



SREDNJA ŠOLA SLOVENSKA BISTRICA, SLOVENSKA BISTRICA

## IZDELAVA LEBDEČE MIZE

TEHNIKA IN TEHNOLOGIJA

Projektna naloga



Avtorja: Miha Bučar, Jan Ačko

Mentor: mag. Marko Žigart, prof. fiz.

Slovenska Bistrica, februar 2022

## **POVZETEK**

Miza je pomemben kos pohištva, ki nas mora navdušiti s funkcionalnostjo in izgledom. Zato sva v raziskovalni nalogi iskala rešitev, kako bi na inovativen način zasnovala in izdelala mizo, ki lebdi. Lebdenje vrhnje ploskve mize omogoča veriga, ki je na inovativen način vpeta v konstrukcijo, tako da je miza je v popolnem ravnotežju.

V nalogi je podrobno opisan potek projektne naloge, od idejne zasnove, konstruiranja z vsemi potrebnimi izračuni, do končnega postopka izdelave. Mizo sva skonstruirala v programu Autodesk Fusion 360, ki omogoča izdelavo 3D digitalnih prototipov, njihovo vizualizacijo in preprosto pripravo tehnične dokumentacije.

Z izdelavo in zasnova mizo, sva dokazala, da koncept lebdeče mize deluje tudi na večjih konstrukcijah. Skozi delo pri raziskovalni nalogi, sva pridobila vrsto tehničnega in praktičnega znanja. Z izdelkom, ki ima uporabno vrednost in bo krasil prostore naše šole, pa sva dokazala, da je tehnično znanje še kako uporabno tudi pri gimnazijcih.

Pri delu sva se srečala s pomanjkanjem znanja o konstruiranju, težave nama je povzročalo tudi pomanjkanje potrebnega orodja. Miza ponuja možnosti nadaljnjih posodobitev, tako v smeri konstrukcijskih rešitev, dizajna, kot v nadgradnji posebnih efektov.

## **KLJUČNE BESEDE: lebdeča miza, varjenje, konstruiranje, konstrukcijsko jeklo**

## **ABSTRACT**

The table is an important piece of furniture that should impress us with its functionality and appearance. Therefore, in our research project, we looked for a solution on how to design and build a floating table in an innovative way. The floating top of the table is made possible by a chain that is innovatively integrated into the structure so that the table is in perfect balance.

The thesis describes in detail the course of the project task, from the conceptual design, construction with all the necessary calculations, to the final manufacturing process. We designed the table in Autodesk Fusion 360, which allows the creation of 3D digital prototypes, their visualization and easy preparation of technical documentation.

By making and designing the table, we have proven that the floating table concept also works on larger constructions. Through working on a research project, we gained a range of technical and practical knowledge. With a product that has useful value and will decorate the premises of our school, we have proven that technical knowledge is even more useful for high school students.

At work, we encountered a lack of knowledge about construction, and we also had problems with the lack of necessary tools. The table offers the possibility of further updates, both in the direction of construction solutions, design, and in the upgrade of special effects.

## **KEY WORDS: floating table, welding, fabrication, structural steel**

## **ZAHVALA**

Hkrati se zahvaljujeva mentorju, mag. Marku Žigartu, prof. fiz., za vodenje skozi celotno raziskovalno nalogu. Posebna zahvala ravnateljici, mag. Ivi Pučnik Ozimič, prof. ped. in soc., tako za moralno, kot finančno podporo. Zahvaljujeva se, prof. dr. Jožefu Predanu, za nasvete in pomoč pri konstruiranju in izračunih.

## KAZALO VSEBINE

1.	UVOD .....	6
1.1	Namen projektne naloge .....	6
1.2	Metodologija dela .....	7
2.	TEORETIČNI UVOD .....	8
2.1	TIG varjenje .....	9
2.2	MIG varjenje .....	10
2.3	MAG varjenje .....	10
3.	KONSTRUIRANJE .....	12
3.1	Izbira konstrukcijskega jekla in izračuni nosilnosti .....	12
3.1.1	Upogib .....	12
3.1.2	Odpornostni moment ( $W$ ) .....	14
3.1.3	Dopustne napetosti .....	14
3.1.4	Mehanska napetost .....	15
3.1.5	Upogibni moment .....	16
3.1.6	Maksimalna sila .....	17
3.2	Končni načrt .....	18
4.	POSTOPEK IZDELAVE .....	20
4.1	Priprava konstrukcijskih delov .....	22
4.1.1	Razrez profilov .....	22
4.1.2	Varjenje .....	22
4.1.3	Brušenje .....	24
4.1.4	Peskanje .....	25
4.1.5	Prašno barvanje .....	25
4.1.6	Izbira stekla .....	25
4.1.7	Sestava mize .....	25
5.	ZAKLJUČEK .....	27
6.	VIRI IN LITERATURA .....	28
6.1	Spletni viri .....	28
6.2	Knjižni viri .....	28

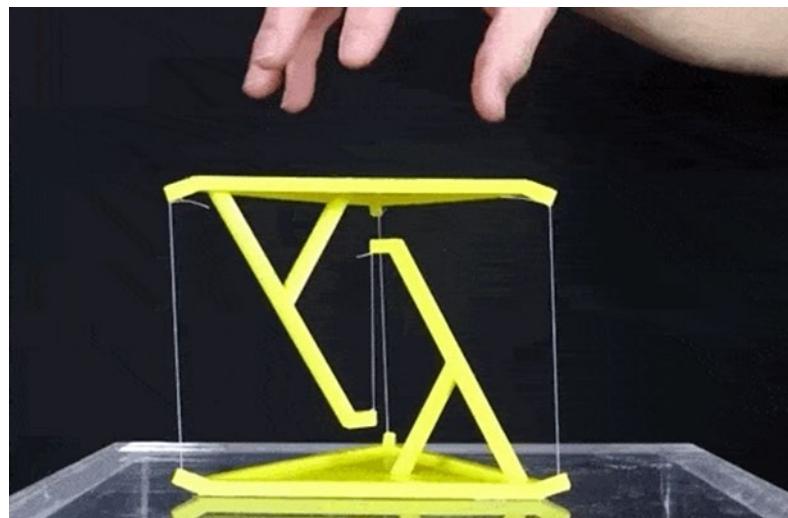
## KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b> Ideja za lebdečo mizo. (Hernandez, 2021).....	6
<b>Slika 2:</b> Vrste varjenja. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 18. 3. 2019) .....	8
<b>Slika 3:</b> Obločno varjenje. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 18. 3. 2019) .....	9
<b>Slika 4:</b> TIG varjenje. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 2019) .....	9
<b>Slika 5:</b> Mig varjenje. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 2019) .....	10
<b>Slika 6:</b> Shema varjenja po postopku MAG. (MAG varjenje, b. d.).....	11
<b>Slika 7:</b> Upogibna napetost. (Zulic, b. d.) .....	13
<b>Slika 8:</b> Prerez nosilca. ....	13
<b>Slika 9:</b> Diagram deformacij. (Teorija, b. d.).....	15
<b>Slika 10:</b> Upogibni moment. (Jerman, b. d.) .....	16
<b>Slika 11:</b> Stranski ris konstrukcije. ....	17
<b>Slika 12:</b> Tloris. ....	18
<b>Slika 13:</b> Končni načrt konstrukcije.....	18
<b>Slika 14:</b> Končni načrt mize.....	19
<b>Slika 15:</b> Drobni material, Kostanjevec. 28. februar 2022.....	20
<b>Slika 16:</b> Profili, Visole. 6. februar 2022 .....	20
<b>Slika 17:</b> Orodje, Kostanjevec. 3. marec 2022.....	21
<b>Slika 18:</b> Razrezani profili, Visole. 6. februar 2022.....	22
<b>Slika 19:</b> Varjenje konstrukcije, Visole. 6. februar 2022. ....	23
<b>Slika 20:</b> Varjenje od blizu, Visole. 6. februar 2022.....	23
<b>Slika 21:</b> Nastajanje kotnega zvara, Visole. 6. februar 2022.....	24
<b>Slika 22:</b> Brušenje zvara, Visole. 7. februar 2022.....	24
<b>Slika 23:</b> Očesni vijak, Kostanjevec. 1. marec 2022.....	25
<b>Slika 24:</b> Natezalci za verigo, Kostanjevec. 1. marec 2022.....	26
<b>Slika 25:</b> Končni izdelek, Kostanjevec. 2. marec 2022.....	26

# 1. UVOD

Brskanje po računalniku, pisanje, branje, raziskovanje, druženje in še mnogo drugega. Vse to počnemo za mizo, ki nas mora ob funkcionalnosti, navdušiti tudi z dizajnom. Kako zajeti konstrukcijske rešitve, ki bodo zajemale najino idejo o navidezno lebdeči mizi in praktičnost uporabe, je bil izziv, ob ideji, da zasnujeva in izdelava lebdečo mizo. Zamisel se nama je porodila, ko sva na spletu zasledila sliko konstrukcije, ki navidezno lebdi.

Na sliki 1, lahko vidimo, da je konstrukcija na različnih mestih povezana z vrvmi, tako da lebdi v zraku. V zraku jo pravzaprav drži le vrv na sredini, vse ostale pa le toliko, da konstrukcija ostane stabilna. Predvidevala sva, da bi podoben koncept lahko deloval tudi pri mizi. Ob tem, da bi uporabila trdnejše materiale, torej konstrukcijsko jeklo namesto plastike in verige namesto vrvi.



**Slika 1:** Ideja za lebdečo mizo. (Hernandez, 2021)

## 1.1 Namen projektne naloge

### Zasnova in izdelava lebdeče mize:

v prvi vrsti sva želela zasnovati in izdelati lebdečo mizo, saj nisva bila prepričana, ali koncept lebdeče mize deluje v večjem merilu in pod veliko večjimi obremenitvami. Najina miza ne nosi samo lastne teže, temveč mora prenesti tudi dodatne obremenitve.

### Pridobiti znanje tehničnega risanja in konstruiranja:

pred začetkom projekta sva imela zelo osnovno znanje iz tehničnega risanja in konstruiranja, z nalogo pa sva želela to znanje nadgraditi in ga predvsem uporabiti v praksi. Najin izziv je bil izdelati mizo, ki bo imela uporabno vrednost, hkrati pa bo posebna na izgled.

### Pridobiti praktično znanje s področja varjenja:

kljub temu, da sva že nekoliko obvladala postopek varjenja, se še nisva lotila tako zahtevnega in natančnega projekta, zato nama je to predstavljalo velik izziv.

### Poudariti pomen tehničnega znanja :

najin namen je bil tudi poudariti pomen tehničnega znanja na nestrokovnih izobraževalnih programih, kot je splošna gimnazija, saj meniva, da tehnično znanje gimnazijcem, vedno pride prav.

## **1.2 Metodologija dela**

Raziskovalna naloga vključuje pridobivanje veliko tehničnega in praktičnega znanja. Delo je potekalo v naslednjih korakih:

- pregled literature in ustrezen izbor,
- opredelitev namena in ciljev,
- sestava teoretičnega dela,
- zasnova konstrukcije,
- izdelava lebdeče mize,
- predstavitev ugotovitev,
- zaključek.

Pri raziskovalni nalogi sva uporabila naslednje metode:

- namizno raziskavo (pregled literature),
- metodo analize in sinteze (komentiranje dobljenih rezultatov in predstavitev zaključkov).

Mizo sva skonstruirala v programu Autodesk Fusion 360.

## 2. TEORETIČNI UVOD

Glavna točka najine projektne naloge je varjenje konstrukcijskega jekla, zato ga bova podrobnejše predstavila.

Varjenje je v splošnem pomenu spajanje dveh ali več delov osnovnega materiala v nerazdružljivo celoto. Spajanje dosežemo s toploto, s pritiskom ali pa s kombinacijo obeh skupaj, z dodajanjem materiala ali brez ("Vrste varjenja", b. d.).

Obstaja več načinov varjenja, in glede nato poznamo več delitev varilnih postopkov.

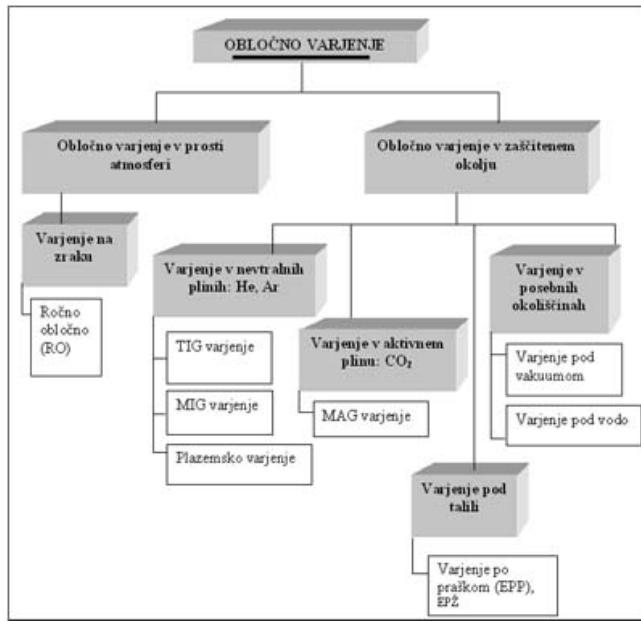
Tako lahko delimo postopke:

- glede na način nastanka zvara, tj. varjenje s taljenjem ali s pritiskom,
- glede na dovod toplice potrebne za varjenje, pa poznamo varjenje z mehansko, električno, kemično ali drugo obliko energije. Opisana razdelitev je podana na spodnji sliki 2 ("Vrste varjenja", b. d.).



Slika 2: Vrste varjenja. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 18. 3. 2019)

V najinem primeru pride v poštev varjenje pod oblokom. Obločno varjenje poteka s pomočjo električne energije, ki jo najprej spremenimo v toplotno energijo. Tako lahko topimo osnovni in dodani material, torej varimo. Varjenje pod oblokom poteka na več načinov, pri tem je pomembna delitev glede na okolje, v katerem poteka (slika 3). Obločno varjenje poteka v prosti zračni atmosferi ali v zaščitnem okolju. Znani postopki varjenja v zaščitenem okolju so: MAG, TIG, MIG in plazemsко varjenje, varjenje pod talili ter varjenja v posebnih okoliščinah ("Vrste varjenja", b. d.).



**Slika 3:** Obločno varjenje. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 18. 3. 2019)

Ročno varjenje velja za enega od najbolj vsestranskih in preprostih postopkov. Uporablja se za varjenje skoraj vseh materialov, za izdelavo od najmanj do najbolj zahtevnih zvarov. Postopek lahko izvajamo v delavnici ali na prostem. Ločimo več vrst ročnega varjenja, med najpogostejsimi načini pa so MAG, MIG in TIG varjenje ("Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem", 18. 3. 2019). Postopke bova podrobneje predstavila v nadaljevanju.

## 2.1 TIG varjenje

TIG varjenje (T – Tungsten (Wolfram), I – inert, G – gas), je postopek obločnega varjenja v zaščitenem okolju, zanj pa se uporablajo nevtralni plini, argon, helij in netaljiva volframova elektroda, ki se pri postopku ne izrabi. Gre za kakovostno obliko varjenja, saj nam zagotavlja, da ima prav vsak var skoraj povsem identično sestavo kot obdelovanec. Ker pa terja kratko razdaljo oboka, velja tudi za zelo zahtevno obliko varjenja. Kljub temu nam ponuja najboljše možne rezultate: močne, izjemno natančne in kakovostne zvare. Pogosto se uporablja v orodjarstvu in letalstvu ("Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem", 18. 3. 2019).



**Slika 4:** TIG varjenje. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 2019)

## 2.2 MIG varjenje

MIG varjenje (M – metal, I – inert, G – gas), je metoda običajnega varjenja v nevtralnem žlahtnem plinu v argonu ali heliju. Ta obliva varilno žico in zvar in kemijsko ne reagira z vajencem. Pri tem načinu varjenja varimo s pomočjo gole elektrode ali strženske žice, ki je navita na kolut. V postopku se ustvarja visoka temperatura, kar omogoča tudi varjenje debelejših materialov in kakovostne kotne zvare ("Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem", 18. 3. 2019).



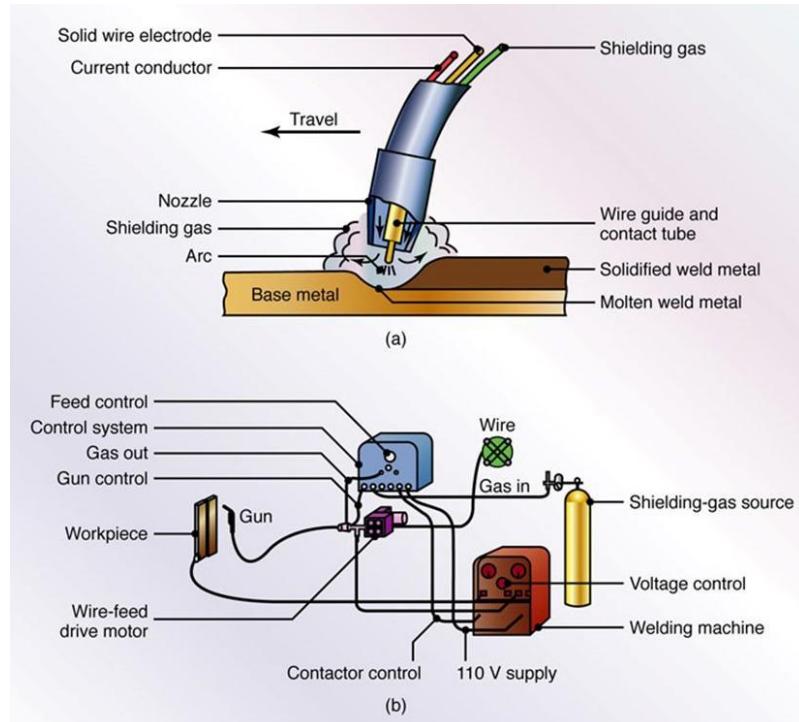
Slika 5: Mig varjenje. (Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem, 2019)

Postopek uporabljam za varjenje barvnih kovin in zlitin, aluminija ter za konstrukcije iz močno legiranih jekel. Gre za kakovostnejše vare, saj omogoča povsem čiste in gladke zvare. Lahko varimo materiale večjih debelin in konstrukcij. Slabost postopka je, da se izvaja izključno v notranjih obratih ("Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem", 18. 3. 2019).

## 2.3 MAG varjenje

Varjenje po postopku MAG (M – metal, A – activ, G – gas), je ena izmed bolj razširjenih oblik varjenja, saj ima širok spekter uporabe, od varjenja pločevine manjših debelin od 1 mm, do varjenja jeklenih konstrukcij z ogromnimi obremenitvami. Ob tem pa je v primerjavi z ostalimi tehnikami razmeroma enostavna.

Je metoda obločnega varjenja v zaščitenem okolju. Zanj se uporablja ogljikov dioksid ( $CO_2$ ) in neplaščena elektroda. Pri MAG varjenju nastane električni oblok med varilno žico in vajencem (uporablja se enosmerni tok), ki se ravno tako kot dodajani material tali, to pa vodi v spajanje. Ker je ogljikov dioksid kot zaščitni plin aktivен, delno reagira s staljeno kovino, torej zaščita ni popolna. Omenjen postopek namreč zaradi visokih temperatur povzroča ločevanje ogljikovega dioksida ( $CO_2$ ) na ogljikov oksid (CO) in kisik ( $O_2$ ), kar povzroča delno oksidacijo. Zaradi tega storitev ni primerna za varjenje lahkih zlitin ozziroma lahkih kovin ("MAG varjenje", b. d.).



**Slika 6:** Shema varjenja po postopku MAG. (MAG varjenje, b. d.)

Sicer bi bilo za najin projekt bolje uporabiti postopek TIG varjenja, saj gre za kakovostnejše in povsem čiste ter gladke vare, vendar sva se glede na znanje in možnosti uporabe odločila, da bova varila po metodi MAG.

### 3. KONSTRUIRANJE

Pred konstruiranjem, sva si zastavila vprašanja glede izbire materialov, dimenzijske nosilnosti in postopkov barvanja ter barve.

- **Izbira konstrukcijskega jekla in izračuni nosilnosti:**  
konstrukcijsko jeklo se uporablja za razne konstrukcijske namene od nosilnih konstrukcij, do težje obremenjenih strojnih delov. Pri teh jeklih sta najpomembnejši lastnosti napetost tečenja in natezna trdnost, pomembne lastnosti pa so duktilnost, udarna žilavost in prehodna temperatura žilavosti ("Konstrukcijska jekla", b. d.).
- **Nosilnost:**  
izbira nosilnosti mize ima veliko teže pri izbiri ustreznega materiala. Povprečna nosilnost mize znaša 100 kg, trpežnejše mize lahko zdržijo tudi več kot 120 kg.
- **Dimenzija:**  
je tisti podatek, ki je pomemben glede uporabe in umestitve v prostor. Povprečna površina mize je običajno  $1200 \times 800$ . Glede na to, da bo najina miza krasila šolski prostor, sva se odločila za večjo dimenzijo, in sicer  $1900 \times 900$ .
- **Postopki barvanja:**  
ker konstrukcijsko jeklo s časom spreminja svoj prvotni videz, oziroma propada, ga je potrebno dolgotrajno zaščititi. Na voljo je paleta zaščitnih premazov, zaradi večje odpornosti proti praskam in udarcem, brezhibnega videza, večje trdnosti, pa sva se odločila za **prašno barvanje**.

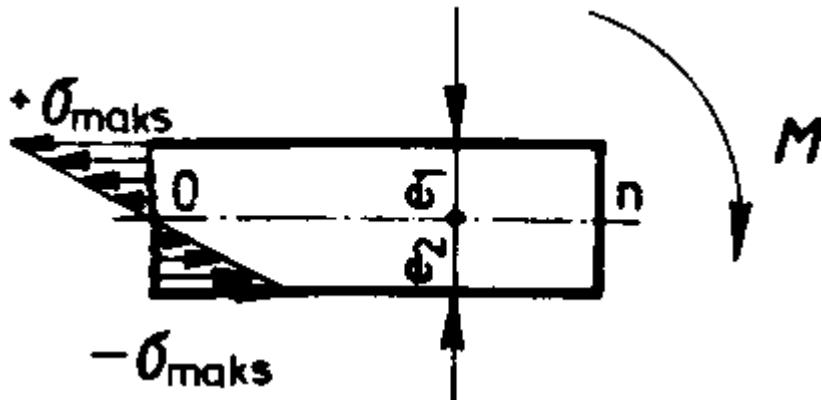
#### 3.1 Izbira konstrukcijskega jekla in izračuni nosilnosti

Izračuni so bili narejeni z namenom, da zagotovimo varnost in uporabnost mize. Predvidevala sva, da bo največja obremenitev na stičišču zgornje in spodnje polovice mize, saj sile tam ne delujejo po celi površini, ampak samo v eni točki. Zanimalo naju je, ali bodo izbrani materiali vzdržali obremenitve sil, tudi ob upoštevanju varnosti (Kraut, 1987).

##### 3.1.1 Upogib

Upogibni moment  $M$  povzroča upogibne napetosti  $\sigma$ , ki si jih zamišljamo porazdeljene po prerezu sorazmerno z oddaljenostjo od nevtralne osi  $n$ .

Največja upogibna napetost se pojavlja v točki, ki je najbolj oddaljena od nevtralne osi (za  $e_1, e_2$ ), v našem primeru je presek simetričen glede na  $n$  ( $e_1 = e_2$ ), kot prikazuje slika 7.

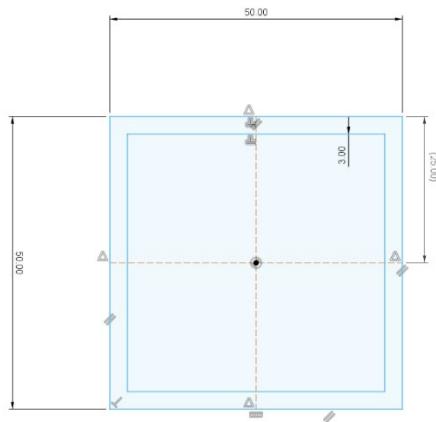


Slika 7: Upogibna napetost. (Zulic, b. d.)

Potrebno je izračunati vztrajnostni moment preseka glede na os n.

**Enačba za polni kvadrat se glasi:**

$$I_x = \frac{a^4}{12}$$



Slika 8: Prerez nosilca.

V našem primeru uporabljamo votlo cev kvadratnega preseka, z merami, ki so razvidne na sliki 8.  
**Formulo za vztrajnostni moment zato izpeljemo:**

$$I_x = \frac{a_1^4}{12} - \frac{a_2^4}{12}$$

$$I_x = \frac{a_1^4 - a_2^4}{12}$$

$a_1$  - dolžina zunanje stranice

$a_2$  - dolžina notranje stranice

$$a_1 = 50 \text{ mm}$$

$$a_2 = 44 \text{ mm}$$

$$I_x = \frac{a_1^4 - a_2^4}{12}$$

$$I_x = \frac{50^4 - 44^4}{12}$$

$$I_x = 208492 \text{ mm}^4$$

### 3.1.2 Odporostni moment ( $W$ )

Je definiran kot razmerje med vztrajnostnim momentom in razdaljo od težišča do zunanjega roba prereza ( $e$ ). Glede na os, okoli katere računamo odporostni moment ( $W$ ), črki  $W$  dodamo še eksponent x ali y.

**Odpornostni moment preseka izračunamo po naslednji formuli:**

$$W_x = \frac{I_x}{e_y}$$

$e_y$  = razdalja od nevtralne osi do stranice  $a_1$

$$I_x = 208492 \text{ mm}^4$$

$$e_y = 25 \text{ mm}$$

$$W_x = \frac{I_x}{e_y}$$

$$W_x = \frac{208492 \text{ mm}^4}{25 \text{ mm}}$$

$$W_x = 8339,7 \text{ mm}^3$$

### 3.1.3 Dopustne napetosti

Pri konstrukcijah se praviloma ne smejo pojavljati trajne plastične deformacije, ampak mora vsaka konstrukcija ostati vedno v območju elastičnih deformacij. Dopustne napetosti ne smejo prekoračiti meje elastičnosti. Zaradi varnosti (v primeru pojavljanja nepredvidenih dodatnih obremenitev, npr. dinamičnih), pa materiala tudi do meje elastičnosti ne obremenujemo. V praksi so uvedene dopustne napetosti, določene z varnostnim količnikom (Kraut, 1987).

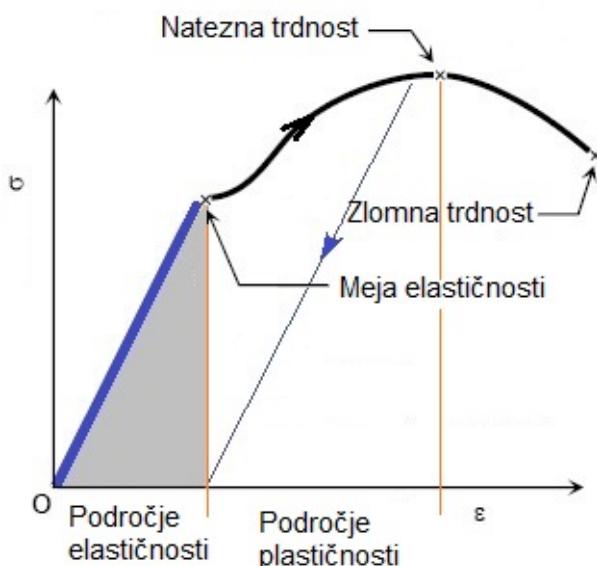
Dopustna napetost je odvisna od osnovnega načina obremenitve materiala. Odvisna je tudi od posebnih vplivov na trdnost materiala, zlasti od količnika oblike ter trajne (statične in dinamične) obremenitve.

Za določanje dopustne napetosti je pomembno tudi stanje materiala. Zdrav material mora biti homogen in ne sme imeti notranjih okvar (votlin, mehurjev...), ki zmanjšujejo nosilne prereze in lahko povzročajo znatne zarezne napetosti (Kraut, 1987).

### 3.1.4 Mehanska napetost

Mehansko napetost si lahko predstavljamo kot povprečje ali porazdelitev notranjih sil telesa, ki uravnovešajo oz. nasprotujejo zunanjim silam. Zamislimo si kratko elastično vrv (npr. vrv, ki jo uporabljamo za pritrditev stvari na strehi avtomobila). Če primemo konca vrvi vsakega v eno roko in vlečemo narazen, povzročamo v vrvi mehansko napetost oz. naša sila deluje v smeri osi vrvi ali drugače rečeno pravokotno na prečni prerez vrvi. V takšnem primeru pravimo, da je natezna mehanska napetost in ta povzroča na telesu relativni raztezek (naša vrv se podaljša).

Nad mejo elastičnosti se po odstranitvi mehanske napetosti del deformacije ohrani trajno, torej se preizkušanec ne vrne v izhodiščno stanje. Med mejo plastičnosti in zlomi trdnosti se mehanska napetost za nadaljnje raztezanje preizkušanca, manjša (Kraut, 1987). Potek raztezanja je za različne materiale (žilavi, krhki ali plastični materiali), kot kaže slika 9 različen.



Slika 9: Diagram deformacij. (Teorija, b. d.)

Pri preračunavanju konstrukcijskih delov s preprostimi in preizkušenimi oblikami, kot v našem primeru, lahko uporabljamo dopustne napetosti, ki so z izkušnjami določene za takšne primere. Zato preračunavamo v praksi preproste strojne elemente, glede na dopustne napetosti znane iz izkušenj (zbrane v strojniškem priročniku) (Kraut, 1987).

V praksi so uvedene dopustne napetosti, določene z varnostnim količnikom (razmerjem med trdnostjo in dopustno napetostjo v materialu). Varnostni količnik znaša (v odvisnosti od zahtevane varnosti) od 2 do 10. V našem primeru za material konstrukcijsko jeklo S355, izberemo vrednost 2, saj ne predvidevamo velikih upogibnih napetosti (Kraut, 1987).

**Dopustno napetost tako izračunamo po naslednji formuli.**

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{R_p}{\vartheta}$$

$\vartheta$  = varnostni količnik

$R_p$  = meja tečenja materiala

Za izbrani material, konstrukcijsko jeklo S355, napetost tečenja  $R_p$  znaša  $355 \frac{N}{mm^2}$  (Kraut, 1987).

$$R_p = 355 \frac{N}{mm^2}$$

$\vartheta = 2$

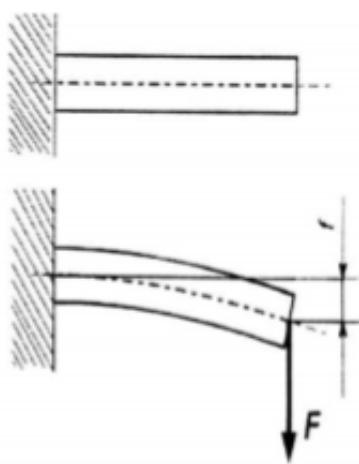
$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{R_p}{\vartheta}$$

$$\sigma_{\text{dop}} = \frac{355 \frac{N}{mm^2}}{2}$$

$$\sigma_{\text{dop}} = 177,5 \frac{N}{mm^2}$$

### 3.1.5 Upogibni moment

Posledica delovanja sile  $F$  na element, je upogibni moment  $M$ , ki povzroča v materialu upogibne (normalne) napetosti.



**Slika 10:** Upogibni moment. (Jerman, b. d.)

Materiali, ki imajo enako dopustno napetost za tlak in nateg (npr. jekla). Za nosilec se običajno izbere prerez, ki je glede na nevtralno os simetričen, saj je tedaj material upogibno najbolje izkoriščen.

**Upogibni moment izračunamo po naslednji formuli:**

$$M_u \leq \sigma_{dop} \times W_x$$

$$\sigma_{dop} = 177,5 \frac{N}{mm^2}$$

$$W_x = 8339,7 mm^3$$

$$M_u \leq 177,5 \frac{N}{mm^2} 8339,7 mm^3$$

$$M_u \leq 1480293 Nmm$$

Glede na obremenitve, naju je zanimalo, s kakšno silo lahko mizo maksimalno obremenimo, da ne bo prišlo do trajnih deformacij. Sila mora ostati v mejah elastičnosti (kar prikazuje Slika 9).

### 3.1.6 Maksimalna sila

**Maksimalno silo izračunamo po formuli:**

$$F \leq \frac{M_u}{r}$$

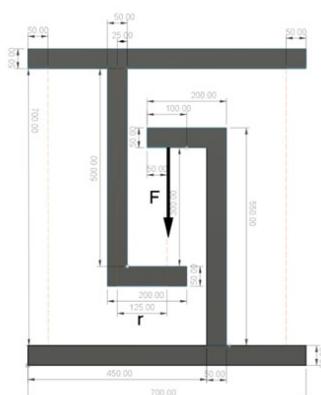
$$M_u \leq 1480293 Nmm$$

$$r = 300 - 200 + 100/2 - 50/2$$

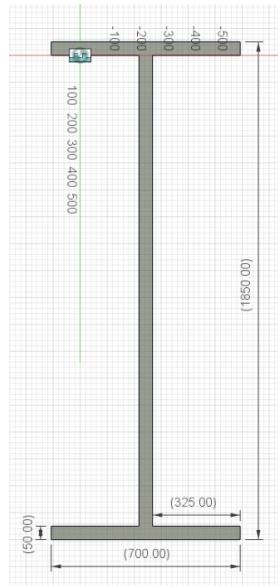
$$r = 125 mm$$

$$F \leq \frac{1480293 Nmm}{125 mm} = 11842,35 N$$

Mize ne smemo obremeniti z izračunano maksimalno silo 11842,35 N, saj je na zgornji površini nameščeno steklo, ki ima drugačne lastnosti plastičnosti, kot konstrukcijsko jeklo. Če bi jo presegli, bi se steklo odlepilo od konstrukcije, v najslabšem primeru celo počilo.



**Slika 11:** Stranski ris konstrukcije.



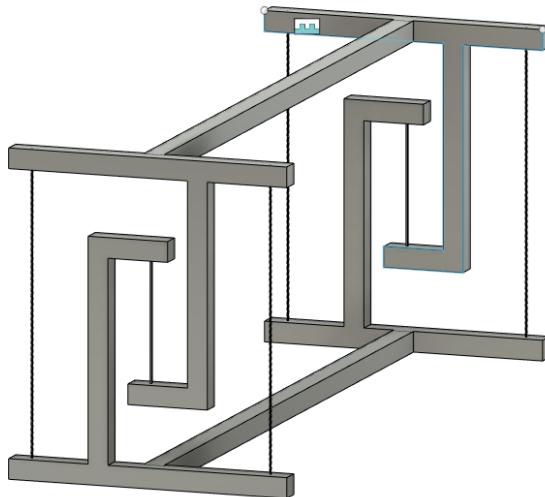
**Slika 12:** Tloris.

### 3.2 Končni načrt

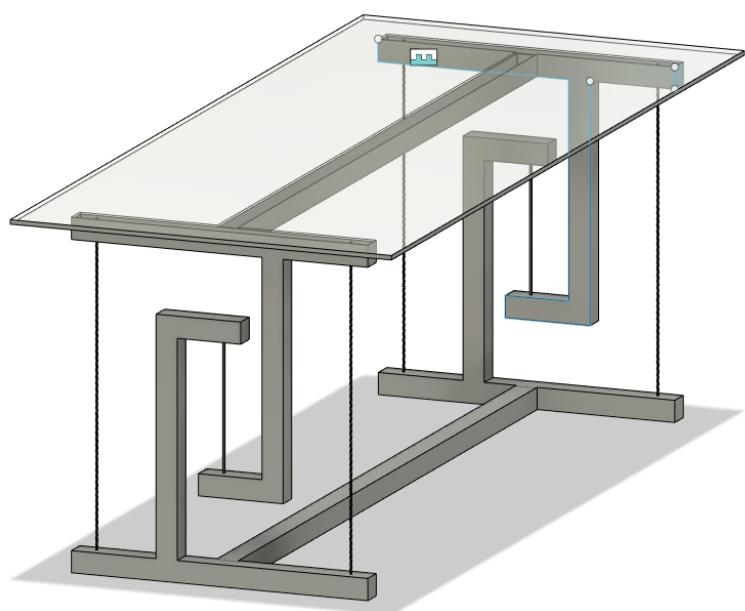
Mizo sva skonstruirala v programu Autodesk Fusion 360, ki je dijakom in profesorjem prosto dostopen. Uporabe sva se naučila preko spleta.

Autodesk Fusion 360 je programska oprema, namenjena načrtovanju v strojništvu in 3D modeliranju. Omogoča izdelavo 3D digitalnih prototipov, njihovo vizualizacijo in preprosto pripravo tehnične dokumentacije, skladno s svetovnimi standardi tehničnega risanja.

Višina mize je bila izbrana glede standardne mere. Dolžino in širino sva priredila šolski učilnici, kjer bo miza postavljena, ter njeni funkcionalnosti.



**Slika 13:** Končni načrt konstrukcije.



**Slika 14:** Končni načrt mize.

## 4. POSTOPEK IZDELAVE

Po opravljenih izračunih glede nosilnosti in obremenitve ter določitvi dimenzijs, sva sestavila temeljiti seznam orodja in materiala.

### Uporabljeni material:

- Jeklene kvadratne cevi dimenzijs  $50 \times 50 \times 3$  (10 m)
- Veriga (4 m)
- Natezalec za verigo M8 (4 ×)
- Očesni vijak M8 (12 ×)
- Samovarovalne matice M8 (12 ×)
- Podložke M8 – široke (12 ×)
- PVC-pokrov  $50 \times 50$  (12 ×)
- Kaljena fino brušena steklena plošča dimenzijs  $1800 \times 900 \times 8$
- Dvostranski lepilni trak za steklo



**Slika 15:** Drobni material, Kostanjevec. 28. februar 2022.



**Slika 16:** Profili, Visole. 6. februar 2022.

### **Uporabljeno orodje:**

- Varilni aparat
- Varilna maska
- Krožna brusilka
- Žična ščetka
- Kladivo
- Leseno kladivo
- Spone
- Svedri za kovino
- Kronske svedre
- Grezilo
- Klešče
- Viličasti in obročni ključi
- Nasadni ključi
- Zidarski vijak
- Izvijač



**Slika 17:** Orodje, Kostanjevec. 3. marec 2022.

## 4.1 Priprava konstrukcijskih delov

Po končanem konstruiranju sva naredila načrt dela:

- razrez profilov,
- barvanje,
- brušenje,
- peskanje,
- prašno barvanje,
- izbira stekla,
- sestava mize.

### 4.1.1 Razrez profilov

Razrez profilov je za izvedbo mize eden od temeljnih postopkov obdelave materiala, od katerega je odvisen nadaljnji razvoj izdelka. Tako, da mora biti ta postopek izveden natančno in profesionalno. Ker nisva vešča teh postopkov, niti nimava ustreznega orodja, sva se odločila, da najdeva ustreznega izvajalca v domačem kraju. Razrez so glede na nain načrt, naredili v podjetju Ključavničarstvo AJD.



**Slika 18:** Razrezani profili, Visole. 6. februar 2022.

### 4.1.2 Varjenje

Najina naslednja naloga je bila varjenje razrezanih delov konstrukcijskega jekla. Ta proces je bil najzahtevnejši in terjal največ najinega znanja in iznajdljivosti, saj nisva imela ne potrebnega znanja in ne profesionalne opreme. Varila sva po opisanem postopku MAG, ki tudi sicer spada med najbolj razširjene metode.



**Slika 19:** Varjenje konstrukcije, Visole. 6. februar 2022.

MAG metoda varjenja se pri izdelavi jeklenih konstrukcij uporablja v industrijski in posamični proizvodnji. Zvar je nekoliko širši. Je manj zahtevno varjenje, ter glede na uporabljen plin tudi cenovno najbolj ugoden postopek.

Glede na konstrukcijo sva izbrala primeren položaj za kotne zvare, kot ga prikazujeta spodnji slike. Dober var je takšen, ki ob obremenitvi ne poči. Takšnega pa je težko narediti. Pozorna sva bila, da najini vari niso vsebovali vključkov in nečistoč.



**Slika 20:** Varjenje od blizu, Visole. 6. februar 2022.



**Slika 21:** Nastajanje kotnega zvara, Visole. 6. februar 2022.

#### 4.1.3 Brušenje

Vsa mesta varjenja je bilo potrebno še obdelati, saj je vsaka napaka kasneje opazna na pobarvanem izdelku. Obdelava je potekala v več korakih:

- priprava varjenega šiva,
- grobo brušenje,
- fino brušenje in končna obdelava.

Vare sva najprej pobrusila s keramično brusno ploščo za grobo brušenje, nato pa še z lamelno. Na koncu sva dobila povsem gladko površino, da se zvarjenega dela sploh ne vidi.



**Slika 22:** Brušenje zvara, Visole. 7. februar 2022.

#### 4.1.4 Peskanje

Po obdelavi varov je bila konstrukcija pripravljena na peskanje, ki je postopek čiščenja površine z abrazivnim sredstvom. V našem primeru kremenčevim peskom, ki ga z visoko hitrostjo nanašamo na površino. Ta postopek je primeren način za pripravo površin pred nanosom barve in lakov, za odstranjevanje korozije, čiščenje in utrjevanje površin. Poznamo več načinov peskanja z različnimi principi delovanja: od injektorskega, tlačnega, turbinskega, vlažnega do peskanja s suhim ledom (Peskanje, b. d.). V našem primeru sva delo prepustila strokovnjakom iz podjetja Tekol v Račah.

#### 4.1.5 Prašno barvanje

Za zaščito mize sva zaradi prednosti, funkcionalne zaščite, odlične korozijske obstojnosti in visoke odpornosti na razne kemijske in mehanske vplive izbrala prašno barvanje. Gre za postopek industrijskega prašnega barvanja, ki poteka na principu elektrostatike, kar pomeni, da se pozitivni delci barve s pomočjo posebnih pištol razpršijo na barvani predmet.

Prašno barvanje pa nudi tudi spekter barvnih odtenkov, sijajev in struktur, ki zadovoljijo različne zahteve po estetiki. Tovrstno barvanje omogoča različne sijaje kovin, na primer mat, pol mat, sijaj ali pol sijaj. Struktura kovine je po barvanju gladka, fina ali groba. Prašno barvanje in lakiranje se lahko uporablja tako na zunanjih, kot na notranjih površinah (Prednosti prašnega barvanja in lakiranja kovin, 7. 8. 2019). Izbrala sva črno pol mat barvo. Konstrukcijske dele so prašno pobarvali v podjetju Škofič v Mariboru.

#### 4.1.6 Izbira stekla

Ustrezno stekleno ploščo, sva izbrala na podlagi nasvetov v podjetju Steklarstvo Bistrica. Glede na dimenzijske mize in obremenitve, ki naj bi jih prenašala, so nama svetovali 8 mm debelo, kaljeno in fino brušeno stekleno ploščo.

#### 4.1.7 Sestava mize

Sledil je zadnji del, sestava mize. V izvrte luknje sva namestila očesne vijake in jih fiksirala s samovarovalnimi maticami, kot kaže spodnja slika.



**Slika 23:** Očesni vijak, Kostanjevec. 1. marec 2022.

S krožno brusilko sva verige narezala na ustrezno dolžino. Na štiri zunanje verige pa namestila natezalce.



**Slika 24:** Natezalci za verigo, Kostanjevec. 1. marec 2022.

Nato sva si z vodno tehniko naravnala delovno podlago, ter z dvema vodnima tehnicama ustrezno zategovala posamezne verige, tako da je bila miza ravna, verige pa dovolj napete.

Nazadnje sva na mizo s posebnim dvostranskim lepilnim trakom pritrdila steklo debeline 8mm. S tem je bila izdelava najinega projekta zaključena.



**Slika 25:** Končni izdelek, Kostanjevec. 2. marec 2022.

## 5. ZAKLJUČEK

Miza je kos pohištva, sestavljen iz horizontalno nameščene plošče postavljene na podnožje različnih oblik. Je ob stolu in postelji najpomembnejši kos pohištva. Ima številne uporabne vrednosti. Brskanje po računalniku, pisanje, branje, raziskovanje, druženje je samo del uporabnosti, ki jih ponuja.

V raziskovalni nalogi sva se srečala z izzivom, kako s konstrukcijskimi rešitvami na inovativen način zasnovati in izdelati mizo, ki bo lebdela. Ki torej ne bo nosila samo lastne teže, temveč jo bomo lahko tudi dodatno obremenili. Lebdenje vrhnje ploskve mize omogoča veriga, ki je na inovativen način vpeta v konstrukcijo, tako da je miza v popolnem ravnotežju. V nalogi je podrobno opisan potek projektne naloge, od idejne zasnove, konstruiranja z vsemi potrebnimi izračuni, do končnega postopka izdelave.

Mizo sva skonstruirala v programu Autodesk Fusion 360, ki omogoča izdelavo 3D digitalnih prototipov, njihovo vizualizacijo in preprosto pripravo tehnične dokumentacije, skladno s svetovnimi standardi tehničnega risanja. To je bila zgolj vizualizacija osnovne ideje. Šele z izračuni nosilnosti, sva dobila še tehnične standarde za varnost in uporabnost mize. Najšibkejši člen mize, bi lahko glede na izvedene izračune obremenili s silo 11842,35 N. Ob tem pa moramo upoštevati še dejstvo, da je na zgornji površini nameščeno kaljeno steklo, ki ima drugačne lastnosti plastičnosti kot konstrukcijsko jeklo. Če bi jo presegli, bi se steklo lahko odlepilo od konstrukcije, ali celo počilo.

Z izdelavo in zasnova mizo, sva dokazala, da je možna izvedba najine osnovne ideje, tudi na večji konstrukciji ter potrdila, da koncept lebdeče mize deluje. Številna odprta vprašanja, glede konstrukcijskih dilem, dimenzij, postopkov varjenja, barvanja sva reševala z brskanjem po spletu. Z nasveti so nama pomagali tudi lokalni podjetniki. Skozi nalogu, sva pridobila vrsto tehničnega in praktičnega znanja, izven šolskih klopi. Z izdelkom, ki ima uporabno vrednost in bo krasil prostore naše šole, sva dokazala, da je tehnično znanje še kako uporabno tudi pri gimnazijcih.

Pri delu sva se srečala s pomanjkanjem znanja o konstruiranju, slabim poznovanjem postopkov varjenja in pomanjkanjem potrebne opreme. Da bi se izognila težavam pri varjenju, bi namesto MAG, uporabila metodo TIG. Ugotovila sva namreč, da so se zaradi visokih temperatur in tudi zaradi slabega znanja varjenja po postopku MAG, profili iz konstrukcijskega jekla na kritičnih mestih upognili. Prav tako bi lahko z varjenje TIG dobila lepše vare, posledično bi bilo manj brušenja. Slabost je tudi, da se miza, če bi verige preveč napeli, lahko upogne. Temu upogibu bi se lahko izognili, z izbiro debelejše stene profilov ali ojačitev na ključnih mestih.

Miza ponuja možnosti za nadaljnje posodobitve, tako v smeri konstrukcijskih rešitev, dizajna, kot v nadgradnji. Ob koncu izdelave sva že naredila načrt, da jo bova opremila še s tablico, z najinimi imeni.

## **6. VIRI IN LITERATURA**

### **6.1 Spletne viri**

Gostol TST. Wikipedija. 2018. [citirano 13. 2. 2022;13:44]. Dostopno na spletnem naslovu: [https://sl.wikipedia.org/wiki/Gostol\\_TST](https://sl.wikipedia.org/wiki/Gostol_TST)

Šturm, Roman. 2020. Konstrukcijska gradiva. [citirano 14. 2. 2022;14:45]. Dostopno na spletnem naslovu: [http://lab.fs.uni-lj.si/latem/IZPITI-IN-PREDAV/STURM/KG/Seminarski\\_pregled\\_teorije.pdf](http://lab.fs.uni-lj.si/latem/IZPITI-IN-PREDAV/STURM/KG/Seminarski_pregled_teorije.pdf)

MAG varjenje. Kovinc. 2020. [citirano 13. 1. 2022;23:05]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.kovinc.si/wiki/mag-varjenje>

MAG varjenje. Kovinc. [fotografija iz spletja]. Pridobljeno 13. januar 2022 od <https://www.kovinc.si/wiki/mag-varjenje>

Obločno varjenje. [citirano 15. 1. 2022;12.24]. Dostopno na spletnem naslovu: [http://egradivo.ecnm.si/SIV/oblonco\\_varjenje.html](http://egradivo.ecnm.si/SIV/oblonco_varjenje.html)

Lukič, Uroš. 2010. OSNOVE STROJNIŠTVA. [citirano 25. 2. 2022;16:55]. Dostopno na spletnem naslovu: [https://studentski.net/gradivo/vis\\_scv\\_meh\\_ost\\_sno\\_osnove\\_strojnista\\_1\\_del\\_01](https://studentski.net/gradivo/vis_scv_meh_ost_sno_osnove_strojnista_1_del_01)

Zulic, Marjan. PRERACUNI IN DIAGRAMI NOTRANJIH NAPETOSTI V C, I in T PROFILU. [citirano 22. 2. 2022;18:33]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://ns1.lecad.si/vaje/resitve/8.3/index.html>

Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem. Life at Night. [citirano 23. 1. 2022;12.33]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://www.lifeatnight.si/mig-mag-tig-varjenje>

Razlike med MIG, MAG in TIG varjenjem. Life at Night. [fotografija iz spletja]. Pridobljeno 23. januar 2022 od spletnem naslovu: <https://www.lifeatnight.si/mig-mag-tig-varjenje>

Hernandez, D. (2020). This Wiggly Table Looks Like Magic, But It's Just Some Clever Engineering. [fotografija s spletja]. Pridobljeno 5. decembra 2021 od <https://www.popularmechanics.com/science/a31932446/string-table/>

Varjenje. [citirano 11. 2. 2022;16.22]. Dostopno na spletnem naslovu: <http://egradivo.ecnm.si/SIV/varjenje.html>

Varjenje. Wikipedija. 2021. [citirano 24. 2. 2022;13:40]. Dostopno na spletnem naslovu: <https://sl.wikipedia.org/wiki/Varjenje>

Jerman, Boris. Varnost v strojništvu. [citirano 10. 1. 2022;18:22]. Dostopno na spletnem naslovu: [http://lab.fs.uni-lj.si/lasok/index.html/gradivo\\_jerman\\_OTV/VvS\\_12\\_\\_Trdnost\\_C\\_\\_Upogib.pdf](http://lab.fs.uni-lj.si/lasok/index.html/gradivo_jerman_OTV/VvS_12__Trdnost_C__Upogib.pdf)

### **6.2 Knjižni viri**

Kraut, B. (1987). Strojniški priročnik. Zagreb: Tehnička knjiga