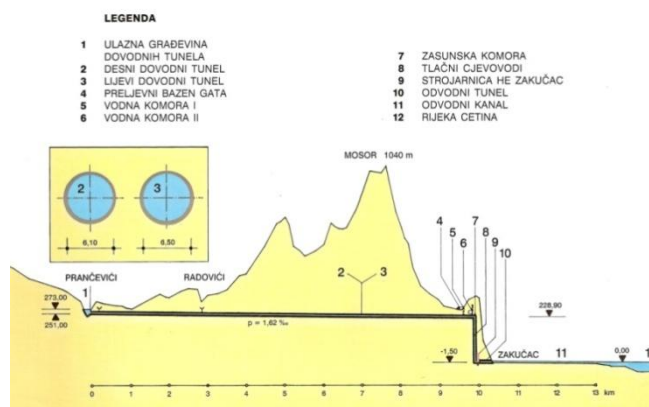
Slika 2 - Pogled na branu Prančevići i akumulacijsko jezero Prančevići



Slika 3 – Pregledna situacija

Osnova rada HE Zakučac je korištenje voda sliva rijeke Cetine iz dvije daljinske akumulacije: Peruće i Buškog blata. Akumulacijsko jezero Peruća vrši sezonsko vodno izravnaje protoka dok akumulacijsko jezero Buško blato vrši potpuno godišnje izravnaje. S takve dvije akumulacije, HE Zakučac ima mogućnost vršnog rada u najvećem dijelu godine.

HE Zakučac je građena u dvije etape. U prvoj etapi izgradnje, koja je puštena u pogon 1961. Godine, sagrađeni su brana Prančevići, dovodni tunel s vodnom komorom i tlačnim cjevovodima, te strojarnica u koju su ugrađene dvije proizvodne jedinice ukupne snage 216 MW. U drugoj etapi, koja je puštena u pogon 1980. Godine, dograđeni je drugi tlačni tunel s vodnom komorom i tlačnim cjevovodima, te dvije proizvodne jedinice ukupne snage 170 MW. Izgradnjom druge etape HE Zakučac praktički su prestali preljevi na brani Prančevići.



Slika 4 - Uzdužni profil postrojenja HE Zakučac

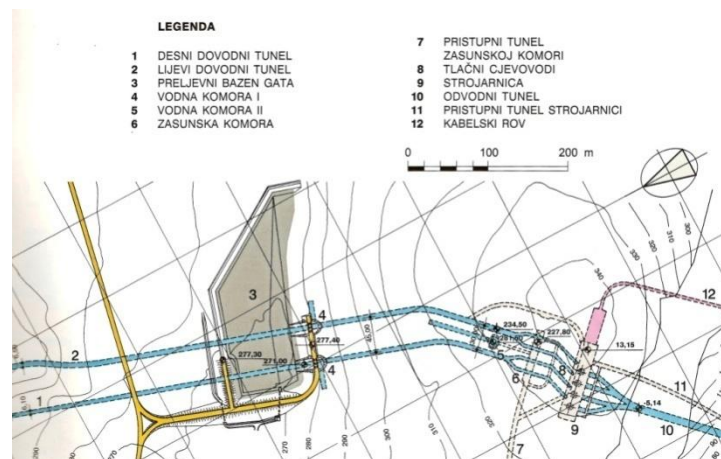
Zahvat vode za HE Zakučac smješten je u kanjon rijeke Cetine u njezinom donjem toku. Betonskom gravitacijskom branom Prančevići visine 35 m formirano je akumulacijsko jezero Prančevići dužine oko 5 km, s ukupnom zapreminom $6,8 \times 10^6 m^3$, koje počinje neposredno nizvodno od hidroelektrane Đale. Za evakuaciju velikih voda na brani ugrađene su dvije preljevne zaklopke dužine 20 m i visine 3 m, s elektromotorom i rezervnim ručnim pogonom. Također su ugrađena dva temeljna ispusta 6×4 m sa segmentnim zatvaračima na elektromotorni pogon. Za slučaj revizije ili popravka glavnog zatvarača postavljene su s nizvodne strane željezne gredne zapornice, a s uzvodne strane tablasti zatvarač. Ukupni kapacitet evakuacijskih objekata je $1200 m^3/s$ što je 1,5 puta više od protoka stogodišnjeg povratnog razdoblja.

Na desnoj obali Cetine, neposredno uz branu, izgrađen je ulazni uređaj u dva dovodna tunela, na međusobnom razmaku od 45 m. Desni tunel, koji je u pogonu do 1961. Godine, dug je 9876 m, promjer mu je 6,1 m, a propusna moć $100 m^3/s$. Lijevi, koji je u pogonu od 1979. Godine, dug je 9894 m, promjer mu je 6,5 m, a propusna moć $120 m^3/s$.

Na kraju dovodnih tunela smješten je sustav vodnih komora. Svaki tunel ima vertikalno okno promjera 6 m i visine 35 m kojim se ostvaruje spoj s otvorenim bazenom Gata. Bazen Gata služi kao gornja ekspanzijska komora. Nizvodno od prvih okana, na udaljenosti oko 230

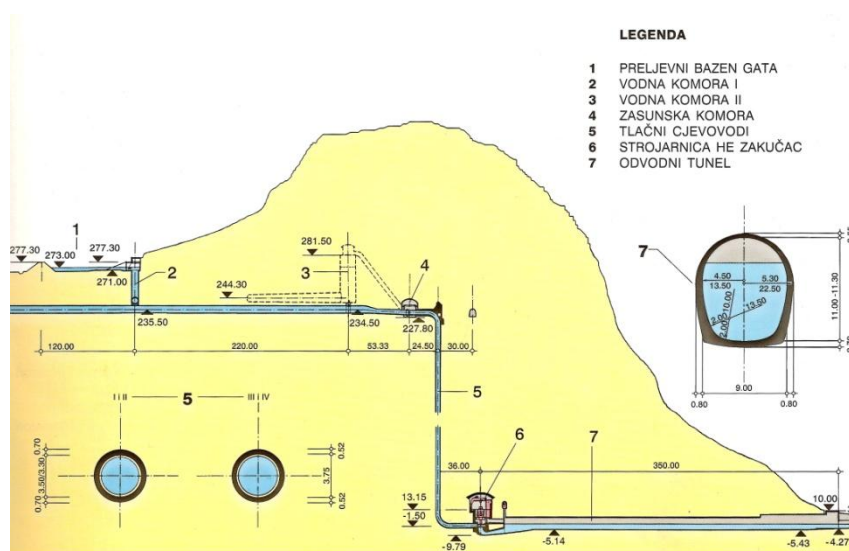
m, smješteno je zajedničko okno vodne komore, preko kojeg su oba tunela međusobno spojena. Pri dnu okna smještena je donja komora dužine 80 m i promjera 6 m .

Nizvodno od okna druge vodne komore, na udaljenosti od 38 m, smještena je zasunska komora veličine 9 x 16 x 62,5 m do koje vodi pristupni tunel duljine 293 m. Iz svakog tunela izlaze po dva tlačna cjevovoda koji ulaze u zasunsku komoru, gdje je na svakoj cijevi ugrađen sigurnosni leptirasti zatvarač i zračni ventil.



Slika 5 - Čvor vodne i zasunske komore

Odmah iza leptirastih zatvarača tlačni cjevovodi se vertikalno spuštaju prema strojarnici svladavajući visinsku razliku od 213,4 m. Dužina svakog tlačnog cjevovoda je 279,30 m, promjer 3,3-3,5 m, a međusobni razmak 15m.



Slika 6 - Uzdužni presjek vodne i zasunske komore i čvora strojarnice

Strojarnica i prostor za transformatore smješteni su u jedinstvenoj podzemnoj kaverni. Do strojarnice vodi pristupni tunel. U strojarnici su ugrađene četiri proizvodne jedinice.

Turbine tipa Francis, snage 110,5 MW svaka, instaliranog protoka $50 \text{ m}^3/\text{s}$ uz konstruktivni pad turbine 250,4 m, montirane su u prvoje etapi, dok su u drugoj etapi ugrađeni strojevi veće snage. Turbine su istog tipa, ali s većim instaliranim protokom i snagom $60 \text{ m}^3/\text{s}$ i 138,3 MW, pro konstruktivnom padu turbine 250,4 m. Na difuzore turbina nastavlja se odvodni tunel koji prelazi u odvodni kanal koji se spaja sa koritom Cetine.

Dva generatora koja su ugrađena u prvoj etapi imaju snagu 108 MW svaki. U drugoj etapi ugrađena dva generatora imaju snagu 135 MW svaki. Ukupna instalirana snaga elektrane je 486 MW.[2]

Opći podaci:

- **položaj:** područje Županije splitsko-dalmatinske, općina Omiš na rijeci Cetini kod Omiša
- **tip hidroelektrane:** derivacijska
- **godina početka pogona:**
 - Zakučac I -1961.
 - Zakučac II -1980.
- **ukupna snaga:** 486 MW

Energetski podaci:

- **instalirani protok:** $Q_i = 220 \text{ m}^3/\text{s}$ ($2 \times 50 + 2 \times 60$)
- **konstruktivni pad:** $H_t = 250,4 \text{ m}$
- **instalirana snaga turbina:** 486 MW ($2 \times 108 + 2 \times 135$)
- **maksimalna godišnja proizvodnja:** (1980.-2008.) $E_{\max} = 2056 \text{ GWh}$ (1980.)
- **srednji energetska ekvivalent:** $0,6 \text{ m}^3/\text{kWh}$
- **godišnja proizvodnja:** električna energija = 1448 GWh[3]

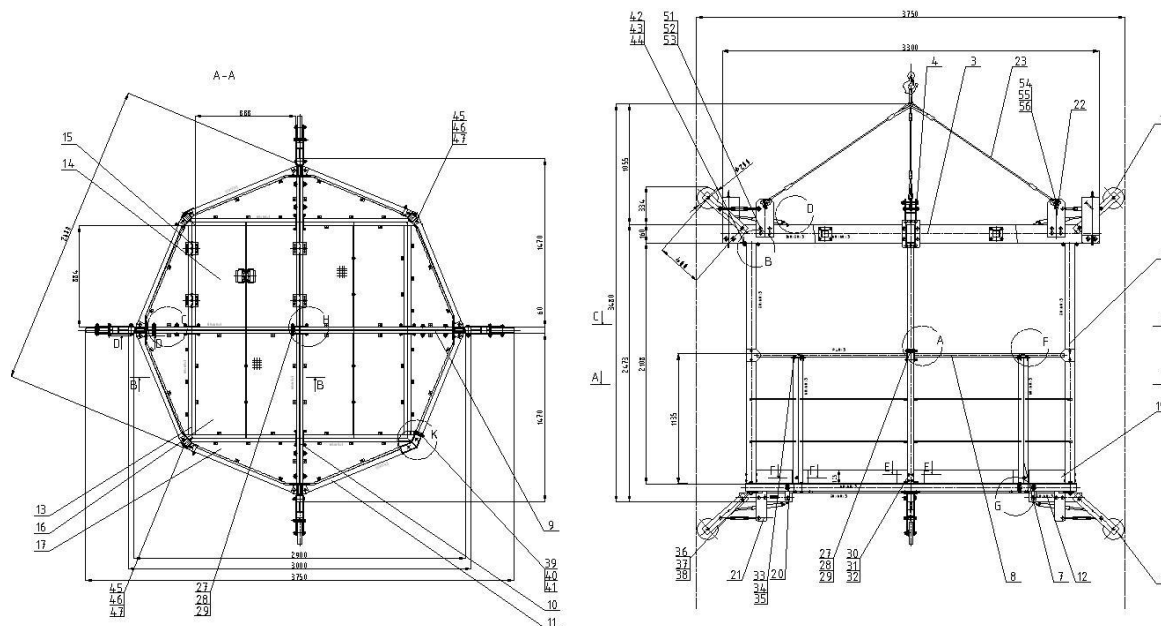
4 Čišćenje cjevovoda

Čišćenje metalne površine prije nanošenja zaštitnog premaza, potrebno je učiniti pažljivo, kako bi se metalna površina očistila od masnoće, ostataka korozije i starog premaza.

Pjeskarenje i sačmarenje (čišćenje mlazom abraziva) je jedna od metoda pripreme površine, pri čemu je pjeskarenje tehnološki proces čišćenja tj. obrade metalnih, nemetalnih i drugih površina do željene čistoće. Čišćenje mlazom abraziva je najbolja metoda ako treba odstraniti debele slojeve produkata korozije.

Pjeskarenje je jedini mogući način čišćenja velikih objekata (mostovi, metalne konstrukcije, procesna oprema na otvorenome, brodovi, cjevovodi hidroelektrana i sl.)[4]

5 Vertikalni podizni uređaj - zahtjevi



Slika 7 - Vertikalni podizni uređaj

Vertikalni podizni uređaj je transportni uređaj koji mora omogućiti sigurno spuštanje radnika sa svom potrebnom opremom za kontrolu i održavanje cjevovoda(pjeskarenje). Ulaz u cjevovod je ograničen s promjerom 500 mm te se podizni uređaj mora izvesti demontažno uz što manju masu.

Transportni uređaj se mora raditi u skladu s Europskim standardom EN 14502-1. [5]

Zahtjevi pri konstruiranju nosive konstrukcije su:

- dijelovi platforme uređaja koji su namijenjeni stajanju ljudi moraju imati najmanju visinu od 2 m
- platforma uređaja mora se spojiti s kukom krana fleksibilnim dodatkom za dizanje tereta koji se sastoji od čeličnog užeta prema normi EN 13414-1, s faktorom sigurnosti 10x (težina košare + nosivost transportnog uređaja)
- udaljenost poda platforme i vrha kuke ne smije biti manja od 3 m
- pod platforme mora biti otporan za klizanje te mora imati ogradu

- nosiva platforma mora imati rukohvat promjera 16 – 40 mm koji se nalazi na udaljenosti 0,075 – 0,1 m od nosivih stupova
- rukohvat ne smije biti na visini manjoj od 0,75 m
- nosiva platforma mora biti konstruirana na način da pri postavljanju tereta 1,5 puta većeg od nosivosti transportnog uređaja postavljenog na najgoru poziciju na podu, nagib konstrukcije ne pređe 20°
- nosiva konstrukcija treba biti izrađena od nezapaljivog materijala
- nosiva konstrukcija mora biti zaštićena od korozije
- nosiva konstrukcija mora imati kotače radi stabilnosti te kako bi se mogla voditi po cjevovodu.
- nosiva konstrukcija mora biti opremljena sigurnosnim uređajem u slučaju prekida nosivog užeta.

- vlačna čvrstoća čeličnog užeta ne smije biti manja od 1570 N/mm^2 , te ne smije biti veća od 1960 N/mm^2
- čelična užad mora biti zaštićena od korozije
- promjer užeta ne smije biti manji od 8 mm
- sva nosiva užad treba biti istog promjera, te iste kvalitete
- omjer užnice i bubnja prema promjeru užeta ne smije biti manji od 20:1
- bubanj mora biti izrađen sa žlijebovima radi boljeg namatanja užeta
- kod bubnjava kut između užeta i središnjice bubnja ne smije biti veći od 2° (to se rješava povećavanjem udaljenosti bubnja od užnice)

7 Proračun

Težina konstrukcije $Q_k = 600 \text{ kg}$

Nosivost transportnog uređaja $Q_t = 750 \text{ kg}$

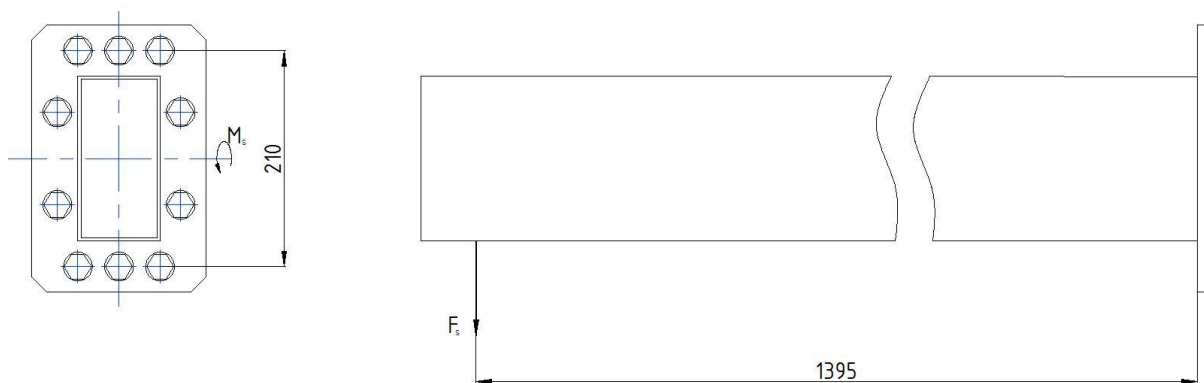
Ukupna masa $Q_{uk} = 1350 \text{ kg} = 13500 \text{ N}$

Nosivost jednoga stupa $Q_s = F_s = \frac{13500}{4} = 3375 \text{ N}$

7.1 Proračun vertikalnog podiznog uređaja

7.1.1 Proračun gornjeg nosača

7.1.1.1 Proračun vijaka ploče gornjeg polunosača



Slika 9 - Prikaz nosivih vijaka gornjeg polunosača

$$l = 1395 \text{ mm}$$

$$F_s = 3375 \text{ N}$$

Materijal vijaka : 10.9 ; $R_m = 1000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$; $R_{p0,2} = 900 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$ [7], str 113.

$$\text{Sigurnost } S = 4 \gg \sigma_{dop} = \frac{R_{p0,2}}{S} = 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$M_s = F_s \cdot l = 3375 \cdot 1395 = 4533750 \text{ Nmm} - \text{moment savijanja}$$

$$h = 210 \text{ mm}$$

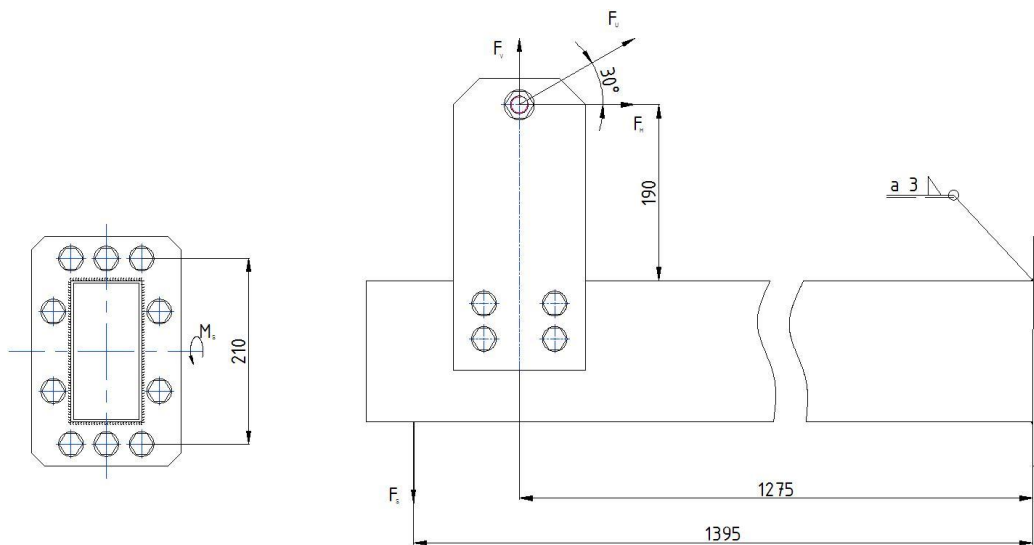
-opterećenje vijaka momentom M_s :

$$F_i = \frac{M \cdot h_i}{\sum h_i^2}$$

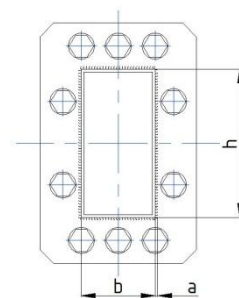
$$F = \frac{2 \cdot M_s \cdot h}{3 \cdot h^2} = 14392 \text{ N}$$

$$\sigma = \frac{F}{A_{jM16}} = 99,94 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - \text{zadovoljava}$$

7.1.1.2 Proračun zavora na gornjem polunosaču



Slika 10 - Prikaz zavora na gornjem nosaču s opterećenjima



Slika 11 - Prikaz zavora

Odabiremo zavar debljine 3 mm – $a = 3 \text{ mm}$

$$F_s = 3375 \text{ N}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{F_h}{F_u} \gg F_h = F_u \cdot \cos 30^\circ = 2814 \text{ N}$$

$$F_v = F_u \cdot \sin 30^\circ = 1625 \text{ N}$$

$$\sum M = 0$$

$$F_s \cdot 1395 - F_v \cdot 1275 - F_h \cdot 190 = 1927215 \text{ Nmm}$$

Smik

$$F_{sm} = F_s - F_v = 1625 \text{ N}$$

$$\tau_s = \frac{F_{sm}}{2 \cdot h \cdot a} = 1,692 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Savijanje uslijed momenta M

$$\sigma_{max} = \tau_{max} = \frac{n_{max}}{\sqrt{2}} = 21,59 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$n_{max} = \frac{M}{W_{xz}} = 30,54 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$I_x = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 = 5236640 \text{ mm}^4$$

$$I_1 = I_3 = \frac{a \cdot h^3}{12} = 1024000 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = I_4 = \frac{b \cdot a^3}{12} + b \cdot a \cdot \left(\frac{h}{2} + \frac{a}{2}\right)^2 = 1594320 \text{ mm}^4$$

$$W_{xz} = \frac{I_x}{\frac{h}{2} + a} = 63092 \text{ mm}^3$$

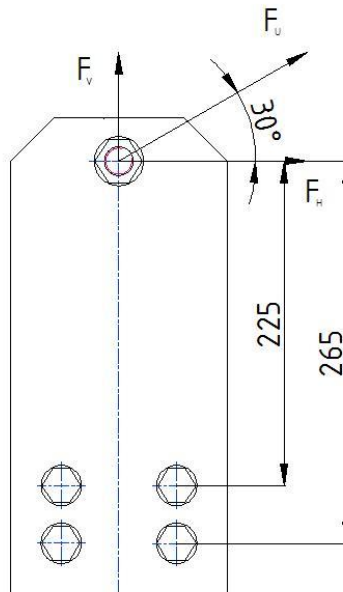
$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_{max}^2 + 1,8 \cdot (\tau_s + \tau_{max})^2} = 37,97 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - \text{reducirani moment}$$

Za pogonsku grupu B4 i stupanj zareznog djelovanja K2 uzimamo

$$\sigma_{dop} = 125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ [7], str. 51.}$$

$$S = \frac{\sigma_{dop}}{\sigma_{red}} = 3,29 - \text{zavar zadovoljava}$$

7.1.1.3 Proračun nosivih vijaka gornje ploče



Slika 12 - Prikaz opterećenja nosivih vijaka gornje ploče

$$h_1 = 225 \text{ mm}$$

$$h_2 = 265 \text{ mm}$$

$$F_s = 3375 \text{ N}$$

$$\cos 30^\circ = \frac{F_h}{F_u} \gg F_h = F_s \cdot \cos 30^\circ = 2814 \text{ N}$$

$$F_v = F_s \cdot \sin 30^\circ = 1625 \text{ N}$$

$$M = F_h \cdot h_2 = 745710 \text{ Nmm}$$

Smik

$$\tau_a = \frac{F}{A} = \frac{F_v}{A_{JM16}} = 11,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Svojno naprezanje

$$F_i = \frac{M \cdot h_i}{\sum h_i^2}$$

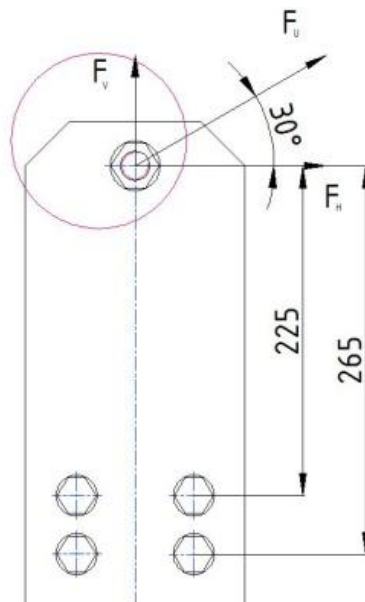
$$F_v = \frac{M \cdot h_2}{2 \cdot h_2^2} = 1407 \text{ N}$$

$$\sigma_{sv} = \frac{F_v}{A_{JM 16}} = \frac{F_v}{A_{JM 16}} = 9,77 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_{uk} = \sqrt{\tau_a^2 + \sigma_{sv}^2} = 14,93 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - \text{zadovoljava}$$

Napomena uzeta su samo 2 vijka na većem kraku h_2 . Ako oni zadovoljavaju, zadovoljavaju i uz 2 dodana vijka!!!

7.1.1.4 Proračun nosivih vijaka konstrukcije



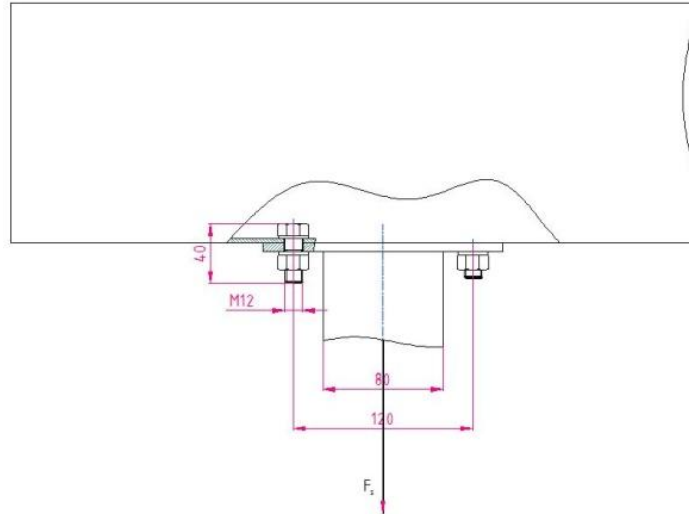
Slika 13 - Prikaz opterećenja nosivih vijaka konstrukcije

Odrez

$$\sigma = \frac{F_s}{A_{JM 20}} = \frac{3250}{225} = 14,44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - \text{zadovoljava}$$

7.1.2 Proračun vertikalnog nosača

7.1.2.1 Proračun vijaka M12



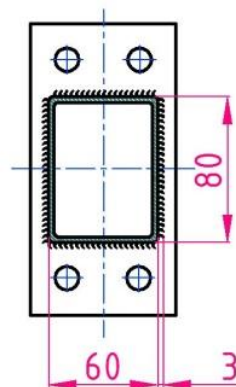
Slika 14 - Prikaz opterećenja vijaka vertikalnog nosača

$$F_{1v} = \frac{F_s}{4} = 812,5 \text{ N} - \text{nosivost jednoga vijka}$$

Vlak

$$\sigma = \frac{F}{A_j} = \frac{F_{1v}}{A_{jM12}} = 10,66 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 225 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} - \text{zadovoljava}$$

7.1.2.2 Proračun zavora gornje ploče vertikalnog stupa



Slika 15 - Prikaz zavora gornje ploče vertikalnog stupa

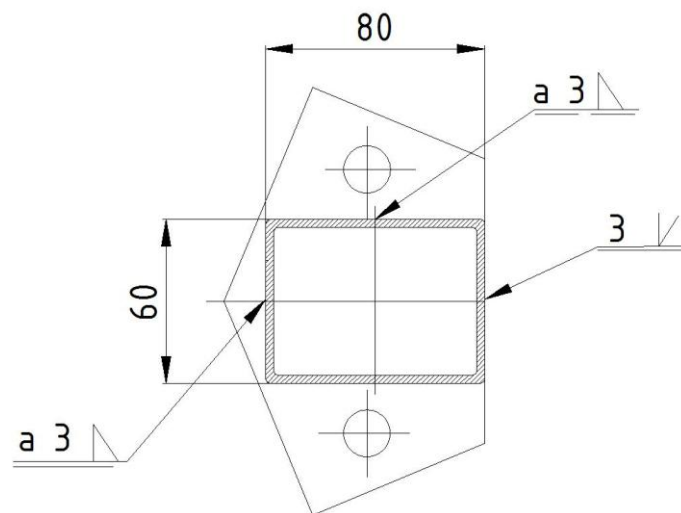
$a=3 \text{ mm}$ - odabrano

Vlak

$$\sigma_v = \frac{F}{\sum a \cdot h} = 3,859 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 125 \frac{N}{\text{mm}^2} - \text{zavar zadovoljava}$$

$$A_{zav} = 2 \cdot 3 \cdot 80 = 840 \text{ mm}^2$$

7.1.2.3 Proračun zavora donje ploče vertikalnog stupa



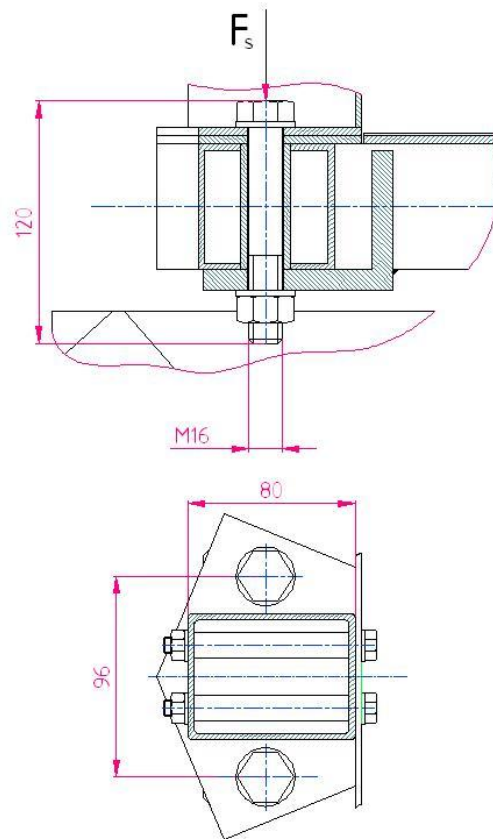
Slika 16 - . Prikaz zavora donje ploče vertikalnog stupa

$a=3 \text{ mm}$

$$\sigma_v = \frac{F}{\sum a \cdot h} = 3,859 \frac{N}{\text{mm}^2} \leq \sigma_{dop} = 125 \frac{N}{\text{mm}^2}$$

7.1.3 Proračun donjeg nosača

7.1.3.1 Proračun nosivih vijaka donjeg nosača

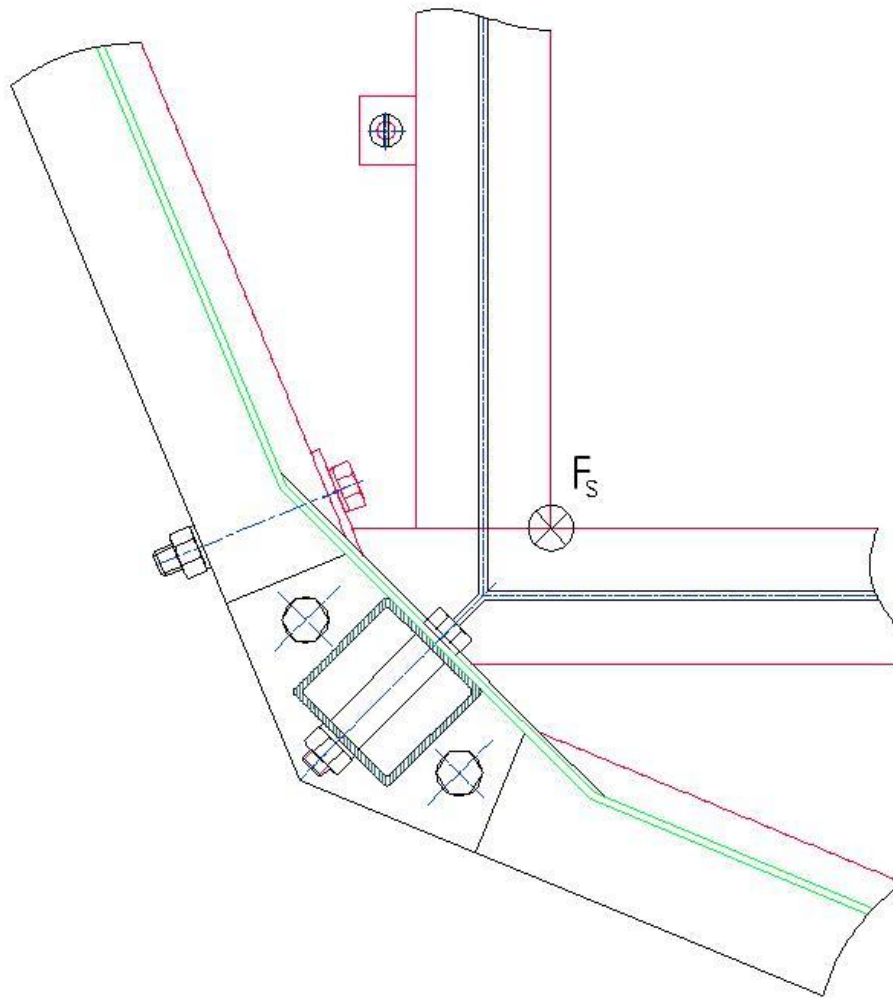


Slika 17 - Prikaz vijaka donje ploče

Vlak

$$\sigma = \frac{F}{A_j} = \frac{F_s}{A_{jM16}} = 22,56 \frac{N}{mm^2} - \text{naprezanje u jednom vijku, zadovoljava}$$

7.1.3.2 Proračun nosive konstrukcije podnice



Slika 18 - Prikaz opterećenja silom F_s nosive konstrukcije podnice


$$\sigma = \frac{F}{A_j} = \frac{F_s}{A_{jM16}} = 42,59 \frac{N}{mm^2} - \text{naprezanje u jednom vijku}$$

Pošto zadovoljavaju 2 M12 vijka koja spajaju nosač poda s vanjskim donjim nosačem zadovoljavaju i M12 vijci koji spajaju nosač poda s donjim nosačem, odnosno polunosačem.

7.1.3.3 Sigurnosni uređaji

- Za sigurnosne uređaje izabrana su 2 Tractel-ova Blocstop-a BSO2050[8].

Model	Unit	BSO 500	*BS/BSO 500	BSO 1020	BSO 2050	BSO 3060
Rated Load	lbs. (kg)	1,500 (500)	1,500 (500)	2,400 (800)	5,300 (2,400)	6,600 (3,000)
Wire Rope Dia.	in. (mm)	5/16 (8.3)	5/16 (8.3)	3/8 (9.5)	9/16 (14)	5/8 (16.3)
*for double wire rope systems electrical cut-offs available						
*All models						



The image shows three different models of Blocstop safety devices. From left to right: a small black device labeled 'BS 15.301', a medium-sized silver device labeled 'BS 20.301', and a larger silver device labeled 'BS 35.30'. Each device has a handle and a cable attached.

Slika 19 - Blocstop

7.2 Proračun mehanizama za dizanje platforme vertikalnog podiznog uređaja

7.2.1 Dimenzioniranje čelične užadi

$$A_m = f \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$f=0,42 - 0,53 \Rightarrow$ odabrano $f = 0,46$ - faktor ispune

$$F_L = A_m \cdot R_m = f \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot R_m - \text{računska lomna sila [8],}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_L}{f \cdot \pi \cdot R_m}}$$

$$F_L = S_u \cdot F_{max} = 10 \cdot 13500 = 135000 \text{ N}$$

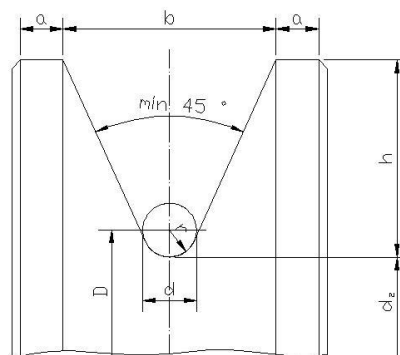
$S_u \geq 4,5$ – faktor sigurnosti za pogonsku grupu 2m – uzimamo $S_u=10$

$F_{max} = Q_{uk} = 13500 \text{ N}$ – maksimalna sila u užetu

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot F_L}{f \cdot \pi \cdot R_m}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 135000}{0,53 \cdot \pi \cdot 1960}} = 12,86 \text{ mm}$$

Odabrano nerotirajuće čelično uže promjera $d=14 \text{ mm}$ HRN C.H1.115 [9]

7.2.2 Izbor užnice



Slika 20 - Profil užnice

$$r=0.53 \cdot d=7,42 \text{ mm}$$

$$h_{min} = \sqrt{2} \cdot d = 20 \text{ mm}$$

$$D \geq \left(\frac{D}{d}\right)_{min} \cdot c_p \cdot d = 20 \cdot 1 \cdot 14 = 280 \text{ mm}$$

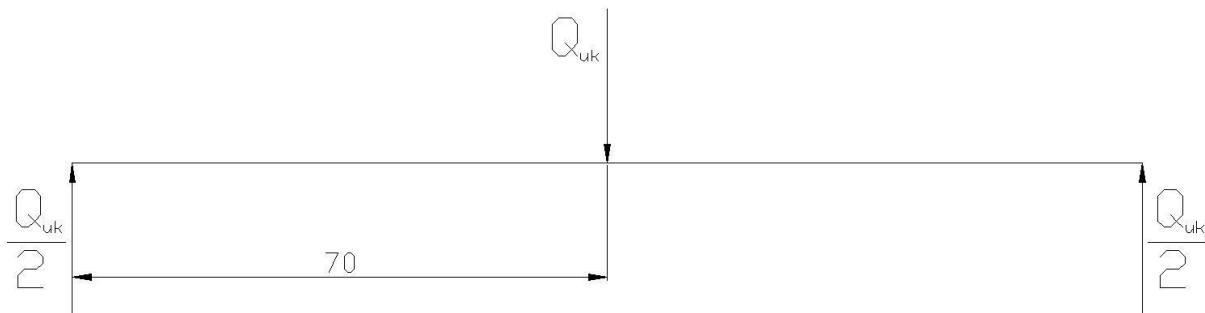
D- promjer bubnja, uŝnice i izravnavajuće uŝnice, mjereno kroz središnjicu uŝeta, mm;

d – promjer uŝeta, mm;

$c_p=1$ - koeficijent pregibanja uŝeta, ovisan o broju pregiba (manje od 5)

$(D/d)_{min}=20$ – minimalno dozvoljeni odnos (D/d) za pogonsku uŝad

7.2.3 Proračun leŝaja uŝnice



Slika 21 - Prikaz opterećenja leŝajeva i osovine

$$\text{Nosivost leŝaja } Q_L = \frac{Q_{uk}}{2} = \frac{13500}{2} = 6750 \text{ N}$$

$\frac{C}{P} = 4,23$ - za valjne leŝajeve uz brzinu vrtnje od 25 o /min i vijek trajanja leŝaja od 10000 sati

$$P = F_r = 6750 \text{ N}$$

$$C = 2,26 \cdot P = 28522 \text{ N} < C = 43160 \text{ N}$$

Odabran prsteni kuglični jednoredni leŝaj 6211! [10]

7.2.4 Proračun osovine užnice

$$M_A = Q_{uk} \cdot l = 13500 \cdot 70 = 945000 \text{ Nmm}$$

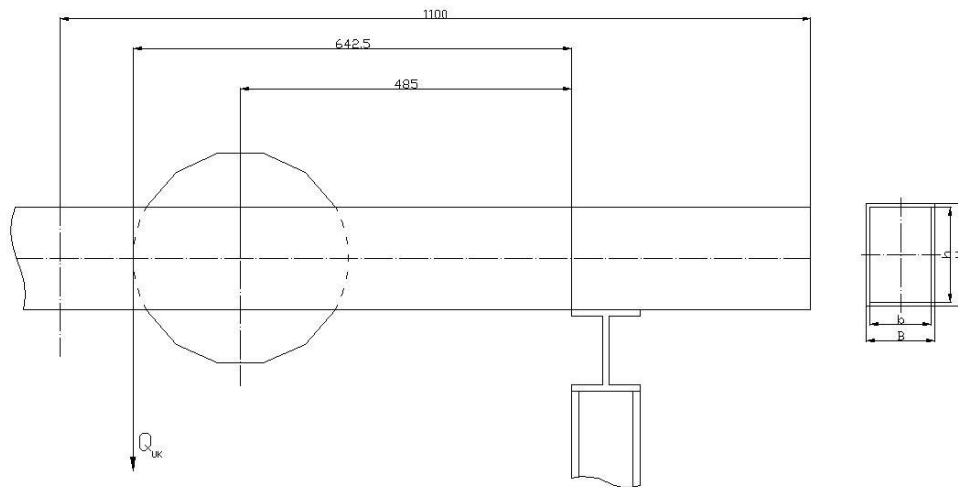
$$l = 70 \text{ mm}$$

$$d_o \geq \sqrt[3]{\frac{10 \cdot M_A}{\sigma_{fDN}}} = \sqrt[3]{\frac{10 \cdot 945000}{75}} = 50,13 \text{ mm}$$

$$\sigma_{fDN} = 75 \text{ N/mm}^2 \text{ za čelik Č0645}$$

Odabrana osovina promjera $d = 55 \text{ mm}$

7.2.5 Proračun nosivih profila strojarnice



Slika 22 - Naprezanje gornjeg nosača

$$\sigma_{gn} = \frac{M_{gn}}{W_{gn}} = \frac{9450000}{100600} = 93,93 \text{ N/mm}^2 \text{ – savojno naprezanje gornjeg nosača}$$

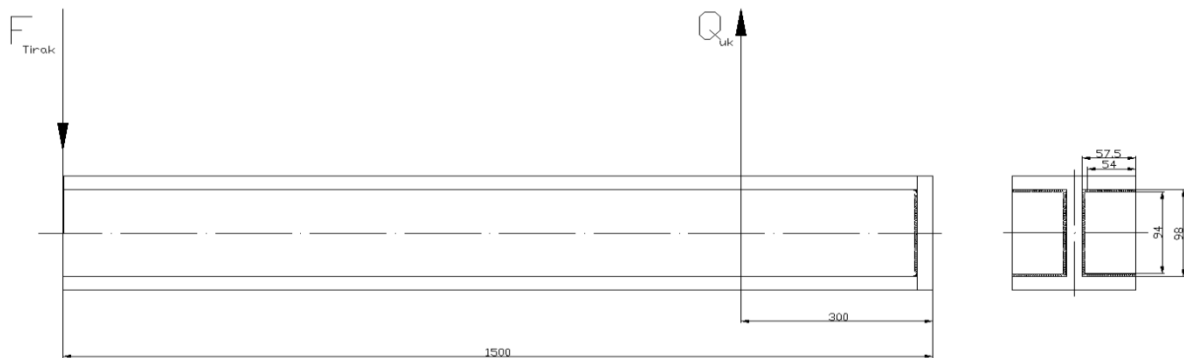
$$M_{gn} = Q_{uk} \cdot l = 700 \cdot 13500 = 9450000 \text{ Nmm}$$

$$W_{gn} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} = \frac{100 \cdot 150^3 - 90 \cdot 140^3}{6 \cdot 150} = 100600 \text{ mm}^3$$

$$S_{gn} = \frac{\sigma_{dop}}{\sigma_{gn}} = \frac{355}{93,93} = 3,77 \text{ - sigurnost zadovoljava}$$

$$\sigma_{dop} = 355 \text{ N/mm}^2 \text{ - minimalna granica razvlačenja za čelik Č0561}$$

7.2.6 Proračun zavora nosivih profila



Slika 23 - Zavar nosivih profila

$$\begin{aligned}
 l &= 98\text{mm} \\
 l_1 &= 94\text{mm} \\
 l_2 &= 54\text{mm} \\
 F_{tirak} &= 2200\text{N} \\
 Q_{uk} &= 13500\text{N} \\
 a &= 2\text{mm}
 \end{aligned}$$

Smik

$$\tau_{xm} = \frac{Q_{uk}}{2 \cdot a \cdot l_1} = \frac{13500}{2 \cdot 2 \cdot 94} = 35,9 \text{ N/mm}^2$$

Savijanje

$$n_{max} = \frac{M}{W} = \frac{750000}{10731} = 69,9 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{zav} = \frac{I_{uk}}{\frac{l}{2}} = \frac{525837}{49} = 10731 \text{ mm}^3$$

$$I_{uk} = 2 \cdot \frac{a \cdot l_1^3}{12} + 4 \cdot \frac{l_2 \cdot a^3}{12} + (a \cdot l_2 \cdot e^2) = 525837 \text{ mm}^4$$

$$M_{uk} = Q_{uk} \cdot 300 - 1500 \cdot F_{tirak} = 750000 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\perp max} = \tau_{\perp max} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot n_{max} = 49,42 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_{\perp max}^2 + 1,8 \cdot (\tau_{\perp max}^2 \cdot \tau_{xm}^2))} = 95,377 \text{ N/mm}^2 \leq \sigma_{dop} = 125 \text{ N/mm}^2$$

Za pogonsku grupu B4 i stupanj zareznog djelovanja K2 uzimamo

$$\sigma_{dop} = 125 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ [7], str. 51.}$$

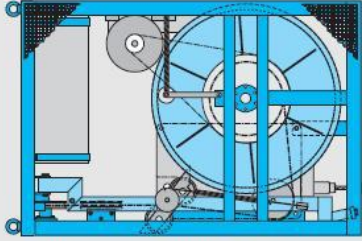
Napomena: u proračunu zavora nisu uzeti V zavari jer dotični kutni zavari zadovoljavaju!

7.2.7 Izbor vitla

Za podizanje odnosno spuštanje vertikalnog podiznog uređaja upotrebljava se mobilno vitlo Tirak tvrtke Tractel nosivosti 3000 kg i debljine užeta 14 mm[11].

Capacities and ranges

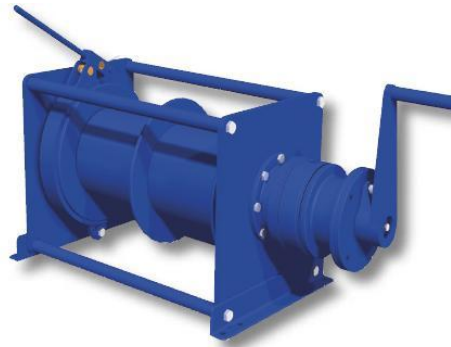
		tirak® Capacity [kg]					
		300	500	800	1000	1500	3000
		tirak® ● with reeler, ● with winder ● as "Mobile Winch"					
tirak® Range [m]	30						●
	40/65 ¹⁾	●	●	●		● ●	
	50				● ●		
	60/100 ¹⁾	● ●	● ●	● ●			
	80					● ●	
	90/160 ¹⁾	● ●	● ●	● ●	● ●		
	110						● ●
	120/190 ¹⁾		● ●	● ●			
	150					● ●	
	170				● ●		
	220/360 ¹⁾		● ●	● ●		●	
	250				●		
	320/520 ¹⁾		●	●			
	350					●	
	400				●		
	500/820 ¹⁾		●	●			
800						●	



3000 kg capacity and 800 m range!
L x W x H 1.46 x 0.98 x 0.98 m only

Slika 24 – Tirak

Nadalje, nosiva konstrukcija mora osigurati mogućnost ručnog spuštanja(izvlačenja radnika) u slučaju nestanka električne energije, šta se osigurava upotrebom EMCE ručnog vitla M 2000 nosivosti 2000kg [12].



Winch type	W.LL. 1st layer kg.	W.LL. Top layer kg.	Recomm. Rope diam. mm.	Speed Top layer m/min.	Drumcap. 1st layer m.	Drumcap. Top layer m.	Torque@ 60 rpm REED. in nm	Qty. of cranks/ handwheels	Weight without rope kg.
M 500	725	500 (5)	6	2	7	47(5)	45	1	50
M 750	1120	750 (5)	8	1,5	7	44 (5)	55	1	80
M 1000	1370	1000 (4)	8	1	9	44 (4)	60	1	120
M 1500	2030	1500 (4)	10	1	9	46 (4)	45	1	160
M 2000	2620	2000 (4)	12	0,7	12	65 (4)	45	1	220

Slika 25 - Emce M2000 ručno vitlo

Značajke Emce ručnog vitla:

- Visokoefikasan reduktor
- Ručka s centrifugalnom kočnicom
- Ručna spojka
- Bubanji sa žlijebovima

8 Zaključak

U ovom diplomskom radu razrađena je konstrukcija vertikalnog podiznog uređaja te prikladne strojarnice. Pri konstruiranju vertikalnog podiznog uređaja morala se velika pažnja posvetiti dodatnim zahtjevima. Vertikalni podizni uređaj morao se raditi u skladu s europskim standardom EN 14502-1. Nadalje, konstrukcija se morala izvesti demontažno uz što manju masu, te se morala zaštititi od korozije šta se izvelo vrućim pocinčavanjem. Strojarnica se izradila prema europskom standardu EN 14502-2. Daljnji zahtjev strojarnice je mogućnost ručnog spuštanja u slučaju nestanka električne energije šta se izvelo upotrebom ručnog vitla M2000 tvrtke Emce. Strojarnica bi se mogla pojednostaviti upotrebom električnog generatora kojim bi se pokretalo vitlo u slučaju nestanka električne energije:

9 Literatura

- [1] <http://energetika-net.hr/skola/oie/energija-vodenih-tokova/hidroelektrane#tlacni>
- [2] Katalog-HEP–proizvodnja d.o.o. PP HE JUG–Split , pogon HE Zakučac
- [3] <http://www.hep.hr/proizvodnja/osnovni/hidroelektrane/jug/zakucac.aspx>CEN –
- [4] <http://www.ivje.hr/pjeskarenje>
- [5] CEN – Comite Europeen De Normalisation EN 14502-
- [6] CEN – Comite Europeen De Normalisation EN 14502-2
- [7] Elementi strojeva, Karl Heinz Decker, Golden marketing, Tehnička knjiga, Zagreb 2006.
- [8] Transportni uređaji(Prenosila i dizala), Dragutin Ščaš, Zagreb, 2004
- [9] http://www.elka.hr/media/katalog/12/celicna_uzad_nerotirajuca_18x7.pdf
- [10] SKF katalog ležaja, SKF 1984.
- [11] http://www.makkee.com/download/tractel/tirak_gb.pdf
- [12] <http://www.emce.nl/index.html?main=http://www.emce.nl/productpage/DEM003-1.html;jsessionid=710C1ED5782F082336F28DB4C16DB0AA>