



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Andraž Krajnc

**KONSTRUKCIJSKA PRENOVA IN
EKONOMSKA UPRAVIČENOST
PODPORNIH VALJČKOV TRAČNEGA
TRANSPORTERJA**

Diplomsko delo

visokošolskega strokovnega študijskega programa

1. stopnje Strojništvo

Maribor, avgust 2022



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

KONSTRUKCIJSKA PRENOVA IN EKONOMSKA UPRAVIČENOST PODPORNIH VALJČKOV TRAČNEGA TRANSPORTERJA

Diplomsko delo

Študent: Andraž Krajnc
Študijski program: visokošolski strokovni študijski program 1. stopnje
Strojništvo
Smer: Konstrukterstvo
Mentor: red. prof. dr. Tone Lerher
Somentor: dipl. inž. log. Branko Krajnc

Licenca Creative Commons BY-NC-ND

Maribor, avgust 2022

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju, prof. dr. Tonetu Lerherju in (so)mentorju, dipl. inž. log., Branku Krajncu, za pomoč in vodenje pri opravljanju zaključnega dela.

Hvala podjetju DBSS, d. o. o., za vso pomoč pri izdelavi diplomskega dela.

Hvala moji družini in partnerki.

Konstruktivska prenova in ekonomska upravičenost podpornih valjčkov tračnega transporterja

Ključne besede: Transport, tračni transporter, podporni valjčki, rekonstrukcija, stroškovna analiza

UDK: 621.867.2:657.478(043.2)

Povzetek

V podjetju Premogovnik Velenje, d. o. o., za transport lignita iz rudnika uporabljajo tračni transporter, ki je podprt s podpornimi valjčki, vgrajenimi v nosilce. Valjčki, ki jih trenutno uporabljajo, so nerazstavljivi. Če se pokvari samo ležaj, se menja celoten valjček. Najbolj pogosto so naročeni valjčki premera (133 x 670 mm), ki so vgrajeni pri tako imenovanem glavnem odvozu premoga v nosilce, pod kotom 10°. Podjetje DBSS, d. o. o., je včasih izdelovalo te valjčke v manjši količini, vendar so bili ti drugačni. S pomočjo stiskalnice oziroma z uporabo zunanje sile so bili ti valjčki razstavljivi, kar je omogočalo ob okvari ležaja oziroma drugega dela valjčka zamenjavo poškodovanega elementa. Težavo predstavljajo stroški, saj so pri razstavljivih podpornih valjčkih precej veliki. V diplomskem delu je predstavljena rekonstrukcija razstavljivih valjčkov, izdelava tehniške dokumentacije ter stroškovni preračun izdelave izbrane serije podpornih valjčkov.

Structural Renovation and Economic Feasibility of Conveyor Belt Idlers

Keywords: Transport, belt conveyor, support rollers, reconstruction, cost analysis

UDK: 621.867.2:657.478(043.2)

Abstract

In company Premogovnik Velenje d. o. o., for the transport of lignite from the mine, they use a belt conveyor, which is supported by support rollers built into the beams. The rollers they are currently using are non - detachable, which means that if only the bearing fails, the entire roller is replaced. The largest number of rollers ordered are rollers with diameter 133 mm and length 670 mm, which are installed at the so - called main coal outlet in the beams at an angle of 10 °. DBSS d. o. o. sometimes made these rollers in smaller numbers, but they were different, because with the help of a press or using external force, these rollers were disassembled, which allowed in case of failure of the bearing or other part of the roller, to replace this damaged element. However, the detachable support rollers were quite expensive. The diploma thesis presents the reconstruction of detachable rollers, the preparation of technical documentation and the cost calculation of the production of a series of support rollers.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

(ime članice UM)

IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNEGA DELA

Ime in priimek študenta/-ke: Andraž Krajnc

Študijski program: STROJNIŠTVO

Naslov zaključnega dela: Konstruktivna prenova in ekonomska upravičenost podpornih valjčkov tračnega transporterja

Mentor/-ica: Tone Lerher

Somentor/-ica: Branko Krajnc

Podpisani/-a študent/-ka Andraž Krajnc

- izjavljam, da je zaključno delo rezultat mojega samostojnega dela, ki sem ga izdelal/-a ob pomoči mentorja/-ice oz. somentorja/-ice,
- izjavljam, da sem pridobil/-a vsa potrebna soglasja za uporabo podatkov in avtorskih del v zaključnem delu in jih v zaključnem delu jasno in ustrezno označil/-a;
- na Univerzo v Mariboru neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi zaključno delo javnosti na svetovnem spletu preko DKUM; sem seznanjen/-a, da bodo dela, deponirana/objavljena v DKUM, dostopna široki javnosti pod pogoji licence Creative Commons BY-NC-ND, kar vključuje tudi avtomatizirano indeksiranje preko spleta in obdelavo besedil za potrebe tekstovnega in podatkovnega rudarjenja in ekstrakcije znanja iz vsebin; uporabnikom se dovoli reproduciranje brez predelave avtorskega dela, distribuiranje, dajanje v najem in priobčitev javnosti samega izvirnega avtorskega dela, in sicer pod pogojem, da navedejo avtorja in da ne gre za komercialno uporabo;
- dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v zaključnem delu in tej izjavi, skupaj z objavo zaključnega dela.

Izjavljam permissivnejšo obliko licence Creative Commons: _____

(navedite obliko)

Kraj in datum:

Maribor, 7.08.2022

Podpis študenta/-ke:



Univerza v Mariboru

Fakulteta za strojništvo

Številka: 42-130-244

Kraj in datum: MARIBOR, 14.04.2022

Na osnovi 330. člena Statuta Univerze v Mariboru (Uradni list RS, št. 41/2021-UPB13) izdajam

SKLEP O ZAKLJUČNEM DELU

ANDRAŽ KRAJNC, študent/-ka študijskega programa 1. stopnje VS STROJNIŠTVO, smer KONSTRUKTERSTVO, izpolnjuje predpisane pogoje in se mu/ji dovoljuje izdelati zaključno delo.

Tema zaključnega dela je pretežno s področja katedre/oddelka/inštituta: KATEDRA ZA KONSTRUIRANJE IN OBLIKOVANJE.

Mentorji:

izr. prof. dr. TONE LERHER, mentor/-ica
BRANKO KRAJNC, dipl. inž. log., DBSS d.o.o., somentor/-ica

Naslov zaključnega dela:

Konstruktivska prenova in ekonomska upravičenost podpornih valjčkov tračnega transporterja

Naslov zaključnega dela v angleškem jeziku:

Structural Renovation and Economic Feasibility of Conveyor Belt Idlers

Rok za izdelavo in oddajo zaključnega dela je 14.04.2023. Zaključno delo je potrebno izdelati skladno z navodili: *Navodila za pripravo diplomskega/magistrskega dela*, in ga oddati v pristojnem referatu članice. Število izvodov: 1. Hkrati se odda tudi izjava mentorja/-ice (in morebitne/-ga somentorja/-ice) o ustreznosti zaključnega dela.

Pravni pouk: Zoper ta sklep je možna pritožba na Senat članice v roku 10 delovnih dni od dneva prejema sklepa.



red. prof. dr. Bojan Dolšak, dekan

Obvestiti:

- kandidata/-ko,
- mentorja/-ico,
- somentorja/-ico,
- arhiv.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD	1
1.1	Opis in opredelitev problema zaključnega dela	1
1.2	Namen in cilj diplomskega dela	1
1.3	Predpostavke in omejitve naloge	2
1.4	Struktura poglavij	2
1.5	Predstavitev podjetja	3
2	TEORETIČNE OSNOVE TRAČNIH TRANSPORTERJEV	4
3	PODPORNI VALJČEK	6
3.1	Osnovni podatki tračnega transporterja in preračun obremenitve podpornega valjčka pri delovanju tračnega transporterja	7
3.1.1	Preračun obremenitve podpornega valjčka pri delovanju tračnega transporterja	8
3.2	Zahteve za izdelavo podpornih valjčkov	9
4	PRENOVA KONSTRUKCIJE PODPORNEGA VALJČKA TRAČNEGA TRANSPORTERJA 11	
4.1	Plašč valjčka	11
4.1.1	Sedanja izvedba	11
4.1.2	Predlagana izvedba	12
4.1.3	Kontrolni preračun cevi premera premera 133 mm pri maksimalni radialni obremenitvi	13
4.2	Os podpornega valjčka	14
4.2.1	Sedanja izvedba osi podpornega valjčka	15
4.2.2	Predlagana izvedba osi podpornega valjčka	15

4.2.3	Kontrolni preračun osi podpornega valjčka premera 133 mm	16
4.3	Ohišje ležaja	17
4.3.1	Sedanja izvedba	17
4.3.2	Predlagana izvedba	17
4.4	Ležaj.....	20
4.4.1	Preračun življenjske dobe ležaja	20
5	TESNENJE	23
6	STROŠKOVNA KALKULACIJA IZDELAVE PODPORNIH VALJČKOV	25
6.1	Stroški materiala	26
6.1.1	Os podpornega valjčka.....	26
6.1.2	Cev podpornega valjčka	26
6.1.3	Labirintno tesnilo podpornega valjčka	27
6.1.4	Ležaj podpornega valjčka.....	27
6.1.5	Vskočnik podpornega valjčka	27
6.1.6	Ležajno ohišje podpornega valjčka	28
6.2	Proizvodni stroški	29
6.2.1	Proizvodni stroški osi	29
6.2.1	Proizvodni stroški cevi	31
6.2.1	Proizvodni stroški ležajnega ohišja	32
6.3	Pred kalkulacija stroškov izdelave podpornih valjčkov	33
6.4	Primerjava stroškov izdelave razstavljenih podpornih valjčkov pri naročilu nerazstavljenih valjčkov	35
6.5	Tehnična dokumentacija	36
7	ZAKLJUČEK	37
8	NADALJNJO DELO	38

9	VIRI	39
10	PRILOGE	40

KAZALO SLIK

Slika 2.1: Tračni transporter in njegovi deli	4
Slika 3.1: Tračni transporter Premogovnika Velenje	6
Slika 3.2: Valjček podjetja INTERKRAZ Sp. z o.o. [2]	7
Slika 4.1: Obraba plašča valjčka	12
Slika 4.2: MKE analiza cevi valjčka z deformacijami	13
Slika 4.3: Skica podpor cevi.....	14
Slika 4.4: MKE analiza osi podpornega valjčka	16
Slika 4.5: Skica podpor osi podpornega valjčka	16
Slika 4.6: MKE analiza ohišja ležaja	18
Slika 4.7: Izgled ležajnega ohišja z navojnimi luknjami.....	19
Slika 4.8: Ležaj 6305 2RS proizvajalca SKF [4].....	20
Slika 5.1: Radialno tesnilo CRW [4]	23
Slika 5.2: LSTO labirintno tesnilo [4]	24

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 3.1: Standardi.....	9
Preglednica 6.1: Kosovnica podpornega valjčka.....	25
Preglednica 6.2: Stroški materiala.....	28
Preglednica 6.3: Stroški izdelave.....	33

UPORABLJENE KRATICE IN SIMBOLI

d. o. o.	Družba z omejeno odgovornostjo
CNC	Computer numerically controlled; slovensko Računalniško numerično voden
EN	Evropski standard (European standards)
DIN	Deutsches Institut für Normung (Nemški standard)
SIST	Slovenski inštitut za standardizacijo
ISO	Mednarodna organizacija za standardizacijo
MKE	Metoda končnih elementov

L	[m]	Dolžina transportiranja
B	[mm]	Širina traka
ρ	$[\frac{t}{m^3}]$	Gostota
Q	$[\frac{t}{h}]$	Zmogljivost tračnega transporterja
v	$[\frac{m}{s}]$	Hitrost transportiranja
G_t	$[\frac{N}{m}]$	Metrska teža traka
G_q	$[\frac{N}{m}]$	Metrska teža lignita
s	[m]	Razdalja med sklopi podpornih valjčkov
λ	[°]	Kot nagiba vgrajenih podpornih valjčkov
F_T	[N]	Obremenitev traka na valjčni sklop
F_q	[N]	Obremenitev lignita na valjčni sklop
F_s	[N]	Skupna obremenitev na valjčni sklop
F_v	[N]	Obremenitev na podporni valjček
F_a/F_b	[N]	Sile v podporah
W_x	[mm ³]	Odpornostni moment
σ_u	$[\frac{N}{mm^2}]$	Upogibna napetost
$\sigma_{u,dop}$	$[\frac{N}{mm^2}]$	Dopustna upogibna napetost

M_{max}	[Nmm]	Maksimalni upogibni moment
Rm	[Mpa]	Natezna trdnost
Re	[Mpa]	Napetost tečenja
A	[Mpa]	Raztezek pri zlomu
d	[mm]	Notranji premer ležaja
D	[mm]	Zunanji premer ležaja
m	[kg]	Masa
C	[N]	Osnovna dinamična trdnost
Fg	[N]	Sila teže
v_{max}	$[\frac{m}{s}]$	Maksimalna hitrost transporterja
n_{max}	$[\text{min}^{-1}]$	Maksimalno število vrtljajev
f_n	[/]	Koeficient števila vrtljajev
F_r	[N]	Radialna sila
F_a	[N]	Aksialna sila
P_0	[N]	Ekvivalentna obremenitev ležaja
X_0	[/]	Faktor radialne obremenitve
Y_0	[/]	Faktor aksialne obremenitve
S_0	[/]	Nosilno število ležaja
$S_{0,min}$	[/]	Minimalno nosilno število ležaja
L	[/]	Življenjska doba
L_0	[h]	Predvidena življenjska doba ležaja
L_h	[h]	Življenjska doba v urah
C_m	[EUR]	Cena materiala
A_m	[m, kg, enot]	Količina
C_e	[EUR]	Cena enote
C_{str}	$[\frac{EUR}{h}]$	Cena struženja
C_{rez}	$[\frac{EUR}{h}]$	Cena rezkanja
C_{zag}	$[\frac{EUR}{h}]$	Cena razreza
T_{pz}	$[\frac{EUR}{h}]$	Pripravljalno zaključni čas

S_{cev}	[EUR]	Strošek izdelave
T	[h]	Čas izdelave
MEK	[EUR]	Neposredni stroški za material
MK	[EUR]	Posredni stroški za material
FK	[EUR]	Izdelavni stroški
HK	[EUR]	Proizvodnji stroški
EKK	[EUR]	Stroški razvoja in konstruiranja
$VVGK$	[EUR]	Skupni stroški podjetja
SK	[EUR]	Skupni lastni stroški

1 UVOD

1.1 Opis in opredelitev problema zaključnega dela

V podjetju DBSS, d. o. o., so za podjetje Premogovnik Velenje maloserijsko izdelovali podporne valjčke ter pogonske in odklonske valje za njihove tračne transporterje. Valjčki so bili izdelani tako, da jih je bilo možno razstaviti. Na ta način je bila možnost zamenjave obrabljenih komponent brez zamenjave celotnega podpornega valjčka, vendar pa je bila proizvodnja tehnološko zahtevna in posledično draga. Večina konkurenčnih podjetij, ki sicer proizvajajo večje serije podpornih valjčkov, so svoje proizvodnje avtomatizirale in spremenile konstrukcijo valjčkov. Slabost tovrstnih valjčkov je njihova enkratna uporaba, saj so nerazstavljivi, vendar pa posledično cenovno ugodni. S tem razlogom je prodaja podpornih valjčkov v podjetju DBSS, d. o. o., upadla. Podjetje drugih lastnih proizvodov nima, in v kolikor želi obdržati svoj edini proizvod, je rešitev tehnološka in konstrukcijska prenova, da bodo podporni valjčki stroškovno sprejemljivejši in enostavnejši. Smiselno je obdržati prednost razstavljivosti in seveda možnosti za podaljšanje življenjske dobe podpornih valjčkov.

1.2 Namen in cilj diplomskega dela

Namen diplomskega dela je nadomestiti nerazstavljive podporne valjčke, ki jih sedaj uporablja Premogovnik Velenje, d. o. o., z razstavljivimi podpornimi valjčki.

V tem diplomskem delu se bomo posvetili rekonstrukciji podpornih valjčkov, preračunu valjčkov in stroškovnem preračunu, ter stroške primerjali s ceno naročila pri konkurenčnem podjetju.

Cilj diplomskega dela je analizirati obstoječe tehnološko-konstruktivske rešitve podpornih valjčkov. Na osnovi analiz bomo določili smernice tehnološke prenove ter iz teh smernic določili najustreznejšo rešitev.

Z novo rešitvijo želimo doseči enostavnost konstrukcije oziroma posameznih delov sklopa valjčka, stroškovno učinkovito izdelavo in uporabo razstavljivih podpornih valjčkov.

Zaradi zahtevnega delovnega okolja podpornih valjčkov morajo biti le-ti enostavni ter varni za montažo. Izpolnjeni morajo biti pogoji antistatičnosti in negorljivosti, ter ostale zahteve za delovanje strojne opreme v rudnikih.

1.3 Predpostavke in omejitve naloge

Postavljene predpostavke, ki jih je potrebno upoštevati skozi celotno nalogo:

- nosilec, na katerega se montira valjčke, mora ostati nespremenjen, zato se moramo držati teh geometrijskih omejitev,
- menjava plašča ter osi valjčka se ne spleča,
- valjčki morajo biti izdelani v skladu z zahtevami obratovanja strojne opreme v rudnikih, to sta antistatičnost in negorljivost,
- širina transportnega traka ostane ista,
- valjčki vseh velikosti so le izvedenke iz valjčka premera (133 x 670 mm).

1.4 Struktura poglavij

Na začetku zaključnega dela bo predstavljeno podjetje DBSS, d. o. o., s pomočjo katerega je bilo diplomsko delo narejeno.

Po predstavitvi podjetja bomo predstavili teoretične osnove tračnih transporterjev, osnove podpornih valjčkov za tračni transporter oziroma osnovne podatke o tračnem transporterju, za katerega bomo rekonstruirali valjčke.

Za osnovnimi podatki podpornih valjčkov tračnega transporterja bo na kratko predstavljen vsak element podpornega valjčka. Predstavljena bo stara konstrukcijska rešitev določenega elementa, za tem pa naša predlagana izvedba, s podatki o materialih in kratkim opisom sprememb.

Preračun stroškov bo narejen po končani rekonstrukciji. Stroški so odvisni od količine materiala, vrste materiala, operacij obdelave in obdelovalnih časov.

1.5 Predstavitev podjetja

Diplomsko delo je bilo izdelano v sodelovanju in s pomočjo proizvodnega in storitvenega podjetja DBSS, d. o. o.

Podjetje je bilo ustanovljeno leta 1999 v Šaleški dolini, z namenom opravljanja inženiringa in strojogradnje. Družba se ukvarja z izdelavo, montažo in vzdrževanjem opreme in rezervnih delov termoelektrarn in drugih energetskih objektov, prav tako pa tudi z izdelavo opreme in rezervnih delov za potrebe industrij. Konkurenčni so na področju izdelave in montaže jeklenih konstrukcij nadstrešnic, ograj, podestov in drugih izdelkov po naročilu.

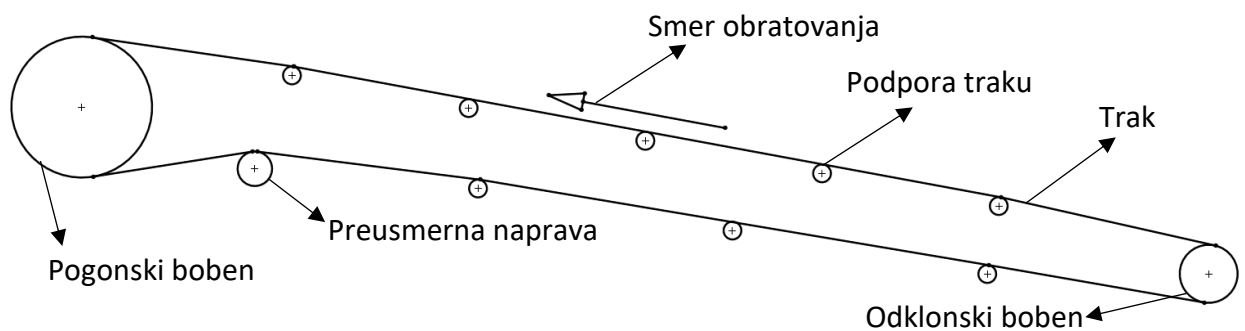
Podjetje je usposobljeno za zahtevna ključavničarska, varilska in cevarska dela. Odlikujejo jih različni certifikati. Opremljeni so tudi z več CNC stroji, kot so stružnice in obdelovalni centri, ter klasične stružnice, rezkalni stroji in drugim orodjem, ki je potrebno za obdelavo kovin.

Proizvodnja je razdeljena na tri enote, in sicer rudarski program, nerjaveči program, strojna obdelava, ter varjenje in montaža.

2 TEORETIČNE OSNOVE TRAČNIH TRANSPORTERJEV

Teoretične osnove tračni transporterjev so napisane s pomočjo učbenika Transportni sistemi. [6]

Tračni transporterji služijo za transport sipkega in kosovnega materiala v rudarstvu, gradbeništvu in v velikoserijskih tovarnah. Njihova prednost je enostavna konstrukcija, ekonomičnost in miren tek. Uporabljamo jih lahko za velike dolžine brez velikih izgub. Imajo velike zmogljivosti.



Slika 2.1: Tračni transporter in njegovi deli

Tračni transporterji so sestavljeni iz traka, čistilnih naprav, preusmernih naprav, napenjalnih naprav, pogonskih naprav, pogonskih bobnov in podpore traku.

Trakovi tračnih transporterjev so lahko tekstilni, jekleni, gumijasti, žični ter plastični. Zahteve so velika natezna trdnost, mala lastna teža, odpornost proti obrabi ter malo raztezanje. Gumijasti trakovi so sestavljeni iz polnila, ki je iz tkanine, ter iz zaščite, ki je v večini primerov guma, možna pa je uporaba tudi drugega sintetičnega materiala. Širina traka se izbira iz standardnih širin trakov glede na potrebno zmogljivost.

Čistilne naprave so zadolžene za čiščenje umazanije iz nosilne strani traka tračnega transporterja. Poznamo izvedbe z rotacijskimi ščetkami, s čistilnim strgalom ter s plužnim čistilnim strgalom.

Preusmerne naprave se uporabljajo za potrebno preusmeritev traka, in sicer glede na vertikalno ravnino. Za preusmeritev traka lahko uporabimo pogonski boben, kjer je velika tračna sila ter povratni boben, kjer je manjša tračna sila in odklonski boben.

Napenjalne naprave so potrebne za zagotovitev konstantne napetosti v traku. Te ne smejo biti ohlapne, saj omogočajo prenos sile iz pogonskega bobna na trak. Poznamo napenjalne naprave na utež, na vreteno, z vzmetjo in vretenom, hidro pnevmatske napenjalne naprave ter napenjalni boben z vretenom.

Pogonska naprava je sestavljena iz elektromotorja ali tlačnega motorja, gonila in sklopk, ki so lahko nameščene med motorjem in gonilnikom oziroma med gonilom in pogonskim bobnom.

Pogonski bobni zagotavljajo pritisk med trakom in bobnom, potrebni torni koeficient, ustrezno obodno silo, preusmeritev traku pri visokih tračnih silah ter prenos pogonske sile na trak. Njihov potrebni premer ter debelina stene, ki je lahko cilindrične ali izbočene oblike, se dimenzionira glede na upogibno, radialno in strižno napetost.

Podpora traku je lahko valjčna, ki je bolj pogosta, ali pa z drsnimi progami iz lesa, plastike ali jekla. Sklopi podpornih valjčkov so sestavljeni iz nosilcev, jahačev ter stojal, kamor se vgrajujejo podporni valjčki. Odpor vrtenja podpornega valjčka mora biti manjši od drsnega trenja med trakom in valjčkom, prav tako morajo biti uravnoteženi in mirno teči. Izdelani so lahko s filcem, labirintnimi obroči ali z gumijastim obročem. Premeri podpornih valjčkov se določajo glede na predvidene širine in hitrosti traka ter glede na obliko valjčnega sklopa. Valjčki se vgrajujejo v sklope, ki so lahko enodelni, dvodelni ali trodelni. Razdalja med sklopi je v odvisna od širine traka, gostote materiala ter hitrosti tračnega transporterja.

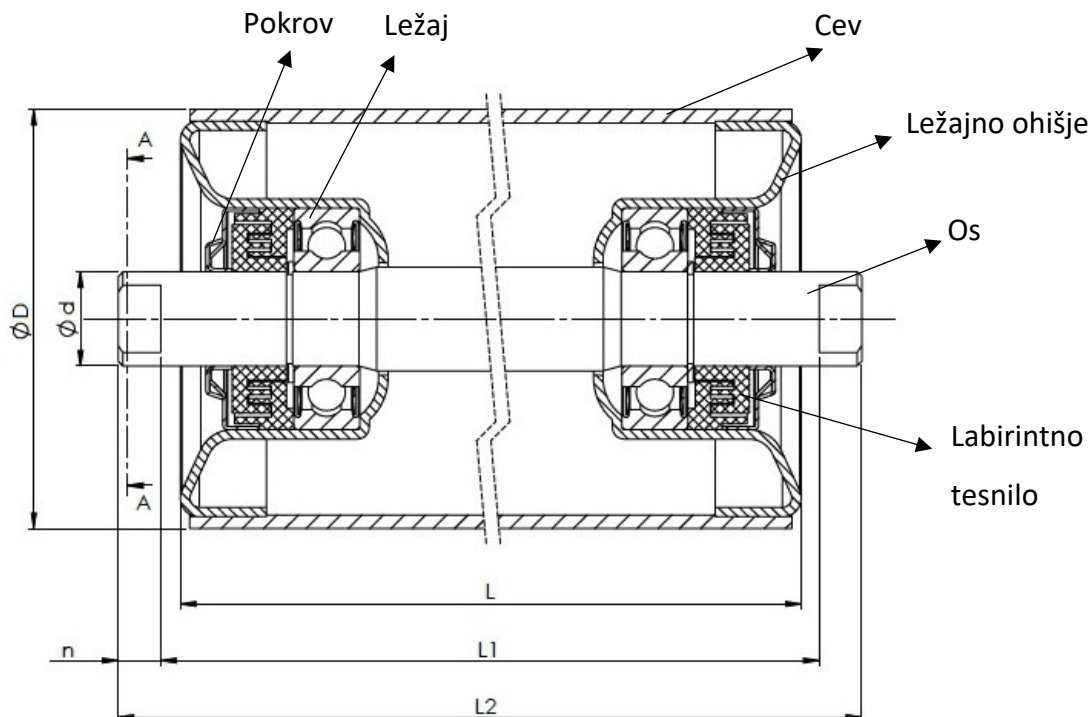
3 PODPORNİ VALJČEK

V podjetju Premogovnik Velenje, d. o. o., za katerega je podporne valjčke izdelovalo podjetje DBSS, d. o. o., za podporo tračnega transporterja uporabljajo valjčne sklope. Najbolj uporabljeni podporni valjčki so valjčki premera (133 x 670 mm), ki se vgrajujejo v dvodelni sklop pod kotom $\lambda = 10^\circ$, in so uporabljeni za neprekinjen odvoz premoga iz globin rudnika na določenih odsekih.



Slika 3.1: Tračni transporter Premogovnika Velenje

Podporni valjčki, ki jih sedaj uporabljajo, so iz podjetja INTERKRAZ Sp. z o. o. Dobavlja jih podjetje DBSS, d. o. o. Sestavljeni so iz cevi, osi, ležajev, ohišje ležaja in tesnil. So nerazstavljeni, kar predstavlja slabost, saj je v večini primerov vzrok za zamenjavo le obrabljeni ležaj, ki pa se mora zaradi nerazstavljenosti zavreči.



Slika 3.2: Valjček podjetja INTERKRAZ Sp. z o. o. [2]

Razstavljivi podporni valjčki so v tem pogledu bolj uporabni, saj se ob obrabi ležaja podporni valjček odstrani, zamenja ležaj, po potrebi tesnilo, in se lahko vgradi nazaj. To vrsto podpornih valjčkov je v svojih začetkih izdelovalo podjetje DBSS, d. o. o., vendar pa se je nerazstavljivi valjček zaradi nižje nabavne cene uveljavil.

V nadaljevanju se bomo posvetili obnovi ter rekonstrukciji podpornega razstavljivega valjčka. Preračunali bomo stroške in s tem ekonomično upravičenost ponovne uporabe razstavljivih podpornih valjčkov.

3.1 Osnovni podatki tračnega transporterja in preračun obremenitve podpornega valjčka pri delovanju tračnega transporterja

Pri dimenzioniranju osi, ležajnega ohišja ter plašča podpornih valjčkov moramo imeti znano obremenitev na valjček, kar je zapisano v enačbi (1.4). Prav tako pa ta podatek potrebujemo pri preračunu življenjske dobe ležajev.

Osnovni podatki [3] :

Dolžina transportiranja	$L = 700 \text{ m}$
Širina traka	$B = 1.200 \text{ mm}$
Gostota lignita	$\rho = 0,8 \frac{\text{t}}{\text{m}^3}$
Zmogljivost	$Q = 1.000 \frac{\text{t}}{\text{h}}$
Hitrost transportiranja	$v = 2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$
Metrska teža traka	$G_t = 155 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
Metrska teža lignita	$G_q = 1.160 \frac{\text{N}}{\text{m}}$
Razdalja med sklopi podpornih valjčkov	$s = 1,250 \text{ m}$
Kot nagiba vgrajeni valjčkov	$\lambda = 10^\circ$

3.1.1 Preračun obremenitve podpornega valjčka pri delovanju tračnega transporterja

Izračun obremenitve traka na valjčni sklop:

$$F_T = G_t \cdot s = 155 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 1,250 \text{ m} = 194 \text{ N} \quad (3.1)$$

Kjer je:

G_t	$[\frac{\text{N}}{\text{m}}]$	- metrska teža traka EP 1600/4 4/2 K, [3]
s	[m]	- razdalja med sklopi podpornih valjčkov. [3]

Izračun obremenitve lignita na valjčni sklop:

$$F_q = G_q \cdot s = 1.160 \frac{\text{N}}{\text{m}} \cdot 1,250 \text{ m} = 1450 \text{ N} \quad (3.2)$$

Kjer je:

G_q	$[\frac{\text{N}}{\text{m}}]$	- metrska teža lignita, [3]
s	[m]	- razdalja med sklopi podpornih valjčkov. [3]

Izračun skupne obremenitve na valjčni sklop:

$$F_s = F_T + F_q = 1.450 \text{ N} + 194 \text{ N} = 1.644 \text{ N} \quad (3.3)$$

Ker sta na valjčnem sklopu dva podporna valjčka, se ta obremenitev razdeli:

$$F_v = \frac{1.644 \text{ N}}{2} = 822 \text{ N} \quad (3.4)$$

Kjer je:

F_v [N] - obremenitev na podporni valjček.

Po končanem preračunu ugotovimo, da mora valjček premagovati silo 822N, in tako lahko pričnemo z rekonstrukcijo.

3.2 Zahteve za izdelavo podpornih valjčkov

Valjček mora biti izdelan v skladu z direktivami [3]:

- MD (98/37/ES) direktiva o strojih,
- ATEX (94/9/ES) direktiva o proti eksplozijski zaščiti.

In naslednjimi standardi [4] :

Tabela 3.1: Standardi

Standard	Pomen
SIST EN 1710: 2006	Oprema in komponente, namenjene za uporabo v potencialno eksplozivnih atmosferah v podzemnih rudnikih
EN 13463 - 1: 2009	Neelektrična oprema za potencialno eksplozivne atmosfere – 1 del osnove in zaščite
EN 13463 - 5: 2004	Neelektrična oprema za potencialno eksplozivne atmosfere – 5 del zaščita konstrukcijska varnost »C«
SIST EN 292 – 1: 1996	Varnost strojev - Osnovni pojmi splošna načela načrtovanja – 1.del: Osnovna terminologija metodologija
SIST EN 292 – 2: 1996	Varnost strojev - Osnovni pojmi splošna načela načrtovanja – 2.del: Tehnična načela in specifikacije

ISO 294: 1995	Varnost strojev – Varnostne razdalje , ki preprečujejo doseg nevarnih območij z zgornjimi udi
EN 811: 1998	Varnost strojev – Varnostne razdalje, ki preprečujejo doseg nevarnih območij s spodnjimi udi
EN 1050: 2000	Varnost strojev – načelo ocene tveganja
DIN 22 111	Tračni transporterji za podzemne premogovnike
DIN 22112 – 1	Tračni transporterji za podzemne premogovnike; Nosilni valjčki (mere)
DIN 22112 – 1	Tračni transporterji za podzemne premogovnike; Nosilni valjčki (priporočila)
DIN 22112 – 1	Tračni transporterji za podzemne premogovnike; Nosilni valjčki (preizkušanje)
SIST EN 1127 - 1: 2008	Eksplozivne atmosfere – proti eksplozijska zaščita – 1.del: Osnovni pojmi in metodologija

Zaradi težkih pogojev montaže podpornih valjčkov morajo le-ti biti enostavni za montažo ter imeti čim manjšo lastno težo.

Ko se ležaj obrabi in se valjček odstrani, mora biti »servis« valjčka čim hitrejši in lažji.

Podporni valjček mora biti uravnotežen, kar pomeni, da mora imeti miren tek, kar pripomore k manjši obrabi traku tračnega transporterja.

4 PRENOVA KONSTRUKCIJE PODPORNEGA VALJČKA TRAČNEGA TRANSPORTERJA

4.1 Plašč valjčka

Plašč valjčka je pod konstantno obremenitvijo teže transportnega traka ter transportiranega materiala. Izpostavljen je stiku z nosilnim elementom transportnega traka (guma) in umazanijo, ki se v manjših količinah prijema na spodnji del, kar povzroča dodatno obrabo plašča.

4.1.1 Sedanja izvedba

Plašč valjčka se je izdeloval iz materiala 1.0308 oziroma St. 35 - 4 po DIN, ki je hladno vlečena šivna cev z največjo debelino 4 mm, najmanjšo mero 3.2 mm, dolžino 670 mm in s premerom 133 mm.

Podatki o materialu:

Natezna trdnost $R_m = 480 \text{ Mpa}$

Napetost tečenja $R_e = 325 \text{ Mpa}$

Raztezek pri zlomu $A = 6 \%$

Osnovni material plašča strani je po dosedanjih izkušnjah zaposlenih, ki menjavajo te valjčke, problematičen, saj se precej hitro obrabi.



Slika 4.1: Obraba plašča valjčka

4.1.2 Predlagana izvedba

Zaradi velike obrabe plašča valjčka bo potrebno razmisliti o zamenjavi materiala. Plašč valjčka mora imeti boljšo obrabno obstojnost. Večja natezna trdnost in napetost tečenja v tem trenutku ni zahtevana. Z uporabo MKE (Metoda končnih elementov) analize smo ugotovili, da je maksimalna obremenitev veliko manjša, kot natezna trdnost ($R_m = 480 \text{ Mpa}$). Prav tako so se pojavile izrazito majhne deformacije, ki znašajo manj kot 10^{-4} mm (slika 4.2). To nakazuje, da je največji problem pri podpornem valjčku obraba plašča, in sicer zaradi stika s transportnim trakom.

Po teh podatkih smo se odločili za material S355JR po DIN, ki ima boljšo obrabno obstojnost, ter trdnost. Zmanjšali smo debelino cevi na debelino 3 mm.

Plašč valjčka mora biti antikorozijsko zaščiten s temeljnim in končnim premazom RAL 3020.

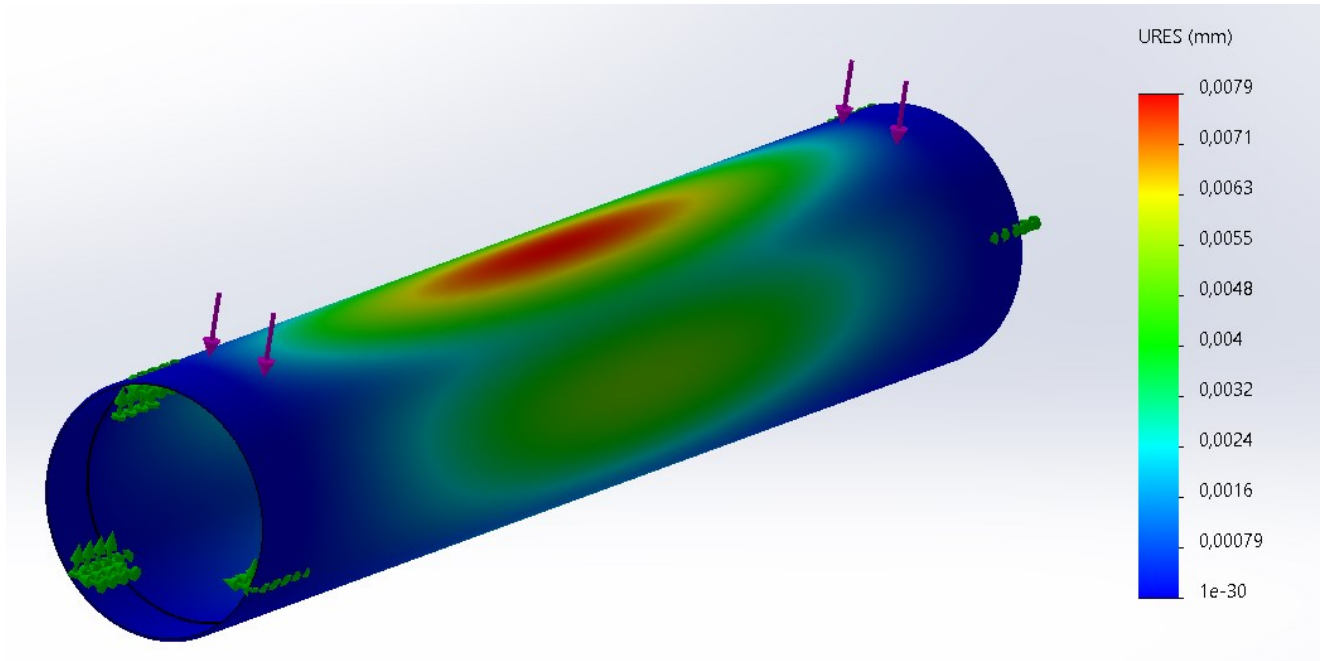
Podatki materiala:

Natezna trdnost $R_m = 510 \text{ Mpa}$

Napetost tečenja $R_e = 355 \text{ Mpa}$

Raztezek pri zlomu $A = 22 \%$

Na spodnji sliki je v programu SolidWorks prikazana deformacija v [mm] cevi podpornega valjčka pod vplivom sile, v velikosti 822 N.



Slika 4.2: MKE analiza cevi valjčka z deformacijami

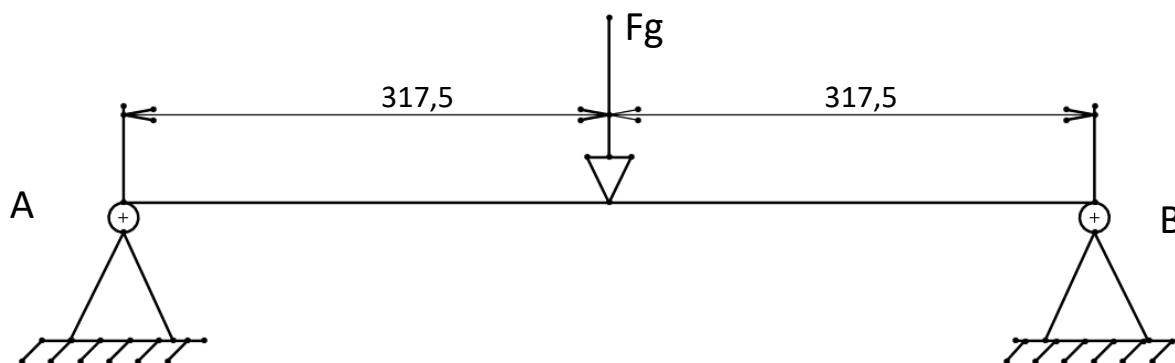
4.1.3 Kontrolni preračun cevi premera 133 mm pri maksimalni radialni obremenitvi

Izračun obremenitve v podporah:

$$F_a = F_b = \frac{F_g}{2} = \frac{822 \text{ N}}{2} = 411 \text{ N} \quad (4.1)$$

Kjer je:

F_g [N] - sila teže.



Slika 4.3: Skica podpor cevi

Izračun odpornostnega momenta cevi podpornega valjčka:

$$W_x = 0,1 \cdot \left(\frac{D^4 - d^4}{D} \right) = 0,1 \cdot \left(\frac{133^4 - 128,5^4}{133} \right) = 30.260,39 \text{ mm}^3 \quad (4.2)$$

Kjer je:

d [mm] - notranji premer ležaja,

D [mm] - zunanji premer ležaja.

Izračun upogibne napetosti cevi podpornega valjčka:

$$\sigma_u = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{F_a \cdot 317,5 \text{ mm}}{30.260,39 \text{ mm}^3} = \frac{411 \cdot 317,5 \text{ mm}}{30.260,39 \text{ mm}^3} = 4,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (4.3)$$

$$\sigma_u \leq \sigma_{u,dop} = 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (za material S355JR)} \quad (4.4)$$

Kjer je:

$\sigma_{u,dop}$ [$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$] - dopustna upogibna napetost,

M_{max} [Nmm] - maksimalni upogibni moment,

W_x [mm³] - odpornostni moment.

4.2 Os podpornega valjčka

Os podpornega valjčka je nevrteča. Dimenzionira se glede na upogib, saj je pri obratovanju obremenjena z dinamično upogibno obremenitvijo, pri mirovanju pa s statično upogibno obremenitvijo. Predpostavljamo, da se bo največja sila v osi podpornega valjčka pojavila na mestih vpetja ali pa pri prehodih premerov.

Po zbranih podatkih do sedaj ni bilo nikoli težav s prelomom ali obrabo osi podpornega valjčka.

Razdalja med mesti vpetja e znaša :

$$e = 686 \text{ mm}$$

4.2.1 Sedanja izvedba osi podpornega valjčka

Os podpornega valjčka je bila sedaj narejena iz surovca, premera (32 x 720) mm. Toleranca na mestu nasedanja ležaja je premera 25j6. Os podpornega valjčka je imela narejenih 6 prehodov, tako da je bila obdelava precej zamudna ter stroškovno neugodna.

MKE analize so pokazale, da se os podpornega valjčka pri obremenitvi $F = 822 \text{ N}$ minimalno deformira (slika 4.3) in da maksimalna napetost ni blizu natezne trdnosti materiala.

Material osi podpornega valjčka je St52-3 po DIN. Podatki materiala:

Natezna trdnost $R_m = 510 \text{ Mpa}$

Napetost tečenja $R_e = 355 \text{ Mpa}$

Raztezek pri zlomu $A = 22 \%$

4.2.2 Predlagana izvedba osi podpornega valjčka

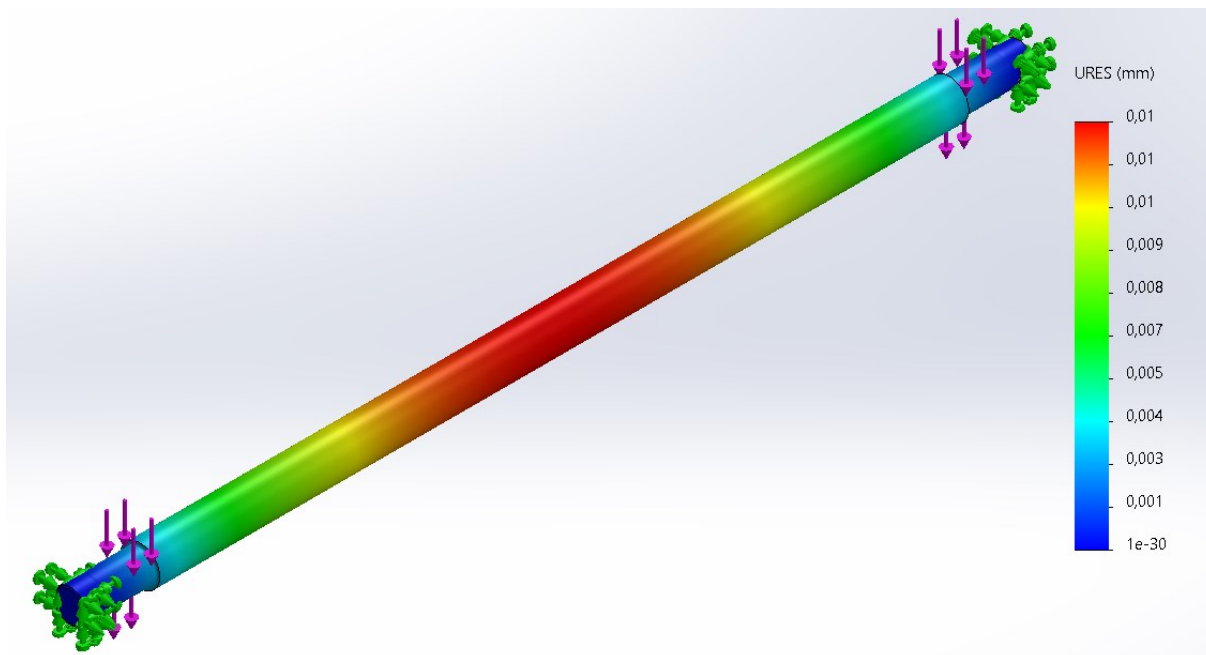
Analize so pokazale, da lahko obdržimo isti material St 52-3 po DIN.

Spremenili smo konstrukcijo osi podpornega valjčka in s tem uspeli zmanjšati število prehodov na dva.

Za surovec osi smo izbrali svetlo vlečeno palico. Obdelava bo tako potrebna samo na mestih namestitve ležajev, in sicer v toleranci j6. Na ta način bomo prihranili pri obdelovalnih časih, v primerjavi z obstoječo izvedbo valjčkov. Z manjšim premerom osi bomo prihranili tudi pri materialu, oziroma posledično pri teži osi podpornega valjčka.

Dolžina osi podpornega valjčka ostane ista, in sicer zaradi zahteve, da nosilci podpornih valjčkov ostanejo isti.

Na sliki (4.4) je v programu SolidWorks prikazana deformacija v [mm] osi podpornega valjčka pod vplivom sile, v velikosti 822 N.



Slika 4.4: MKE analiza osi podpornega valjčka

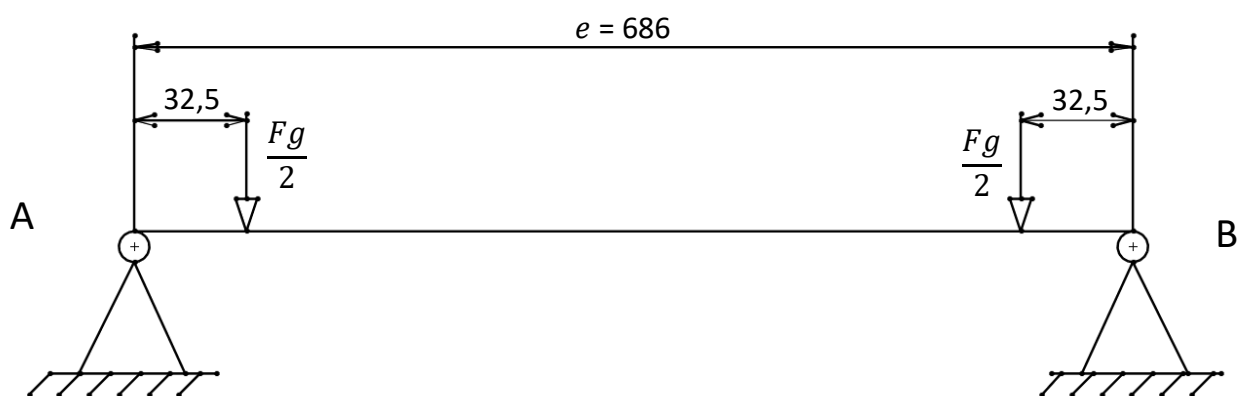
4.2.3 Kontrolni preračun osi podpornega valjčka premera 133 mm

Izračun obremenitve v podporah:

$$F_a = F_b = \frac{F_g}{2} = 411 \text{ N} \quad (4.5)$$

Kjer je:

F_g [N] -sila teže.



Slika 4.5: Skica podpor osi podpornega valjčka

Izračun odpornostnega momenta (W) osi podpornega valjčka:

$$W = \frac{3,14 \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 25^3}{32} = 1.534 \text{ mm}^3 \quad (4.6)$$

Kjer je:

d [mm] - premer osi.

Izračun maksimalnega upogibnega momenta osi podpornega valjčka:

$$M_{max} = F_a \cdot 32,5 \text{ mm} = 6.678,8 \text{ Nmm} \quad (4.7)$$

$$\sigma_u = \frac{M_{max}}{W_x} = \frac{6.678,8 \text{ Nmm}}{1.534 \text{ mm}^3} = 4,4 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad (4.8)$$

$$\sigma_u \leq \sigma_{u,dop} = 110 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \text{ (za material S355JR)} \quad (4.9)$$

Kjer je:

F_a [N] - sila v podporah,

W_x [mm³] - odpornostni moment,

$\sigma_{u,dop}$ [$\frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$] - dopustna upogibna napetost.

4.3 Ohišje ležaja

Osnovni namen ohišja ležaja je prenašati nosilnost iz plašča podpornega valjčka na ležaj. Vanj vgradimo ležaj in tesnila.

Da zagotovimo enostavno menjavo ležaja, mora biti pravilno oblikovano.

4.3.1 Sedanja izvedba

Ohišje ležaja je izdelano iz sive litine GG-22 z natezno trdnostjo $R_m = 170 \text{ N/mm}^2$. Ohišje je zaradi postopka litja masivno, oziroma težko. Obdelovalni čas je zaradi masivnosti ohišja dolg.

Montažo na plašč valjčka omogoča stružen zunanji nagib. S pomočjo stiskalnice ga nato vtisnemo na ustrezen položaj.

4.3.2 Predlagana izvedba

Ležajno ohišje se bo po novem izdelovalo iz ploščatega kolobarja s postopkom globokega vleka. Ta postopek bo zaradi možnosti avtomatizacije cenejši. Krajši bo tudi čas obdelave.

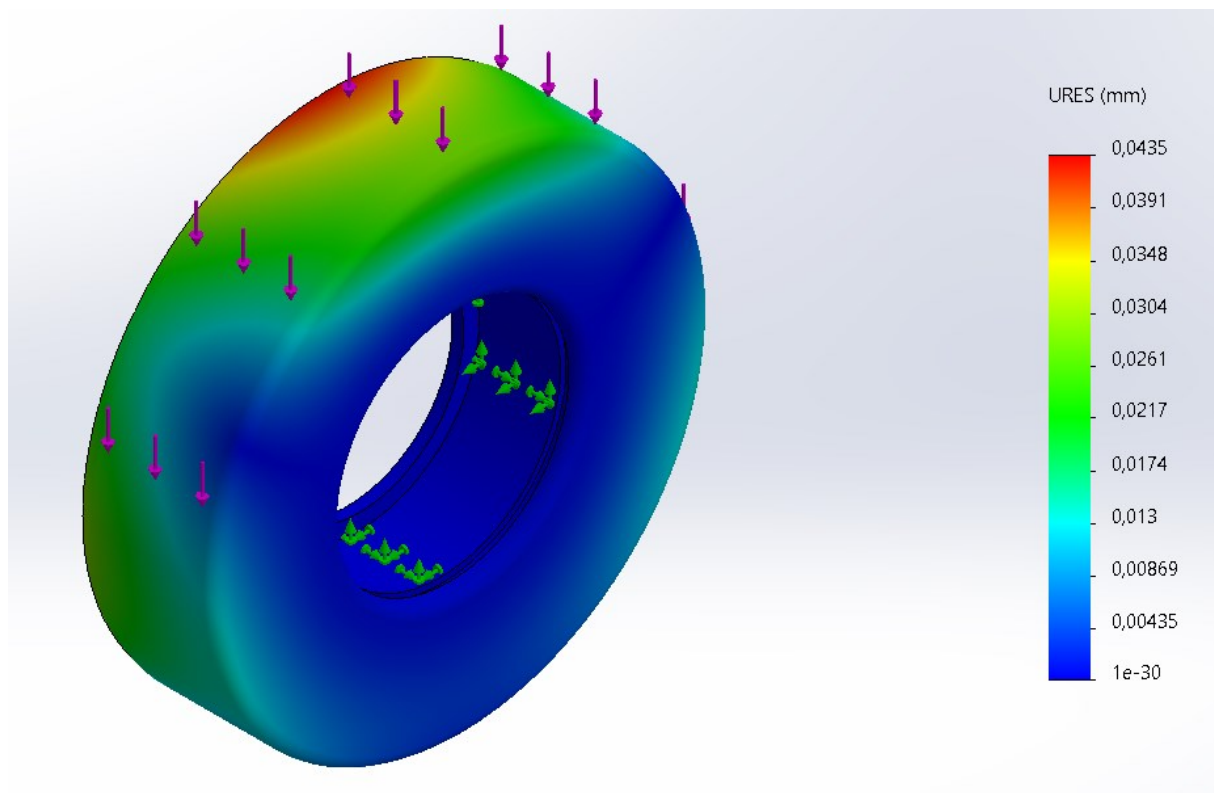
Material moramo prilagoditi tako, da bo možna izdelava z globokim vlekem, zato izberemo material DC04, oziroma po DIN 1.0338 s podatki :

$$R_m = 300 \text{ Mpa}$$

$$R_e = 215 \text{ Mpa}$$

Omejitev predstavlja maksimalna debelina materiala, ki jo je še možno obdelati z globokim vlekem. Prvotno predvideno debelino ohišja ležaja (8 mm) moramo zmanjšati na debelino $s = 3 \text{ mm}$. MKE analiza je pokazala, da bo element kljub manjši debelini prenesel predvidene obremenitve (slika 4.4).

Obdelava ohišja je potrebna samo na mestih vpetja ležaja in smer-obroč.



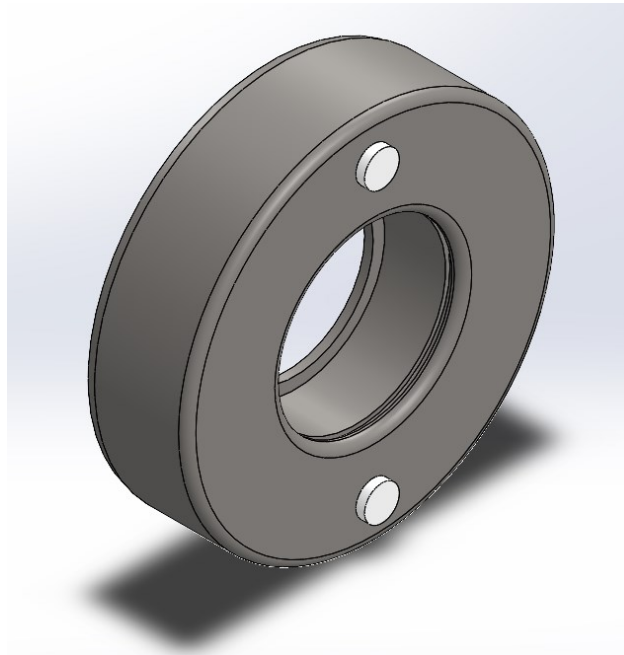
Slika 4.6: MKE analiza ohišja ležaja

Montaža ter demontaža ležajnega ohišja se bo izvajala kot pri prejšnji izvedbi, s pomočjo ustreznega orodja in hidravlične stiskalnice.

Alternativna možnost demontaže:

V ležajnem ohišju lahko simetrično izdelamo dve navojni luknji. V navojni luknji bi ob menjavi ležaja privijali dva vijaka. S pomočjo teh dveh vijakov bi lahko izvlekli ležajno ohišje. Med obratovanjem bi ti dve navojni luknji zatesnili s PVC čepki.

Izgled ležajnega ohišja z luknjami z navoji za odstranitev (slika 4.7).



Slika 4.7: Izgled ležajnega ohišja z navojnimi luknjami

4.4 Ležaj

Ležaj, ki se uporablja v valjčkih, je 6305 - 2RS, proizvajalca SKF.

Zasnovali smo idejo, da uporabimo ležaje istih dimenzij, ki niso zatesnjeni, vendar smo pri raziskavah ugotovili, da ležaji morajo biti tesnjeni.



Slika 4.8: Ležaj 6305 2RS proizvajalca SKF [4]

Ležaj 6305 2RS proizvajalca SKF je ležaj z obojestranskim tesnjenjem, ki preprečuje stik ležaja s prahom ter vlago. Ležaj se izdeluje velikoserijsko in je zato tudi cenovno ugoden.

4.4.1 Preračun življenjske dobe ležaja

V valjček premera 133 mm sta za zagotavljanje rotacijskega gibanja valjčka nameščena na koncih osi dva kroglična enoredna ležaja 6305 2RS z osnovnimi karakteristikami:

Notranji premer ležaja	$d = 25 \text{ mm}$
Zunanji premer ležaja	$D = 62 \text{ mm}$
Masa	$m = 0,242 \text{ kg}$
Statična nosilnost	$C_0 = 11.200 \text{ N [5]}$
Dinamična nosilnost	$C = 22.500 \text{ N [5]}$
Sila teže	$Fg = 822 \text{ N}$

Izračun maksimalnega števila vrtljajev n_{max} :

Imamo znano :

$$v_{max} = 3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad \text{maksimalna hitrost transporterja,}$$

$$d = 133\text{mm} \quad \text{premer osi.}$$

$$n_{max} = \frac{60.000 \cdot v_{max}}{\pi \cdot d} = \frac{60.000 \cdot 3,6 \frac{\text{m}}{\text{s}}}{\pi \cdot 133 \text{ mm}} = 520 \text{ min}^{-1} \quad (4.10)$$

Izračun koeficienta števila vrtljajev f_n za ležaj:

$$f_n = \sqrt[3]{\frac{33,3}{n_{max}}} = \sqrt[3]{\frac{33,3}{520 \text{ min}^{-1}}} = \sqrt[3]{0,063462} = 0,399 \quad (4.11)$$

Kjer je:

$$n_{max} \quad [\text{min}^{-1}] \quad - \text{maksimalno število vrtljajev.}$$

Izračun sil :

$$F_r = \frac{F_g}{2} \cdot \cos 10^\circ = 411 \text{ N} \cdot \cos 10^\circ = 404,76 \text{ N} \quad (4.12)$$

$$F_a = \frac{F_g}{2} \cdot \sin 10^\circ = 411 \text{ N} \cdot \sin 10^\circ = 71,37 \text{ N} \quad (4.13)$$

Kjer je:

$$F_g \quad [\text{N}] \quad - \text{sila teže.}$$

Izračun ekvivalentne obremenitve ležaja P_0 :

$$P_0 = X_0 \cdot F_r + Y_0 \cdot F_a = 1 \cdot 809,51 \text{ N} + 1 \cdot 142,74 \text{ N} = 476,13 \text{ N} \quad (4.14)$$

Kjer je:

$$F_r \quad [\text{N}] \quad - \text{radialna sila,}$$

$$F_a \quad [\text{N}] \quad - \text{aksialna sila,}$$

$$X_0 \quad [/] \quad - \text{faktor radialne obremenitve,}$$

$$Y_0 \quad [/] \quad - \text{faktor aksialne obremenitve.}$$

Statično nosilno število ležaja S_0 :

$$S_0 = \frac{C_0}{P_0} = \frac{11.200 \text{ N}}{476,13 \text{ N}} = 23,5 \quad (4.15)$$

$$S_0 = 11,7 \text{ N} \geq S_{0,min} = 1,5 \text{ N} \quad (4.16)$$

Kjer je:

- C [N] - osnovna dinamična trdnost,
 P_0 [N] - ekvivalentna obremenitev ležaja,
 $S_{0,min}$ [/] - minimalno nosilno število ležaja.

Izračun približne življenjske dobe ležaja L :

$$L = L_0 \cdot \left(\frac{f_\vartheta \cdot C_0}{P_0}\right)^3 = 10^6 \cdot \left(\frac{0,6 \cdot 11 \cdot 200}{476,13}\right)^3 = 2,8 \cdot 10^9 \quad (4.17)$$

Kjer je:

- L_0 [h] - predvidena življenjska doba ležaja,
 C [N] - osnovna dinamična trdnost,
 P_0 [N] - ekvivalentna obremenitev ležaja,
 f_ϑ [/] - temperaturni koeficient.

Približna življenjska doba v urah L_h :

$$L_h = \frac{L}{60 \cdot n_{max}} = \frac{2,8 \cdot 10^9}{60 \cdot 520 \text{ min}^{-1}} = 89.743 \text{ h} \quad (4.18)$$

Kjer je:

- L [/] - življenjska doba,
 n_{max} [min^{-1}] - maksimalno število vrtljajev.

5 TESNENJE

Glede tesnjenja smo imeli največ težav pri izbiri izvedbe. Na trgu je na voljo veliko možnih načinov, hkrati pa gre za uporabo v podzemnih rudnikih s posebnimi pogoji obratovanja, zato sem o tem moral pridobiti kar nekaj novih informacij.

Prva izvedba je bila brez kombinacije z labirintnimi tesnili. Pred vdorom umazanije v ležaj, le tega varuje samo obojestransko tesnilo.

Po pridobljenih informacijah izkušenih strokovnjakov iz premogovnika, ki skrbijo za servis in menjavo valjčkov, smo zaključili, da je največji problem premogov prah. Prah in plini predstavljajo nevarnost samovžiga, do katerega lahko pride v primeru, da tujki pridejo v stik z ležajem. Ta se začne segrevati, ker ga ti delci ovirajo pri delovanju in tako se poveča nevarnost samovžiga. To pomeni, da ni dovolj samo uporaba obojestransko zatesnjenega ležaja, ampak potrebujemo kombinacijo z labirinti, ki dodatno preprečijo vdor finih delcev.

Dodatni pokrov, ki bi ščitil ležaj pred udarci večjih delcev, ni potreben, saj ležaj oziroma tesnila, niso izpostavljena udarcem večjih delcev lignita, kot smo si prvotno predstavljali.

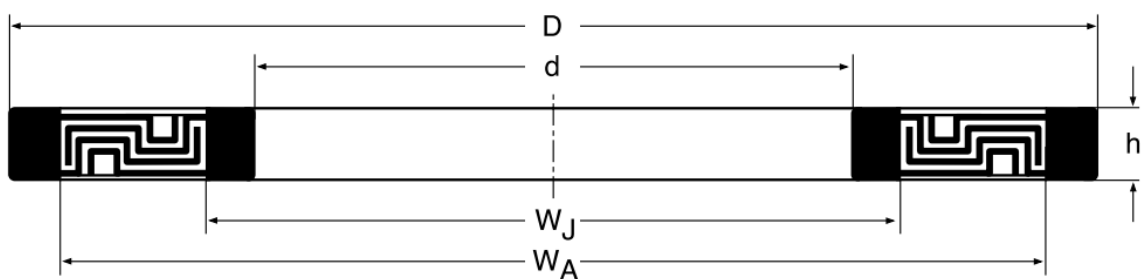
Prva izvedba rešitve problema s tesnjenjem je bila izbira radialnega tesnila podjetja SKF z oznako CRW 24x52x7 (jekleni zunanji obroč).



Slika 5.1: Radialno tesnilo CRW [4]

Po posvetovanju z operativnim direktorjem iz podjetja BELL, d. o. o., Dejanem Kuhto, smo se odločili za brezkontaktno labirintno tesnilo LSTO, podjetja NILOS, d. o. o. Radialna tesnila so boljše za zadrževanje lubrikantov, ne pa praha, plinov, manjših delcev in imajo krajšo življenjsko dobo.

Labirintno tesnilo LSTO (steel disk seal) se napolni z mastjo. Tako so pripravljena za direktno vgradnjo. Njihova dobra lastnost je nizka cena, saj je to standardni element. Zelo dobro zadržujejo umazanijo in vlago pred stikom z ležajem. Za vgradnjo so zelo enostavna, saj jih lahko vgradimo brez kakršnega koli zdrsra.



Slika 5.2: LSTO labirintno tesnilo [4]

6 STROŠKOVNA KALKULACIJA IZDELAVE PODPORNIH VALJČKOV

Stroškovna kalkulacija izdelave podpornih valjčkov bo izdelana glede na spremembe časa obdelave in prihrankov pri materialu.

Med konstruiranjem smo se posvetili zniževanju stroškov z izbiro materiala in manj materialnega odpada, zmanjševanju števila elementov sklopa ter z uporabo standardnih strojnih elementov. Ciljali smo tudi na manjše obdelovalne čase, oziroma zmanjšanje proizvodnih operacij.

Cene materialov bodo določene preko poslanih povpraševanj pri podjetjih, s katerimi sodeluje DBSS, d. o. o.

Po končanem stroškovnem preračunu bomo primerjali serijo 1000 (tisoč) podpornih valjčkov iz podjetja DBSS, d. o. o, in konkurenčnega podjetja INTERKRAŽ.

Tabela 6.1: Kosovnica podpornega valjčka

Opis	Kos	Pozicija	Material
Labirint LSTO 25x62 NILOS	2	6	/
Ležaj 6305 2RS	2	4	/
Vskočnik DIN 472 premera 65	2	5	/
Os $\Phi 30 \times 724$ mm	1	2	Svetlo vlečen S355J2
Cev premera 133x3mm	1	1	Brezšivna cev S355
Ležajno ohišje premera 128,5x35mm	2	3	Pločevina 3 mm DC04

6.1 Stroški materiala

Stroški materiala MK igrajo veliko vlogo pri preračunu stroškov določenega izdelka, saj so odvisni od mase in proporcionalne prostornine. Delijo se na posredne ter na neposredne stroške materiala.

Preračun je narejen s pomočjo pridobljenega znanja in prosojnic predmeta Gospodarnost tehniških sistemov, ki se izvaja na FS UM.

6.1.1 Os podpornega valjčka

Povpraševanje je bilo izvedeno pri podjetju BELTA, d. o. o.

Cena materiala za os podpornega valjčka: $C_{m,kg} = 1,79 \frac{\text{EUR}}{\text{kg}}$

Količina: $A_m = 600 \text{ m}$ oz. $A_m = 3.300 \text{ kg}$

Strošek materiala za os podpornega valjčka:

$$C_{m,os} = C_{m,kg} \cdot A_m = 1,79 \frac{\text{EUR}}{\text{kg}} \cdot 3300 \text{ kg} = 5.907 \text{ EUR} \quad (6.1)$$

Kjer je:

$C_{m,kg}$ $[\frac{\text{EUR}}{\text{kg}}]$ - cena materiala,

A_m [m, kg, enot] - količina.

6.1.2 Cev podpornega valjčka

Povpraševanje je bilo izvedeno pri podjetju BELTA, d. o. o.

Cena materiala cevi podpornega valjčka: $C_{m,m} = 26,5 \frac{\text{EUR}}{\text{m}}$

Količina: $A_m = 600 \text{ m}$

Strošek materiala za cev podpornega valjčka:

$$C_{m,cev} = C_{m,m} \cdot A_m = 26,5 \frac{\text{EUR}}{\text{m}} \cdot 600 \text{ m} = 15.900 \text{ EUR} \quad (6.2)$$

Kjer je:

$C_{m,m}$ $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{m}}\right]$ - cena materiala,

A_m [m, kg, enot] - količina.

6.1.3 Labirintno tesnilo podpornega valjčka

Povpraševanje je bilo izvedeno pri podjetju BELL, d. o. o.

Cena enote: $C_e = 4,38 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$

Količina: $A_m = 2.000$ enot

Strošek nakupa tesnil LSTO:

$$C_{m,\text{labirint}} = C_e \cdot A_m = 4,38 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}} \cdot 2.000 \text{ enot} = 8.760 \text{ EUR} \quad (6.3)$$

Kjer je:

C_e $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{enot}}\right]$ - cena enote,

A_m [m, kg, enot] - količina.

6.1.4 Ležaj podpornega valjčka

Povpraševanje je bilo izvedeno pri podjetju BELL, d. o. o.

Cena enote: $C_e = 1,76 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$

Količina: $A_m = 2.000$ enot

Strošek nakupa ležajev 6305 2RS:

$$C_{m,\text{ležaj}} = C_e \cdot A_m = 1,76 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}} \cdot 2.000 \text{ enot} = 3.520 \text{ EUR} \quad (6.4)$$

Kjer je:

C_e $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{enot}}\right]$ - cena enote,

A_m [m, kg, enot] - količina.

6.1.5 Vskočnik podpornega valjčka

Povpraševanje je bilo izvedeno pri podjetju BELL, d. o. o.

Cena enote: $C_e = 0,36 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$

Količina: $A_m = 2.000$ enot

Strošek nakupa vskočnikov DIN472 :

$$C_{m,vskočnik} = C_e \cdot A_m = 0,36 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}} \cdot 2.000 \text{ enot} = 720 \text{ EUR} \quad (6.5)$$

Kjer je:

C_e $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{enota}} \right]$ - cena enote,

A_m [m, kg, enot] - količina.

6.1.6 Ležajno ohišje podpornega valjčka

Povpraševanje je bilo izvedeno pri podjetju BELTA, d. o. o.

Cena enote: $C_e = 8 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$

Količina: $A_m = 2.000$ enot

Strošek nakupa materiala ležajnega ohišja :

$$C_{m,lez.oh} = C_e \cdot A_m = 8 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}} \cdot 2.000 \text{ enot} = 16.000 \text{ EUR} \quad (6.6)$$

Kjer je:

C_e $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{enota}} \right]$ - cena enote,

A_m [m, kg, enot] - količina.

Tabela 6.2: Stroški materiala za količino 1000 podpornih valjčkov

	Os	Cev	Labirint	Ležaj	Vskočnik	Ležajno ohišje
Cena materiala	$1,79 \frac{\text{EUR}}{\text{kg}}$	$26,5 \frac{\text{EUR}}{\text{m}}$	$4,38 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$	$1,76 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$	$0,36 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$	$8 \frac{\text{EUR}}{\text{enota}}$
Količina	3.300 kg	600 m	2.000 enot	2.000 enot	2.000 enot	2.000 enot
Skupaj:	5.907 EUR	15.900 EUR	8.760 eur	3.520 EUR	720 EUR	16.000 EUR

6.2 Proizvodni stroški

Okvirne čase obdelave in pripravljajno-zaključne čase bomo dobili od CNC operaterjev, delno pa s pomočjo programa MasterCam, ki ga uporabljajo v podjetju DBSS, d. o. o., za kreiranje programov pri CNC obdelavi. Zanima nas potreben obdelovalni čas za posamezno operacijo glede na sklop.

Cene obdelav podjetja DBSS, d. o. o.:

Struženje:

$$C_{str} = 30 \frac{\text{EUR}}{\text{h}}$$

Rezkanje:

$$C_{rez} = 30 \frac{\text{EUR}}{\text{h}}$$

Žaganje:

$$C_{zag} = 17 \frac{\text{EUR}}{\text{h}}$$

6.2.1 Proizvodni stroški osi

Okvirni čas priprave dela, za obdelavo osi na CNC stroju:

Struženje:

$$T_{pz, str, os} = 60 \text{ min}$$

Rezkanje:

$$T_{pz, rez, os} = 70 \text{ min}$$

Razrez:

$$T_{pz, zag, os} = 5 \text{ min}$$

Skupaj:

$$T_{pz} = T_{pz, str, os} + T_{pz, rez, os} + T_{pz, zag, os} = 135 \text{ min} \quad (6.7)$$

Kjer je:

$T_{pz, str, os}$ $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}\right]$ - pripravljajno zaključni čas struženja,

$T_{pz, rez, os}$ $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}\right]$ - pripravljajno zaključni čas rezkanja,

$T_{pz, zag, os}$ $\left[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}\right]$ - pripravljajno zaključni čas razreza.

Okvirni obdelovalni čas osi za en kos z menjavo:

Struženje:

$$T_{str,os} = 6 \text{ min}$$

Rezkanje:

$$T_{rez,os} = 3 \text{ min}$$

Razrez:

$$T_{zag,os} = 1,5 \text{ min}$$

Skupaj:

$$T_{os} = 10,5 \text{ min}$$

Okvirni obdelovalni čas za 1000 kosov osi:

Struženje

$$T_{str,os,1000} = T_{str,os} \cdot 1.000 \text{ enot} = 6 \text{ min} \cdot 1.000 \text{ enot} = 6.000 \text{ min} = 100 \text{ h} \quad (6.8)$$

Rezkanje

$$T_{rez,os,1000} = T_{rez,os} \cdot 1.000 \text{ enot} = 3 \text{ min} \cdot 1.000 \text{ enot} = 3.000 \text{ min} = 50 \text{ h} \quad (6.9)$$

Razrez

$$T_{zag,os,1000} = T_{zag,os} \cdot 1.000 \text{ enot} = 1,5 \text{ min} \cdot 1.000 \text{ enot} = 1.500 \text{ min} = 25 \text{ h} \quad (6.10)$$

Kjer je:

$T_{str,os}$ [h] - čas struženja osi,

$T_{rez,os}$ [h] - čas rezkanja osi,

$T_{zag,os}$ [h] - čas razreza osi.

Strošek struženja osi:

$$S_{str,os} = (T_{str,os,1000} + T_{pz,str,os}) \cdot C_{str} = (100 \text{ h} + 1 \text{ h}) \cdot 30 \frac{\text{EUR}}{\text{h}} = 3.030 \text{ EUR} \quad (6.11)$$

Strošek rezkanja osi:

$$S_{rez,os} = (T_{rez,os,1000} + T_{pz,rez,os}) \cdot C_{rez} = (50 \text{ h} + 1,17 \text{ h}) \cdot 30 \frac{\text{EUR}}{\text{h}} = 1.535 \text{ EUR} \quad (6.12)$$

Strošek razreza osi:

$$S_{zag,os} = (T_{zag,os,1000} + T_{pz,zag,os}) \cdot C_{zag} = (25 \text{ h} + 0,08 \text{ h}) \cdot 17 \frac{\text{EUR}}{\text{h}} = 427 \text{ EUR} \quad (6.13)$$

Strošek izdelave osi podpornega valjčka:

$$S_{os} = S_{str,os} + S_{rez,os} + S_{zag,os} = 4.992 \text{ EUR} \quad (6.14)$$

Kjer je:

$T_{str,os,1000}$	[h]	- čas struženja 1000 enot,
$T_{rez,os,1000}$	[h]	- čas rezkanja 1000 enot,
$T_{zag,os,1000}$	[h]	- čas razreza 1000 enot,
$T_{pz,str,os}$	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- pripravljalo zaključni čas struženja,
$T_{pz,rez,os}$	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- pripravljalo zaključni čas rezkanja,
$T_{pz,zag,os}$	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- pripravljalo zaključni čas razreza,
C_{str}	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- cena struženja,
C_{rez}	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- cena rezkanja,
C_{zag}	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- cena razreza.

6.2.1 Proizvodni stroški cevi

Okvirni čas priprave dela, za obdelavo cevi na CNC stroju:

Struženje:

$$T_{pz,str,cev} = 100 \text{ min}$$

Razrez:

$$T_{pz,zag,cev} = 10 \text{ min}$$

Okvirni obdelovalni čas cevi za en kos z menjavo:

Struženje:

$$T_{str,cev} = 6 \text{ min}$$

Razrez:

$$T_{zag,cev} = 2 \text{ min}$$

Okvirni obdelovalni čas za 1000 kosov cevi:

$$T_{str,cev,1000} = T_{str,cev} \cdot 1.000 \text{ enot} = 6 \text{ min} \cdot 1.000 \text{ enot} = 6.000 \text{ min} = 100 \text{ h} \quad (6.15)$$

$$T_{zag,cev,1000} = T_{zag,cev} \cdot 1.000 \text{ enot} = 2 \text{ min} \cdot 1.000 \text{ enot} = 2.000 \text{ min} = 33 \text{ h} \quad (6.16)$$

Kjer je:

$T_{str,cev}$	[h]	- čas struženja osi,
$T_{rez,cev}$	[h]	- čas rezkanja osi,
$T_{zag,cev}$	[h]	- čas razreza osi.

Strošek obdelave cevi:

$$S_{cev} = (T_{cev,1000} + T_{pz,str,cev} +) \cdot C_{str} + (T_{pz,zag,cev} + T_{pz,zag,cev}) \cdot C_{zag} = (100 \text{ h} + 1,7 \text{ h}) \cdot 30 \frac{\text{EUR}}{\text{h}} + (33 \text{ h} + 0,03 \text{ h}) \cdot 17 \frac{\text{EUR}}{\text{h}} = 3.613 \text{ EUR} \quad (6.17)$$

Kjer je:

$T_{str,cev,1000}$	[h]	- čas struženja 1000 enot,
$T_{zag,cev,1000}$	[h]	- čas razreza 1000 enot,
$T_{pz,str,os}$	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- pripravljalno zaključni čas struženja,
$T_{pz,zag,os}$	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- pripravljalno zaključni čas razreza,
C_{str}	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- cena struženja,
C_{zag}	$[\frac{\text{EUR}}{\text{h}}]$	- cena razreza.

6.2.1 Proizvodni stroški ležajnega ohišja

Okvirni čas priprave dela, za obdelavo ležajnega ohišja na CNC stroju:

Struženje:

$$T_{pz,str,lez.oh} = 50 \text{ min}$$

Okvirni obdelovalni čas ležajnega ohišja za en kos z menjavo:

Struženje:

$$T_{str,lez.oh} = 4 \text{ min}$$

Okvirni obdelovalni čas za 1000 kosov ležajnih ohišij:

$$T_{str,lez.oh,1000} = T_{str,lez.oh} \cdot 1.000 \text{ enot} = 4 \text{ min} \cdot 1.000 \text{ enot} = 4.000 \text{ min} = 67 \text{ h} \quad (6.18)$$

Kjer je:

$T_{str,lez.oh}$ [h] - čas struženja osi.

Strošek obdelave ležajnega ohišja:

$$S_{lez.oh} = (T_{str,lez.oh,1000} + T_{pz,str,lez.oh}) \cdot C_{str} = (67 \text{ h} + 0,83 \text{ h}) \cdot 30 \frac{\text{EUR}}{\text{h}} = 2.034,9 \text{ EUR} \quad (6.19)$$

Kjer je:

$T_{str,lez.oh,1000}$ [h] - čas struženja 1000 enot,

$T_{pz,str,lez.oh}$ [$\frac{\text{EUR}}{\text{h}}$] - pripravljalno zaključni čas struženja,

C_{str} [$\frac{\text{EUR}}{\text{h}}$] - cena struženja.

Tabela 6.3: Stroški izdelave

	Os	Cev	Ležajno ohišje
Pripravljalno zaključni časi	2,25 h	1,83 h	0,83 h
Čas struženja 1000 kos	100 h	100 h	67 h
Čas rezkanja 1000 kos	50 h	/	/
Čas razreza 1000 kos	25 h	33 h	/
Čas izdelave	177,5 h	134,83 h	67,83 h
Strošek izdelave	4.992 EUR	3.613 EUR	2.034 EUR
Skupni strošek	10.639 EUR		

6.3 Pred kalkulacija stroškov izdelave podpornih valjčkov

V nadaljevanju bo podana pred kalkulacija stroškov podjetja za izdelavo 1000 kosov podpornih valjčkov.

Neposredni stroški za material:

$$\begin{aligned} MEK &= C_{m,os} + C_{m,cev} + C_{m,lez.oh} + C_{m,ležaj} + C_{m,labirint} + C_{m,vskočnik} = \\ &5.907 \text{ EUR} + 15.900 \text{ EUR} + 16.000 \text{ EUR} + 3.520 \text{ EUR} + 8.760 \text{ EUR} + 720 \text{ EUR} = \\ &50.807 \text{ EUR} \end{aligned} \quad (6.20)$$

Kjer je:

$C_{m,os}$	[EUR]	- strošek nakupa materiala osi,
$C_{m,cev}$	[EUR]	- strošek nakupa materiala cevi,
$C_{m,lez.oh}$	[EUR]	- strošek nakupa materiala ležajnega ohišja,
$C_{m,ležaj}$	[EUR]	- strošek nakupa ležajev,
$C_{m,labirint}$	[EUR]	- strošek nakupa labirintov,
$C_{m,vskočnik}$	[EUR]	- strošek nakupa vskočnikov.

Posredni stroški za material:

$$MK = MEK + (10\% \cdot MEK) = 55.887 \text{ EUR} \quad (6.21)$$

Kjer je:

MEK	[EUR]	- neposredni stroški za material.
-------	-------	-----------------------------------

Izdelavni stroški:

$$FK = S_{os} + S_{cev} + S_{lez.oh} = 4.992 \text{ EUR} + 3.613 \text{ EUR} + 2.034 \text{ EUR} = 10.639 \text{ EUR} \quad (6.22)$$

Kjer je:

S_{os}	[EUR]	- strošek izdelave osi,
S_{cev}	[EUR]	- strošek izdelave cevi,
$S_{lez.oh}$	[EUR]	- strošek izdelave ležajnega ohišja.

Proizvodni stroški:

$$HK = MK + FK = 55.887 \text{ EUR} + 10.639 \text{ EUR} = 66.526 \text{ EUR} \quad (6.23)$$

Kjer je:

MK	[EUR]	- posredni stroški za material,
FK	[EUR]	- izdelavni stroški.

Stroški razvoja in konstruiranja:

$$EKK = 5\% \cdot HK = 3.326 \text{ EUR} \quad (6.24)$$

Kjer je:

HK [EUR] - proizvodnji stroški.

Skupni stroški podjetja:

$$VVGK = 25\% \cdot HK = 16.631 \text{ EUR} \quad (6.25)$$

Kjer je:

HK [EUR] - proizvodnji stroški.

Skupni lastni stroški:

$$SK = HK + EKK + VVGK = 86.483 \text{ EUR} \quad (6.26)$$

Kjer je:

HK [EUR] - proizvodnji stroški,

EKK [EUR] - stroški razvoja in konstruiranja,

VVGK [EUR] - skupni stroški podjetja.

6.4 Primerjava stroškov izdelave razstavljenih podpornih valjčkov pri naročilu nerazstavljenih valjčkov

Strošek naročila tisoč kosov nerazstavljenih podpornih valjčkov pri podjetju Interkraž Sp. z o. o. znaša 78.660,00 EUR

Strošek izdelave rekonstruirane izvedbe razstavljenih podpornih valjčkov v podjetju DBSS, d. o. o., znaša 86.483,00 EUR.

Izdelava razstavljenih podpornih valjčkov v lastni proizvodnji podjetja DBSS, d. o. o., bi bila po pred kalkulaciji dražja za okoli 8.000 EUR od naročila nerazstavljenih valjčkov. Prednost le-teh bo podana v zaključku.

6.5 Tehnična dokumentacija

V programu SolidWorks je izdelana vsa tehnična dokumentacija, ki je potrebna za izdelovanje podpornih valjčkov in njihova sestava, z vsemi potrebnimi podatki.

Pri izdelavi načrtov smo si pomagali s Krautovim strojniškim priročnikom [1] in učbenikom Tehnična dokumentacija.

Tehnična dokumentacija je priložena v prilogi.

7 ZAKLJUČEK

Tema diplomskega dela je bila rekonstrukcija podpornih valjčkov tračnega transporterja Premogovnika Velenje, kar je tudi aktualna tema izbranega podjetja.

Z rekonstrukcijo podpornih valjčkov smo dosegli cilje diplomskega dela, saj je še vedno omogočena razstavljalnost podpornega valjčka. Teža rekonstruiranega podpornega valjčka tračnega transporterja je za 8 kg manjša kot lastna teža obstoječega podpornega valjčka, kar izpolnjuje cilj enostavnejše montaže in uporabe le-teh. Zaradi manjše lastne teže je tudi podaljšana življenjska doba ležajev podpornih valjčkov.

Servisiranje podpornih valjčkov je predvideno na enak način, kakor je potekal pri obstoječi izvedbi podpornih valjčkov, in sicer s pomočjo stiskalnice in primerne orodja.

Pri preračunu obremenitev osi, cevi in ležajev dobimo rezultate, ki so ugodnejši od dopustnih vrednosti

Po stroškovnem preračunu vpeljave novih podpornih valjčkov in primerjavi z obstoječimi ugotovimo, da se rekonstruirano izvedbo razstavljalnih podpornih valjčkov splača uvesti v proizvodnji program podjetja DBSS, d. o. o. Podporni valjčki so stroškovno sicer dražji za okoli 8.000 EUR, vendar pa z njimi omogočimo razstavljalnost le-teh, kar je za potencialnega naročnika ugodno. Stroškovno je namreč ceneje menjati samo obrabljen ležaj, oziroma po potrebi labirint podpornega valjčka, kot pa celoten podporni valjček.

8 NADALJNJO DELO

V nadaljevanju je potrebno izdelati oceno tveganja podpornih valjčkov za določitev zdravstvenih in varnostnih zahtev ter vso dokumentacijo o oceni tveganja zaradi obratovanja v rudnikih.

Izdelati je potrebno preizkusno serijo za določitev točnih obdelovalnih časov, preizkus geometrijske pravilnosti ter pravilnega obratovanja v delovnih pogojih podpornih valjčkov, ter izvesti tipski pregled.

Podporni valjčki bodo pregledani, hkrati pa bo ugotovljena skladnost s potrebnimi direktivami oziroma standardi.

Ker je tehnološka in konstrukcijska prenova podpornih valjčkov v zanimanju podjetja, se bodo pregledale možnosti avtomatizacije tehnološkega procesa za doseg manjših proizvodnih časov podpornih valjčkov ter možnost zmanjšanja stroškov.

9 VIRI

- [1] DBSS, d. o. o.: uradna spletna stran podjetja [svetovni splet]. Dosegljivo na: <http://dbss.si/> [Datum dostopa 5. 7. 2022]
- [2] INTERKRAZ Sp. z o. o.: uradna spletna stran podjetja [svetovni splet]. Dosegljivo na: <https://www.interkraz.com.pl/en> [Datum dostopa 6. 7. 2022]
- [3] Interni katalog valjčkov in valjev DBSS, d. o. o., Velenje, 2022.
- [4] SKF d. o. o.: uradna spletna stran podjetja svetovni splet]. Dosegljivo na: <https://www.skf.com/si> [Datum dostopa 6. 7. 2022]
- [5] Kraut, B., *Krautov strojniški priročnik*, 16. slovenska popravljena izdaja, predelana, 1. natis / Izdajo pripravila Jože Puhar, Jože stropnik. – Ljubljana : Buča, 2017
- [6] Potrč, I., *Transportni sistemi : zbrano gradivo*, Maribor : Fakulteta za strojništvo, 1999

10 PRILOGE

Priloga 1: Sestava podpornega valjčka

Priloga 2: Cev podpornega valjčka

Priloga 3: Os podpornega valjčka

Priloga 4: Ležajno ohišje podpornega valjčka

Priloga 5: Sestava obstoječe izvedbe podpornega valjčka