

# PROJEKTIRANJE, UGRADNJA I PUŠTANJE U RAD LINIJE ZA KOVANJE ČELIKA

---

**Marijanović, Ana**

**Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni**

**2022**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Karlovac  
University of Applied Sciences / Veleučilište u Karlovcu**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:128:679848>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-05**



**VELEUČILIŠTE U KARLOVCU**  
Karlovac University of Applied Sciences

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Karlovac University of Applied  
Sciences - Institutional Repository](#)



zir.nsk.hr



DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJ

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU

STROJARSKI ODJEL

SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA

ANA MARIJANOVIĆ

**PROJEKTIRANJE I UGRADNJA LINIJE  
ZA KOVANJE ČELIKA**

DIPLOMSKI RAD

KARLOVAC, 2022.

VELEUČILIŠTE U KARLOVCU  
STROJARSKI ODJEL  
SPECIJALISTIČKI DIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ STROJARSTVA


ANA MARIJANOVIĆ

**PROJEKTIRANJE I UGRADNJA LINIJE  
ZA KOVANJE ČELIKA**

DIPLOMSKI RAD

Tomislav, Božić, dipl. Ing.

KARLOVAC, 2022.

 <b>VELEUČILIŠTE U KARLOVCU</b> Karlovac University of Applied Sciences	Klasa: 602-11/___-01/___
<b>ZADATAK ZAVRŠNOG / DIPLOMSKOG RADA</b>	Datum:

Ime i prezime	Ana Marijanović	
OIB / JMBG		
Adresa		
Tel. / Mob./e-mail		
Matični broj studenta		
JMBAG		
Studij (staviti znak <b>X</b> ispred odgovarajućeg studija)	preddiplomski	<b>X</b> specijalistički diplomski
Naziv studija	Specijalistički diplomski stručni studij strojarstva	
Godina upisa	2020.	
Datum podnošenja molbe		
Vlastoručni potpis studenta/studentice		

Naslov teme na hrvatskom: Projektiranje i ugradnja linije za kovanje čelika	
Naslov teme na engleskom: Design and installation of the forging line	
Opis zadatka: Završni rad sastoji se od dva dijela, teoretskog i eksperimentalnog(praktičnog). U teoretskom dijelu rada opisati obradu plastičnom deformacijom- kovanjem. U nastavku teoretskog dijela rada navesti i opisati strojeve, opremu i alate potrebne i planirane za provedbu navedenih obrada. U eksperimentalnom(praktičnom) dijelu rada planiranu opremu za cjelovitu obradu smjestiti u prostor uzimajući u obzir što manji gubitak vremena sukladno tehnološkim zahvatima. Kontrolu kvalitete izvedenih radova popratiti protokolima (zapisnicima) o prevedenim aktivnostima. Zbog specifične vrste obrade opisati mjere zaštite na radu ljudi i opreme. Sve aktivnosti popratiti foto dokumentacijom. Završni rad napraviti sukladno pravilniku o izradi završnih radova i uputama za pisanje Veleučilišta u Karlovcu.	
Mentor:	Predsjednik Ispitnog povjerenstva:

Izjavljujem da sam ovaj diplomski rad na temu Projektiranje, ugradnja i puštanje u rad linije za kovanje čelika izradila samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu, uz vodstvo mentora dipl. ing. stroj. Tomislava Božića, kojim se ovim putem zahvaljujem.

Zahvaljujem se svojoj obitelji na podršci koju su mi pružali tijekom studija, a posebice svojoj mami.

Ana Marijanović

Karlovac, 01.08.2022.

## SAŽETAK

U ovom radu prikazan je postupak projektiranja, ugradnje i puštanja u rad linije za kovanje čelika sa posebnim naglaskom na ugradnju i održavanje linije za kovanje.

U općem (teorijskom) dijelu prikazana je povijest kovanja i dijelovi koji se izrađuju kovanjem. Ukratko je objašnjen postupak kovanja i opisano je slobodno kovanje i kovanje u ukovnjima. Zatim je dat pregled kovačkih strojeva koji se upotrebljavaju prilikom postupka kovanja stavljajući poseban naglasak na liniju za kovanje koja je glavna tema ovog diplomskog rada. U praktičnom dijelu rada razrađen je strojarski projekt ugradnje linije za kovanje po njenim osnovnim dijelovima a to su: temelji, kovački čekić, indukcijski grijač, kompresor i ekscentar preša. Shodno ugradnji napravljen je proračun za dimenzioniranje cjevovoda.

Na kraju rada napravljen je prikaz primijenjenih tehničkih rješenja projekta, odnosno nabrojani su propisi i mjere zaštite na radu, propisi i mjere zaštite od požara i mjere od ozljeda električnom strujom koje su se morale poštivati pri provedbi projekta.

Na kraju rada je zaključak, koji je osvrt na rad na temu Projektiranje, ugradnja i puštanje u rad linije za kovanje čelika.

## KLUČNE RIJEČI:

kovanje, kovački strojevi, čekić, kompresor.

## SUMMARY

This thesis presents the process of designing, installing and commissioning the steel forging line with special emphasis on its installation and maintenance.

The paper consists of the theoretical and practical section. The theoretical part focuses on the history of forging and the products that are made by forging as well as the brief summary of the forging procedure. It briefly explains some of the other forging processes like free forging and forging in the engravings and gives an overview of the blacksmith machines used during the forging process focusing especially on the main subject of this thesis which is the forging line.

The practical part of this thesis elaborates the mechanical project of installing the forging line with all of its basic parts explained such as blacksmith's hammer, induction heater, compressor and press eccentric.

Calculations for sizing the pipeline were made according to the process of installation of the forging line.

This paper offers technical solutions that could be applied for the project, i.e. it lists regulations and measures of occupational safety, regulations and fire safety measures and measures against electrical current injuries that had to be observed when implementing the project.

## KEYWORDS:

Forging, forging machines, hammer, compressor.

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. KOVANJE</b> .....	2
<b>2.1 Slobodno kovanje</b> .....	5
<b>2.2 Kovanje u ukovnjima</b> .....	7
<b>2.3 Kovački strojevi</b> .....	9
<b>3. POSTAVKA ZADATKA</b> .....	10
<b>4. RAZRADA ZADATKA</b> .....	12
<b>4.1 Temelji</b> .....	17
<b>4.2 Kovački čekić Huta Zygmunt</b> .....	21
4.2.1 Glavne značajke čekića .....	23
4.2.1.1 Upravljanje .....	25
4.2.1.2 Cilindar.....	25
4.2.1.3 Bat.....	26
4.2.1.4 Nakovanj.....	28
4.2.1.5 Stupovi.....	28
4.2.1.6 Podmazivanje.....	28
4.2.2 Čekić Huta Zygmunt serije MPM 3150 B .....	29
4.2.3 Spajanje čekića .....	31
<b>4.3 Kompresor Kaeser DSD 205 T</b> .....	33
4.3.1 Spajanje kompresora zraka za potrebe čekića Huta „Zygmunt“ tip MOM 31500 B .....	37
4.3.2 Provjera dimenzije otvora usisa svježeg zraka u kompresorsku stanicu .....	44
4.3.3 Dimenzioniranje cjevovoda komprimiranog zraka 8,5 barg.....	47
4.3.4 Tehnički uvjeti za izvođenje cijevne mreže .....	48



4.3.5 Pad tlaka u odsisnom ventilacijskom kanalu kompresora KOZ1-746.....	50
4.3.6 Grijanje i hlađenje kompresorske stanice.....	51
4.3.7 Zaštita od predgrijavanja kompresora .....	51
<b>4.4. Indukcijski grijač .....</b>	<b>55</b>
4.4.1. Opći tehnički podaci frekventnog pretvarača.....	58
<b>4.5 Ekscentar preša.....</b>	<b>61</b>
<b>4.6 Kontrola i ispitivanje .....</b>	<b>62</b>
4.6.1 Kontrola i ispitivanje zavora cjevovoda .....	62
<b>4.7 Održavanje linije za kovanje.....</b>	<b>64</b>
<b>4.8 Prikaz primijenjenih rješenja.....</b>	<b>65</b>
4.8.1 Propisi zaštite na radu.....	65
4.8.2 Mjere zaštite na radu.....	66
4.8.3 Propisi zaštite od požara.....	67
4.8.4 Mjere zaštite od požara.....	68
4.8.5 Mjere zaštite od ozljeda električnom strujom .....	68
<b>5. OPIS RJEŠENJA .....</b>	<b>71</b>
<b>6. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>72</b>
LITERATURA .....	74

## POPIS SLIKA

Slika 1 Oblikovanje deformiranjem u prošlosti [3].....	3
Slika 2 Kovanje danas [3] .....	4
Slika 3 Manipulator za kovanje [4].....	6
Slika 4 Kovanje, u ukovnju (gore); slobodno (dolje) [2].....	7
Slika 5 Ukovanj.....	8
Slika 6 Dijelovi proizvedeni kovanjem u ukovnju .....	8
Slika 7 Podaci o projektu .....	11
Slika 8 Autodizalica [5] .....	12
Slika 9 Osiguranje mjesta ugradnje .....	15
Slika 10 Gerb opruga [6].....	18
Slika 11 Temelji sa Gerb nosačima .....	20
Slika 12 Huta čekić.....	22
Slika 13 Osnovni dijelovi čekića.....	24
Slika 14 Košuljica cilindra .....	26
Slika 15 Pneumatski bat .....	27
Slika 16 Dijagram spajanja čekića na dovod zraka: $V_1$ = volumen zraka u cilindru, $D$ = Visina baze priрубnice, $D_1$ =udaljenost dva simetrična provrta na priрубnici, $D_2$ = udaljenost dva simetrična provrta na priрубnici, $d$ = promjer provrta na priрубnici, $b$ =visina baze priрубnice; .....	31
Slika 17 Kompresor .....	33
Slika 18 Spremnik S1-746 .....	39
Slika 19 Otpor zraka kroz protohodnu žaluzinu .....	46
Slika 20 Ventilacija kompresorske stanice.....	52
Slika 21 Linija za indukcijsko zagrijavanje .....	55
Slika 22 Sirovac.....	57
Slika 23 Blok shema frekvencijskog pretvarača.....	58
Slika 24 Ekscentar preša .....	61
Slika 25 Raspored elemenata linije za kovanje u prostoru .....	72

## POPIS TABLICA

Tablica 1 Tehnički podaci GERB opruge tip VSG -4.4/32 H6 FB .....	19
Tablica 2 Tehničke karakteristike čekića HUTA ZYGMUNT .....	29
Tablica 3 Ukupne dimenzije MPM UK-76 3150B.....	30
Tablica 4 Radni prostor MPM UK-76 3150B.....	30
Tablica 5 Tehnički zahtjevi za spajanje čekića 3150B na kompresor .....	32
Tablica 6 Parametri radnog učinka DSD 205 T .....	36
Tablica 7 Tehnički podaci Kaeser spremnika .....	40
Tablica 8 Otpor zraka kroz protuhodnu žaluzinu .....	45
Tablica 9 Otpor zraka kroz protuhodnu žaluzinu .....	56
Tablica 10 Standardni naponi induktora .....	56

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$F$	N	Nosivost
$k$	kN/mm	Koeficijent elastičnosti opruge
$C$	Ns/m	Otpor prigušenja
$A$	mm	Dužina
$B$	mm	Širina
$h$	mm	Visina
$E$	J	Energija
$m$	kg	Masa
$p$	bar	Tlak
$T$	°C	Temperatura
$P$	W	Snaga
$Q$	$m^3s$	Volumni protok
$D$	mm	Promjer
$L$	$m^3$	Zapremina
$\alpha$	°C	Kut
$t$	s	Vrijeme
$v$	m/s	Brzina
$f$	Hz	Frekvencija

## 1. UVOD

Oblikovanje metala deformiranjem provodi se s ciljem izmjene oblika i dimenzija proizvoda bez razaranja. Teorija oblikovanja deformiranjem je sveobuhvatna znanstvena disciplina koja, polazeći od osnovnih zakona fizikalnih i kemijskih procesa koji se odvijaju u metalu tijekom deformacije, proučava međutjecaje parametara deformacije sa strukturnim karakteristikama i mehaničkim svojstvima materijala. [1]

U obradu plastičnim deformiranjem spadaju sljedeći postupci: kovanje, prešanje, valjanje, savijanje i izvlačenje.

Cilj obrada plastičnim deformacijama, odnosno kaljenja koje se spominje sljedeće u radu, je postići odgovarajuću kvalitetu proizvoda, odnosno poboljšati kemijska, fizička i mehanička svojstva materijala uz što manje troškove.

Upravo je optimizacija troškova, odnosno želja za bržom proizvodnjom i uštedom električne energije koja dovodi do smanjena cjelokupne cijene proizvodnje, razlog ugradnje linije za kovanje u proizvodni pogon.

## 2. KOVANJE

Kovanje je prostorno oblikovanje metala deformiranjem u toplom (užarenom), polutoplom ili hladnom stanju. [2]

Kovanje ima prošlost staru 6 000 godina. Umjetnost tehnika kovanja datira najmanje 4000. pr. Kr. i ranije. Vruće kovanje metala počelo je u zemlji Mezopotamiji, između Tigrisa i Eufrata.

Evolucija kovanja započela je kada su ljudi otkrili da se metali kao zlato, srebro, bakar i slični mogu oblikovati upotrebom vatre. Upravo je zlato bilo prvi metal koji je čovjek iskovao uz pomoć čekića za kovanje.

Sve do kraja 19. stoljeća primjenjivalo se ručno kovanje čelika, točnije sve do izuma parnog stroja koji je doveo do razvoja kovanja kakvo danas poznajemo.

Krajem 19. stoljeća tehnologija kovanja bilježi veliki napredak razvojem snažnih parnih i zračnih čekića.

Kovači s kraja 19. i početka 20. stoljeća ugrađivali su čekiće pokretane osovinama prijenosa. Uz pomoć takvih čekića proizvodili su asortiman kovanih dijelova uglavnom za željezničku, automobilsku i poljoprivrednu industriju.



*Slika 1 Oblikovanje deformiranjem u prošlosti [3]*

Danas je kovanje sastavni dio obrade materijala kojem želimo poboljšati svojstva i najčešće se primjenjuje u izradi energetskih postrojenja, turbina, teških strojeva kod kojih se zahtjeva visoka razina čvrstoće, duktilnosti, tvrdoće i ostalih mehaničkih svojstava.



*Slika 2 Kovanje danas [3]*

Prema načinu provođenja postupka kovanja postoji slobodno kovanje i kovanje u ukovnjima, odnosno kalupima.



## 2.1 Slobodno kovanje

Slobodno kovanje je najstariji postupak oblikovanja materijala deformiranjem. [1]

Pri slobodnom kovanju materijal se slobodno širi i izdužuje u horizontalnim smjerovima, pa proizvod (otkivak) nema točne izmjere ni sasvim ravne plohe. Takvo je npr. ručno kovanje (sabijanje, iskivanje, raskivanje, kovačko probijanje i savijanje) te strojno kovanje na batovima i na vretenastim, mehaničkim i hidrauličnim prešama radi poboljšanja strukturnih i mehaničkih svojstava materijala (prokivanje). [2]

Slobodnim kovanjem ne dobiva se gotov produkt, odnosno gotov strojni dio već je cilj slobodnog kovanja da se tom materijalu promjene mehanička svojstva – tvrdoća i čvrstoća. Udaranjem se događa hladna deformacija te se popunjavaju praznine u kristalnoj rešetki.

Nakon slobodnog kovanja obavezno slijedi daljnja obrada odvajanjem čestica.

Kovanje dijelova manjih dimenzija i manjeg broja komada moguće je izvesti pomoću ručnog alata dok se za dijelove većih dimenzija i većih količina koriste manipulatori koji služe za transport (Slika 3).

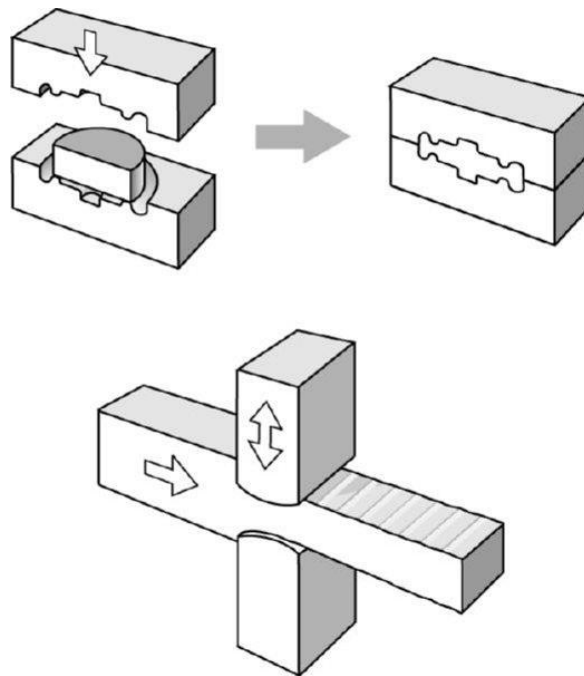


*Slika 3 Manipulator za kovanje [4]*

## 2.2 Kovanje u ukovnjima

Kovanjem u ukovnju izradak se oblikuje postupno, višekratnim kovanjem u sve dubljoj udubini (gravuri) namjenski izrađenog ukovnja, čime mu se oblik postupno približava konačnomu. [2]

Slika 4 prikazuje kovanje u ukovnju (gore) i slobodno kovanje (dolje):



*Slika 4 Kovanje, u ukovnju (gore); slobodno (dolje) [2]*

Kalupi su izrađeni od teških metala i takve kalupe isplati se proizvoditi samo ako je serijska proizvodnja u pitanju a primjer je prikazan na Slici 5.



*Slika 5 Ukovanj*

Kako ukovanj svojim stranicama ograničava širenje materijala, dobiva se otkivak ravnih ploha i točnih izmjera (Slika 6), pa ga nije potrebno dodatno obrađivati.



*Slika 6 Dijelovi proizvedeni kovanjem u ukovnju*

## 2.3 Kovački strojevi

Slobodno kovanje može biti ručno ili strojno na kovačkim strojevima. Ukoliko se radi o strojnom slobodnom kovanju ono može biti:

- na batovima,
- na prešama.

Kovanje u ukovnjima također može biti ručno, što je u primjeni vrlo rijetko, i strojno. Strojno kovanje može biti:

- na batovima,
- na koljenastim prešama,
- na ekscentar prešama,
- na tarnim prešama,
- na hidrauličkim prešama,
- na horizontalnim kovačkim strojevima,
- na kovačkim valjcima,
- na specijalnim kovačkim strojevima.

Prema načinu pokretanja čekića razlikuju se:

- Mehanički batovi,
- Pneumatski batovi
- Parni batovi.

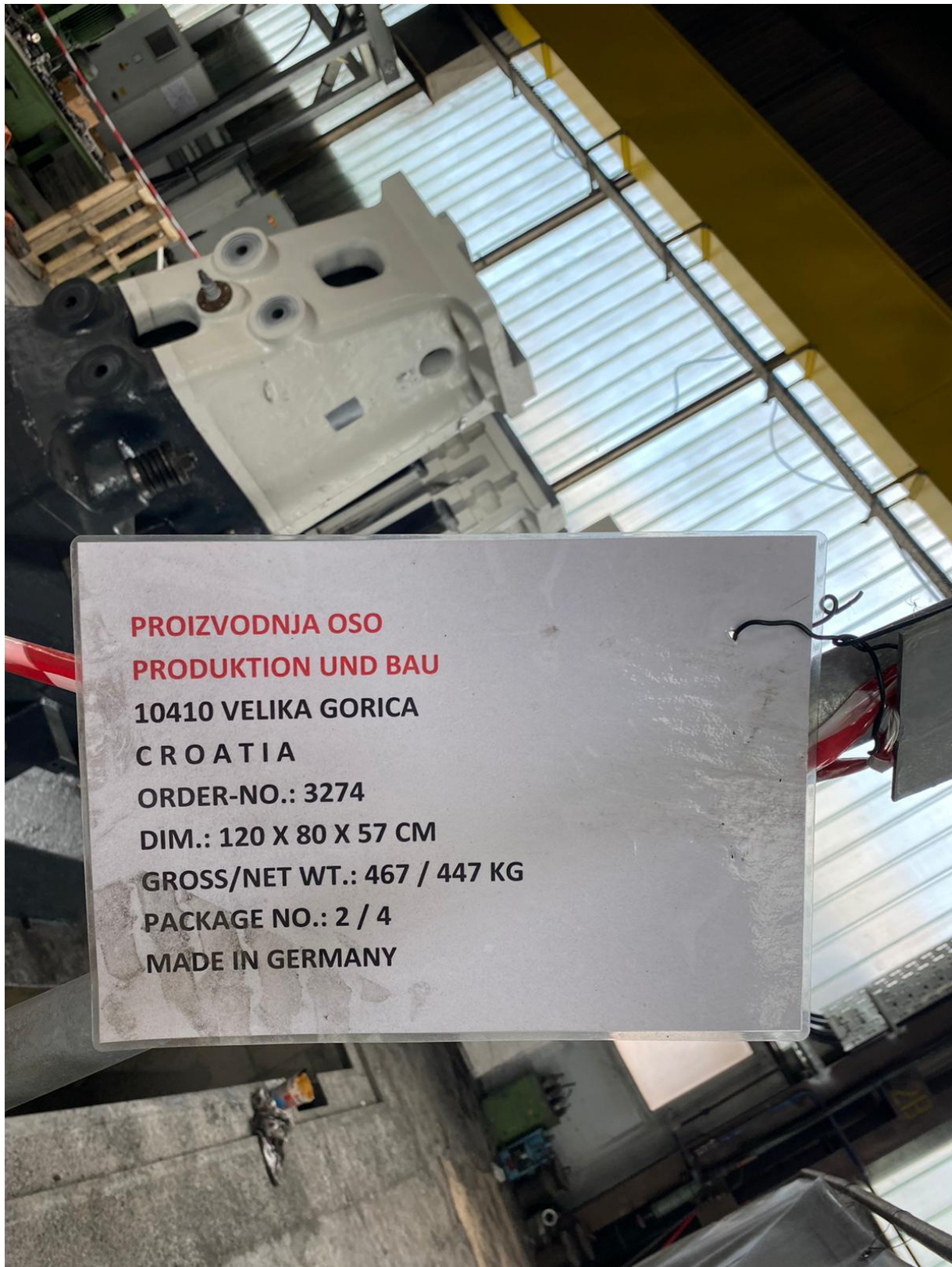
### 3. POSTAVKA ZADATKA

Potrebno je izraditi izvedbeni strojarski projekt ugradnje nove linije za kovanje.

Projektom je potrebno predvidjeti:

- Izradu temelja,
- Smještaj opreme,
- Razvod komprimiranog zraka na i sa stroja/čekića,
- Dovod svježeg zraka potrebnog za stabilni rad,
- Odvod zraka iz kompresorske stanice.

Investitor strojarskog projekta instalacije je Proizvodnja OSO d.o.o. a lokacija zahvata je u prostoru: Proizvodnja OSO d.o.o. za proizvodnju i usluge Vukomerička 9, 10410 Velika Gorica (Slika 7).



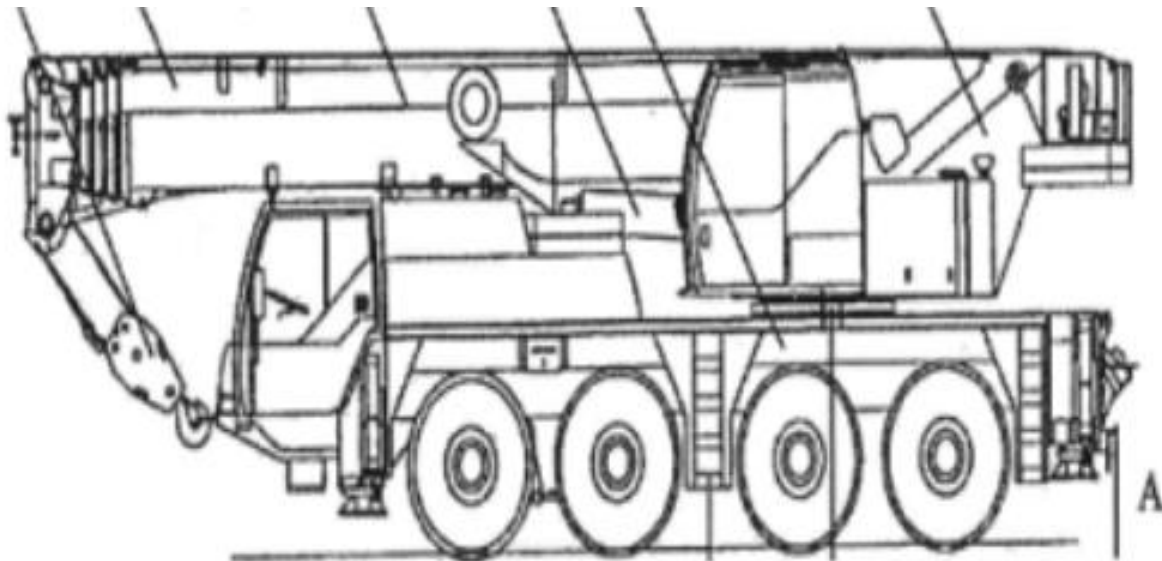
*Slika 7 Podaci o projektu*

## 4. RAZRADA ZADATKA

Imenuje se odgovorna osoba, odnosno rukovoditelj gradilišta, u ovom slučaju hale gdje se linija za kovanje ugrađuje, pod čijom se kontrolom vrše svi radovi. Rukovoditelj je odgovoran za rješavanje svih aktualnih tehničkih problema na objektu te obavlja koordinaciju sa investitorom Proizvodnja OSO.

Svi montažni i instalaterski radovi povjeravaju se specijaliziranim izvođačima radova koji su dužni osigurati potreban alat, opremu, pribor i naprave za izvođenje radova. Zadatak im je osigurati radnu snagu za stručno, kvalitetno i brzo izvođenje radova.

Dovoz potrebne opreme na mjesto projekta i ugradnja vrši se autodizalicom, dizalicom s automobilskim podvozjem (Slika 8).



Slika 8 Autodizalica [5]



Prije početka izvođenja radova investitor je dužan osigurati izvođaču radova dostatan prostor za smještaj opreme, materijala i alata, čuvarsku službu, vatrogasnu službu na mjestima gdje može doći do iznenadnog požara, priključak električne energije i vode na mjestu radova te projektnu dokumentaciju za izvođenje tih radova u dva primjerka.

Prije nego radovi započnu zadatak izvođača radova je detaljno proučiti i provjeriti projektnu dokumentaciju, te prekontrolirati je li dokumentacija kompletna te zatim, ukoliko je potrebno, predlaže potrebne izmjene i dopune iz eventualnih naknadnih razloga, više sile ili slično i o tome treba zatražiti suglasnost investitora. Izvođač radova dužan je provjeriti na objektu mogu li se radovi izvesti prema projektnoj dokumentaciji, postoji li na mjestu gdje je predviđeno postavljanje linije za kovanje čelika već neko drugo postrojenje ili instalacije koje ne dopuštaju da se radovi izvedu prema projektnoj dokumentaciji. Također je izvođač radova dužan prije početka radova provjeriti stanje građevinskih i drugih radova, odnosno stupanj izvedivosti, kao i građevinske izmjene vezane za postavljanje linije za kovanje čelika. Izvođač radova obavezan je i dostaviti investitoru Proizvodnji OSO usuglašenu dinamiku izvođenja radova do završetka istih sa spiskom radnika na objektu. Usuglašena dinamika radova treba biti obavljena na način da ista ne remeti kontinuitet proizvodnje investitora.

U projektirano postrojenje ili instalaciju izvođač radova dužan je ugraditi opremu specificiranu projektnom dokumentacijom ili neku drugu ali s karakteristikama koje odgovaraju zahtjevima navedenim u istoj. Sva oprema i materijali moraju biti kvalitetni i imati ateste, odnosno moraju odgovarati odgovarajućem standardu, odnosno DIN standardu, a ako nema odgovarajućeg DIN standarda moraju odgovarati nekom priznatom svjetskom standardu. Prilikom utovara, istovara i manipulacijom na objektu, opremom i materijalima treba pažljivo manipulirati kako ne bi došlo do onečišćenja i oštećenja istih. Također treba obratiti pažnju na zaštitu opreme i materijala od nepovoljnih vremenskih utjecaja. Ugrađivati se smije samo ispravna oprema. Nije dozvoljena ugradnja neispravne opreme, osim ako se popravak može obaviti i onda kada je ista već ugrađena i ako to ne ide na uštrb održavanja roka za montažu i kvalitete postrojenja ili instalacije.

Dok se izvode radovi izvođač radova dužan je voditi montažni dnevnik koji nadzorna služba investitora kontrolira i potpisuje. U montažni dnevnik unose se svi podaci o objektu kao što su: opis radova koji se izvode, broj radnika, poteškoće koje su se pojavile za vrijeme rada, sve izmjene u odnosu na tehničku dokumentaciju. Svi podaci uneseni u montažni dnevnik potpisani od strane nadzorne službe i investitora i rukovoditelja radova izvođača radova, obavezni su za obje strane.

Izvođač radova dužan je prilikom izvođenja radova voditi i građevinsku knjigu u koju unosi sve izvedene radove, isporučenu opremu i materijal. Građevinska knjiga služi kao baza za sastavljanje situacije za isplatu, kao dokument pri tehničkom pregledu i konačnom obračunu. Ista potpisana od izvođača radova i nadzorne službe predaje se investitoru.

U slučaju da tijekom izvođenja radova dođe do zastoja ili prekida istih zbog razloga za koje nije kriv izvođač radova, nadzorna služba investitora dužna je vrijeme prekida ili zastoja radova upisati u građevinsku knjigu ili montažni dnevnik.

Izvođač radova dužan je isporučiti investitoru svu relevantnu dokumentaciju i izraditi upute za rukovanjem postrojenjem ili instalacijom u dva primjerka, od kojih jedan primjerak treba biti uokviren i ostakljen te izložen na pogodnom mjestu u prostoriji iz koje se rukuje postrojenjem.

Također je pri projektiranju i građenju potrebno uzeti u obzir da budu primijenjena određena pravila zaštite pri radu. Površina na kojoj se izvodi ugradnja linije za kovanje zbog otvora mora biti ograđena da ne dođe do pada i ozljeda (Slika 9).



*Slika 9 Osiguranje mjesta ugradnje*

Ukoliko izvođač radova utvrdi da će uslijed eventualno naknadno utvrđenih grešaka u projektnoj dokumentaciji ili pogrešnih uputa od strane investitora radovi biti izvedeni na uštrb trajnosti, kvalitete ili funkcionalnosti postrojenja ili instalacije, dužan je o tome izvijestiti investitora da se započeti radovi prekinu. Ako investitor ne prekine radove on snosi punu odgovornost za nastalu štetu.

Ako izvođač radova odstupi od projektne dokumentacije bez suglasnosti projektanta ili nadzorne službe on snosi punu odgovornost za funkcioniranje i trajnost postrojenja.

Pri ugradnji, puštanju u pogon kao i eksploataciji pojedine tehnološke cjeline postrojenja potrebno je strogo se pridržavati uputa proizvođača ugrađene opreme. Tijekom same eksploatacije instalacije treba se pridržavati propisa o evidentiranju i periodičkim pregledima instalacije.

## 4.1 Temelji

Za građevinski projekt kovačnice radi se tehničko rješenje i izvedbeni projekt temelja čekića. Izrada temelja izvodi se prema „Tehničkom propisu za građevinske konstrukcije“.

Prvi korak projekta je iskop dubine  $45 \text{ m}^3$ . Drugi korak je betoniranje iskopa debljine  $20 \text{ m}^3$ . Koristi se beton razreda čvrstoće C 30/37 čija čvrstoća iznosi  $37 \text{ N/mm}^2$  te razreda izloženosti Xc4 uz uvjet vodo-nepropusnosti V-2 kako ne bi došlo do karbonatizacije. Prilikom betoniranja u beton se trebaju ugraditi čelični elementi za zaštitu rubova koji se prije betoniranja trebaju međusobno zavariti na armaturu. Čelik koji se koristi za čelične elemente za zaštitu rubova je S235J2 a za armaturu B500B. Beton je obavezno potrebno pervibrirati kako bi se eliminirao zrak u betonskoj mješavini. Površina betona treba se izvesti glatka i ravna. Naknadno ravnanje nije dopušteno.

Naknadno na beton idu 4 GERB opruge (tip VSG -4.4/32 H6 FB), odnosno gerberovi nosači (Slika 10) i njihovo maksimalno odstupanje visine iznosi +2 i -2 mm. Na GERB opruge se stavlja gumeni podložak debljine 1 cm. Opruge se postavljaju u cilju smanjenja vibracija. Buka i vibracije pojavljuju se gotovo svugdje gdje se radi. Vibracije se javljaju pri radu s strojevima koji se tresu, u ovom slučaju pri radu s čekićem. Vibracije se prenose na radnika preko nogu ukoliko stoji, preko trupa ukoliko sjedi na vibracijskoj podlozi ili preko ruku ukoliko se pridržava za stroj koji vibrira. Vibracije zamaraju radnika a u slučaju dugotrajne izloženosti mogu oštetiti pojedine organe i mišiće.



*Slika 10 Gerb opruga [6]*

Tehnički podaci GERB opruge tip VSG -4.4/32 H6 FB u skladu su sa DIN EN 13906-1 i prikazani su u tablici 1.

*Tablica 1 Tehnički podaci GERB opruge tip VSG -4.4/32 H6 FB*

PODATAK	VRIJEDNOST	MJERNA JEDINICA
Nosivost	114,4	[kN]
Koeficijent elastičnosti opruge	11,44	[kN/mm]
Otpor prigušenja	150	[kNs/m]
Dužina	840	[mm]
Širina	600	[mm]
Visina	340	[mm]

Bukom se smatraju neugodni zvukovi, tonovi ili šumovi koje se javljaju pri radu strojeva, vozila, alata i slično. Jaka buka oštećuje organ sluha i izaziva psihičke smetnje radnika koji radi na mjestu izvora buke. Zaštita od štetnog djelovanja buke sastoji se u postavljanju zvučne izolacije oko izvora buke, u ovom slučaju oblažu se stjenke temelja materijalima koji upijaju zvučne valove.

Posljednje se unutarnji zidovi temelja trebaju se obojati uljanom bojom.

Izgled temelja s ugrađenim gerberovim nosačima prikazan je na slici 11.



*Slika 11 Temelji sa Gerb nosačima*



## 4.2 Kovački čekić Huta Zygmunt

HUTA ZYGMUNT aktivna je u proizvodnji teških strojeva više od sto godina. Čekići serije MPM, dizajnirani za precizno vertikalno kovanje korištenjem tehnike jednog ili više otisaka, jedni su od osnovnih linija proizvoda. Tijekom tridesetogodišnje proizvodnje MPM čekića proizvedeno je i instalirano više od 700 dijelova diljem svijeta. Njihov specifični dizajn klipnjače velikog promjera, zajedno s kompaktnom i krutom konfiguracijom glavnog okvira i dvostrukim sustavom za precizno vođenje udarača, pušta dugotrajnu točnost rada. Cijeli raspon čekića MPM serije pokriva sedam veličina s niskom energijom od 18.4 kJ do 315 kJ. Ovi čekići mogu se napajati ili parom pregrijanom do 280°C ili temperaturom komprimiranog zraka okoline ili zagrijavanjem na temperaturu do 200°C. Visoka brzina udarača čekića omogućuje pravilno ispunjavanje otisaka različitih oblika i dimenzija. Čekići manje veličine imaju frekvenciju udarača do 120 udarača po minuti. Najveći čekić s radnom površinom 935 mm x 1100 mm može se koristiti za kovanje dijelova težine do 85 kg. MPM čekići najuspješniju primjenjuju pronašli su u specijaliziranim kovačnicama, kao kooperanti proizvođača automobila, traktora i poljoprivrednih strojeva. Opseg isporuke koju HUTA ZYGMUNT nudi ne uključuje samo MPM čekiće, već mogu dostaviti i kompletnu kovačnicu, opremu za grijanje, opremu za rukovanjem materijalima i prešu za podrezivanje.

Operacije koje se izvode čekićima HUTA ZYGMUNT MPM (Slika 12) serije uključuju savijanje, izvlačenje, odsijecanje i kotrljanje te se sve mogu izvršiti u jednom ciklusu grijanja zajedno sa završnim kovanjem. Zbog velike krutosti glavnog okvira i preciznog vođenja udarača višestruko kovanje kalupa može se uspješno izvršiti čak i s ekscentričnim (neuravnoteženim) opterećenjima.



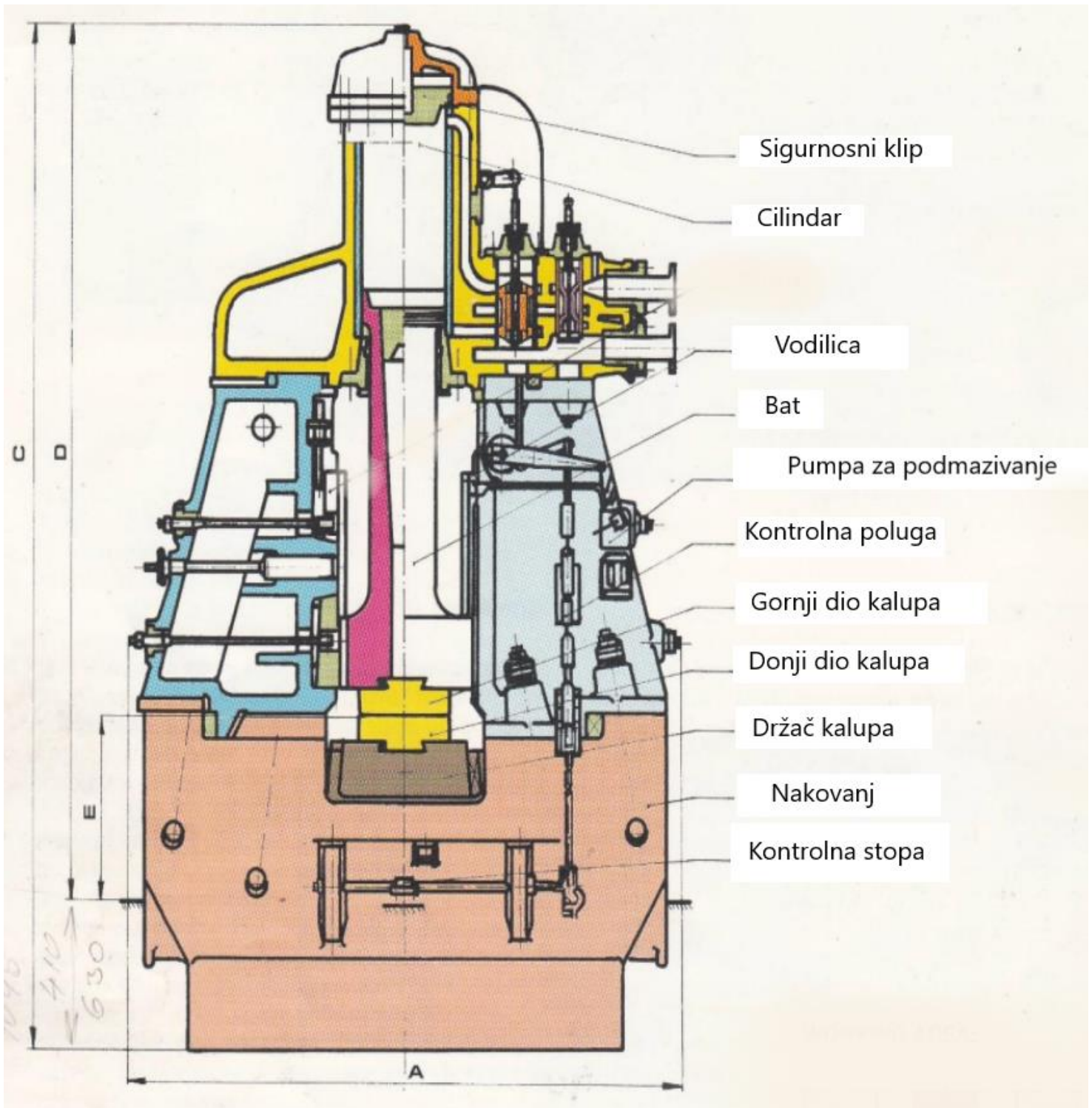
*Slika 12 Huta čekić*

#### 4.2.1 Glavne značajke čekića

Glavne značajke čekića su:

- Dvostruki V, kaljeni i brušeni, podesive vodilice korištene za vođenje obje strane klipa,
- Obloga od kaljenog lijevanog željeza koja se koristi u glavnom cilindru,
- Visok omjer težine nakovnja i trupa, oko 25:1,
- Okvir i nakovanj od visokokvalitetnog lijevanog čelika,
- Jednodijelni dizajn okvira nakovnja alternativno korišten za čekiće s energijom udarca od 18,4 kJ, 36 kJ i 70 KJ,
- Spojne površine na nakovnju i trupu su kaljenje,
- Značajka pomoćne snage nudi se kao opcija za kontrole pedala kod čekića energije udarca do 175 kJ ili kao opcija za kontrole poluga/ručica kod dva najveća čekića energije udarca 250 kJ i 315 kJ,
- Posebna verzija čekića opremljenija s programibilnim upravljačem omogućava podešavanje energije udarca prema unaprijed programiranom ciklusu kovanja.

Shema sa označenim osnovnim dijelovima Huta Zygmunt čekića prikazana je na slici 13.



Slika 13 Osnovni dijelovi čekića

#### 4.2.1.1 Upravljanje

Veliki čekići primjerice MPM 25000B i MPM 31500B pokreću se i upravljaju pomoću ručne poluge dok se drugi čekići, uključujući i čekić MPM 3150 B koji se koristi u ovom projektu, pokreću koristeći pedal (kontrolnu stopu). Sustav kontrole poluge sadrži zglobove sa ležajevima koji smanjuju utjecaj trenja, a na kontrolne ventile smanjen je utjecaj sile normale (osne sile) kako bi se minimizirao napor radnika.

Čekići MPM opremljeni su posebnom verzijom elektroničkog upravljanja. Upravljač koji se koristi u ovom sustavu nudi mogućnost odabira jedne od deset standardiziranih operacija. Elektronski sistem omogućuje proizvodnju jednakih otkivaka iste kvalitete obzirom da većina procesa ne ovisi o vještinama radnika. Radnik postavlja vrijednost energije udarca koja je konstantna za cijelu skupinu otkivaka u jednom udarcu. To omogućava duži životni vijek alata jer se mogu izbjeći slučajni jaki udarci. Uz to, sustav je opremljen i brojačem proizvedenih otkivaka.

#### 4.2.1.2 Cilindar

Kućište od visokokvalitetnog lijevanog čelika, koje uključuje glavni cilindar, povezuje stupove, time kreirajući zatvoreni dizajn okvira. Zamjenjiva košuljica cilindra (Slika 14) koja je od kaljenog lijevanog željeza koristi se za glavni cilindar. Dva potpuno rasterećena kontrolna ventila, koji rade u zamjenjivim oblogama, također su ugrađena u kućište. Glava glavnog cilindra zaštićena je od udaraca glavnog klipa plutajućim zaštitnim odnosno sigurnosnim klipom izrađenim od čelika. Komprimirani medij, korišten za rad čekića, djelujući na sigurnosni klip koristi se za apsorpiranje energije bilo kakvog slučajnog udarca.



*Slika 14 Košuljica cilindra*

#### *4.2.1.3 Bat*

Pneumatski bat (Slika 15) je u jednodijelnom kovanju zajedno s klipom i klipnjačom i izrađen je od visokokvalitetnog legiranog čelika. Dizajn klipnjače velikog promjera osigurava izvanrednu čvrstoću ovog najvažnijeg dijela čekića.



*Slika 15 Pneumatski bat*

#### 4.2.1.4 Nakovanj

Nakovanj je uvijek odljevak od visokokvalitetnog lijevanog čelika. U velikim MPM 16000B i MPM 25000B čekićima to je dvodijelna jedinica, a u najvećim MPM 31500B čekiću sastoji se od tri dijela. Težina nakovnja je oko 25 puta veća od težine gornjeg djela kalupa. Blok kalupa izrađen je kao okov od kaljenog visokokvalitetnog legiranog čelika.

#### 4.2.1.5 Stupovi

Noseća struktura, odnosno stupovi izgrađeni su kao odljevci od visokokvalitetnog lijevanog čelika. U MPM 1600C, 231500C i 6300C Čekićima stupovi su izrađeni kao jednodijelni odljevci, zajedno s mehaničkim batom, dok su u svim drugim čekićima korištene fleksibilne veze između mehaničkog bata i stupova. Slične veze su korištene za povezivanje stupova s glavnim cilindrom kućišta. Spojne površine između stupova i mehaničkog bata, kao i glavni cilindar kućišta, dodatno su opremljeni dubokim križno oblikovanim utorima za ključeve koji osiguravaju odgovarajuće precizno podešavanje u oba smjera. Četiri podesive vodilice od dvostrukog-V kaljenog čelika koriste se za vođenje mehaničkog bata.

#### 4.2.1.6 Podmazivanje

Središnji sustav prisilnog podmazivanja s pumpom s više klipova koju pokreću pokreti mehaničkog bata preko sustava poluga, koristi se za podmazivanje vodilica mehaničkog bata, pakiranja klipnjače i upravljačkih ventila, poluga i brijega upravljačkog sustava i medija koji se koristi za pokretanje čekića.



## 4.2.2 Čekić Huta Zygmunt serije MPM 3150 B

Kod ugradnje ove linije korišten je čekić HUTA ZYGMUNT serije MOM 3150B. Njegove tehničke karakteristike prikazane su u tablici 2.

*Tablica 2 Tehničke karakteristike čekića HUTA ZYGMUNT*

Tehnički podaci MPM UK-76 3150B		
Energija udarca	kJ	36
Masa padajućeg dijela (bez kalupa)	kg	1250
Maksimalna masa gornjeg kalupa	kg	400
Masa nakovnja bez držača kalupa	t	24
Masa čekića sa nakovnjem	t	35
Približna masa kovanja	kg	0,6 - 3
Ulazni zračni tlak pare	MPa	0,5 – 0,7
Prosječna potrošnja pare	kg/h	650
Prosječna potrošnja zraka (hladni / topli)	m <sup>3</sup> /min	15 / 12
Broj udaraca u minuti	1/min	110

Ukupne dimenzije čekića HUTA ZYGMUNT serije MOM 3150B prikazane su u tablici 3 dok je prikaz vidljiv na slici 13.

Tablica 3 Ukupne dimenzije MPM UK-76 3150B

Duljina čekića	<i>A</i>	mm	2600
Širina čekića	<i>B</i>	mm	1405
Ukupna visina čekića	<i>C</i>	mm	4380
Visina čekića iznad poda	<i>D</i>	mm	3750
Minimalna visina držača kalupa iznad poda	<i>E</i>	mm	800
Minimalna visina kalupa (bez repa)	<i>F</i>	mm	220

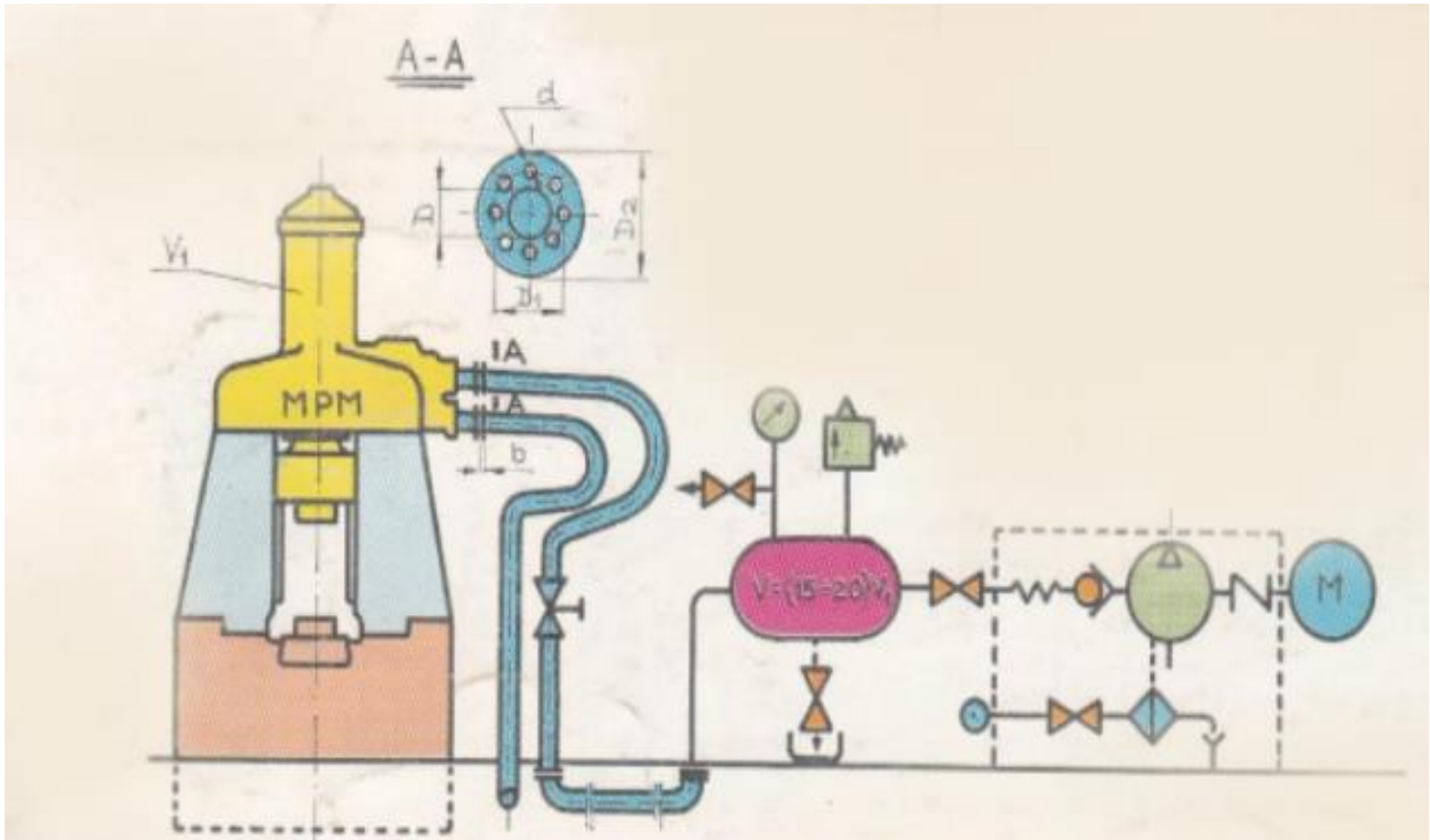
Radni prostor čekića HUTA ZYGMUNT serije MOM 3150B prikazan je u tablici 4.

Tablica 4 Radni prostor MPM UK-76 3150B

Razmak vodilica	<i>G</i>	mm	534
Duljina sjedišta kalupa u bat	<i>H</i>	mm	500
Duljina sjedišta u držaču kalupa	<i>K</i>	mm	700
Maksimalna širina radnog prostora	<i>L</i>	mm	550

## 4.2.3 Spajanje čekića

Pneumatski čekić spaja se na kompresor. Dijagram spajanja čekića na sustav komprimiranog zraka prikazan je na slici 16.



Slika 16 Dijagram spajanja čekića na dovod zraka:  $V_1$  = volumen zraka u cilindru,  $D$  = Visina baze prirubnice,  $D_1$  = udaljenost dva simetrična provrta na prirubnici,  $D_2$  = udaljenost dva simetrična provrta na prirubnici,  $d$  = promjer provrta na prirubnici,  $b$  = visina baze prirubnice;

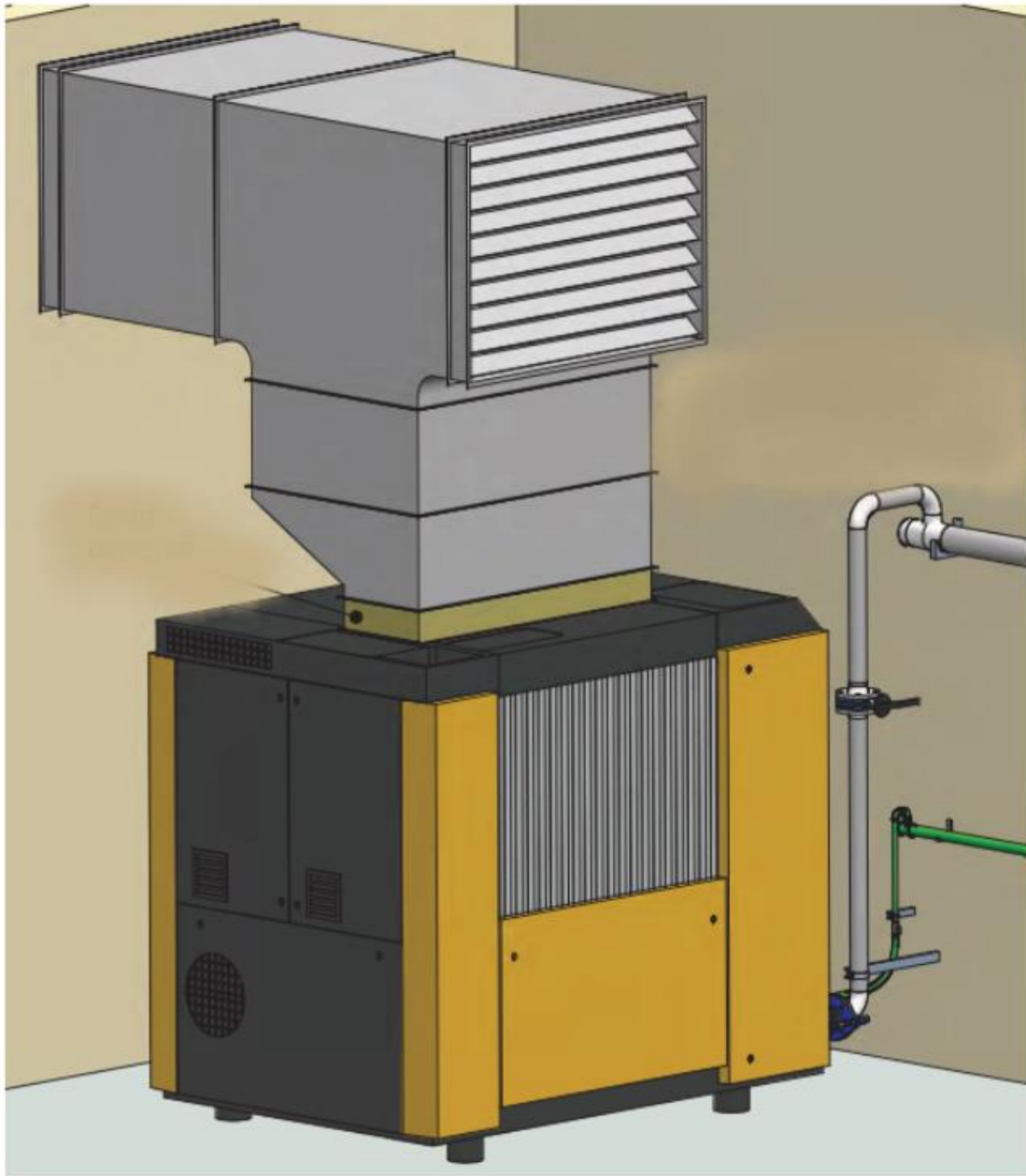
Kapacitet kompresora mora bit dovoljan da osigura dostatnu količinu zraka potrebnu za određeni čekić. U tablici 5 su prikazani zahtjevi za čekić 3150B.

Tablica 5 Tehnički zahtjevi za spajanje čekića 3150B na kompresor

Naziv	Oznaka	Mjerna jedinica	Vrijednost
Volumen zraka u cilindru	$V_1$	$m^3$	0.105
Udaljenost između dva simetrična provrta	$D$	mm	100
Udaljenost između dva simetrična provrta	$D1$	mm	180
Promjer prirubnice	$D2$	mm	220
Promjer provrta na prirubnici	$d$	mm	18
Broj provrta na prirubnici	$n$	pcs	8
Visina baze prirubnice	$b$	mm	24

### 4.3 Kompresor Kaeser DSD 205 T

Kompresor zraka (Slika 17) smješta se u novu kompresorsku stanicu. Nova kompresorska stanica gradi se uz zid hale u kojoj se nalazi čekić HUTA ZYGMUNT tip MPM 3150B.



*Slika 17 Kompresor*

Vijčani kompresor DSD 205 T donosi uštedu energije, tih, fleksibilan i pouzdan rad uz malo održavanja te pritom daje vrlo dobru kvalitetu komprimiranog zraka. Tome doprinose brojna inovativna rješenja u području kompresorskih blokova, upravljačkih sustava kompresora, IE4 motora, hlađenja i ventilacije, kao i integrirani aksijalni ciklonski separator KAESER s elektroničkim odvodom kondenzata ECO-DRAIN.

Uz prašinu i paru iz ulja, komprimirani zrak također sadrži određenu količinu vlage iz okoline koja se može pretvoriti u kondenzat. Stoga, da bi se osigurala optimalna efikasnost pneumatskih alata i ostalih pogona koji koriste komprimirani zrak, stupanj vlage u komprimiranom zraku mora se drastično smanjiti. [9]

Stupanj vlage smanjujemo rashladnim sušačem koji ugrađujemo uz kompresor zajedno sa ventilatorom koji sprječava pregrijavanje kompresora.

Kako bi se smanjila potrošnja energije rashladnog sušača tijekom vremena mirovanja kompresora, regulacija štednje energije za integrirani sušač postupno isključuje rashladni sušač.

Rashladni sušač opremljen je elektroničkim odvodom kondenzata ECO-DRAIN koji isključuje gubitke tlaka uslijed odvoda kondenzata. Ako je sabirna posuda odvoda napunjena, preko senzora razine otvara se membranski ventil i kondenzat istječe. Elektronika osigurava maksimalno vrijeme otvorenosti ventila koje je potrebno za potpuno odvođenje separiranog kondenzata bez gubitka tlaka.

Kompresorski blok i pogonski motor IE4 u kombinaciji sa spojkom i spojnomo prirubnicom čine kompaktno, dugovječan agregat koji ne zahtijeva mnogo održavanja. Budući da izravan pogon KAESER (pogon 1:1) ne stvara nikakve gubitke pri prijenosu, potrošnja energije smanjuje se do 5 % u odnosu na verzije s klinastim remenom, odnosno reduktorom.

Sustav izmjenjivača topline ima velike dimenzije i zaštićen je od prljavštine, a opremljen je štedljivim izmjenjivačem topline zrak – zrak i izmjenjivačem topline zrak – rashladno sredstvo. Integrirani posebno prilagođeni separator kondenzata jamči optimalnu separaciju.

Tehnički podaci odnosno parametri radnog učinka pri radnom pretlaku od 7,5 bar za cijeli uređaj, uključujući ventilator i rashladni sušač, prema ISO 1217:2009, prikazani su u tablici 6.

Tablica 6 Parametri radnog učinka DSD 205 T

Volumni protok pri 7,5 bar	21,00 m <sup>3</sup> /min
Ulazna snaga cijelog uređaja pri 7,5 bar	120,4 kW
Maksimalan predtlak	8,50 bar
Stupanj učinkovitosti pogonskog motora pri punom opterećenju	96,3 %
Klasa učinkovitosti pogonskog motora	IE4
Nazivna snaga pogonskog motora	110,0 kW
Broj okretaja pogonskog motora	1493 1/min
Vrsta zaštite pogonskog motora	IP 55
Električno napajanje	400 V / 3 /50Hz
Razina zvučnog tlaka	72 Db(A)
Maksimalna iskoristiva količina toplog zraka (bez rashladnog sušača)	1700 m <sup>3</sup> /h
Razlika tlaka rashladnog sušača	0,08 bar
Tlačno rosište pri temperaturi okoline +20°C i relativne vlažnosti 30%	3°C
Rashladno sredstvo	R-513A
Količina punjenja rashladnog ulja	70,0 L
Vrsta rashladnog ulja za kompresor	SIGMA FLUID S-460
Dimenzije (Š x D x V)	2750 mm x 1730 mm x 2150 mm
Težina	3630 kg



Ventil za regulaciju temperature s elektromotorom integriran je u krug hlađenja, ima senzorsku kontrolu i predstavlja srce inovativnog elektroničkog upravljanja toplinom (ETM). Upravljački sustav kompresora SIGMA CONTROL 2 u obzir uzima krajnju temperaturu usisa i kompresije kako bi spriječio nastajanje kondenzata čak i u slučaju velike vlažnosti zraka. ETM dinamički regulira temperaturu fluida, što povećava energetska učinkovitost pri niskim temperaturama fluida odnosno uvijek daje optimalnu temperaturu.

Svaki vijčani kompresorski blok KAESER ima rotore koji sadrže energetska učinkovit sigma profil. Pažljiva izrada i prilagođeni precizni valjkasti ležajevi jamče dugi vijek trajanja i visoku pouzdanost. Veliki kompresorski blokovi koji sporo rade u svom energetska povoljnom radnom području isporučuju više komprimiranog zraka pri istoj pogonskoj snazi od malih blokova s visokim brojem okretaja. Niski brojevi okretaja znače i manje trošenje, a time i manje troškove održavanja.

Materijal cjevovoda komprimiranog zraka je ugljični čelik, a cjevovod kondenzata potrebno je izvesti iz pocinčanog ugljičnog čelika.

Ova stavka projekta koštala je približno 500 000,00 kuna.

#### 4.3.1 Spajanje kompresora zraka za potrebe čekića Huta „Zygmunt“ tip MOM 31500 B

Novi vijčani kompresor s integralnim rashladnim sušačem proizvođača KAESER tip DSD 205 T, tehničke oznake KOZ1-746, smješta se u kompresorsku stanicu na betonsku podlogu oslanjajući se na vlastite anti-vibracijske oslonce.

Modul rashladnog sušača je postavljen na standardni uređaj i s njim spojen za trenutačnu uporabu. Njegovo zasebno kućište s jedne strane pruža mnogo mjesta za velike

komponente sušača, a s druge je strane iznimno učinkovito zahvaljujući svojoj serijskoj regulaciji sa štednjom energije. Radi samo kad je potreban i komprimirani zrak za sušenje. Rezultat toga je kvaliteta komprimiranog zraka u skladu s primjenom i uz najvišu moguću ekonomičnost. Zahvaljujući optimalnom hlađenju, uređaj je pouzdan do temperature okoline do +45°C. Modul rashladnog sušača čini da standardni vijčani kompresor postane kompaktna kompresorska stanica. Sve komponente su lako pristupačne. To olakšava i ubrzava sve radove na održavanju.

Proizvedeni komprimirani zrak prolazi kroz filter F1-746 te se akumulira u spremniku S1-746 površine 5 metara kubnih (Slika 18). Iz spremnika S1-746 komprimirani zrak odvodi se na pripremljeni priključak na struju – čekić HUTA „Zygmunt“ tip MPM 3150B. Sa čekića otpadni zrak vraća se u prostor kompresorske stanice. Cjevovod komprimiranog zraka vodi se kroz pripremljeni podzemni kanal u halu do samog stroja / čekića. Materijal cjevovoda je ugljični čelik dimenzije DN 100 ( fi 114.3 x 3.6). Cjevovod se ne izolira.

Nastali kondenzat iz kompresora KOZ1-746, spremnika S1-746 i filtra F1-746 fleksibilnom vezom spaja se na zajednički razvod te odvodi na prihvatno mjesto odvoda kondenzata u kompresorskoj stanici. Materijal cjevovoda je pocinčani ugljični čelik. Cjevovod se ne izolira.

Spremnik komprimiranog zraka prepoznatljiv je po visokoj razini zaštite od korozije. Površina spremnika pocinčana je i sa unutarnje i sa vanjske strane.



*Slika 18 Spremnik S1-746*

Navoji na svim spremnicima komprimiranog zraka Kaeser se nakon vruće galvanizacije precizno narezuju, što doprinosi bržoj i sigurnijoj montaži.

Tehnički podaci spremnika prikazani su u tablici 7.

*Tablica 7 Tehnički podaci Kaeser spremnika*

Zapremina	2 000 L
Radna temperatura	-10 °C do +50°C
Maksimalni nadtlak	11 bar
Otvori za održavanje	2 otvora za ruku
Promjer	1 150 mm
Visina bez armatura	2 375 mm
Masa	470 kg

Pri ugradnji se savjetuje primjena odgovarajućeg osnovnog armaturnog kompleta koji sadrži sljedeće dijelove:

- jedan sigurnosni ventil s oznakom CE,
- jedan manometar,
- jedna kuglasta slavina ili jedna navojna prirubnica,
- jedna slavina za ispust kondenzata,
- različite brtve i mali dijelovi.

Za postavljanje Kaeser kompresora relevantne su sljedeće smjernice, standardi, propisi i preporuke:

- Smjernica o strojevima 2006/42/EZ,
- Smjernica 2009/105/EZ (87/404/EEZ) o jednostavnim tlačnim posudama,
- Smjernica 97/23/EZ o tlačnim uređajima,
- Smjernica o niskom naponu 2006/95/EZ,
- Smjernica 2004/108/EZ o elektromagnetskoj kompatibilnosti,
- Smjernica 1999/5/EZ o radijskoj i terminalnoj komunikacijskoj opremi,
- Erp smjernica 2009/125/EZ.

Smjernice su navedene u CE izjavi za proizvod.

Električna instalacija na mjestu ugradnje mora se izvesti u skladu s primjenjivim propisima i nacionalnim propisima zaštite na radu.

Upravljanje kompresorom vršiti će se pomoću upravljačkog sustava Kaeser Sigma Air Manager. Ovim sustavom omogućiti će se učinkovito neprekidno podešavanje u smislu postizanja energetskog optimuma ( upravljanje energijom prema standardu ISO 50001) te kvalitetno predvidljivo održavanje bez iznenadnih ne planiranih zastoja.

Jedinica za rukovanje izrađena je prema industrijskom standardu te je opremljena preglednim zaslonom i robusnim tipkama. Sve relevantne informacije vidljive su na prvi pogled. Jasna struktura izbornika u kombinaciji s mogućnošću biranja između 30 jezika dodatno naglašava jednostavnost rukovanja.

Sigma Control pruža visok stupanj sigurnosti zahvaljujući integriranoj funkciji RFID (eng. Radio Frequency Identification) - radiofrekvencijska identifikacija. Ona služi za sigurno prijavljivanje korisnika i/ili servisnih tehničara tvrtke KAESER te, u kontekstu odgovornosti operatera, sprječava neovlaštene osobe u upravljanju postrojenjem ili mijenjanju postavki.

Sigma Control interno komunicira s kompresorom putem ulazno/izlaznih modula (UI moduli) koji su koncipirani za različite serije kompresora. Ethernet sučelje i varijabilni (utični) sabirnički komunikacijski moduli omogućuju vanjsku komunikaciju s nadzornim i kontrolnim sustavima. Upravljačka ploča, struktura izbornika, pogonski parametri i povijest poruka prikazuju se putem ugrađenog web-poslužitelja. To omogućuje daljinski nadzor.

Upravljački sustav opremljen je svjetlećim diodama za prikaz radnih stanja.

Putem utora za SD karticu mogu se brzo i jednostavno učitati, odnosno prenijeti ažuriranja softvera i radni parametri. To smanjuje servisne troškove. Pored toga, SD kartica se može upotrijebiti za dugotrajnu pohranu važnih podataka o radu.

Vijčani kompresor KOZ1-746 može se hladiti zrakom iz prostora ili vodom. Dotok svježeg zraka osigurava se kroz otvore smještene na vratima kompresorske stanice, u koje su ugrađene regulacijske rešetke tipa RŽ-12 proizvođača Klima oprema. Odvod zagrijanog zraka kompresorskih jedinica se prema potrebi odvodi ventilacijskim kanalima izvan (ljetni režim) ili unutar kompresorske stanice (zimski režim – grijanje prostora) otvaranjem odnosno zatvaranjem ručnih žaluzina tipa RŽ-12 proizvođača Klima oprema smještene neposredno u ventilacijski kanal iznad kompresora. Materijal ventilacijskog kanala je pocinčani ugljični čelik debljine 1.5 mm. Ventilacijski kanal se izolira unutar kompresorske stanice armafleks izolacijom tip AC debljine 13 mm.

Radom je obuhvaćena instalacija cjevovoda dovoda vode za hlađenje kompresora. Predmetne cijevi dovode se kroz podzemni kanal u halu gdje će biti povezana u daljnji razvod. Materijal cjevovoda je ugljični čelik dimenzije DN 40 (fi 48, 3x2,6). Cjevovod se izolira izolacijom armafleks tip AF debljine 19 mm.

Potrebno je predvidjeti dovoljno velike otvore za dovodni i ispušni zrak u prostoriji.

#### 4.3.2 Provjera dimenzije otvora usisa svježeg zraka u kompresorsku stanicu

Ubacivanje svježeg zraka ostvarivati će se kroz ručne žaluzine smještene na sjevernoj strani zida u vratima kompresorske stanice. Regulacijske žaluzine tip RŽ izrađene su iz profiliranog pocinčanog čeličnog lima. Lamelle su preko osovina uležištene u poliamidne ležajeve.

Potrebna količina svježeg zraka na zahtjev proizvođača:

$$V_{SZ} = 23650 \text{ m}^3/h \quad (4.1)$$

Potrebni svijetli otvor za dotok zraka na zahtjev proizvođača:

$$A_{SZ} = 3,2 \text{ m}^2 \quad (4.2)$$

Brzina strujanja kroz otvor površine  $A_{SZ}$  iznosi:

$$v = \frac{V_{SZ}}{A_{SZ}} = \frac{6,6}{3,2} = 2,06 \text{ m/s} \quad (4.3)$$

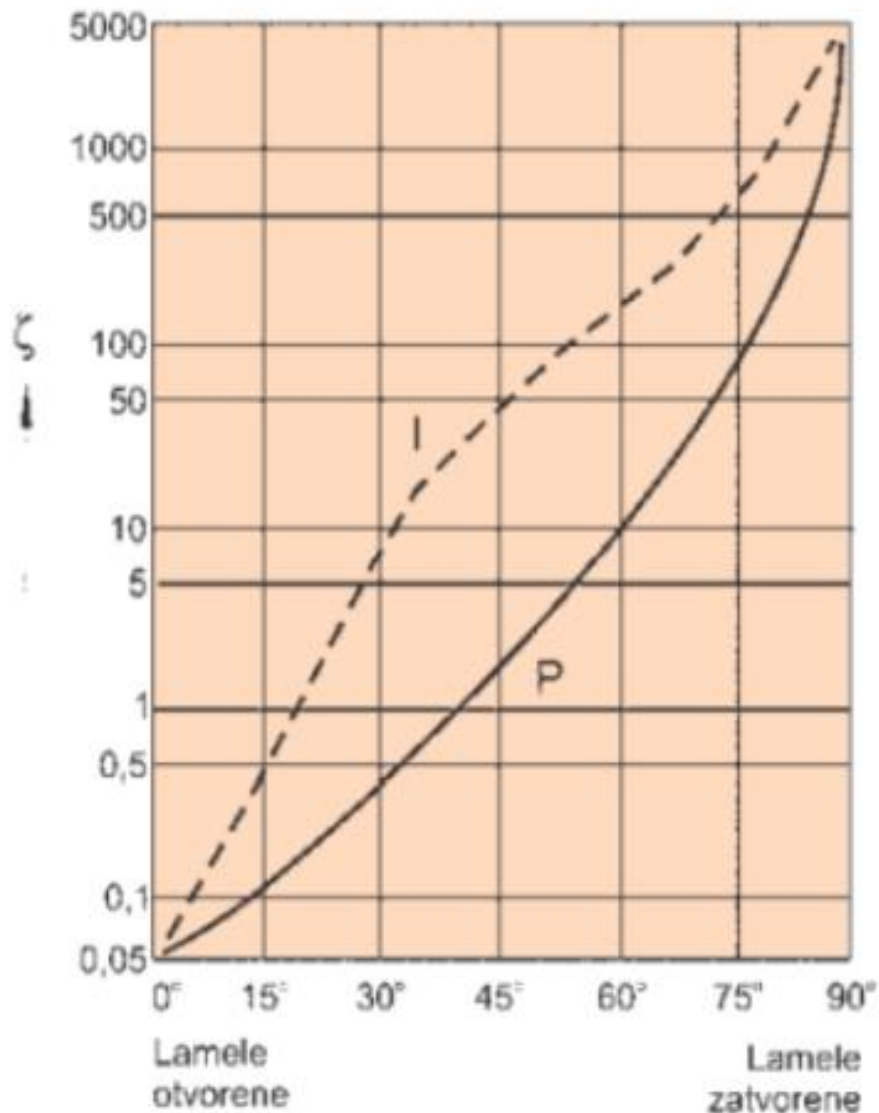
S obzirom na otvorenost, odnosno položaj lamela (izvedba protuhodnim lamelama) ukupni pad tlaka na ručnim žaluzinama naveden je u tablici 8 gdje je brzina zraka kroz rešetku  $V = 2,06 \text{ m/s}$ , gustoća zraka  $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ , a  $\alpha$  [°C] označava kut lamela. Kod  $\alpha = 0$  [°C] lamelle su otvorene, a kod  $\alpha = 90$  [°C] lamelle su zatvorene.



Tablica 8 Otpor zraka kroz protuhodnu žaluzinu

OTPOR ZRAKA KROZ PROTUHODNU ŽALUZINU TIP RŽ		
$\alpha$ [°C]	$\xi$	Otpor strujanja [Pa]
0	0,05	$z = \frac{0,05 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 0,13$
15	0,15	$z = \frac{0,15 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 0,38$
30	0,4	$z = \frac{0,04 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 1,02$
45	2	$z = \frac{2 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 5,09$
60	10	$z = \frac{10 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 25,46$
75	80	$z = \frac{80 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 203,69$
90	4500	$z = \frac{4500 \times 1,2 \times 2,06^2}{2} = 11457,72$

Slika 19 prikazuje grafički prikaz tablice, odnosno otpor zraka kroz žaluzinu.



Slika 19 Otpor zraka kroz protohodnu žaluzinu

Dobava i montaža pravokutnih kanala za razvod zraka izrađenih iz pocinčanog čeličnog lima vrši se prema HRN DIN 24190. Kanali s stranicom većom od 300 milimetara ukružuju se križnim brazdama ili uzdužnim Z brazdama. Kanali su izvedbe u falcanim sekcijama sa silikonom brtvljenim uzdužnim spojevima, a isporučuju se na gradilište temeljito očišćeni i zatvoreni sa polietilenskom folijom. Uključivo svi fazonski komadi, kanalski nastavci, koljena s registrima skretnih limova te prirubnice iz krutog željeza.

## 4.3.3 Dimenzioniranje cjevovoda komprimiranog zraka 8,5 bar

Cjevovod zraka kompresora KOZ1-746 dimenzionira se za količinu zraka od 21  $m^3/min$  pri tlaku od 850000 Pa uz temperaturu 293,15 K . Molekularna masa iznosi 28,95 kg/kmol .

Iz toga slijedi da je otpor:

$$R = \frac{R}{M} = \frac{8134 \text{ J/kmolK}}{28,95 \text{ kg/kmol}} = 280,97 \text{ J/kgK} \quad (4.4)$$

Masa iznosi:

$$m = \frac{m_{Nm} \times M}{22,41} = \frac{21 \times 28,95}{22,41} = 27,1 \text{ kg/min} \quad (4.5)$$

Volumni protok iznosi:

$$V = \frac{mRT}{p} = \frac{27,13 \times 280,97 \times 293,2}{850000} = 2,629 \text{ m}^3/min = 158 \text{ m}^3/h = 0,0439 \text{ m}^3/s \quad (4.6)$$

Za vrijednost  $v$  odabrano je 6 m/s pa je potrebna površina presjeka:

$$A = \frac{V}{v} = \frac{0,044}{6,0} = 0,007333 \text{ m}^2 = 7333,33 \text{ mm}^2 \quad (4.7)$$

Potrebni unutarnji promjer cijevi:

$$D_{\text{unutarnji potrebn}} = \sqrt{\left(\frac{4A}{\pi}\right)} = \sqrt{\left(\frac{4 \times 7333,33}{\pi}\right)} = 96,6 \text{ mm} \quad (4.8)$$

Odabran je cjevovod DN105 ( fi 114,3 x 3,6) koji ima unutarnji promjer 107,1 mm što je više od potrebnog unutarnjeg promjera od 96,6 mm što znači da zadovoljava.

#### 4.3.4 Tehnički uvjeti za izvođenje cijevne mreže

Cjevovod se polaže na cijevne oslonce ili vješa o građevinsku konstrukciju s propisanim nagibom koji je definiran u nacrtima projektne dokumentacije. Prije postavljanja cjevovoda potrebno je prekontrolirati građevinske kote u odnosu na date dimenzije u projektnoj dokumentaciji. Cijevni lukovi moraju biti blagi, kako se ne bi stvorili dodatni otpori pri distribuciji medija i da ne bi došlo do neželjenog pucanja cjevovoda na varovima.

U ovisnosti o načinu rješenja kompenzacije toplinskih dilatacija cjevovoda cijevni oslonci ili ovješnja mogu biti:

- čvrsti,
- klizni,
- klizni s vođenjem.

Raspored cijevnih oslonaca ili ovješnja strogo se poštuje kako je predviđeno. Razmak između cijevnih oslonaca ili ovješnja u funkciji je o promjeru i vrsti cijevi, temperaturnom nivou toplinskog medija te vrsti toplinske izolacije, kako ne bi došlo do ugibanja cjevovoda između dva oslonca. Taj razmak može se izvesti samo manji, ali ni u kojem slučaju veći nego što je detaljno dano i razrađeno projektnom dokumentacijom. U

slučaju da se vode dvije ili više cijevi različitih dimenzija paralelno, za maksimalan razmak dvaju cijevnih oslonaca mjerodavna je cijev manjeg promjera.

Odzračivanje i pražnjenje cjevovoda izvodi se na mjestima određenim projektom dokumentacijom.

Bušenje armirano – betonskih stupova, greda, zidova i svih konstruktivnih elemenata objekta za prolaz cijevnih vodova smije se obaviti samo prema uputama i odobrenju nadzorne službe za građevinske radove. Na mjestima prodora cjevovoda kroz građevinsko konstruktivne elemente obavezno se ugrađuju proturane cijevi koje omogućuju slobodne toplinske dilatacije cjevovoda i štite građevinsku konstrukciju od pucanja.

Spajanje cjevovoda obavlja se zavarivanjem u zaštitnoj struji internog plina, a na mjestima gdje dolazi armatura ista se spaja navojnim spojnica ili prirubnicama s grlom za zavarivanje. Kod ugradnje armature treba obratiti pažnju da ne dođe u samoj armaturi do unutarnjih naprezanja. Treba se držati preporuka i rješenja danih projektom dokumentacijom.

Stavlja se zvjezdasta podloška DIN 6798 tip A ispod jednog vijka na svakom prirubničkom spoju: Glava vijka se boja crvenom bojom.

Prije zavarivanja moraju se izvesti sljedeći pripremni radovi:

- Vizualnim pregledom kontrolira se stanje cijevi i postoje li oštećenja u transportu, promjer i savinutost cijevi,
- Cijevi treba temeljito očistiti od hrđe i nečistoća,
- Krajevi cijevi obrađuju se skošenjem ako je potrebno,

- Na svaku otvorenu cijev treba postaviti kapu koja se ne smije skidati do ponovnog početka radova.

Priprema spojeva za zavarivanje vrši se sukladno tehnologiji zavarivanja odnosno atestiranom postupku zavarivanja prema HRN-EN-729. Zavarivanje obavlja zavarivač sa atestom sukladno normi HRN-EN 729.

Za zavarivanje treba koristiti atestiranu žicu ili elektrode pogodne za zavarivanje osnovnog materijala sukladno tehnologiji zavarivanja.

Montaža se vrši do pune pogonske gotovosti, uključujući ispitivanja cijevne instalacije i tlačne probe.

#### 4.3.5 Pad tlaka u odsisnom ventilacijskom kanalu kompresora KOZ1-746

Otpadni zrak iz kompresora može se bacati izvan kompresorske stanice ili unutar za potrebe grijanja u zimskim mjesecima. U slučaju izbacivanja zraka izvan kompresorske stanice (RŽ746.81 otvorena, a RŽ 746.82 zatvorena) pad tlaka iznosi oko 34,4 Pa, a u slučaju bacanja u kompresorsku stanicu (RŽ746.81 zatvorena, a RŽ 746.82 zatvorena) pad tlaka iznosi oko 25,4 Pa.

Budući da je u oba slučaja  $\Delta p_{\text{kanal}} < \Delta p_{\text{DOP}}$ , odnosno:

$$35,4 \text{ Pa} < 100 \text{ Pa} \text{ i } 25,4 \text{ Pa} < 100 \text{ Pa} \quad (4.9)$$

Odsisni ventilacijski kanal kompresora KOZ1-746 ispravno je dimenzioniran.

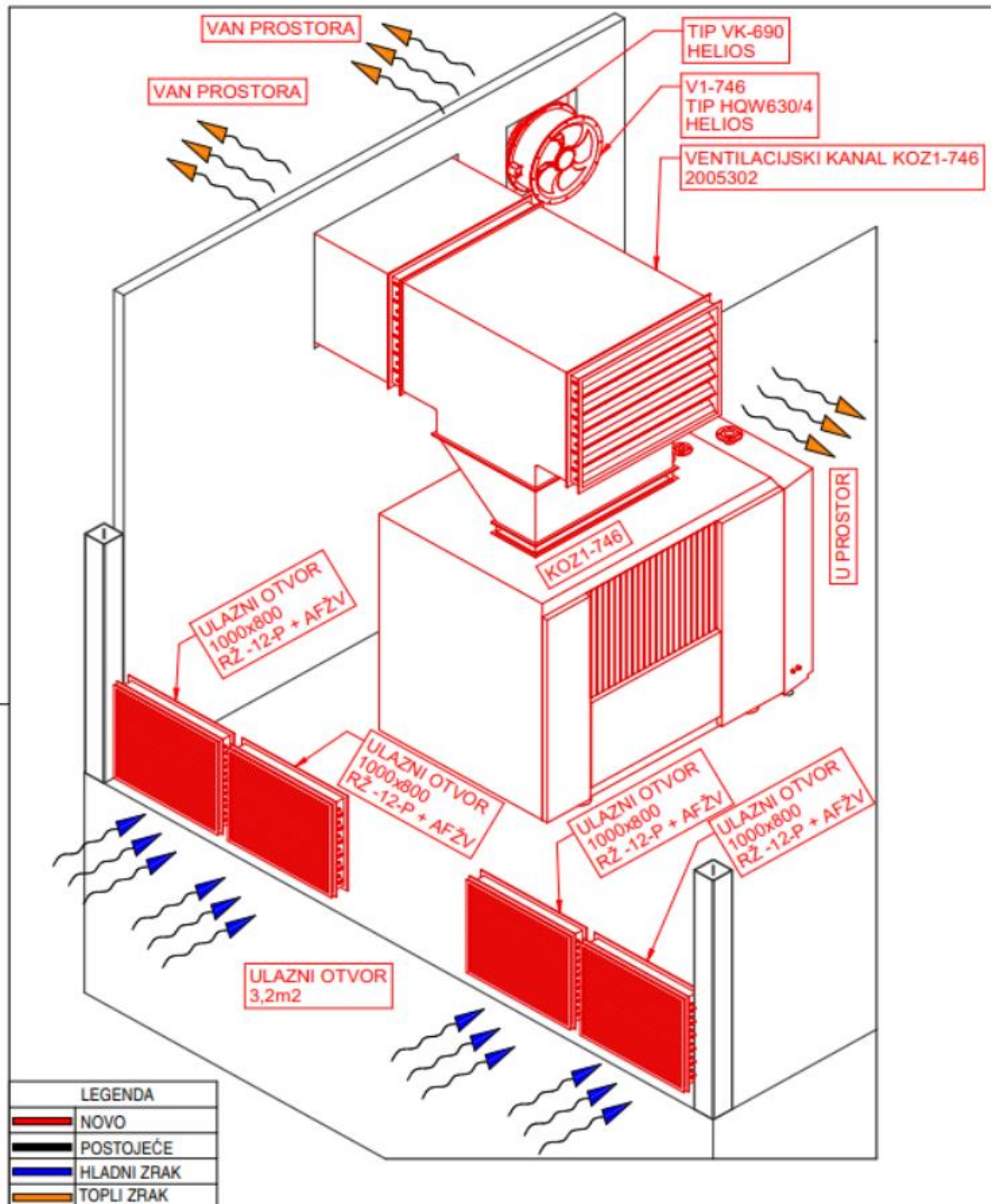
#### 4.3.6 Grijanje i hlađenje kompresorske stanice

Za grijanje kompresorske stanice za vrijeme rada koristiti će se zagrijani zrak sa kompresora. Za hlađenje kompresorske stanice ne planira se ugraditi dodatni uređaj za hlađenje zraka već se hlađenje izvodi uvođenjem svježeg zraka, odnosno odvođenjem toplog zraka nastalog uslijed hlađenja izvan prostora kompresorske stanice.

#### 4.3.7 Zaštita od predgrijavanja kompresora

U slučaju povećanog zagrijavanja zraka u prostoru kompresorske stanice, zagrijani zrak odvesti će se prisilno ventilatorom V1-746, proizvođača Helios, smještenim na istočnom zidu kompresorske stanice (Slika 20).

Ventilatorom V1-690 upravlja prostorni temperaturni osjetnik smješten unutar prostora kompresorske stanice.



Slika 20 Ventilacija kompresorske stanice



Odabran je ventilator proizvođača Helios tip VK-630 kapaciteta 16 210 m<sup>3</sup>/h pri  $\Delta p = 25 \text{ Pa}$ .

Dimenzije prostora su:

$$a = 5,5 \text{ m,}$$

$$b = 6 \text{ m,}$$

$$h = 4 \text{ m;}$$

Volumen prostora iznosi:

$$V = 132 \text{ m}^3 \quad (4.10)$$

Protok:

$$Q = 16210 \text{ m}^3/\text{h} = 270,167 \text{ m}^3/\text{min} = 4,503 \text{ m}^3/\text{s} \quad (4.11)$$

Vrijeme:

$$t = 30 \text{ min} = 0,5 \text{ h} = 1800 \text{ s} \quad (4.12)$$

Broj izmjena:

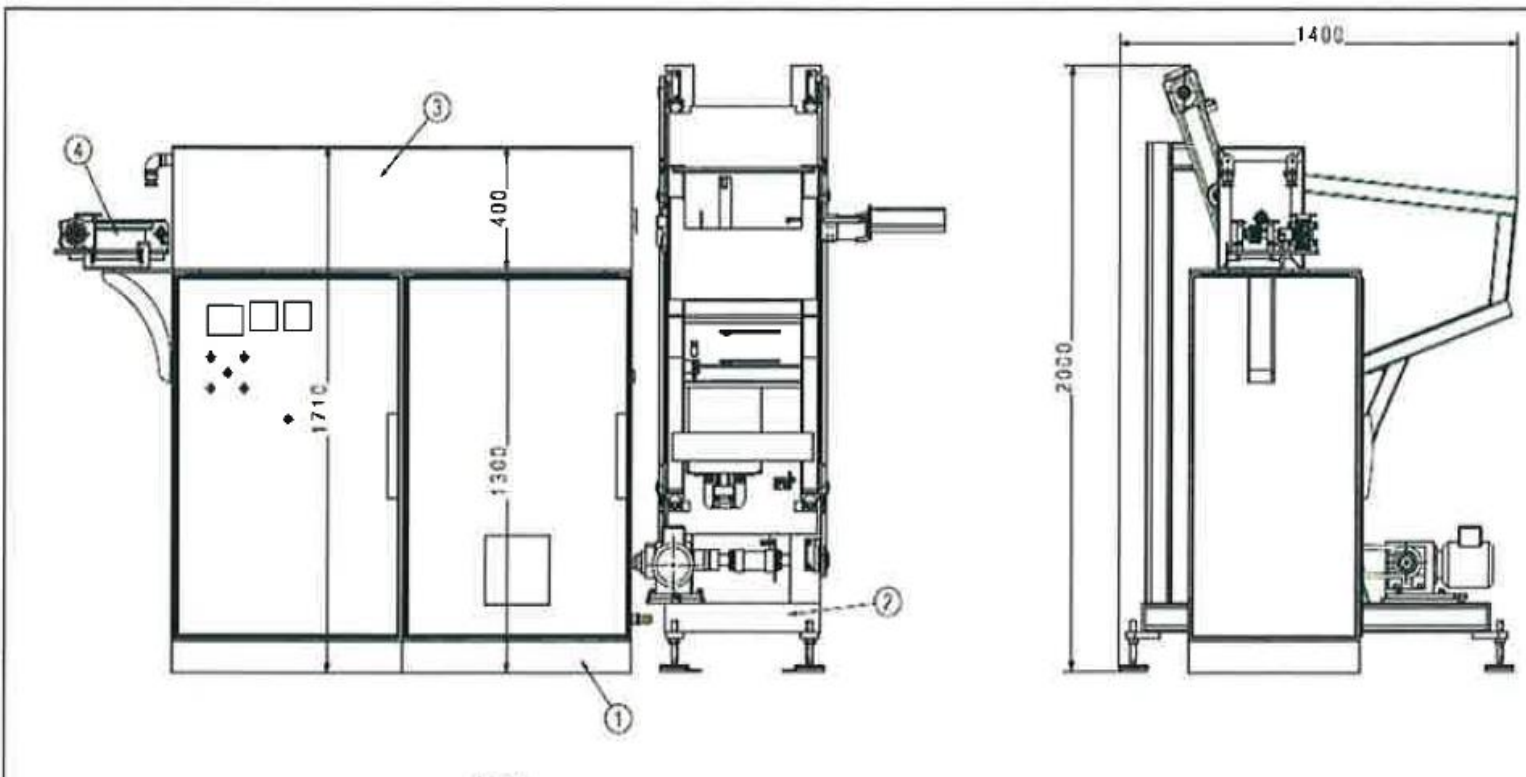
$$N = \frac{t \times Q}{V} = \frac{0,5 \times 16210}{132} = 61,4 \quad (4.13)$$

Odabrani ventilator izmijeniti će za 30 minuta 29 izmjena zraka te će na taj način spriječiti pregrijavanje kompresora.

Ugrađeni radijalni ventilatori značajno su učinkovitiji od aksijalnih ventilatora, a njihov naročito visok rezidualni tlak omogućuje odvođenje toplog zraka u kanale, u pravilu bez potrebe za dodatnim ventilatorima.

#### 4.4. Indukcijski grijač

Indukcijski grijač koji će se koristiti za potrebe zagrijavanja sirovca, prije stavljanja pod čekić, je linija za indukcijsko zagrijavanje metala tipa IG-200/2-067 snage 200kW proizvođača Eloterm. Linija je izrađena od feromagnetskog čelika i prikazana je na Slici 21. Sastoji se od frekvencijskog pretvarača (oznaka 1), dodavača (oznaka 2), maksimalno jednog induktora (oznaka 3) i izvlakača (oznaka 4). Dimenzije ormara pretvarača i induktora su 1600mm x 800mm x 1300mm (širina x dubina x visina). Dimenzija Dodavača je 1000mm x 450mm x 1800mm. Boja je RAL 6024.



Slika 21 Linija za indukcijsko zagrijavanje

Ostali tehnički podaci uređaja prikazani su u tablici 9.

*Tablica 9 Otpor zraka kroz protuhodnu žaluzinu*

PODATAK	VRIJEDNOST	MJERNA JEDINICA
Konačna temperatura	1250	[°C]
Duljina induktora	1560	[mm]
Dimenzije kućišta induktora	300x400x1600	[mm]
Ulazna snaga induktora	200	[kWA]
Izlazna snaga induktora	180	[kW]
Snaga spojne mreže	240	[kWA]
Nazivna frekvencija induktora	2000	[Hz]
Frekvencija električne mreže	50	[Hz]

Standardni naponi induktora prikazani su u tablici 10.

*Tablica 10 Standardni naponi induktora*

NAPON	VRIJEDNOST	MJERNA JEDINICA
Kontrola	230/50Hz	[V]
Ventili	24/ DC	[V]
Motori	400/50Hz/trofazni	[V]
Nazivni napon	1500	[V]
Ulazni napon	3x400	[V]

Kontrola i upravljanje izvedeno je putem sustava numeričkog upravljanja PLC Allen Bradley.

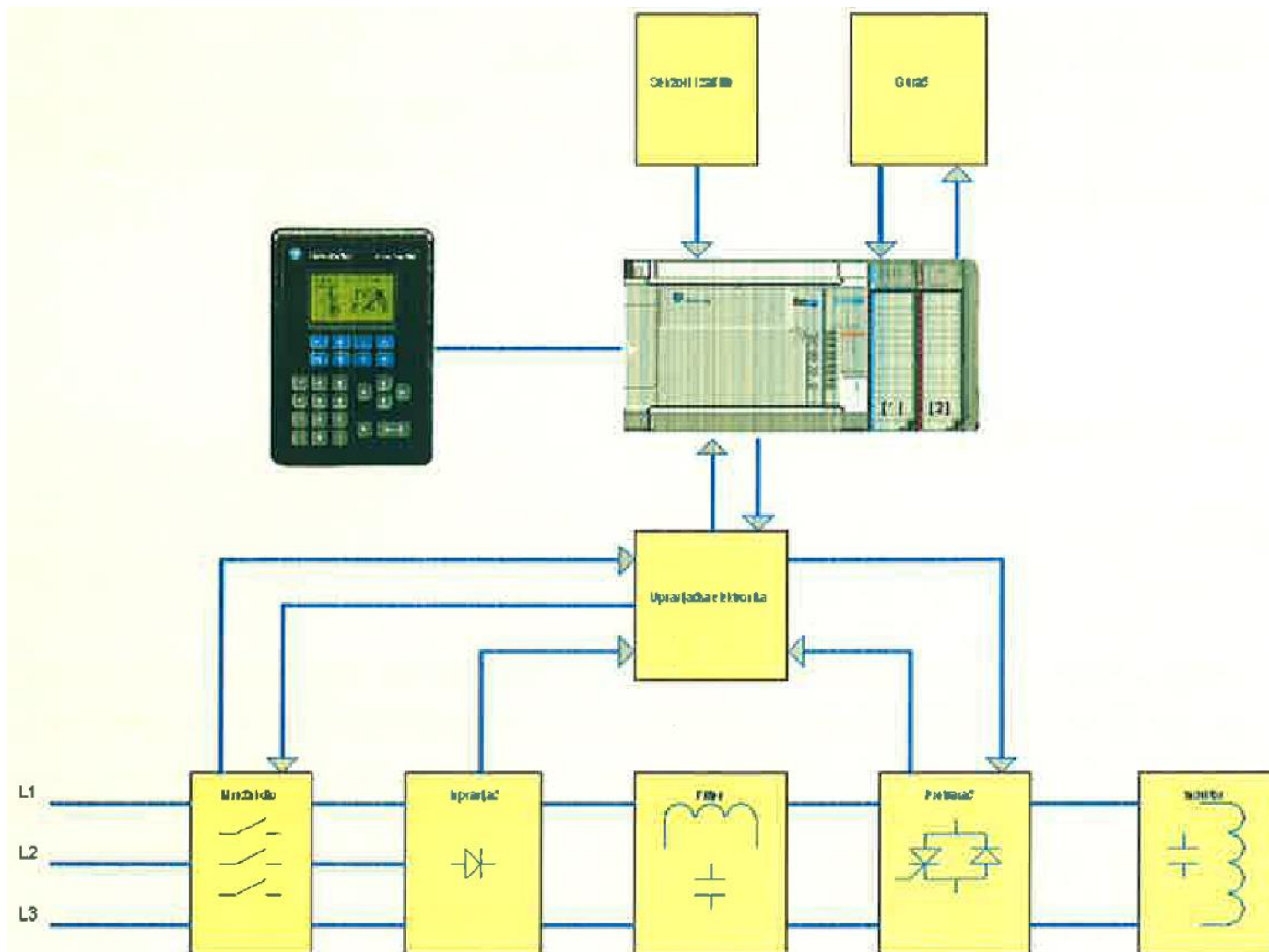
Produktivnost, odnosno protok materijala za ovu liniju je 400 kg/h za čelik dok su granične mjere sirovca  $\varnothing 20$ -  $\varnothing 60$  mm x 600—350 mm za čelik. Sirovac dolazi u valjkastom obliku te je prikazan na Slici 22.



*Slika 22 Sirovac*

## 4.4.1. Opći tehnički podaci frekventnog pretvarača

Frekvencijski pretvarač FP 200/2 u sprezi sa induktorom čini indukcijski grijač. Sastoji se od ulaznog mrežnog dijela, ispravljača, filtera, izmjenjivača i tereta. Na slici 23 je prikazana blok shema frekvencijskog pretvarača.



Slika 23 Blok shema frekvencijskog pretvarača

Ulazni mrežni dio osigurava priključak frekvencijskog pretvarača na postojeći elektro-energetski priključak. Preko prekidača snage obavlja se viši nivo zaštite od kratkog spoja. On u sebi ima ugrađenu termičku i podnaponsku zaštitu. Mrežna prigušnica ima dvostruku ulogu: omogućava normalnu komutaciju ispravljačkih poluvodiča i štiti mrežu od viših harmonika odnosno distorzije. Tu se još nalazi priključak za mjerenje ukupne snage, prenaponska zaštita, sklop za prednabijanje filterskog kondenzatora i strujni transformatori za prekostrujnu zaštitu.

Ispravljač je trofazni, punovalni, poluupravljivi. Kako je ispravljač poluupravljivog tipa i radi sa maksimalnim kutom okidanja, ne distorzira značajno mrežu, a također ima male gubitke, jer prirodno komutira oko nule. Hlađen je vodom, preko posebnog hladila, koji je termički kontroliran. Zaštita ispravljača od prenapona i zaostalih naboja izvedena je pomoću RC zaštite.

Filter čini DC kondenzator velikog kapaciteta, što je dovoljno da se smanji povrat viših harmonika u mrežu, jer komutacija izmjenjivača je prirodna i nema značajnih mrežkanja linijske struje jer je izlazna struja gotovo sinusna.

Izmjenjivač je izveden u tiristorskoj tehnologiji, posebno konstruiran za pogon tereta, kao što je zagrijavanje u svrhu kovanja tj. rada u teškim uvjetima. Regulacija okidanja dolazi iz upravljačkog sklopa, preko gustoće okidnih impulsa regulira se izlazna snaga, dok frekvencija titranja ostaje nepromijenjena i uvjetovana je samo veličinom i odnosom titrajnog induktiviteta i kapaciteta. Od prevelikih naponskih i strujnih strmina, kao i od nagomilavanja preostalog naboja u sklopnog elementa štiti snažna RCD zaštita u kojoj su otpornici hlađeni vodom.

Teret je titrajni krug, a sastoji se od induktora i kondenzatora koji se naziva komutacijska kondenzatorska baterija. Te dvije komponente su u uskoj električnoj sprezi, te

ih je stoga potrebno i fizički neposredno smjestiti. Električna veza kondenzatora sa induktorom može biti ostvarena preko žičanih bakrenih vodova hlađenih vodom, konstruiranih za brzu montažu i demontažu ili krutih vodom hlađenih bakrenih šina. Pošto su navedene dvije komponente od vitalnog značenja za indukcijski grijač potrebno je posebnu pažnju posvetiti njihovoj električnoj i termičkoj zaštiti.

U energetsom ormaru smješten je krug hlađenja pretvarača koji se sastoji od: razvoda vode, senzora temperature, mjerača protoka vode, senzora tlaka i drugih dijelova. Za hlađenje pretvarača i induktora koristi se ista voda iz vanjskih bazena. Hlađenje frekvencijskog pretvarača bit će prilagođeno dobavljaču rashladne opreme.

Nivo snage, vrijeme grijanja kao i ostale parametre uređaja namještaju se ili očitavaju sa Panelview-a, odnosno iz samog PLC (ML 1100-Allen Bradley) u kojem je smješten upravljački program.

Mehanička zaštita izvedena je prema važećim propisima (IP 54) za isti tip opreme. Frekvencijski pretvarač je zaštićen od otvaranja upravljačkog ormara tijekom rada, preko krajnjih prekidača postavljenih na svim vratima. Sve vitalne komponente su zaštićene od termičkog izgaranja, prenapona, nestanka rashladne vode, pregrijanosti i nedovoljnog tlaka. Još možemo spomenuti tzv. Brzu strujnu zaštitu koja efikasno štiti sklop izmjenjivača od preopterećenja.

Prilikom projektiranja, konstrukcije i izrade poštuju se važeća regulativa i norme EU. Korisnička dokumentacija izrađuje se prema DIN 40719.



#### 4.5 Ekscentar preša

Ekscentar preša (Slika 24) služi za obrezivanje otkivaka nakon kovanja.



*Slika 24 Ekscentar preša*

## 4.6 Kontrola i ispitivanje

Prije puštanja u probni pogon moraju se obaviti ispitivanja koja moraju pokazati da je montirana oprema ispravna te se takva može koristiti bez opasnosti za rukovatelje, korisnike i objekt.

Sva ispitivanja obavljaju se prije završnih radova, to jest bojenja i postavljanja izolacije kako bi se točno mogla utvrditi mjesta nepravilnosti. Preporučeno je obaviti i prethodna djelomična ispitivanja pojedinih dijelova instalacije, kako bi se utvrdila ispravnost prije povezivanja u cjelovit sustav.

Ukoliko se u tijeku obavljanja ispitivanja i podešavanja pokažu nedostaci isti se moraju i otkloniti, a neispravna oprema zamijeniti. Na kraju ispitivanja i podešavanja cjelokupno postrojenje mora bit spremno za probni pogon. Probni pogon treba biti minimalno 48 sati, ukoliko drugačije nije definirano projektnom dokumentacijom.

### 4.6.1 Kontrola i ispitivanje zavara cjevovoda

Ispitivanje zavara obavlja se tijekom izvedbe cjevovoda vizualno. Zavare visokotlačnih cjevovoda treba ispitati radiografski u količini prema važećim propisima. Snimanje varova mora obaviti registrirana organizacija za tu vrstu radova te dati ocjenu zavara.

Hladna proba instalacije obavlja se nakon obavljene montaže cjevovoda, a prije izoliranja i bojanja istog. Prije same probe instalacije, cjevovod je potrebno očistiti i propuhati internim plinom dušikom.

Ispitni tlak za ispitivanje računava se po izrazu:

$$p_i = 1.25 PS + \frac{f_{test}}{f} \text{ ili } p_i = 1.43 PS \quad (4.14)$$

Te se uzima veći gdje je:

-PS: projektni tlak [bar]

-  $f$ : dozvoljeno naprezanje materijala cjevovoda pri projektnoj temperaturi

-  $f_{test}$ : dozvoljeno naprezanje materijala cjevovoda pri ispitnoj temperaturi.

Proba je uspješna ako na kraju ispitivanja probni tlak ne padne više od 5% od početne vrijednosti i ako se nigdje ne pokaže popuštanje cjevovoda. Početna vrijednost se očitava 5 minuta nakon početka stavljanja instalacije pod probni tlak.

Vrijeme tlačne probe za instalaciju (cjevovodi, posude i armatura) pod visokim tlakom određuje se propisima nadležne komisije, a za niske tlakove ne smije biti manje od 2 sata.

Istovremeno dok je instalacija pod probnim tlakom potrebno je obaviti sljedeće:

- Vizualni pregled nepropusnosti zavarenih, navojnih i ostalih spojeva,
- Kontrolu zadanog nagiba cjevovoda,
- Provjeru položaja fleksibilnih crijeva,
- Provjera prednapona fleksibilnih crijeva.

Ispitivanju instalacije mora prisustvovati nadzorna služba investitora te se s rezultatima ispitivanja čini zapisnik zajedno s ovlaštenim predstavnikom izvođača radova.

Zapisnički se konstatira ispravnost cjelokupne instalacije, tako da ista bude spremna za toplu probu i podešavanje. Primijećene nedostatke izvođač radova dužan je otkloniti. Uspješnost tople tlačne probe također se konstatira zapisnički od strane nadzorne službe investitora i predstavnika izvođača radova.

#### **4.7 Održavanje linije za kovanje**

Svaki rukovalac linije za kovanje mora obavezno primjenjivati sve propise koji vrijede za rad, rukovanje i održavanje. Održavanje linije za kovanje obuhvaća organizirani i planirani sustav kojeg sačinjavaju sve metode i radovi što se primjenjuju da se linija za kovanje održi upotrebljiva i u ispravnom stanju. Taj sustav održavanja sačinjavaju planiranje, čuvanje, pregledi, servisi, popravci i podmazivanje.

Pojam planiranja obuhvaća planiranje opsega proizvodnje, sredstva rada i sve što je potrebno da se plan provede na vrijeme i s visokim stupnjem kvalitete. Ako je sve dobro isplanirano i predviđeno troškovi održavanja su minimalni.

Čuvanje mehanizacije treba spriječiti privremeno trošenje, propadanje i kvarenje mehanizacije, pa to obuhvaća:

- dobro poznavanje propisa o ispravnoj uporabi mehanizacije,
- primjenu propisa pri rukovanju strojevima u eksploataciji,
- primjenu propisa za spremanje strojeva za konzerviranje i stajanje izvan pogona. [9]

Za sve posljedice koje nastanu zbog nepoštovanja postojećih propisa odgovoran je rukovalac stroja, bez obzira na to da li je on to učinio uslijed nepoznavanja tih propisa, nehata ili po svojoj volji. Rukovalac stroja odgovoran je za pravilnu eksploataciju stroja. Za svaku

preopterećenost ili nedovoljnu uporabu kapaciteta stroja, koji uzrokuju kvar na stroju, smanjen radni učinak itd., u prvom redu odgovoran je rukovalac stroja.

Održavanje kompresora obavlja se isključivo kada je on isključen. Kompresor mora biti potpuno oslobođen tlaka odvodom zraka u atmosferu prije demontaže bilo kojeg dijela. Iznimka je čišćenje filtera koji su dizajnirani tako da se mogu čistiti i za vrijeme rada. Bitno je da je kompresor uvijek čist bez masnoća, ulja ili prašine na površini.

#### **4.8 Prikaz primijenjenih rješenja**

Svaki stroj izvor je opasnosti. Sukladno Zakonu o zaštiti na radu – NN 71/14, 118/14, 94/18, 96/18 u strojarskom projektu instalacija primijenjeni su propisi zaštite na radu i zaštite od požara kojima se smanjuju opasnosti i štetnosti na najmanju moguću mjeru.

##### **4.8.1 Propisi zaštite na radu**

Zaštita na radu jedno je od osnovnih prava radnih ljudi i građana. Svrha zaštite na radu je da se svim zaposlenicima osiguraju uvjeti rada koji neće biti opasni pod život i zdravlje i u tu svrhu primijenjeni su propisi:

- Zakon o gradnji: NN 153/13, 20/17, 39/19,
- Zakon o zaštiti na radu: NN 71/14, 118/14, 154/14,
- Zakon o zaštiti okoliša: NN 80/13, 78/15,
- Zakon o zaštiti zraka: NN 130/11, 47/14,
- Zakon o vodama: NN 153/09, 130/11, 56/13, 14/14,
- Zakon o vodi za ljudsku potrošnju: NN 56/13,
- Zakon o zaštiti od buke: NN 30/09, 55/13, 153/13, 41/16,
- Zakon o sanitarnoj inspekciji: NN 113/08, 88/10,

- Pravilnik o zaštiti na radu za mjesta rada: NN 29/13,
- Pravilnik o djelatnostima za koje je potrebno utvrditi provedbu mjera za zaštitu od buke: NN 91/07,
- Pravilnik o najvišim dopuštenim razinama buke u sredini u kojoj ljudi rade i borave: 145/04,
- Pravilnik o zaštiti radnika od izloženosti buci na radu: NN 46/08,
- Pravilnik o graničnim vrijednostima izloženosti opasnim tvarima pri radu i o biološkim graničnim vrijednostima: NN 13/09, 75/13, 51/16,
- Pravilnik o mjerama zaštite od buke izvora na otvorenom prostoru: NN 156/08,
- Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama: NN 128/15,
- Tehnički propis o sustavima grijanja i hlađenja zgrada: NN 110/08,
- Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije u zgradama: NN 03/07.

Propisima o zaštiti pri radu uređena su osnovna i posebna pravila zaštite pri radu za pojedine poslove, određene tehnološke procese, strojeve i uređaje, radne i pomoćne prostorije i dr. [8]

Nadzor provedbe propisa zaštite na radu obavljaju općinska inspeksijska tijela, odnosno inspektor rada.

#### 4.8.2 Mjere zaštite na radu

Primijenjene mjere za zaštitu na radu:

1. Pristup opremi za posluživanje i servisiranje su osigurani
2. Sva ugrađena oprema mora imati prateću dokumentaciju, certifikate o sukladnosti s važećim hrvatskim propisima

3. Kod ugradnje osoblje na ugradnji mora obratiti pažnju da su odjeća, alat i ruke osoblja bez masnoća
4. Cjevovodi od ugljičnog čelika zavaruju se
5. Osoblje koje rukuje opremom mora biti školovano za te poslove
6. Utičnice i cjevovode komprimiranog zraka potrebno je jednom godišnje ispitati
7. Kod rada kompresorske stanice postoje opasnosti od udara električne energije, nekontrolirano povišenje tlaka u sistemu komprimiranog zraka te ekspanzija ili implozija spremnika komprimiranog zraka
8. Postoji opasnosti od buke zbog stacionarnog izvora buke odnosno zbog vijčanog kompresora KAESER DSD 205T (KOZ1-746)

Navedeni izvori buke na izvoru ne prelaze 85 dB(A) što zadovoljava odredbe propisa.

Zaštita od širenja buke u okolni prostor je provedena izborom najmanje bučnih stacionarnih izvora buke. U sklopu kompresora zraka predviđeni su prigušivači buke koji snižavaju razinu buke i osiguravaju na mjestu istrujavanja propisom predviđenu buku.

#### 4.8.3 Propisi zaštite od požara

- Primijenjeni su propisi:
- Zakon o gradnji: NN 153/13, 20/17, 39/19,
- Zakon o zaštiti od požara: NN 92/10,
- Zakon o zapaljivim tekućinama i plinovima: NN 108/95, 56/10,
- Pravilnik o jednostavnim i drugim građevinama i radovima: NN 79/14, 41/15, 75/15,
- Pravilnik o hidrantskoj mreži za gašenje požara: NN 8/06,
- Pravilnik o mjerama zaštite od požara pri izvođenju radova zavarivanje, rezanja, lemljenja i srodnih tehnika rada: NN 44/88,
- Pravilnik o vatrogasnim aparatima: NN 101/11 i 74/13,

- Tehnički propis o sustavima ventilacije, djelomične klimatizacije i klimatizacije u zgradama: NN 03/07.

#### 4.8.4 Mjere zaštite od požara

Strojarske instalacije na građevini mogu izazvati opasnosti od požara u vidu zapaljenja od električne energije u pogonskim jedinicama ili upotrebe otvorenog plamena.

Primijenjene su mjere zaštite od požara:

1. Svi materijali upotrijebljeni na građevini moraju biti otporni na radne uvjete
2. Prostori se provjetravaju prirodno pomoću dozračnih rešetki pri podu na vanjskom zidu i odzračnih ventilacijskih kanala.

Dodatno, u prostor kompresorske stanice ugrađen je detektor vatro dojave.

#### 4.8.5 Mjere zaštite od ozljeda električnom strujom

Na radilištu postoji opasnost i od električne struje. Sve električne instalacije izvode se prema standardima i propisima. Instalacije moraju biti točno dimenzionirani i pravilno izolirane. Radove treba izvesti tako da se onemogućiti dodir svih dijelova koji su pod naponom za vrijeme rada stroja. Takva izvedba štiti od direktnog dodira.

Prema našim propisima opasan napon po život je napon viši od 50 V. Napon viši od 50 V naziva se još i previsoki napon dodira. [8]

Opasnost za čovjeka nastaje kad kroz njegovo tijelo poteče električna struja, tj. kad tijelo postane dio strujnog kruga. To se može dogoditi kad čovjek dođe u dodir sa obje žice električnog strujnog kruga, jednom žicom strujnog kruga i zemljom, metalnim dijelom trošila



koji je došao pod napon i zemljom. Strujni k rug nastaje uvijek kad se dvije točke s različitim električnim potencijalom (naponom) spoje neprekinutim vodljivim sredstvom. [8]

Pri prolazu kroz ljudsko tijelo, električna struja uzrokuje različite štetne posljedice te izaziva vanjske i unutarnje opekline, smetnje i oštećenja živčanog sustava i grčenje mišića što može dovesti do prestanka rada srca i disanja.

Također je bitna zaštita i od indirektnog dodira koja se postiže zaštitnim mjerama koje sprječavaju da se na kućištima strojeva pojavi napon opasan za čovjeka koji rukuje strojem. Električna trošila i strojevi s metalnim kućištem moraju biti zaštićeni. Dobro izvedena, održavana i neoštećena električna trošila i instalacije ne mogu biti opasnost.

Mjere kojih se treba pridržavati:

- Oštećeni prekidači ne smiju se dirati. Oštećeni ili neispravni prekidač treba odmah popraviti ili zamijeniti stručna osoba,
- Biti oprezan prilikom rukovanja s dugačkim metalnim predmetima u blizini zračnih vodova,
- Vodiči zračnih vodova koji su pali na zemlju ne smiju se dirati jer mogu biti pod naponom,
- Izolirani vodiči isto mogu biti opasnost ako je njihova izolacija oštećena. Naročito pažljivo treba postupati s kabelima i priključnim vodovima prijenosnih električnih trošila,
- Natezanje i povlačenje vodiča preko predmeta s oštrim bridovima, kao i gnječenje može oštetiti sloj izolacije vodiča,
- Kad se rukuje vodovima i kabelima treba imati na umu da visoka temperatura, kemikalije i kiseline oštećuju izolaciju vodiča,
- Vodovi se ne smiju razvlačiti preko transportnih staza i puteva bez odgovarajuće zaštite,

- Oštećeni utikači i priključnice se ne smiju koristiti, a popravak ili zamjenu obavlja stručna osoba,
- Ne smije se raditi sa mokrim rukama i nogama.

## 5. OPIS RJEŠENJA

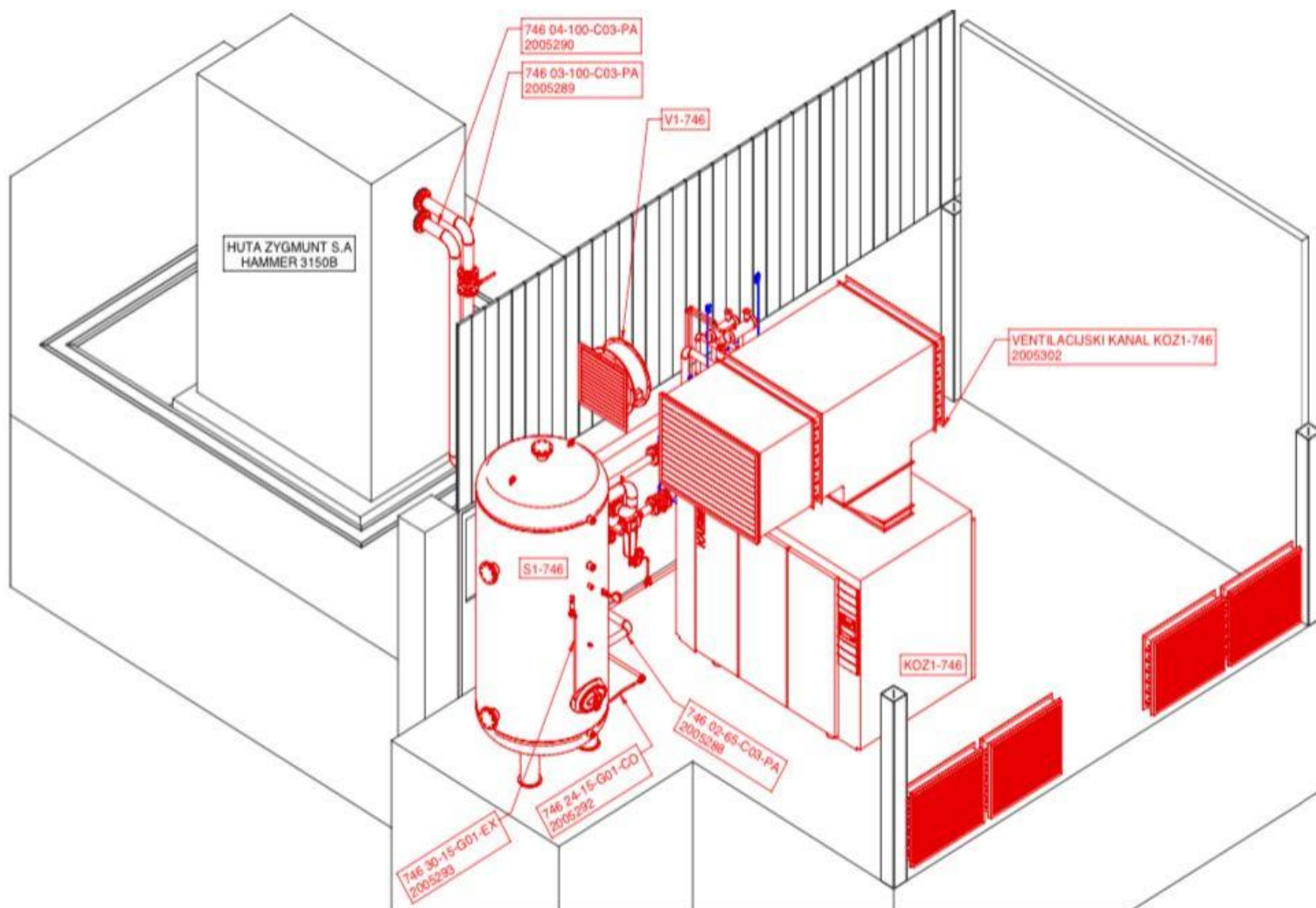
Ovim projektom obuhvaćen je:

- Iskop temelja,
- Priprema cjevne mreže,
- Priprema komprimiranog zraka te spajanje kompresora zraka za potrebe čekića HUTA „Zygmunt“. Pripremljeni zrak skladišti se u čeličnom spremniku SZ-746,
- Prostor kompresorske stanice grije se vrućim zrakom zagrijanim uslijed hlađenja kompresora KOZ1-746,
- Prostori se provjetravaju prirodno pomoću dozračnih rešetki ugrađenih u vrata i zid na sjevernoj strani kompresorske stanice i odzračnog ventilacijskog kanala.

Nakon dovršene montaže obavljaju se ispitivanja te balansiranje i reguliranje postrojenja.

Procjenjena vrijednost projekta koja uključuje nabavu komponenti i ugradnju linije za kovanje je 355 500 eura. Ovom investicijom firma prestaje biti ovisna o kooperantima, odnosno postaje samostalna u kovanju bez potrebe za nabavkom kovanih dijelova od vanjskih dobavljača što u konačnici dovodi do manjih troškova i povećanja profita.

Za ugradnju linije bilo je potrebno osigurati 100  $m^2$  prostora zbog kojeg su se drugi strojevi u hali postrojenja morali pomaknuti. Finalni izgled proizvoda i izometrijski raspored komponenti može se vidjeti na slici 25.



Slika 25 Raspored elemenata linije za kovanje u prostoru

## 6. ZAKLJUČAK

Pravilnim ustrojem rada, odnosno dobrim rasporedom ljudi, strojeva i materijala u prostoru i vremenu omogućuje se što bolja i brža proizvodnja sa što manje opasnosti i štetnosti. Sigurne uvjete rada moguće je ostvariti jedino ispravnim izborom tehnologije, strojeva, radnog prostora, alata, osobnih zaštitnih sredstava, uspostavom radne discipline, pridržavanjem zaštite na radu te stručnim, psihički i fizički sposobnim radnicima.

Izvođač radova instalacije dužan je izvesti radove tako da instalacija bude funkcionalna, trajna i kvalitetna. Radovi se moraju izvoditi u skladu s postojećim tehničkim propisima, normama i standardima.

Nadalje, smanjenje proizvodnih troškova promatra se kroz povećanje kapaciteta, povećanje broja izradaka, smanjenju zastoja, energetske učinkovitost tehnoloških procesa, uvođenje informatičkog upravljanja procesom i time smanjenjem broja zaposlenih. Uvođenje informatičkog upravljanja procesom kod čekića Huta „Zygmund“ dovodi do bolje kvalitete i očuvanja alata dok mogućnost odabira više različitih vrsti regulacije kompresora, ukupnog sata i funkcije izmjene osnovnog opterećenja dodatno doprinose smanjenju potrošnje energije kompresora. Precizan elektronički osjetnik tlaka omogućuje minimiziranje ukupne razlike, što sve omogućuje dodatne uštede.

Stoga, povećanje fleksibilnosti s obzirom na proizvodni program moguće je postići kroz optimiranje proizvodnih programa i usvajanje novih tehnologija, kao što je linija za kovanje, uz težnju rasta kvalitete. Međutim, uobičajeno je da je implementacija dugotrajan i skup proces te treba vidjeti isplati li se. Obzirom na cijenu ugradnje i daljnjih troškova prilikom izrada kalupa ugradnja će biti isplativa samo u slučaju serijske proizvodnje, odnosno velikog broja narudžbi istovrsnih proizvoda jer učestalost troškova materijala i troškova obrade to je manja što je broj proizvedenih komada veći.

## LITERATURA

- [1] Rešković, S.: *Teorija oblikovanja deformiranjem*, Sveučilište u Zagrebu, Sisak, 2014.
- [2] kovanje. *Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje*. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021. Pristupljeno 8. 9. 2022., <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=33539>
- [3] CFS Forge, pristupljeno 08.09.2022., <https://www.steelforging.org/the-history-of-forging-process/>
- [4] EO Machine Tools, pristupljeno 07.09.2022., <http://hr.eo-machinetools.com/forging-equipment/forging-manipulator/cnc-hydraulic-forging-manipulator.html>
- [5] Stropnik J.: *Komunikacijski granični pristup stabilnosti autodizalice*, Strojarski fakultet, Sveučilište u Ljubljani, 2012.
- [6] Gerb, pristupljeno 1.9.2022., <https://www.gerb.com>
- [7] MAG Commerce, pristupljeno 08.07.2022., <https://www.mag-commerce.com/zastupnistva/kompresori/obrada-stlacenog-zraka/ispustaci-kondenzata/>
- [8] ZIRS Rukovalac *Priručnik za rukovoce strojevima i uređajima za prihvat, podizanje, prijenos, prijevoz i odlaganje tereta*, ZIRS, Zagreb, 2002.
- [9] Dević, M.: *Pregledi i ispitivanja strojeva i uređaja*, Biblioteka stručnih izdanja, Zagreb 1985.
- [10] Kaeser kompressoren: Vijčani kompresori, pristupljeno 08.07.2022., [www.kaeser.com](http://www.kaeser.com)