

FAKULTETA ZA TEHNOLOGIJO POLIMEROV

Mitja LEMPL

**IZBOLJŠAVA MEHANIZMA ZA FINO
REGULACIJO TEŽ PARIZONOV NA
EKSTRUZIJSKIH PIHALNIH STROJIH**

Diplomsko delo

Slovenj Gradec, maj 2023

FAKULTETA ZA TEHNOLOGIJO POLIMEROV

**IZBOLJŠAVA MEHANIZMA ZA FINO
REGULACIJO TEŽ PARIZONOV NA
EKSTRUZIJSKIH PIHALNIH STROJIH**

Diplomsko delo

Študent(ka):	Mitja LEMPL
Študijski program:	Tehnologija polimerov
Mentor:	pred. Simon STUDENČNIK

Slovenj Gradec, maj 2023

IZJAVA

Podpisani Mitja Lempl izjavljam, da:

- je bilo predloženo diplomsko delo opravljeno samostojno pod mentorstvom;
- predloženo diplomsko delo v celoti ali v delih ni bilo predloženo za pridobitev kakršnekoli izobrazbe na drugi fakulteti ali univerzi;
- soglašam z javno dostopnostjo diplomskega dela v knjižnici Fakultete za tehnologijo polimerov v Slovenj Gradcu. Na Fakulteto za tehnologijo polimerov neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve diplomskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico ponuditi diplomsko delo javnosti na svetovnem spletu preko repozitorija DiRROS.

Slovenj Gradec, _____

Podpis: _____

ZAHVALA

Za pomoč pri izdelavi diplomskega dela se zahvaljujem mentorju, pred. Simonu Studenčniku, univ. dipl. inž. str., ki me je med pisanjem diplomskega dela vodil in usmerjal. Zahvaljujem pa se tudi podjetju Serioplast SL d.o.o., da so mi omogočili opravljanje diplomskega dela na podjetju in mi pri izvedbi diplome pomagali in svetovali. Velika zahvala pa je namenjena tudi vsem, ki so me skozi študijska leta spodbujali, še posebej družina in bližnji.

Iskrena hvala vsem.

POVZETEK

Izboljšava mehanizma za fino regulacijo tež parizonov na ekstruzijskih pihalnih strojih

Ekstruzijsko pihanje oziroma EBM je eden izmed bolj razširjenih nizekotlačnih procesov za predelavo polimernih materialov. EBM-postopek je prepoznaven po votlih tankostenskih produktih. Zaradi vedno večjega vpliva krožnega gospodarstva in vedno bolj razširjene uporabe recikliranih vhodnih materialov v proizvodnem procesu prihaja do pogostejših odstopanj pri zagotavljanju optimalne teže izdelkov ter njihove kakovosti. Zaradi potrebe po zagotavljanju ustrezne kakovosti in optimalne porabe vhodnih surovin je narasla potreba po zaustavljanju proizvodnega procesa in fizičnega spreminjanja parametrov na stroju. To privede do izostanka redne proizvodnje in neposredno vpliva na stroške in vzdrževanje stabilnega ter optimalnega proizvodnega procesa. Z zasnovano konceptno napravo smo naslovili ključne probleme, do katerih prihaja zaradi odstopanj v fizikalnih in kemijskih lastnostih vhodnih surovin. V želji po optimizaciji in stabilizaciji proizvodnega procesa smo razvili varno in ponovljivo ter preprosto napravo za polavtomatsko fino regulacijo tež parizonov.

Ključne besede:

Ekstruzijski pihalni stroj, EBM, 3D-koncept, regulacija, optimizacija procesa.

SUMMARY

Improvement of the parison weight fine regulation mechanism on extrusion blow moulding machines

Extrusion blow moulding or EBM is one of the most widespread low-pressure procedures for the processing of polymer materials. The EBM is recognizable by its hollow thin-walled products. Due to the increasing influence of the circular economy and the increasing usage of recycled input materials in the production process there are more frequent deviations in ensuring the optimal weight distributions of the final products and their quality. Due to the need to ensure adequate quality and optimal consumptions of input raw materials, the need to stop the production and physically change parameters on the machine has grown. This has led to a demise in active production time and directly affected the costs and maintenance of a stable and optimal production process. With the design of the conceptual device, we addressed the key issues that arise due to the deviations in the physical and chemical properties of the input raw materials. In order to optimize and stabilize the production process we have developed a safe, reproducible and a simple to use device for semi-automatic fine parison weights regulations.

Keywords:

Extrusion blowmoulding machine, EBM, 3D concept, regulation, process optimization.

KAZALO

1 UVOD	1
1.1 Opis področja naloge in opredelitev problema	1
1.1.1 Cilji in teze diplomske naloge	1
1.1.2 Metode diplomskega dela	1
2 TEORETIČNI DEL	3
2.1 Ekstruzijsko pihanje	3
2.1.1 Pihalni stroji tipa Seriomac	4
2.2 Uporaba različnih materialov in njihov vpliv na proizvodni proces	5
2.2.1 HDPE	5
2.2.2 LDPE	6
2.2.3 PP	7
2.2.4 Mehanski regenerat	8
2.2.5 Dodatki	8
2.2.6 Vpliv uporabljenih materialov na proizvodni proces	8
2.3 Princip delovanja regulacije tež in vplivi	8
2.4 Sestava ekstruzijske matrične glave	10
2.4.1 Razdelilnik	11
2.4.2 Matrična glava	11
2.4.3 Matrica in matrični trn	11
2.5 Priprava konceptne rešitve	14
3 EKSPERIMENTALNI DEL	16
3.1 Priprava CAD-modela	16
3.2 Osnovna plošča	16
3.3 Notranji sklop naprave	18
3.4 Elektromotor in povezovalni členi	21
3.5 Ohišje	24
4 REZULTATI IN DISKUSIJA	27
5 SKLEP	30
SEZNAM LITERATURE IN VIROV	31
SEZNAM SLIK	32
SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC	33
PRILOGE	34
Priloga 1: Tehnični list za Hostalen ACP 5231D	34
Priloga 2: Tehnični list za Lupolen 3010D	35
Priloga 3: Tehnični list za Moplen HP556E	36
Priloga 5: Delavniška risba osnovne plošče	38
Priloga 6: Nosilni okvir	38
Priloga 7: Nosilna palica	39
Priloga 8: Osovina	39

Priloga 9: Ohišje _____ 40

1 UVOD

1.1 Opis področja naloge in opredelitev problema

V diplomski nalogi se bomo posvetili iskanju konceptne rešitve za izboljšavo na stroju za pihalno ekstrudiranje tipa Seriomac 750. Razviti želimo napravo, s katero bi lahko poenostavili ročno nastavljanje tež na posameznih matičnih glavah ekstrudorja. S tem ne bi samo poskrbeli za boljšo varnost pri sami proizvodnji, ampak bi dosegli tudi višjo učinkovitost le-te.

V diplomskem delu bomo s pomočjo programa NX12 razvili CAD-model prototipne naprave za polavtomatsko nastavljanje tež parizonov.

1.1.1 Cilji in teze diplomske naloge

Glavni cilj izboljšave na stroju je minimaliziranje stroškov proizvodnje, ki nastajajo zaradi zaustavitve sistema.

Sprotni cilji so:

- Razviti varen in ponovljiv sistem, ki bi bil preprost za vgradnjo in uporabo.
- Preučiti vpliv izboljšave na produktivnost in ekonomičnost proizvodnje.

Hipoteze ali trditve

Predvidevamo, da bomo z vpeljšano izboljšavo pohitrili in poenostavili postopek regulacije tež, ki bo prispeval tudi k večji varnosti pri delu same proizvodnje, kar bi posledično vplivalo na celoten obseg izpada proizvodnje.

Omejitve diplomskega dela

Pri izvedbi diplomskega dela bomo zaradi omejenosti zgolj na pripravljen CAD-model lahko le sklepali, ali je izdelana rešitev ustrezna in primerna za izvedbo ter realizacijo na stroju. Pri pisanju diplomske naloge se bomo zato bolj zanašali na teoretično zasnovano modela.

1.1.2 Metode diplomskega dela

Pri pripravi diplomskega dela bomo:

- Pregledali in preučili literaturo s področja ekstruzijskega pihanja polimernih materialov.
- Pripravili bomo CAD-model konstrukcije naprave v programu Siemens NX 12 za polavtomatizirano regulacijo tež.
- Pripravili bomo tehnično dokumentacijo posameznih komponent in celotne naprave.

- Preučili in določili bomo potrebne materiale za izdelavo naprave.
- Preučili in določili statičnost konstrukcije.
- Napravili evalvacijo dobljenih rezultatov in pripravili primerjavo z obstoječim sistemom.

2 TEORETIČNI DEL

2.1 Ekstruzijsko pihanje

Ekstruzijsko pihanje oziroma EBM-postopek je eden izmed bolj razširjenih nizekotlačnih procesov predelave polimerov. Z EBM-tehnologijo proizvodimo votle termoplastične izdelke s tanko steno. Je kontinuirni proces, ki se med drugim uporablja tudi pri proizvodnji embalažnih izdelkov, kar pokriva široko področje, in sicer od prehranske industrije, kozmetike, izdelkov za osebno nego, čistil itd. Na sliki 1 je predstavljen končen proizvod EBM proizvodnje [1].



Slika 1: Prikaz končnega proizvoda EBM-proizvodnje [1]

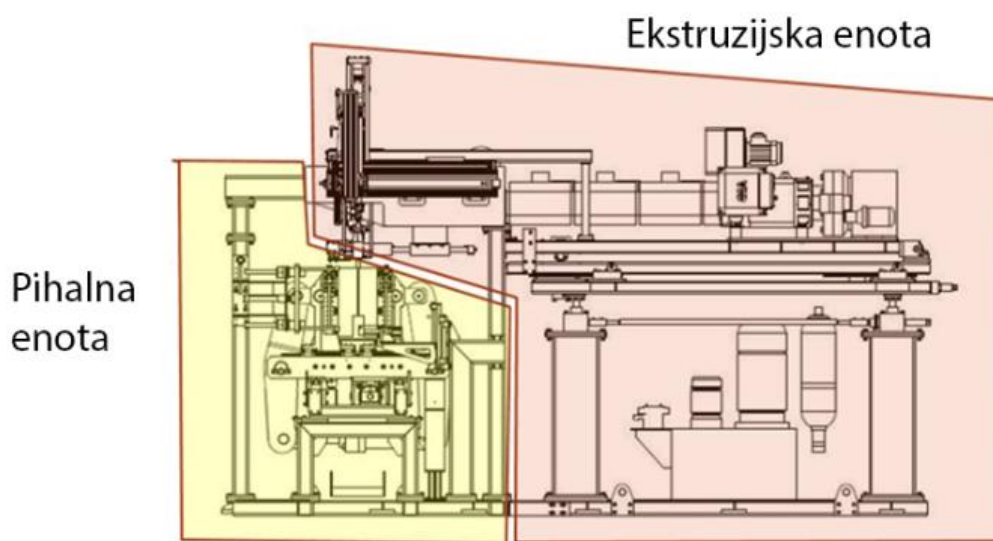
EBM-proces je prepoznaven po votli cevi, ki jo iztisne ekstrudor skozi šobo na glavi ekstrudorja, ki jo imenujemo parizon. Ko parizon steče do določene višine, ki ne presega velikosti vgrajenega kalupa, se ta na vozičku pomakne pod glavo ekstrudorja in zapre. Z nožem nato odrežemo parizon nad kalupom. Voziček z vpetim orodjem se nato pomakne pod pihalne trne, kjer se ti spustijo v kalup in napihnejo ter ohladijo naš izdelek. Ohlajeni kosi ostanejo na pihalnih trnih, medtem ko se kalup odpre in pomakne nazaj pod glavo ekstrudorja, kjer se cikel ponovi. Ob ponovnem zaprtju kalupa se naši kosi ujamejo v pobiralne roke, ki so pritrjene na kalup, in pihalni trni se dvignejo. Voziček se pomakne linearno proti pobiralni enoti, kjer z odrezilno enoto odrežemo zgornji in spodnji odrezek na našem izdelku. Obrezan izdelek nato s pobiralnimi trni dvignemo iz stroja in jih spustimo na trak, kjer nadaljujejo poti naproti pakirni liniji. Na spodnji sliki 2 je prikazan poenostavljen proces ekstruzijskega pihanja [1].



Slika 2: Poenostavljen prikaz procesa EBM [2]

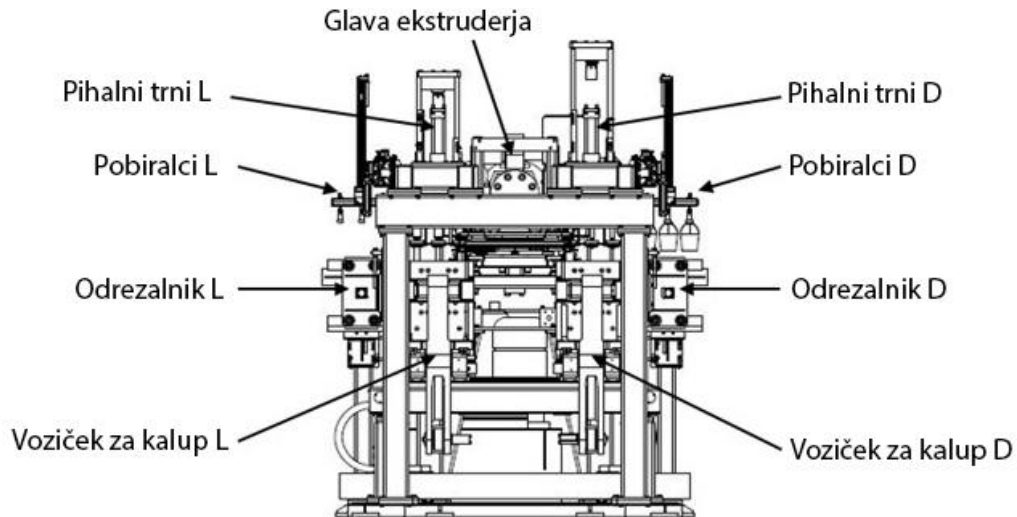
2.1.1 Pihalni stroji tipa Seriomac

Seriomac SMD 750 proizvajalca Seriomould je hidravlični EBM-stroj za proizvodnjo embalaže iz polimernih mas. Stroj sestoji iz dveh enot, in sicer iz pihalne ter ekstruzijske enote, kot je prikazano na spodnji sliki 3 [2].



Slika 3: Prikaz hidravlične in pihalne enote stroja [2]

Ekstruzijska enota sestoji iz hidravličnega sklopa, ekstrudorja s polžem ter glave ekstrudorja. Glava ekstrudorja je sestavljena iz razdelilnika, matrične glave, matrice in matričnega trna ter grelcev [2].



Slika 4: Prikaz sestave pihalne enote stroja [2]

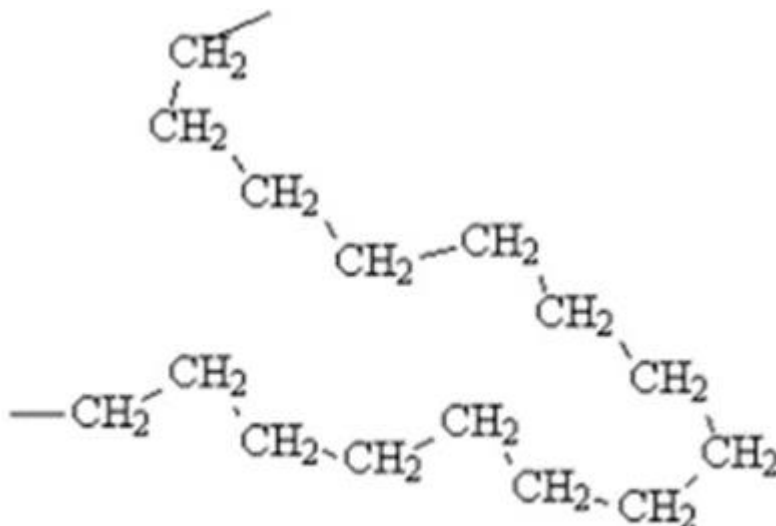
Pihalna enota je prikazana na zgornji sliki 4 in je sestavljena iz vodil, po katerih s pomočjo hidravličnih cilindrov premikamo kalupe, vpete na vozičke izpod pihalnih trnov pod glavo ekstruderja in nazaj. Za varen in nemoten proces delovanja je konstrukcija pihalne enote ograjena [2].

Na omenjenem tipu stroja bomo zasnovali koncept naprave za polavtomatsko regulacijo tež parizonov. V diplomski nalogi se bomo osredotočili predvsem na hidravlično enoto stroja.

2.2 Uporaba različnih materialov in njihov vpliv na proizvodni proces

2.2.1 HDPE

Polietilen visoke gostote je termoplastičen material, ki ga polimeriziramo v plinski fazi, suspenziji ali iz raztopine. Postopek polimerizacije poteka pod nizkimi tlaki s pomočjo katalizatorja. Po strukturi HDPE tvori razvejano linearno verigo in vsebuje manjšo količino kopolimerov, kot so butan, heksan ali oktan. Na spodnji sliki 5 je prikazana strukturna formula HDPE. Granulat HDPE se uporablja v zelo velikem obsegu različnih predelovalnih tehnologij, kot so ekstruzija, ekstruzijsko pihanje, brizganju itd. Paleta uporabe HDPE za proizvodnjo končnih izdelkov v industriji je zelo široka. Iz omenjenega materiala izdelujemo cevi, embalažo, platenke, izdelke za uporabo v medicini in farmaciji itd. [3].



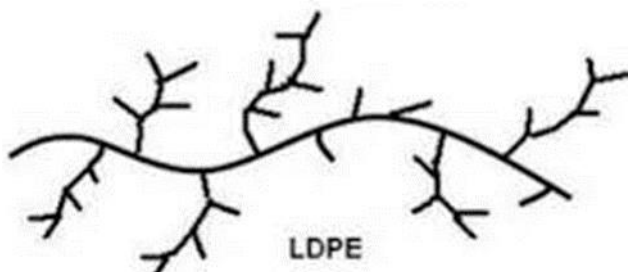
Polietilen visoke gostote

Slika 5: Prikaz molekule HDPE [3]

V podjetju se poslužujemo polietilena visoke gostote, ki je pod tržnim imenom znan kot Hostalen ACP 5231 D proizvajalca Lyondellbasell. Namenjen je za predelavo manjših izdelkov s postopkom ekstruzijskega pihanja za izdelavo embalaž, plastenk in igrač. Material prikazuje zelo dobre lastnosti odpornosti na kemikalije, togost in visoko odpornost proti napetostnim razpokam. Vsebuje antioksidante in ima široko porazdelitev molekulske mase. Tehnične podrobnosti materiala so prikazane pod prilogo 1 [3].

2.2.2 LDPE

Polietilen nizke gostote je termoplast, ki ga polimeriziramo z etilena v avtoklavu ali v cevni reaktorjih pri zelo visokih tlakih. Visokotlačna polimerizacija za razliko od nizekotlačne omogoča kopolimerizacijo etilena s polarnimi komonomeri, kot sta vinil acetat ali butilakrilat. Za polietilen nizke gostote je značilno, da tvori zelo razvejano polimerno strukturo, kot je prikazano na sliki 6 [4].

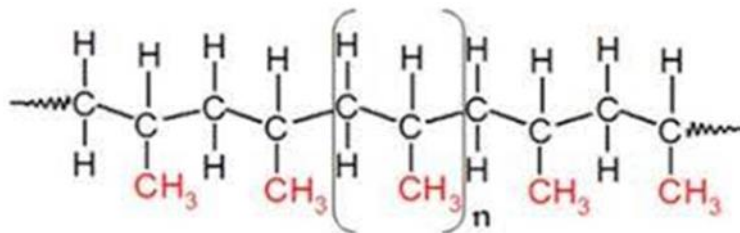


Slika 6: Prikaz molekule LDPE [4]

V podjetju za proizvodnjo uporabljamo LDPE proizvajalca Lyondellbasell, ki ga trži pod imenom Lupolen 3010 D. Je polietilen nizke gostote in brez aditivov. Tehnične lastnosti materiala so navedene pod prilogo 2 [4].

2.2.3 PP

Polipropilen je termoplastičen material, ki ga pridobivamo s polimerizacijo propilena z Ziegler-Nata-jevim katalizatorjem. Molekularna struktura je prikazana na spodnji sliki 7 [5].



Slika 7: Prikaz molekule PP [5]

Nastali homopolimeri propilena se uporabljajo v različnih predelovalnih procesih in tehnologijah, kot so brizganje, termoformiranje, pri ekstruziji in ekstruzijskem pihanju. Polipropilen se uporablja v embalažni, avtomobilski, elektro in tekstilni industriji ter v medicini [5].

V podjetju za proizvodnjo uporabljamo polipropilenski homopolimer, ki je tržen pod imenom Moplen HP556E in Moplen RP241H proizvajalca Lyondellbasel. Material je namenjen za uporabo pri ekstrudiranju in pihanju. Tehnične lastnosti materiala so navedene pod prilogo 3 in 4 [5].

2.2.4 Mehanski regenerat

Mehanski regenerat je ves material, ki ostane kot višek pri proizvodnji (odrezki, defektni izdelki). Tega dobimo z mletjem materiala, ki ga ustvarimo pri proizvodnji. Vpliv mehanskega regenerata na proizvodnjo je odvisen od procentualne količine, ki jo uporabimo za proizvodnjo. Prevelik odstotek regenerata lahko vpliva na zmanjšanje teže naših končnih izdelkov, zato je treba pri spremembi procenta regenerata spremljati težo naših izdelkov in pri tem paziti, da ne prihaja do prevelikih odstopanj od nominalnih zahtev izdelka [1].

2.2.5 Dodatki

Zraven osnovnih materialov pri proizvodnji EBM uporabljamo tudi dodatke, ki jih je moč primešati z njimi. Najpogosteje se k osnovnemu materialu lahko primešajo tako imenovani »masterbatchi«, kjer se barvni pigmenti primešajo k osnovnemu materialu. Poleg uporabe barvnih pigmentov k osnovnim materialom lahko dodajamo tudi dodatke, ki spremenijo lastnosti polimerov. Eden izmed teh so UV-stabilizatorji, ki ščitijo končni produkt pred UV-sevanjem, in z njimi preprečimo spremembo videza ter lastnosti končnega izdelka [6].

2.2.6 Vpliv uporabljenih materialov na proizvodni proces

Zaradi težnje po večji uporabi recikliranih materialov s strani proizvajalcev materialov in naročnikov naših končnih izdelkov prihaja zaradi uporabe le-teh do težav pri ohranjanju stabilnega proizvodnega procesa, ki ga je treba za izdelavo optimalnih izdelkov pogosteje prilagajati. Eno izmed večjih odstopanj, do katerih prihaja, je teža naših produktov, ki se zaradi uporabe recikliranih materialov zaradi njihovih lastnosti pogosto spreminja [1].

2.3 Princip delovanja regulacije tež in vplivi

Regulacija in spremljanje teže končnih proizvodov pri procesu ekstruzijskega pihanja je eden izmed najbolj pomembnih členov proizvodnje. S spremljanjem in dobro regulacijo lahko optimiziramo porabo vhodnih surovin ter kakovost naših izdelkov.

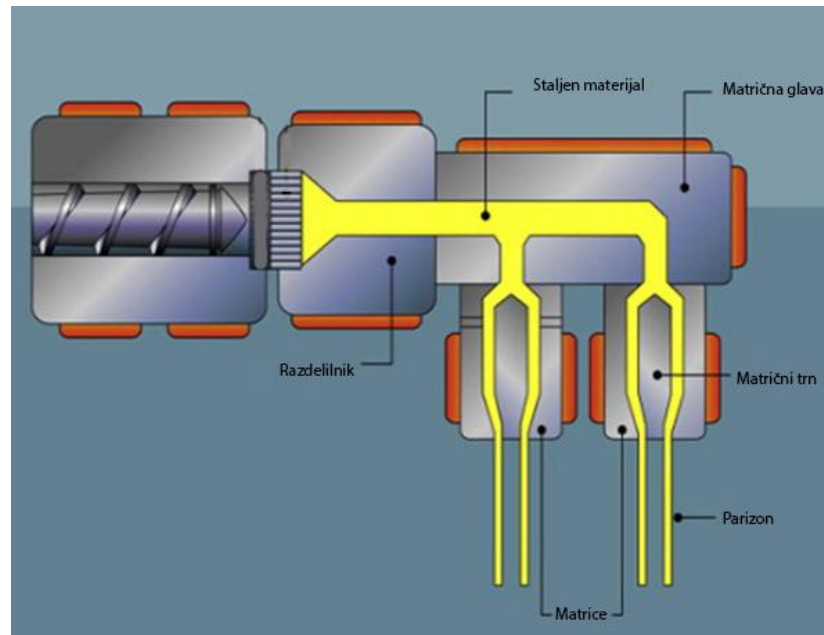
Ko govorimo o spremljanju tež in odpravljanju pomanjkljivosti med proizvodnjo, je najprej treba ugotoviti, kaj vpliva na nihanje tež med procesom proizvodnje in kako odpraviti odstopanja. Do nihanj tež v proizvodnem procesu lahko pride zaradi nabora različnih dejavnikov, od vhodnih surovin do finih nastavitev na stroju. To pomeni, da je treba za odpravo posameznih anomalij v času proizvodnje uporabiti pravilen postopek za odpravo le-teh [7].

Dejavnikov, ki lahko vplivajo na nihanje teže naših končnih izdelkov, je veliko. Najpogostejši razlogi, ki privedejo do odstopanj, so:

- Menjava vhodnih surovin oziroma procentualna sprememba posameznih komponent. Pri tem veliko vlogo predstavljata dodajanje recikliranega materiala in sprememba v dodajanju mehanskega regenerata. Vpliv recikliranega materiala na samo proizvodnjo ni zanemarljiv, zato je potreba po spremljanju in regulaciji nuja. Do odstopanj prihaja predvsem zaradi degradiranih lastnosti, ki jih ima reciklat v primerjavi z originalnim neprocesiranim materialom.
- Prevelik raztezek materiala zaradi prevelike teže parizona. V tem primeru dobimo izdelek slabe kakovosti, kajti material zaradi raztezka ni enako porazdeljen po celotnem profilu parizona.
- Sprememba profila parizona. S tem vplivamo na debelino stene parizona ali pa na določen segment parizona, kjer je potreba po boljših fizikalnih lastnostih zaradi oblike končnega produkta. V primeru, da imamo enako debelino stene čez celoten profil parizona, teh problemov običajno nimamo. Nastajajo pa predvsem pri profilih, ki imajo povečane določene segmente zaradi fizikalno zahtevnejše oblike izdelka.
- Na težo vpliva tudi dolžina parizona, ki jo lahko skrajšamo in podaljšamo glede na potrebo. Dolžina parizona je pravzaprav hitrost pretoka materiala. Problem predolgih oziroma prekratkih parizonov prepoznamo po dolžini spodnjih odrezkov. Če so ti prekratki, pomeni, da je pretok materiala prepočasen in obratno. V tem primeru lahko z regulacijo hitrosti vrtenja polža dosežemo želeno dolžino parizona. V primeru, da so naši parizoni neenako dolgi s sosednjim, pa lahko z vijakom na glavi ekstrudorja pretok materiala povečamo oziroma pomanjšamo z odpiranjem ali zapiranjem pretoka v akumulatorju [7].

Posamezni dejavniki, ki vplivajo na nihanje tež parizonov, se lahko tudi prepletajo, kar pomeni, da lahko eno odstopanje privede do drugega. Posamezna odstopanja lahko odpravimo z uporabo vgrajene programske in mehanske opreme za regulacijo. Kadar v določenih primerih potrebujemo bolj natančno regulacijo, posežemo po ročnih načinih regulacij, ki pa so ponavadi časovno zamudni, saj je treba zaustaviti proizvodni proces.

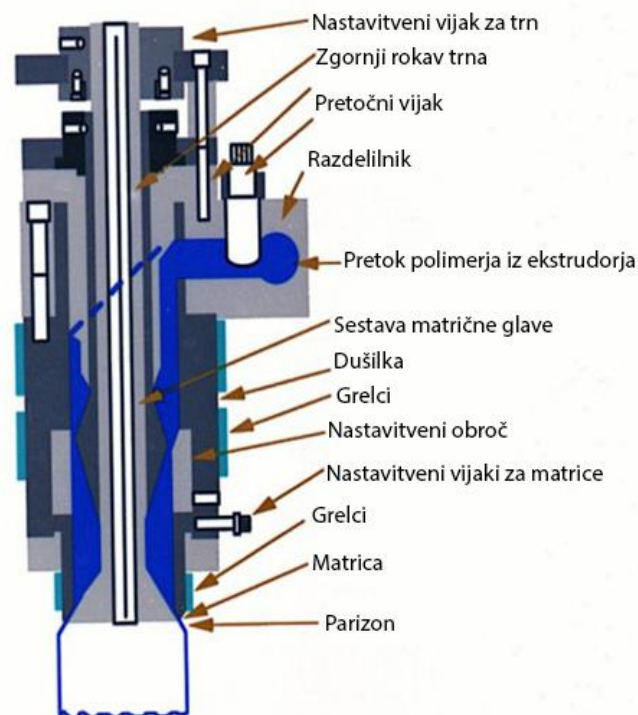
Da bi bolje razumeli delovanje in regulacijo tež parizonov, se moramo seznaniti s sestavo in principom delovanja ekstrudirne enote, ki sestoji iz ekstrudorja, kjer se naš vhodni material stali in homogenizira, ter glave ekstrudorja, kjer se naš material razdeli v posamezne segmente matrične glave in tvori parizon, kot je prikazano na spodnji sliki 8 [7].



Slika 8: Prikaz tvorjenja parizonov [7]

2.4 Sestava ekstruzijske matrične glave

Matrična glava ekstrudorja sestoji iz več posameznih sklopov, ki so namenjeni enakomerni porazdelitvi in regulaciji pretoka materiala skozi matrično glavo. Na spodnji sliki 9 je prikazana sestava matrične glave s posameznimi segmenti [8].



Slika 9: Prikaz sestave matrične glave [8]

2.4.1 Razdelilnik

Ko polž potisne staljen material v območje razdelilnika, je njegova funkcija, da enakomerno porazdeli tok materiala do ene ali več matric, kjer se formira parizon.

Kolektor lahko porazdeli masni pretok materiala na več poti, usmerjenih k vsaki glavi. Te pretočne poti imajo lahko spreminjajoče se premere (premer se večja, ko se oddaljujemo od glavnega dovoda materiala) ali pa enake premere z vgrajenimi dušilnimi vijaki. V obeh primerih te poti zagotavljajo enakost in količino pretoka materiala skozi vsako matrico.

Vijaki dušilke, prikazane na zgornji sliki 9, so ponavadi nastavljeni tako, da odprejo več pretočnega kanala, medtem ko se odmikamo od glavnega dovoda materiala. Slednja prilagoditev je pomembna za ohranitev enotne dolžine parizonov. Neenakomerne dolžine teh lahko povzročijo več različnih težav, in sicer od problemov pri odrezovanju odvečnega materiala na končnih izdelkih zaradi neenakomerne porazdelitve materiala v kalupu do deformacij končnih izdelkov [8].

2.4.2 Matrična glava

Ko staljen material preide z razdelilnika in vstopi v območje matrične glave, kot je prikazano na zgornji sliki 9, ta sklop prisili talino, da se ta razdeli v dva toka, ki potujeta okoli tulca trna ali delilnika toka in se ponovno srečata na nasprotni strani, kjer se talina ponovno združi. Ta razcep je prvi korak pri oblikovanju votle cevi staljenega materiala t. i. parizona [8].

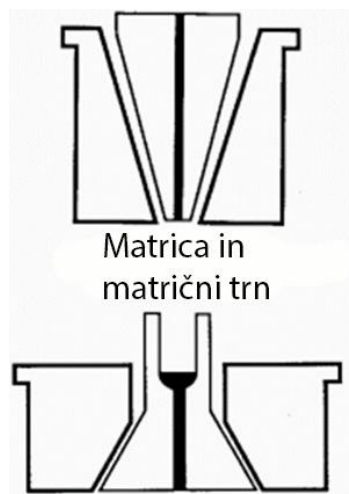
S premikom polimerne taline navzdol po sklopu matrične glave se sreča s spodnjim tulcem trna, ki ga imenujemo tudi dušilka pretoka. Omenjen sklop omejuje pretok materiala in ustvarja protitlak. V večini primerov je v matrično glavo vgrajen nastavitveni obroč, ki je namenjen nadzoru razlik hitrosti tečenja materiala skozi matrično glavo. Polimerna talina se nagiba k hitrejšemu pretoku navzdol po strani zvarne linije. Posledica tega je zvijanje parizona ob izstopu iz matrične glave. Z ekscentrično prilagoditvijo obroča lahko omejimo hitrost tečenja materiala po zvarni liniji. To nam omogoča, da parizon prične padati ravno. V večini primerov je obroč centriran na tulec trna ali dušilko [8].

2.4.3 Matrica in matrični trn

Ko polimer zapusti spodnji predel dušilke, vstopi v območje matrice in trna, ki ju včasih imenujemo tudi puša, obroč in zatič (prikazana sta na zgornji sliki 9). Omenjen sklop je tudi končna odprtina za oblikovanje parizona [8].

Zasnovo matrice in trna določajo številni dejavniki, kot so velikost, oblika, teža, zaključek vratu, vrsta materiala itd. pri izdelavi končnega produkta. Danes v industriji

uporabljamo dva tipa matričnih trnov. To sta konvergentni in divergentni tip, ki sta prikazana na spodnji sliki 10 [8].



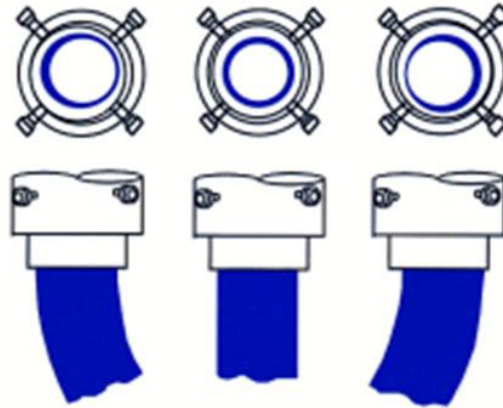
Slika 10: Prikaz konvergentnega in divergentnega tipa matričnih trnov [8]

Divergentni tip se splošno uporablja za večje izdelke, medtem ko se konvergentni tip običajno uporablja za manjše izdelke.

Zaradi vedno večjega trenda v smeri izdelave lažjih končnih produktov je spodbudilo težnjo k uporabi precizno ali ovalno oblikovanih maticah in matričnih trnov. Prednost takšnih matic in matričnih trnov je predvsem pri doseganju boljše enakomerne porazdelitve sten po obodu matrice za določene proizvode.

Matrica in matrični trn sta precizni orodji ter je za njiju treba tako tudi poskrbeti. Vse zareze ali brazde na matrici ali matričnem trnu so vidne na končnem izdelku, enako tudi napake in deformacije. Pri shranjevanju jih je treba zavarovati pred padci. Čistimo jih lahko le z neabrazivnimi orodji [8].

V matrici je mogoče nastaviti matrične vijake; z njimi lahko dosežemo zadovoljivo smer tečenja parizona. Matrične vijake lahko premikamo tako, da spremenimo položaj matrice okoli matričnega trna. Slednja prilagoditev nam omogoča, da ustvarimo enotno debelino stene parizona, posledica tega pa je, da se naš parizon spušča povsem vertikalno navzdol. Na spodnji sliki 11 je prikazana prilagoditev matričnih vijakov in vpliv na tečenje parizona [8].



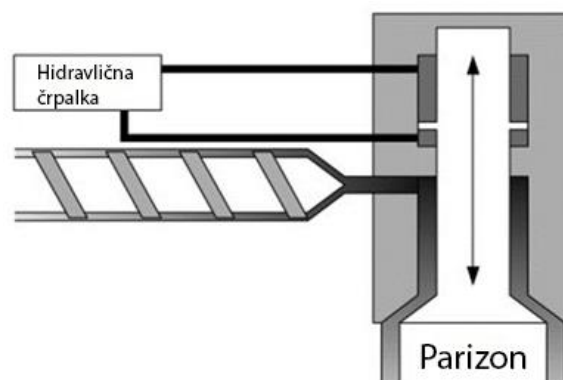
Slika 11: Prikaz vijakov za nastavljanje tečenja parizonov [8]

Matrični trn lahko nastavljamo vertikalno. S tem omogočimo spreminjanje debeline stene ter teže parizona.

Nastavljanje višine trna je možno izvesti z obračanjem dvižnega mehanizma ročno na posamezni matrični glavi ali pa s pomočjo hidravličnega cilindra, ki je povezan s krmilnikom za nastavljanje profila parizona [8].

Krmiljenje in programiranje profila parizona nam omogoča enakomerno vertikalno porazdelitev debeline sten za izdelavo končnih produktov. S krmilnikom lahko pomikamo matrični trn oziroma sklop trnov navzgor ali navzdol med samo ekstruzijo parizona, kot je prikazano na spodnji sliki 12. S temi premiki ustvarimo razliko v debelini navpične stene na posameznih odsekih, kjer je potrebna prilagoditev zaradi dimenzij in mehanskih lastnosti produkta [8].

Programator je možno nastaviti tudi tako, da z njim spremenimo le povprečno debelino stene ali težo izdelka, brez da bi pri tem vplivali na spremembo profila parizona [8].



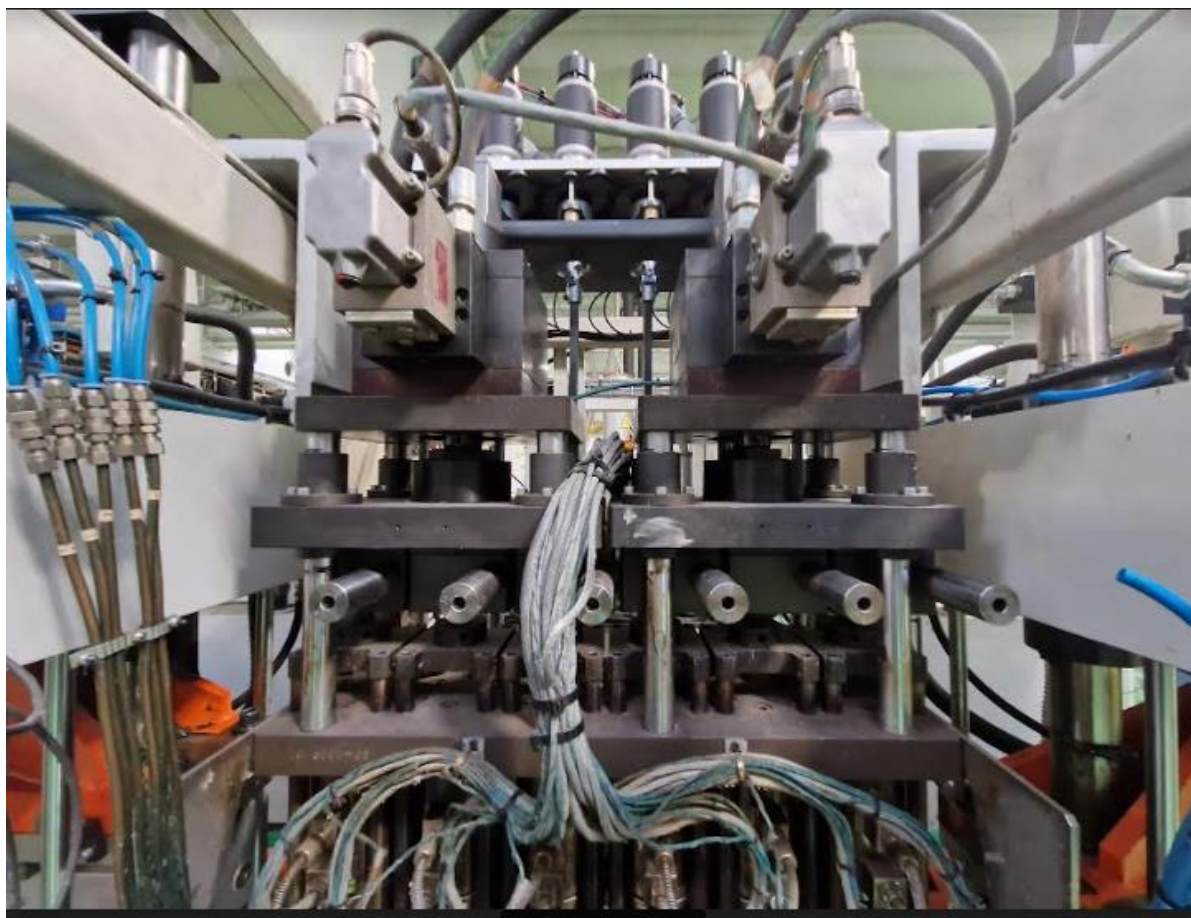
Slika 12: Prikaz krmiljenja matričnih trnov na divergentni tip [8]

2.5 Priprava konceptne rešitve

Cilj naše diplomske naloge je pripraviti enostavno in ponovljivo konceptno rešitev, katere namen je polavtomatska regulacija tež med obratovanjem stroja.

Pri izdelavi koncepta je bilo treba najprej določiti omejitve in dimenzije ter pripraviti zasnovo tako, da ta ne presega tolerančnih mej stroja.

Naprava bo vgrajena na nosilno ploščo glave ekstrudorja, kot je prikazano na spodnji sliki 13.



Slika 13: Glava ekstrudorja stroja Seriomac SMD 750

Kot je razvidno s slike 13, širina naše naprave ne sme presegati širine glave ekstrudorja, ki znaša 900 mm. V primeru neupoštevanja maksimalne širine tvegamo možnost trka naše naprave s statično konstrukcijo ogrodja stroja zaradi vibracij, ki nastajajo med obratovanjem stroja.

Na zgornji sliki 13 je tudi razvidna višina, ki je zaradi optimalnega delovanja stroja ne smemo presegati. Višina celotne naprave ne sme presegati 250 mm in ne sme biti manjša od 195 mm. S tem omogočimo dovolj prostora, da z napravo ne pokrivamo grelcev na matričnih šobah in vijakov za nastavljanje smeri odtokanja parizonov, kar

bi lahko bilo moteče med vzdrževalnimi deli na spodnjem delu glave ekstrudorja in med proizvodnim procesom pri korekcijah smeri tečenja parizonov.

Na spodnji sliki 14 je razvidna dolžina, ki jo še lahko zavzamemo, brez da bi s tem vplivali na optimalno delovanje stroja. Optimalna dolžina naše naprave ne sme presegati 800 mm zaradi prevelikega tveganja, da bi lahko prišlo med obratovanjem stroja do trka naše naprave z zunanjim zaščitnim okvirjem stroja zaradi vibracij, ki nastajajo med delovanjem. Dolžina naše naprave mora znašati vsaj 400 mm, da dobimo dovolj prostora za vgradnjo notranjih delov naprave.



Slika 14: Prikaz prostora za vgradnjo naprave na stroju

V grobem smo zasnovali štiri ključne segmente naše naprave. To so:

- Osnovna nosilno-pritrtilna plošča, ki bo z vijaki vpeta na nosilno ploščo glave ekstrudorja. Nanjo bodo postavljeni notranji mehanski in elektronski elementi ter zaščitni okvir.
- Notranji sklop bo v osredju sestavljal elektromotor, ki bo pritrjen na zanj posebej prilagojen nosilec, ta pa bo vpet na osnovno pritrtilno ploščo.
- Vezni člen med elektromotorjem in mehanizmom za ročno regulacijo tež parizonov. Je najpomembnejši člen naše naprave, saj bomo z njim prenesli navor elektromotorja na ročni mehanizem, ki ga bo zavrtel v zeleno smer.
- Zadnji pomemben segment naše naprave je zunanji zaščitni pokrov. Namenjen je predvsem kot zaščita pred neodobrenimi posegi v napravo. Med drugim pa je tudi mišljen za zaščito pred nenamernimi udarci v napravo med obratovanjem in kot toplotni ščit pred vročino, ki seva z glave ekstrudorja.

3 EKSPERIMENTALNI DEL

3.1 Priprava CAD-modela

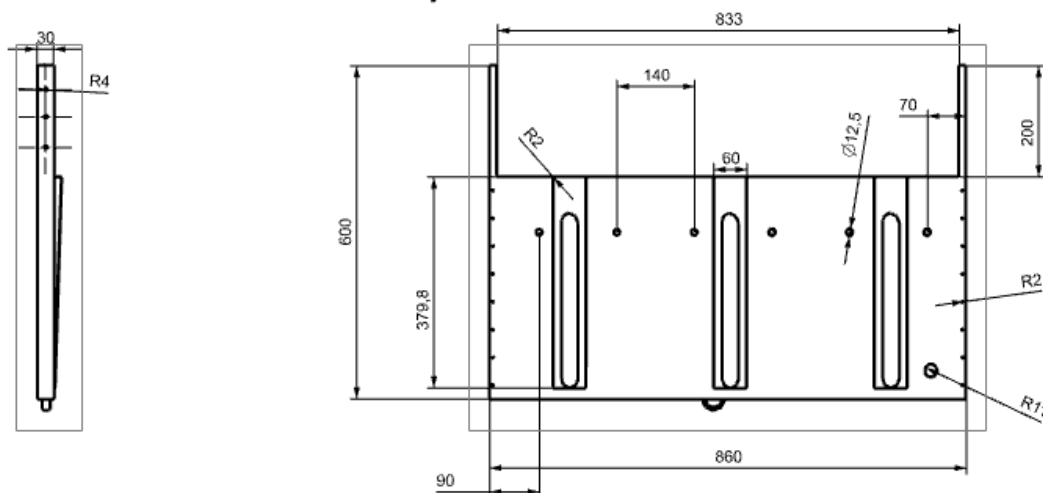
Za pripravo našega 3D-modela smo za izris in modeliranje uporabili program NX12. Za izdelavo natančnega modela smo uporabili dimenzije, ki smo jih izmerili na stroju. Celoten model naše zasnove bo sestavljen iz 46 sestavnih delov, ki jih bomo posamično izrisali in nato združili v celoto.

Preden smo pričeli z izrisom posameznih delov v programu NX, smo najprej določili, katere in koliko različnih delov bomo potrebovali za pripravo našega modela. Odločili smo se, da bo naš koncept sestavljen iz:

- osnovne pritrdilne plošče,
- pritrdilnega nosilca in okvirja za motor,
- elektromotorjev in gibljivih zglobov,
- osovine,
- kardanskega člena,
- ravnega imbusa M10,
- ohišja.

3.2 Osnovna plošča

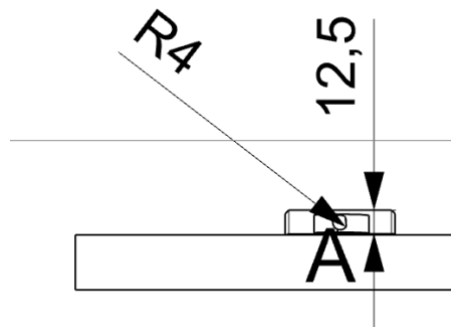
Pričeli smo z izrisom osnovne plošče. Na njo bomo postavili celotno sestavo naše naprave in predstavlja glavno nosilno podlago. Dimenzije naše nosilne plošče znašajo 400 mm x 860 mm x 30 mm, kot je prikazano na spodnji sliki 15.



Slika 15: Delavniška risba osnovne plošče

Na osnovno ploščo smo, kot je prikazano na zgornji sliki 15, vrisali dve podaljšani stranici dimenzije 200 mm x 15 mm x 30 mm. V podaljšani stranici smo nato vrisali luknje M10, kot je razvidno s slike. Namen teh stranic je pritrditev osnovne plošče na

nosilno ploščo glave ekstrudorja. Za dodatno podporo smo na spodnjo stran plošče dorisali tri nosilce, ki so spojeni z osnovno ploščo in v širino merijo 60 mm ter imajo višino 12,5 mm. V njih smo po sredini vrisali luknjo z navojem M10 na sprednji strani, ki bo vpeta na nosilno ploščo glave ekstrudorja, kot je razvidno na spodnji sliki 16. Na zunanjih robovih osnovne plošče smo napravili še 2 mm posnetja robov, na spodnjih nosilcih pa smo po zunanjih robih napravili 0,1 mm posnetja robov.

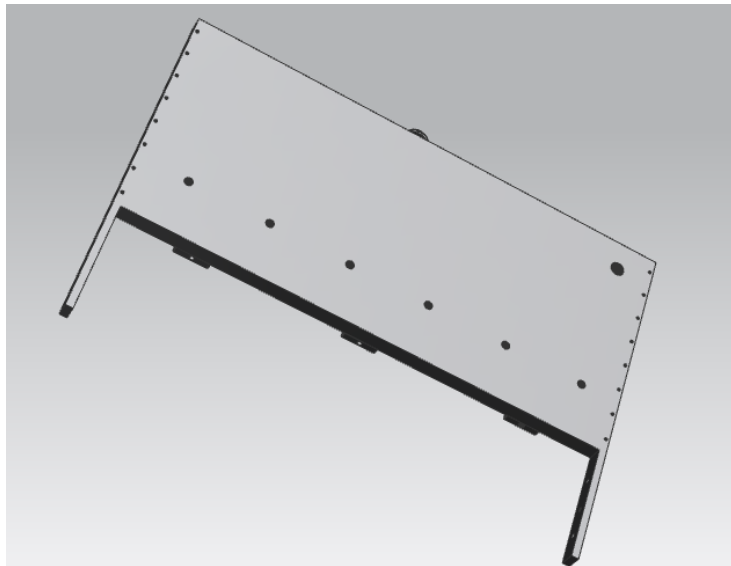


Slika 16: Detajl A na delavniški risbi osnovne plošče

Na sredino osnovne plošče smo vrisali luknje z navojem M17. Razmak med robom in prvo luknjo znaša 90 mm. Naslednje luknje smo nato vrisali na razdalji 140 mm med središči lukenj. Luknje, ki smo jih vrisali po sredini plošče, so namenjene za pritrjevanje nosilnih palic za nosilne okvirje elektromotorjev. Luknje smo vrisali tako, da bodo ob vgradnji naprave na stroj elektromotorji horizontalno poravnani z mehanizmi za regulacijo tež na glavi ekstrudorja. Na osnovno ploščo smo vrisali še luknjo z navojem premera 22 mm za pritrnitev uvodnice za kable. Končna oblika naše osnovne pritrdilne plošče je prikazana na spodnjih slikah 17 in 18.



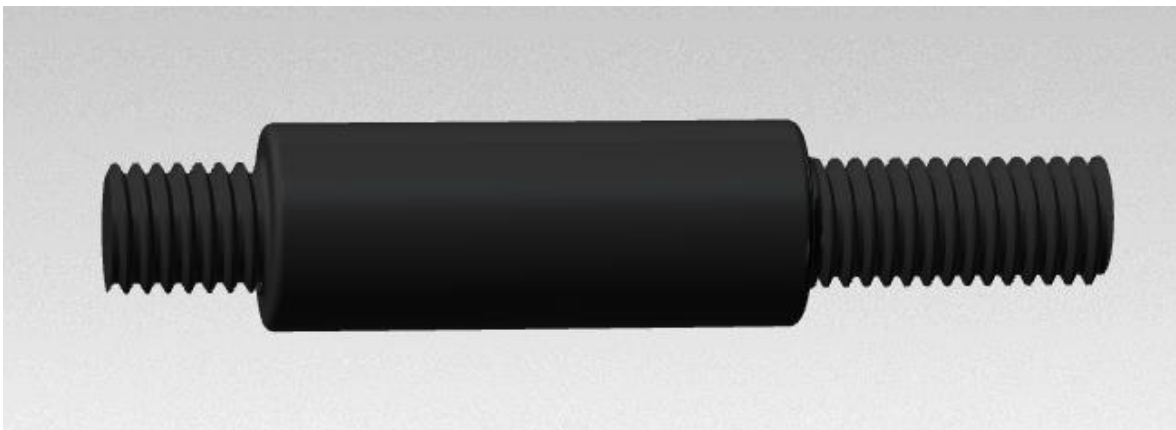
Slika 17: 3D-model osnovne plošče



Slika 18: 3D-model osnovne plošče

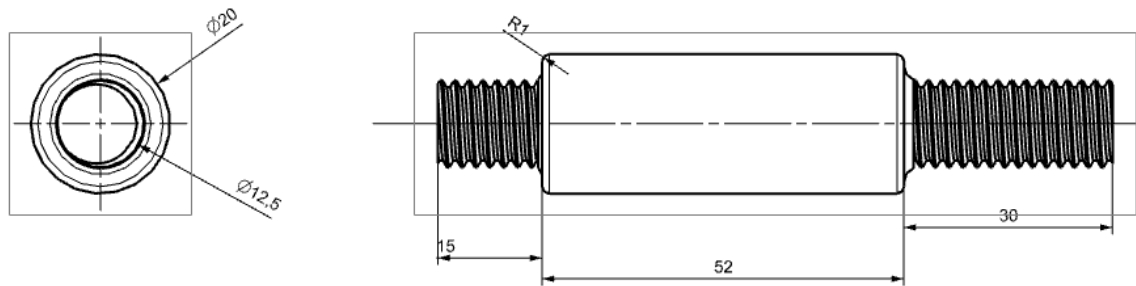
3.3 Notranji sklop naprave

Notranji sklop naše naprave sestoji iz treh elementov, in sicer nosilne palice, nosilnega okvirja in elektromotorja, ki so prikazani na spodnjih slikah 19, 21 in 23.

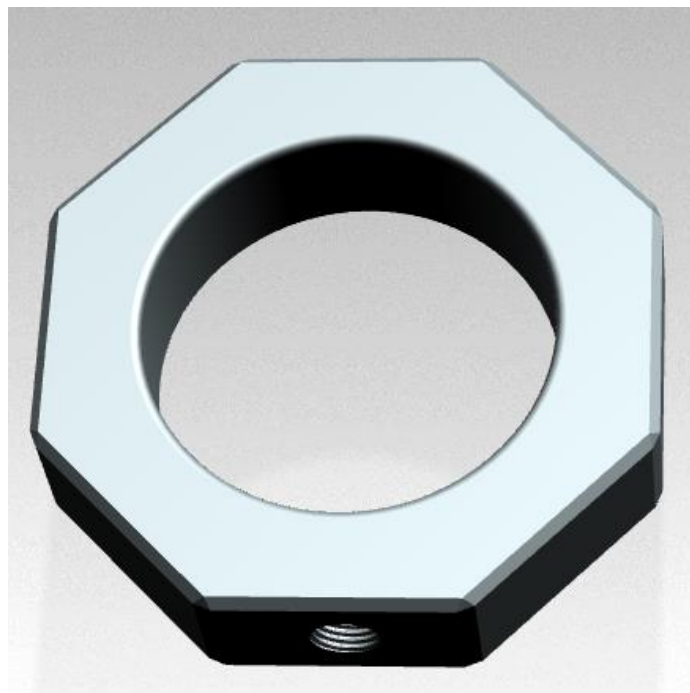


Slika 19: 3D-model nosilne palice

Nosilna palica ima zgornji in spodnji premer 12,5 mm in sredinski del premera 20 mm. Na spodnji in zgornji strani palice smo dodali zunanji navoj. Kot je prikazano na spodnji sliki 20, višina celotne palice znaša 95 mm, medtem višina spodnjega navoja znaša 30 mm, tako da ga lahko povsem privijemo v osnovno ploščo. Zgornji navoj je vrezan, meri 20 mm do vrha palice in je namenjen za pritrditev nosilnega okvirja za elektromotor. Mere nosilne palice so prikazane na spodnji sliki 20.

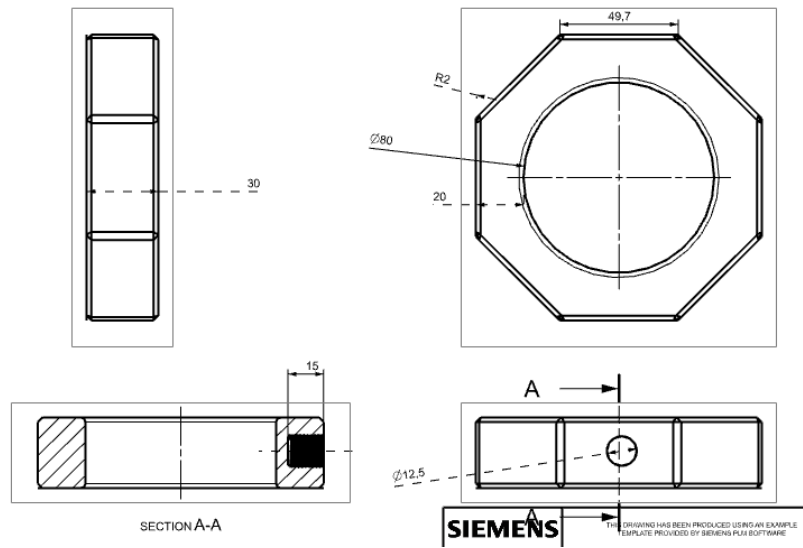


Slika 20: Delavniška risba nosilne palice



Slika 21: 3D-model nosilnega okvirja

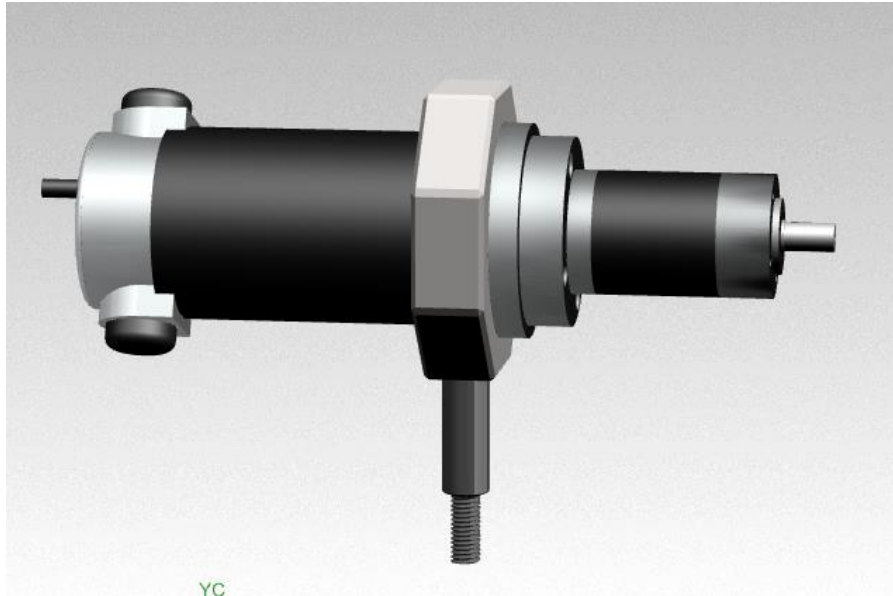
Nosilni okvir za elektromotorje je namenjen zasidranju elektromotorjev na primerni višini in razdalji od glave ekstrudorja. Oblikovali smo ga heksagonalno, pri tem zunanja stranica meri 49,7 mm. V sredino smo vrisali luknjo premera 80 mm in znaša enako kot zunanji premer elektromotorja, ki ga bomo namestili vanj. Debelina našega okvirja znaša 30 mm, to pa nam omogoči, da motor ohranja lego brez dodatnih pritrditev motorja. Takšna izvedba nosilca nam omogoča tudi lažjo menjavo motorja v primeru okvar. Na spodnjo ploskev okvirja smo vrisali luknjo z notranjim navojem globine 15 mm, ki se prilega zgornjemu navoju na nosilni palici. Mere nosilnega okvirja so prikazane na spodnji sliki 22.



Slika 22: Delavniška risba nosilnega okvirja

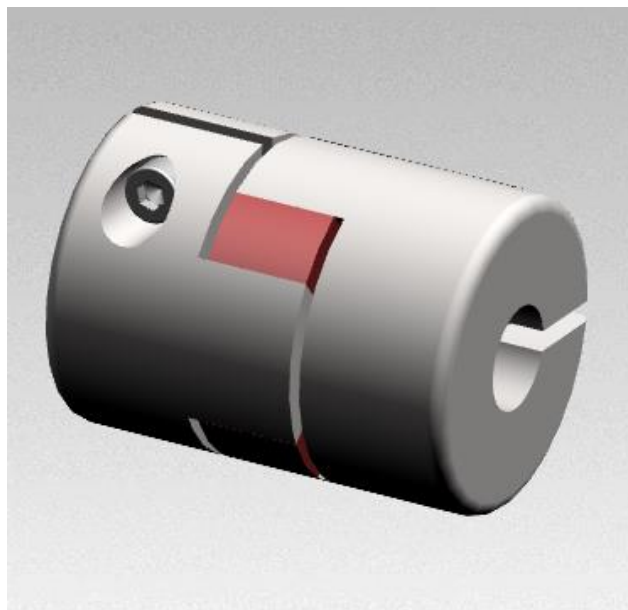
3.4 Elektromotor in povezovalni členi

Za vgradnjo smo izbrali standardni 12V DC elektromotor model EC050.24E proizvajalca Transtechno, ki sestoji iz statorskega in rotorskega dela. 3D-model elektromotorja smo prenesli s spletnega kataloga dobavitelja in ga vstavili v naš nosilni okvir, kot je prikazano na spodnji sliki 23 [9].



Slika 23: Sestavljen elektromotor z nosilcem

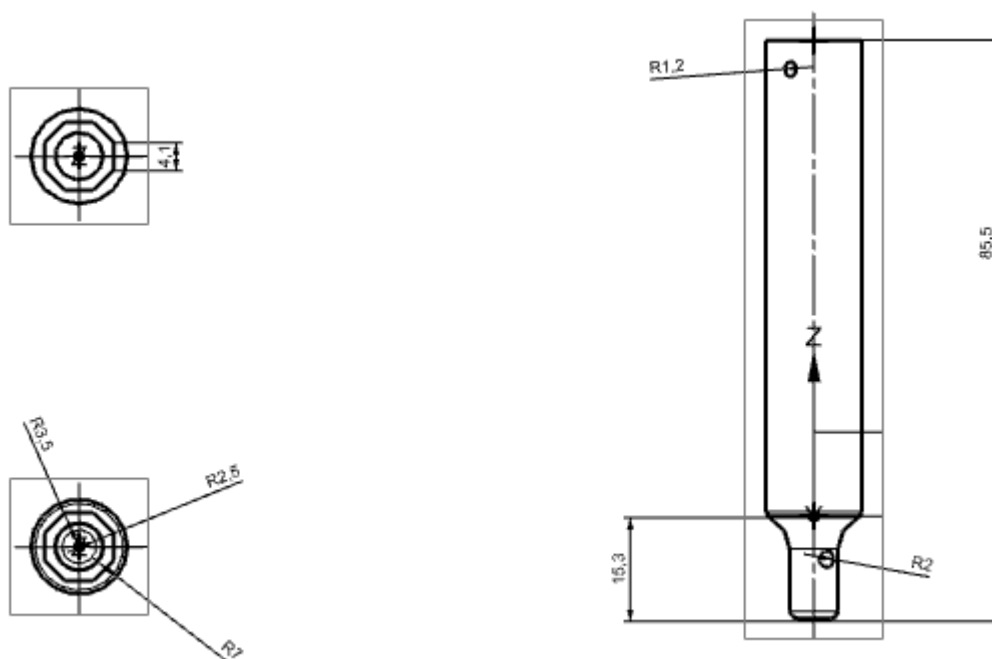
Za prenos navora z elektromotorja na mehanizem za regulacijo tež smo sestavili vezni člen. Vezni člen med elektromotorjem in mehanizmom je sestavljen iz štirih različnih elementov, ki kot celota omogočajo stabilen prenos navora med delovanjem stroja. Na elektromotor smo najprej vstavili gibljivo spojko, ki je prikazana na spodnji sliki 24 [10].



Slika 24: Gibljiva spojka [10]

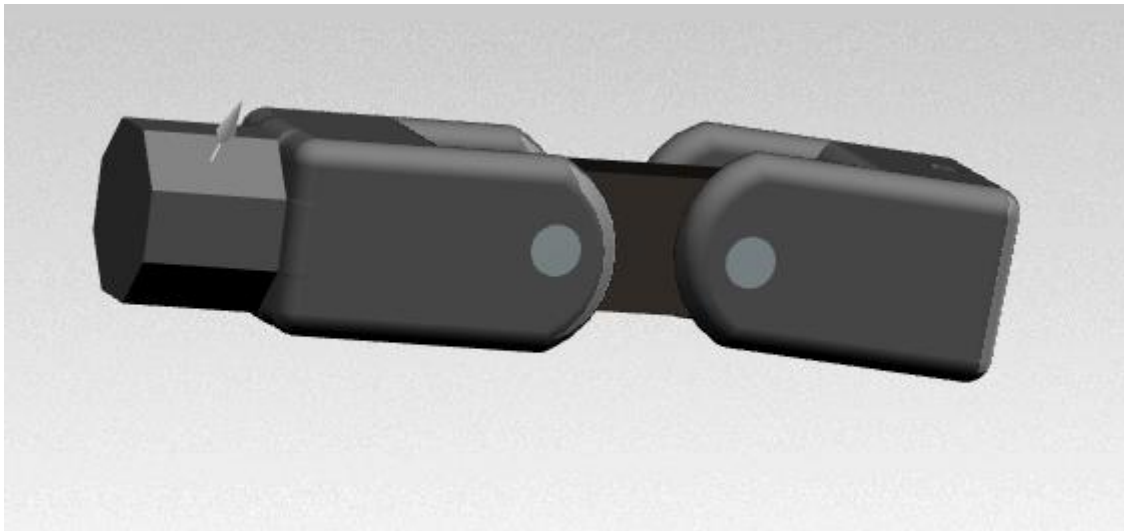
Je standardni element, ki smo ga prenesli s spletnega kataloga dobavitelja elektromotorjev. Gibljiva spojka nam omogoča premik osovine za $1,5^\circ$ iz centra vrtenja, brez da bi pri tem prišlo do ukrivljenja. Namen dotičnega elementa je preprečitev ukrivljanja osovine med delovanjem stroja zaradi tresljajev, ki so posledica premika ekstrudorja in obratovanja stroja.

Naslednji sestavni element veznega člena je osovina. Izrisali smo krog premera 14 mm in ga ekstrudirali do višine 100 mm. Na plašč valja smo vrisali dve luknji z navojem M3, kot je prikazano na spodnji sliki 25. Namen teh lukenj je zasidranje osovine in veznih elementov.



Slika 25: Delavniška risba osovine

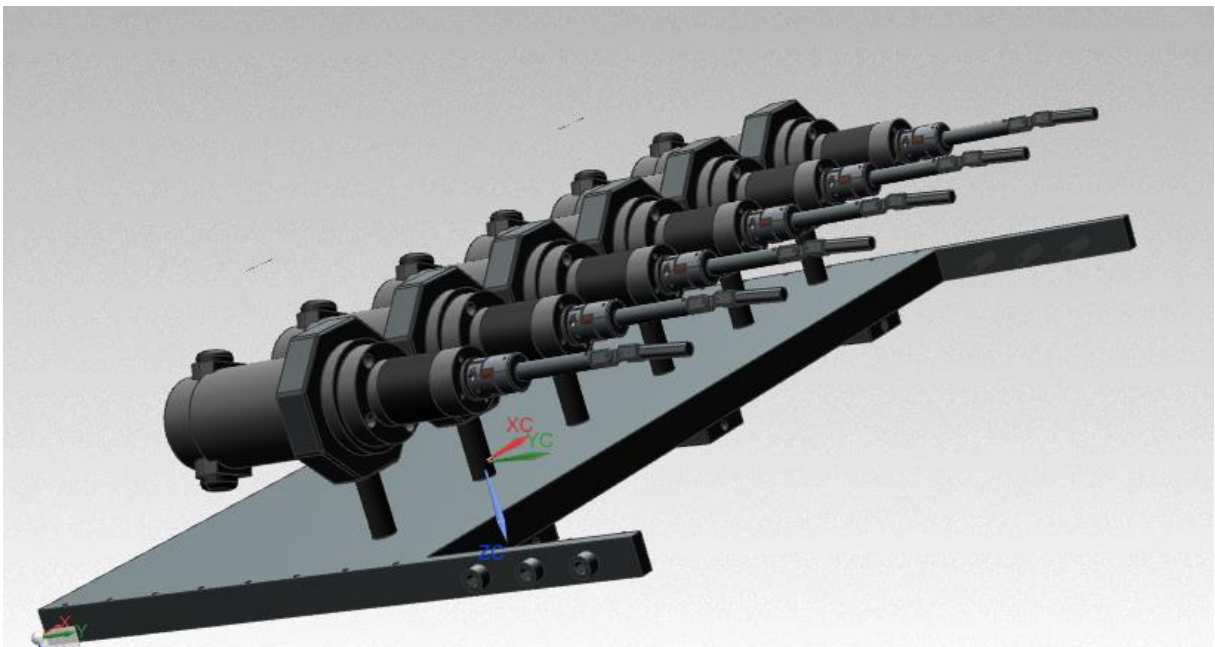
Da bi še dodatno preprečili ukrivljanje veznih členov in uničevanja glave vijaka za regulacijo tež smo se odločili, da sestavi dodamo še kardanski člen, ki je prikazan na spodnji sliki 26.



Slika 26: Kardanski člen

Člen nam omogoča prenos navora z motorja in osovine na priklopni člen za regulacijo tež na glavi ekstrudorja tudi v primeru, če osi med seboj niso poravnane. Do premika osi vrtenja bo na stroju prihajalo zaradi vibracij, ki nastajajo med obratovanjem stroja in zaradi sprememb profilov parizonov med samim ciklom delovnega procesa.

Zadnji člen, ki ga potrebujemo, je raven imbus z okroglo glavo M10, ki ga bomo na eni strani pritrdili na kardanski člen, na drugi strani pa vpeli v glavo vijaka za nastavljanje tež. Na spodnji sliki 27 je prikazana sestava osnovne plošče, nosilcev in elektromotorjev ter veznih členov.

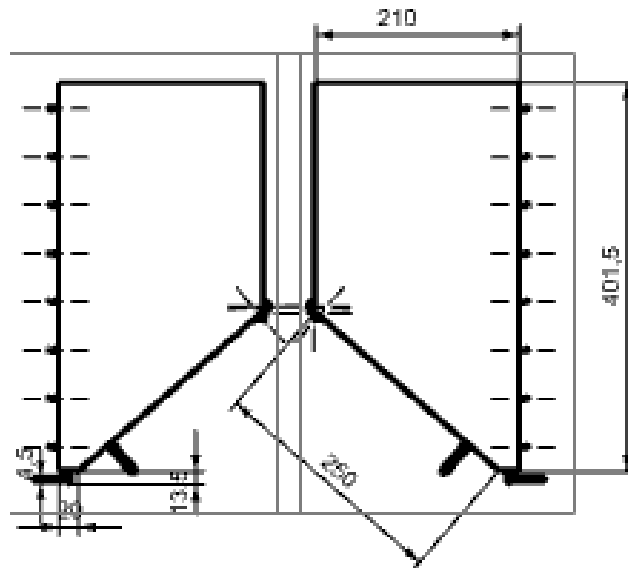


Slika 27: Prikazana sestava osnovne plošče z notranjimi elementi naprave

3.5 Ohišje

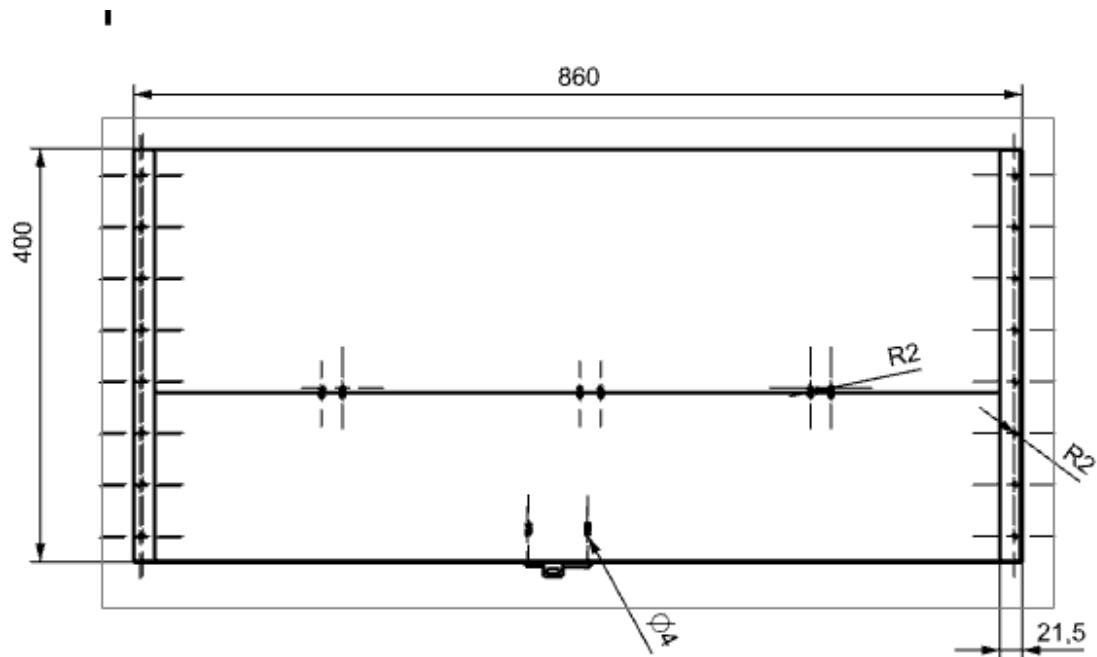
Namen ohišja je predvsem zaščita pred neodobrenimi posegi v mehanske in elektronske komponente naprave in pred vplivi temperaturnih obremenitev, ki jih oddajajo grelni komponente na glavi ekstrudorja.

Ohišje smo izrisali tako, da smo najprej napravili levo in desno stranico ohišja, ki je z vsemi dimenzijami prikazana na spodnji sliki 28.



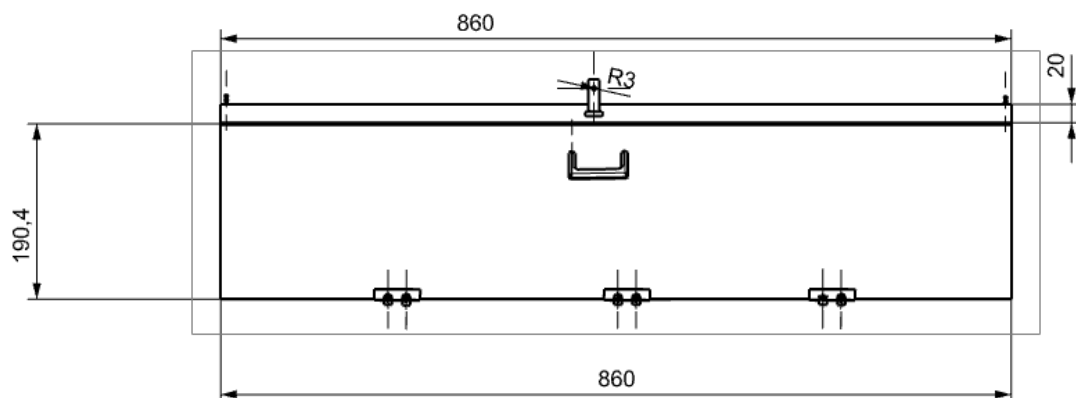
Slika 28: Delavniška risba stranskih stranic ohišja

Na spodnjem delu obeh stranic smo vrisali konzolo in na njo razporedili osem lukenj premera 4 mm, ki služijo za pritrjevanje na osnovno ploščo, kot je razvidno iz spodnje slike 29.



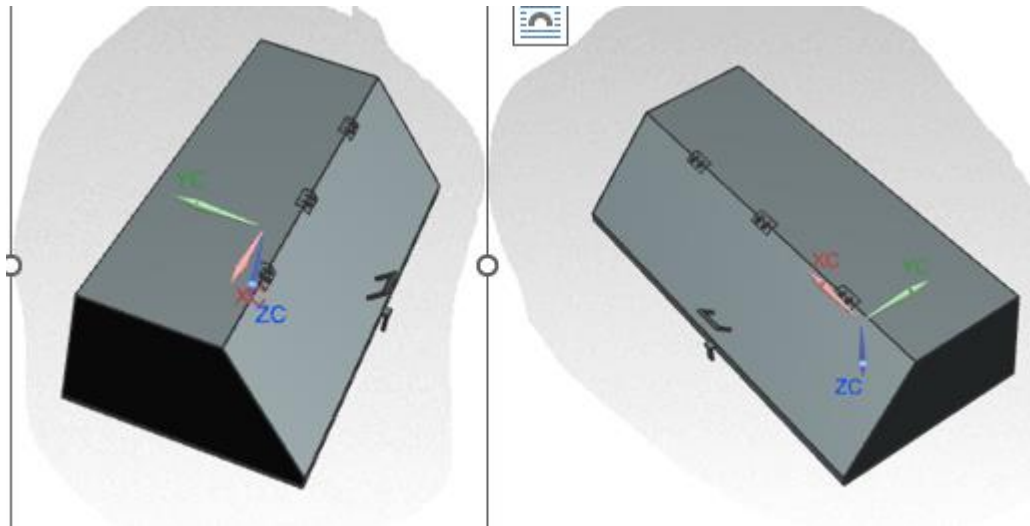
Slika 29: Delavniška risba ohišja

Nato smo izrisali še zgornjo vezno stranico pravokotne oblike z merami 860 mm x 200 mm. Na stranico smo vrisali še po tri pare lukenj premera 4 mm, kot je prikazano na spodnji sliki 30. Na te luknje bomo pritrdili dvokrilne sponke za vrata ohišja, ki smo jih izrisali.



Slika 30: Delavniška risba ohišja

Vrata ohišja smo sestavili iz dveh stranic, ki smo jih združili v celoto. Dimenzije teh stranic so prikazane na zgornji sliki 30. Na večjo stranico smo v sredini vrisali dve luknji premera 4 mm, ki smo jih uporabili za pritrditev ročaja, kot je razvidno na zgornji sliki 30. Na spodnji sliki 31 je prikazan končen izgled sestavljenega ohišja.

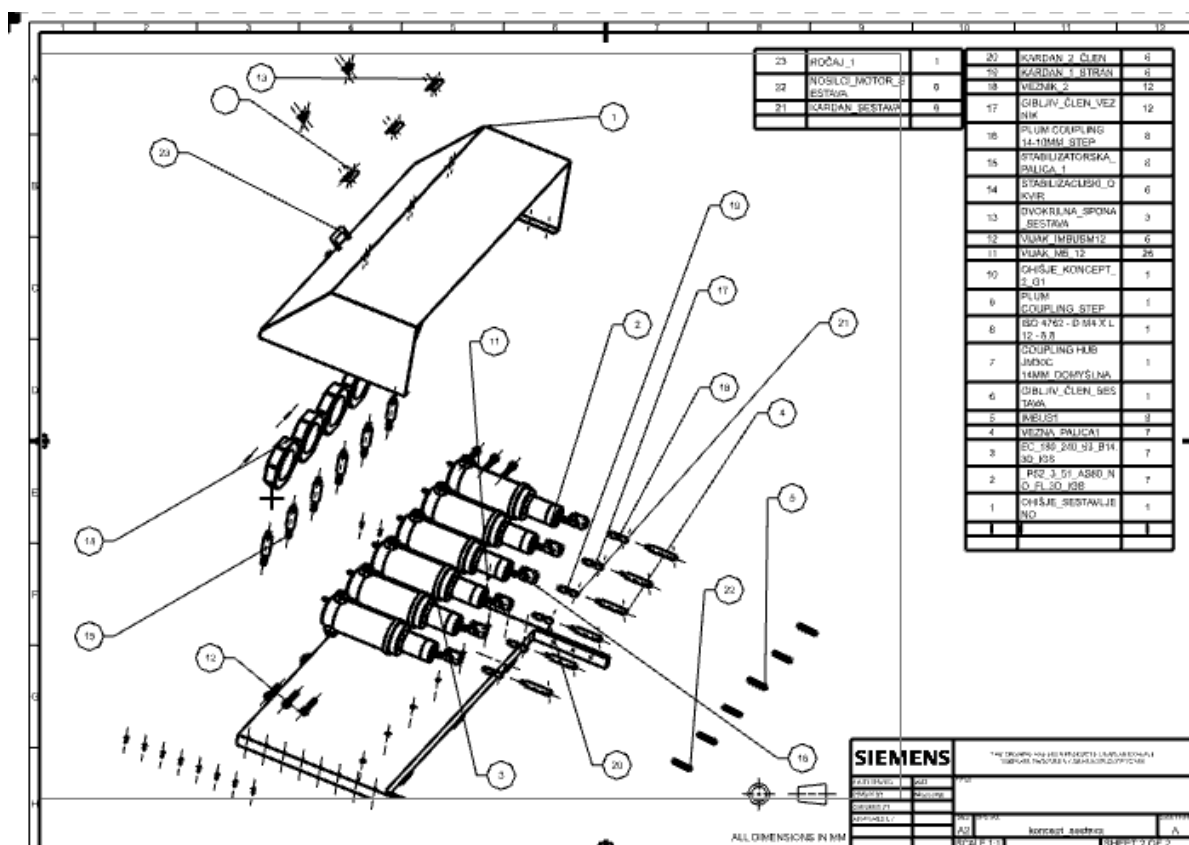


Slika 31: 3D-model ohišja

4 REZULTATI IN DISKUSIJA

Za diplomsko nalogo smo izdelali 3D-model konceptne zasnove naprave za polavtomatsko regulacijo tež parizonov na stroju tipa Seriomac SMD 750.

Naša naprava v celoti sestoji iz 46 elementov, ki so prikazani na spodnji sliki 32 delavniške risbe eksplozije. Tehnična dokumentacija je prikazana na prilogah od 5 do 9.



Slika 32: Eksplozija delavniške risbe

CAD-model smo zasnovali s ciljem, da je ta preprost in varen za upravljanje med obratovanjem stroja. Velik pomen nam je predstavljala tudi nezahtevnost za vgradnjo naprave na stroj in da smo omejili njeno vzdrževanje na minimalno raven. Zasnovali smo mehansko, relativno preprosto in trpežno konstrukcijo. Ogradnje in posamezni nosilni elementi naprave bodo izdelani iz pocinkanih železnih zlitin, kar nam bo omogočilo prenos težjih bremen in protikorozijsko zaščito. Ohišje naprave bo izdelano iz prašno barvane pločevine in ročaja iz polimerne mase. Elektro komponente predstavljajo elektromotorji in potrebna električna vezja od naprave do napajanja ter do krmilnika. Pri motorjih je večja verjetnost, da bi prišlo do okvar, kar smo pri izrisu CAD-modela upoštevali in zaradi tega dodali vrata na ohišju. To nam omogoča lažji dostop do notranjih sklopov naprave in njihove menjave.

Z izdelavo ohišja in zaklepne lopute smo napravili zaščito pred neodobrenim posegom v napravo ter tako tudi napravo zaščitili pred nenamernimi udarci, do katerih lahko pride med nastavljanjem smeri odtokanja parizona.

Z vidika varnosti strojnih operaterjev bi z vgradnjo omenjene naprave naredili veliko. Trenutno je treba za prilagoditev tež na posamezni matrični glavi stroj ustaviti in fizično vstopiti v nevarno območje stroja, kar pa bi z vgradnjo naše naprave odpravili in s tem zmanjšali čas zadrževanja ljudi v nevarnem območju stroja ter posledično tudi poškodbe, do katerih bi lahko prišlo med procesom ročne regulacije tež, kot so opekline, ureznine in udarnine.

Delovanje naprave je v principu preprosto. Za potrebe regulacije tež na posamezni matrični glavi bi z vrtenjem elektromotorjev v eno smeri odpirali pretok materiala skozi matrično šobo in posledično dvignili težo na posamezni glavi ter z vrtenjem v drugi smeri dosegli obratni učinek. Motorji so povezani na elektro omarico s krmilnikom, na kateri so vgrajena stikala za vrtenje posameznih motorjev v eno ali drugo stran. S tem vplivamo na odpiranje in zapiranje mehanizma za regulacijo tež na posamezni matrični glavi in posledično na težo končnega izdelka. To nam bo omogočilo zelo precizno regulacijo tež brez zmanjševanja produktivnosti proizvodnje, kajti znebili se bomo potrebe po zaustavitvi stroja za potrebe ročne regulacije in nato čakanja na stabilizacijo procesa po ponovnem zagonu proizvodnje.

Predvideni stroški izdelave in vgradnje posamezne naprave nanese med 5000 in 8000 evri, v kar je všteta cena izdelave posameznih elementov, motorjev in izgradnje potrebne električne napeljave na stroju.

Z izdelavo in vgradnjo naprave sklepamo, da bi dokaj hitro opravičili nastale stroške naprave, saj prihaja zaradi vedno širše uporabe recikliranih materialov do bolj pogostih odstopanj tež izdelkov med proizvodnim procesom. To vpliva na stabilnost proizvodnega procesa, saj prihaja do nenačrtovanih izpadov proizvodnje zaradi trenutne potrebe po zaustavljanju in ročni regulaciji tež na posameznih matričnih glavah, kar bi z vgradnjo naprave odpravili. Naprava bi nam omogočala tudi boljši nadzor nad porabo vhodnih surovin in zmanjšala njihove stroške.

Na spodnjih slikah 33 in 34 je predstavljen končni 3D-model naše konceptne naprave za polavtomatsko regulacijo tež parizonov.



Slika 33: 3D-model sestavljene naprave



Slika 34: 3D-model sestavljene naprave

5 SKLEP

Cilj diplomske naloge je bil zasnova varne in ponovljive konceptne naprave za polavtomatsko regulacijo tež parizonov, s katero bi lahko minimalizirali stroške zaradi zaustavitve proizvodnega procesa. Naš 3D-model smo zasnovali tako, da smo najprej z meritvami na stroju določili tolerančne omejitve, v katerih je izdelava naše prototipne naprave še sprejemljiva in varna za vgradnjo na stroj. V programu Nx12 smo izrisali posamezne CAD-komponente, ki jih potrebujemo za izdelavo naše naprave, in jih nato sestavili v celoto.

Z vpeljavo naše konceptne rešitve v proizvodni proces lahko sklepamo, da bi hipotetično na letni ravni dosegli izredno zmanjšanje stroškov proizvodnje, ki posledično nastajajo zaradi zaustavitve delovnega procesa zaradi potrebe po ročnih regulacijah tež in se s tem povsem izognili nevarnostim, do katerih lahko pride pri ponovnih zagonih proizvodnega procesa. Z omenjeno adaptacijo na strojih bi tudi olajšali in pohitrili delo operaterjev na strojih ter s tem poskrbeli za večjo varnost na delovnem mestu, saj bi zmanjšali čas zadrževanja operaterjev v vročem in nevarnem območju stroja. Posledično bi z vpeljavo naše prototipne naprave zmanjšali obseg poškodb, ki bi se lahko pripetile pri delu na stroju.

Z vgradnjo izdelanega CAD-modela konceptne naprave za polavtomatsko regulacijo tež parizonov bi lahko izboljšali in poenostavili proizvodni proces. Za določitev konkretnih rezultatov bi bila potrebna izdelava in vgradnja naše prototipne naprave na stroj, kar pa na žalost še ni bilo realizirano. Menimo, da so prednosti vgradnje takšne naprave na stroj dobro utemeljene in bi drastično pripomogle k izboljšanju in optimizaciji proizvodnega procesa na dolgi rok.

SEZNAM LITERATURE IN VIROV

- [1] S. Belcher, Practical Extrusion Molding, 1st edition, n.d.
- [2] Serioplast, Seriomac, 2011.
- [3] Lyondellbasell, HDPE, (2018). <https://www.lyondellbasell.com/en/products-technology/polymers/resin-type/hdpe/> (accessed April 16, 2023).
- [4] Lyondellbasell, LDPE, (n.d.). <https://www.lyondellbasell.com/en/products-technology/polymers/resin-type/ldpe/> (accessed April 16, 2023).
- [5] Lyondellbasell, Polypropylene, Homopolymer, (n.d.). <https://www.lyondellbasell.com/en/products-technology/polymers/resin-type/polypropylene-homopolymer/> (accessed April 16, 2023).
- [6] Ampacet, Uv light stabilizers, (n.d.). <https://www.ampacet.com/masterbatch-products/ampacet-additives/uv-light-stabilizers/> (accessed April 16, 2023).
- [7] Extrusion Blow Molding - an overview | ScienceDirect Topics, (n.d.). <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/extrusion-blow-molding> (accessed April 16, 2023).
- [8] Lyondellbasell, The Manifold and Head Assembly, (n.d.). <https://www.lyondellbasell.com/globalassets/documents/polymers-technical-literature/tech-topic-the-manifold-and-head-assembly.pdf?id=13905> (accessed April 16, 2023).
- [9] Transtechno, Products, (n.d.). <https://www.transtecno.com/en-en/gearboxes-and-garmotors/> (accessed April 16, 2023).
- [10] Nikolaj, Jaw Coupling 30x42mm Ø8-15mm, (2023). <https://grabcad.com/library/jaw-coupling-30x42mm-o8-15mm-1> (accessed April 16, 2023).

SEZNAM SLIK

Slika 1: Prikaz končnega proizvoda EBM-proizvodnje [1]	3
Slika 2: Poenostavljen prikaz procesa EBM [2].....	4
Slika 3: Prikaz hidravlične in pihalne enote stroja [2].....	4
Slika 4: Prikaz sestave pihalne enote stroja [2].....	5
Slika 5: Prikaz molekule HDPE [3]	6
Slika 6: Prikaz molekule LDPE [4]	6
Slika 7: Prikaz molekule PP [5].....	7
Slika 8: Prikaz tvorjenja parizonov [7].....	10
Slika 9: Prikaz sestave matrične glave [8].....	10
Slika 10: Prikaz konvergentnega in divergentnega tipa matričnih trnov [8]	12
Slika 11: Prikaz vijakov za nastavljanje tečenja parizonov [8].....	13
Slika 12: Prikaz krmiljenja matričnih trnov na divergentni tip [8].....	13
Slika 13: Glava ekstrudorja stroja Seriomac SMD 750	14
Slika 14: Prikaz prostora za vgradnjo naprave na stroju.	15
Slika 15: Delavniška risba osnovne plošče	16
Slika 16: Detajl A na delavniški risbi osnovne plošče	17
Slika 17: 3D-model osnovne plošče	17
Slika 18: 3D-model osnovne plošče	18
Slika 19: 3D-model nosilne palice	18
Slika 20: Delavniška risba nosilne palice	19
Slika 21: 3D-model nosilnega okvirja	19
Slika 22: Delavniška risba nosilnega okvirja	20
Slika 23: Sestavljen elektromotor z nosilcem	21
Slika 24: Gibljiva spojka [10].....	21
Slika 25: Delavniška risba osovine	22
Slika 26: Kardanski člen.....	23
Slika 27: Prikazana sestava osnovne plošče z notranjimi elementi naprave.....	23
Slika 28: Delavniška risba stranskih stranic ohišja	24
Slika 29: Delavniška risba ohišja	25
Slika 30: Delavniška risba ohišja	25
Slika 31: 3D-model ohišja	26
Slika 32: Eksplozija delavniške risbe.....	27
Slika 33: 3D-model sestavljene naprave	29
Slika 34: 3D-model sestavljene naprave	29

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

CAD - computer aided desing

EBM - extrusion blowmoulding

PRILOGE

Priloga 1: Tehnični list za Hostalen ACP 5231D

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
Physical			
Melt Flow Rate			
(190 °C/2.16 kg)	0.30	g/10 min	ISO 1133-1
(190 °C/5.0 kg)	1.2	g/10 min	ISO 1133-1
(190 °C/21.6 kg)	22	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.952	g/cm ³	ISO 1183-1
Bulk Density	>0.500	g/cm ³	ISO 60
Mechanical			
Tensile Modulus	1100	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	25	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Yield	8	%	ISO 527-1, -2
Environmental Stress Crack Resistance, F ₅₀	1200	hr	ASTM D1693
Note: Cond. B, 10% Arkopal N100			
FNCT, (6.0 MPa, 2% Arkopal N100, 50 °C)	85	hr	ISO 16770
Impact			
Charpy Impact Strength - Notched, (-30 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	6	kJ/m ²	ISO 179
Tensile Impact Strength	75	kJ/m ²	ISO 8256
Note: notched, -30°C			
Hardness			
LyondellBasell Technical Data Sheet Date: 4/16/2023			
Page 1 of 3		Hostalen ACP 5231 D Recipient Tracking #: Request #: 4315578	
<hr/>			
Shore Hardness, (Shore D)	62		ISO 868
Ball Indentation Hardness, (H 132/30)	51	MPa	ISO 2039-1
Processing Parameters			
Melt Temperature	180 - 210	°C	

Priloga 2: Tehnični list za Lupolen 3010D

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
Physical			
Melt Flow Rate, (190 °C/2.16 kg)	0.25	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.927	g/cm ³	ISO 1183-1
Mechanical			
Tensile Modulus	300	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	13	MPa	ISO 527-1, -2
Environmental Stress Crack Resistance, F ₁₀ (10% Igepal®, Cond B)	15	hr	ASTM D1693
Film			
Dart Drop Impact Strength, F50	180	g	ASTM D1709
Tensile Strength			
MD	30	MPa	ISO 527-1, -3
TD	27	MPa	ISO 527-1, -3
Tensile Strain at Break			
MD	250	%	ISO 527-1, -3
TD	600	%	ISO 527-1, -3
Coefficient of Friction	>0.7		ISO 8295
Impact			
Failure Energy	5	J/mm	DIN 53373
Thermal			
Vicat Softening Temperature, (A/50 N)	102	°C	ISO 306
Peak Melting Point	114	°C	ISO 11357-3

LyondellBasell
 Technical Data Sheet
 Date: 4/16/2023

Page 1 of 3

Lupolen 3010D
 Recipient Tracking #:
 Request #: 4315574

Optical			
Haze, (50 µm)	<7	%	ASTM D1003
Gloss			
(20°)	>35		ASTM D2457
(60°)	>90		ASTM D2457
Additional Information			
Test Specimen	Film		
Film properties tested using 50 µm thickness blown film extruded at a melt temperature of 200°C and a blow-up ratio of 2.5:1.			
Processing Parameters			
Extrusion Temperature	170-220 °C		
Blown Film Extrusion			

Priloga 3: Tehnični list za Moplen HP556E

Technical Data Sheet

Moplen HP556E

Polypropylene, Homopolymer



Product Description

Moplen HP556E is a polypropylene homopolymer used for extrusion and blow moulding applications. Moplen HP556E is formulated with an enhanced process stabilisation package providing low water-carry-over during processing on strapping lines. Moplen HP556E is used for the production of straps, sheets, pipes and technical injection-moulded items.

Regulatory Status

For regulatory compliance information, see Moplen HP556E [Product Stewardship Bulletin \(PSB\)](#) and [Safety Data Sheet \(SDS\)](#).

This grade is not intended for medical and pharmaceutical applications.

Status	Commercial: Active
Availability	Africa-Middle East; Asia-Pacific; Europe
Application	Bags & Pouches; Barrier Film; Strapping
Processing Method	Blown Film; Extrusion Blow Molding; Extrusion Flat-die; Sheet; Sheet and Profile Extrusion
Attribute	High Molecular Weight; Homopolymer

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
Physical			
Melt Flow Rate, (230 °C/2.16 kg)	0.8	g/10 min	ISO 1133-1
Density	0.900	g/cm ³	ISO 1183-1
Mechanical			
Flexural Modulus	1400	N/mm ²	ISO 178
Tensile Stress at Break, (23 °C, 50 mm/min)	28	N/mm ²	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield, (23 °C, 50 mm/min)	34	N/mm ²	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Break, (23 °C, 50 mm/min)	600	%	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Yield, (23 °C, 50 mm/min)	11	%	ISO 527-1, -2
Thermal			
Vicat Softening Temperature, (A50)	156	°C	ISO 306
Deflection Temperature Under Load, (0.45 MPa, Unannealed)	100	°C	ISO 75B-1, -2

Priloga 4: Tehnični list za Moplen RP241H

Technical Data Sheet

Moplen RP241H

Polypropylene, Random Copolymer

**Product Description**

Moplen RP241H is a clarified random copolymer for extrusion applications. The grade exhibits high transparency and good impact strength.

Moplen RP241H is typically used in extrusion blow molding, sheet extrusion and thermoforming.

Regulatory Status

For regulatory compliance information, see Moplen RP241H [Product Stewardship Bulletin \(PSB\)](#) and [Safety Data Sheet \(SDS\)](#).

This grade is not intended for medical and pharmaceutical applications.

Status	Commercial: Active
Availability	Europe
Application	Bottles For Consumer Goods; Bottles for Industrial Use
Market	Industrial Packaging; Rigid Packaging
Processing Method	Extrusion Blow Molding; Sheet; Thermoforming
Attribute	High Transparency; Medium Impact Resistance; Nucleated; Random Copolymer

Typical Properties	Nominal Value	Units	Test Method
Physical			
Melt Flow Rate, (230 °C/2.16 kg)	1.8	g/10 min	ISO 1133-1
Density, (23 °C)	0.90	g/cm ³	ISO 1183-1
Mechanical			
Tensile Modulus	900	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Stress at Yield	24	MPa	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Break	>50	%	ISO 527-1, -2
Tensile Strain at Yield	14	%	ISO 527-1, -2
Impact			
Charpy Impact Strength - Notched			
(23 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	45	kJ/m ²	ISO 179
(0 °C, Type 1, Edgewise, Notch A)	4	kJ/m ²	ISO 179
Optical			
Haze, (1 mm - injection molded disc)	9	%	ASTM D1003

Notes

These are typical property values not to be construed as specification limits.

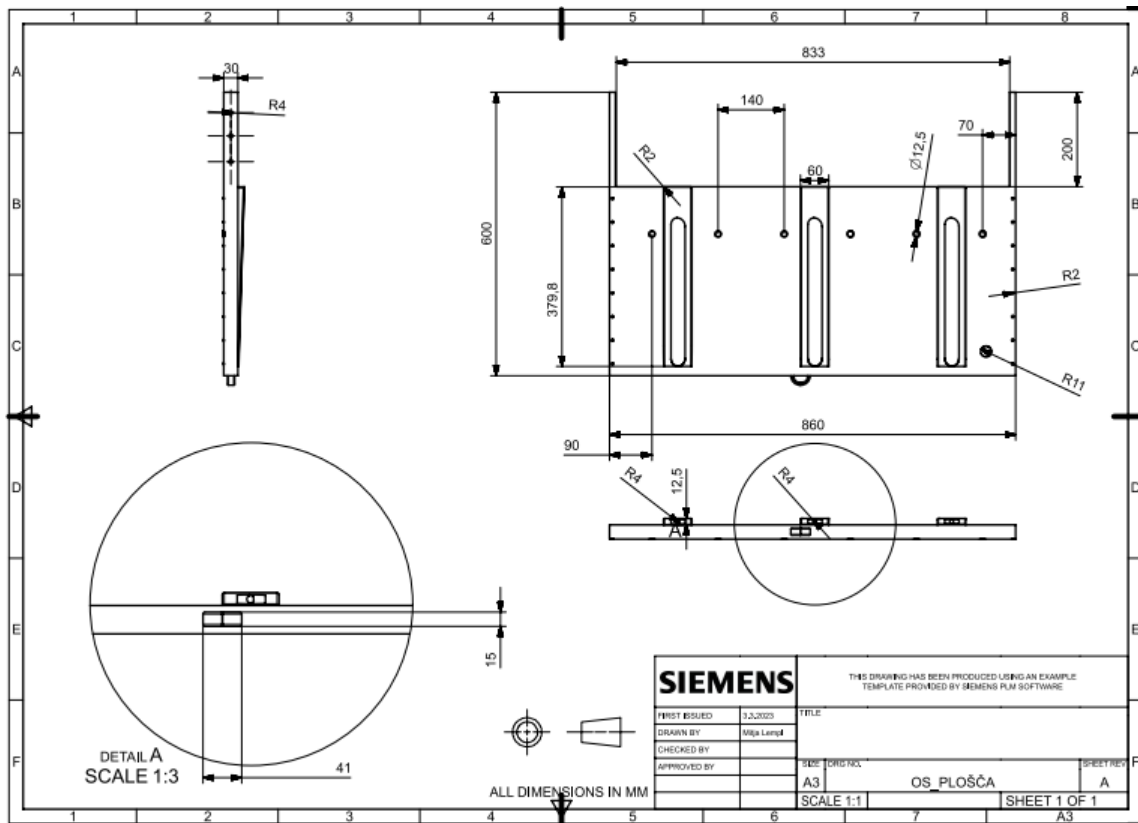
Further Information

LyondellBasell
Technical Data Sheet
Date: 5/11/2023

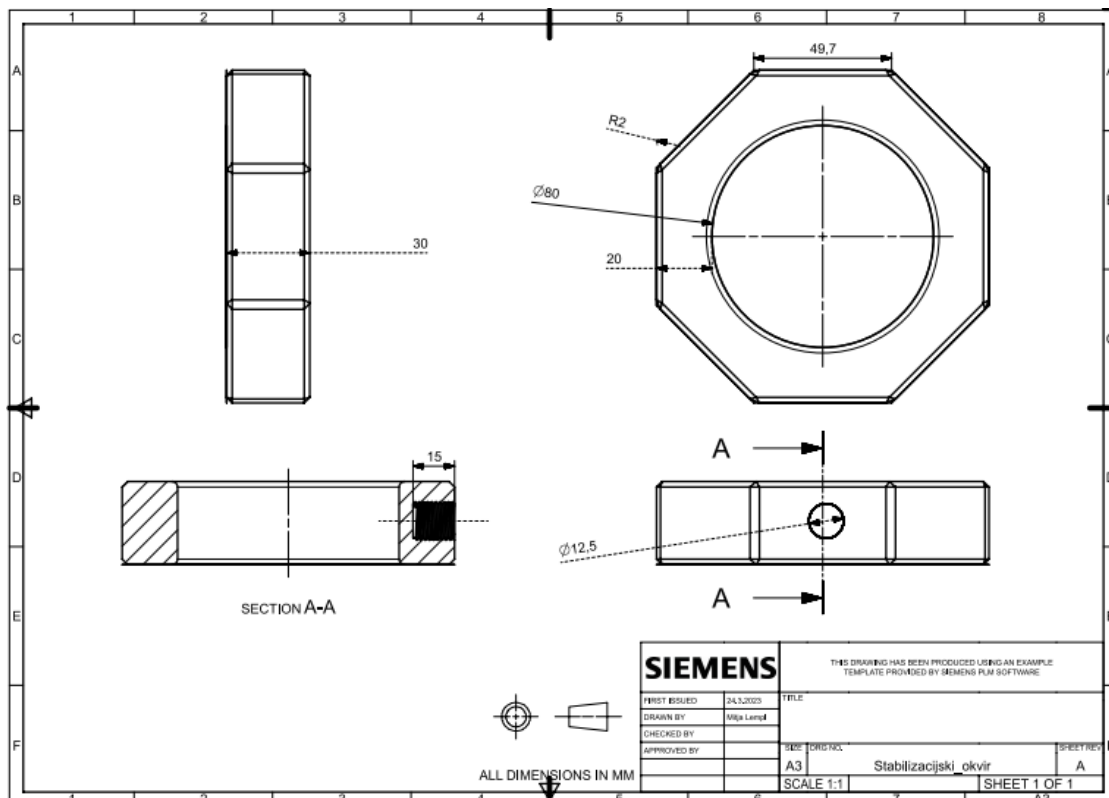
Page 1 of 3

Moplen RP241H
Recipient Tracking #: 4370581
Request #: 4370581

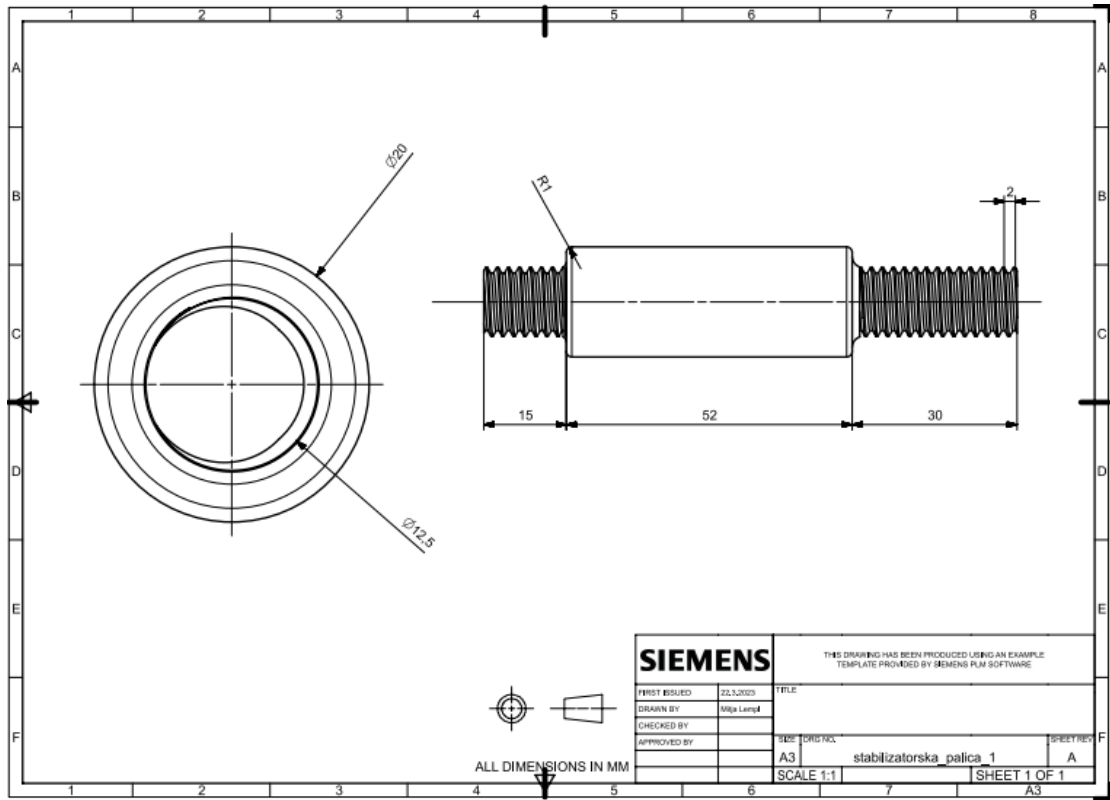
Priloga 5: Delavniška risba osnovne plošče



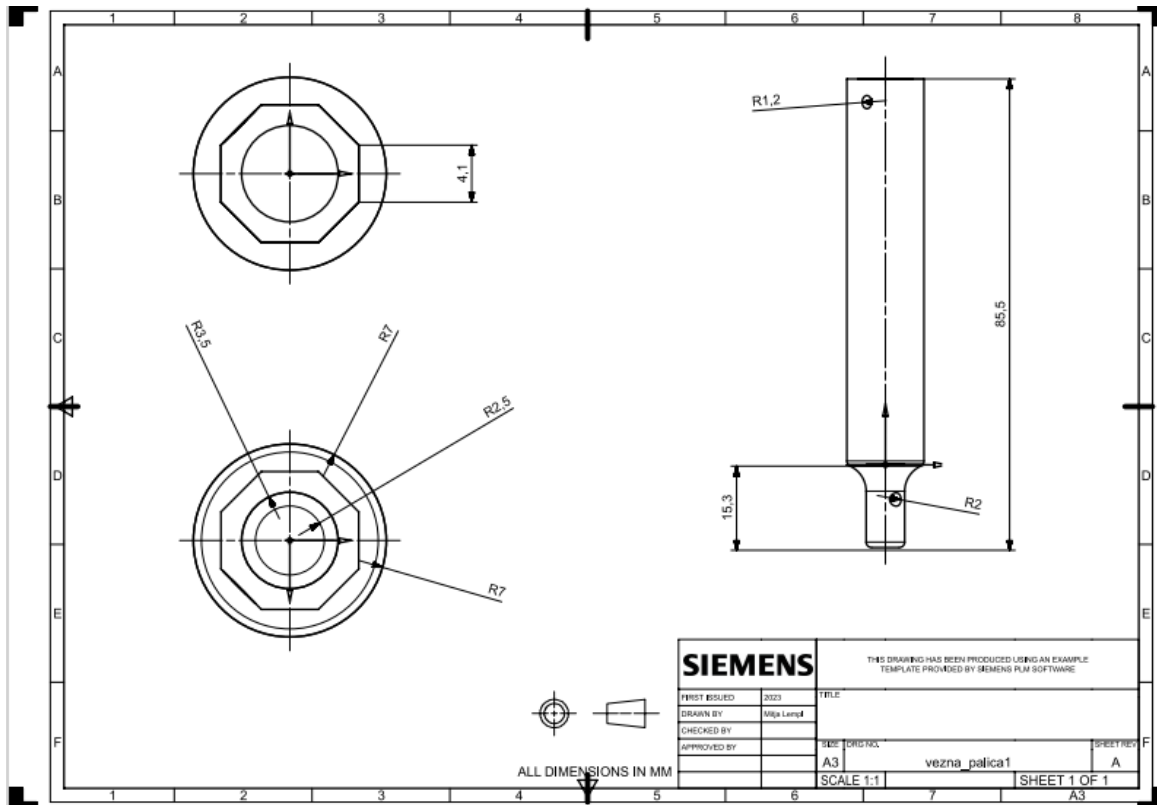
Priloga 6: Nosilni okvir



Priloga 7: Nosilna palica



Priloga 8: Osovina



Priloga 9: Ohišje

