

Mestna občina Celje

Komisija mladi za Celje

OŠ LOČE

RAZISKOVALNA NALOGA

# ELEKTROPOLIRANJE



**AVTORJA:**

**Emanuel Pintar in Mark Hlastec**

**MENTORJA:**

**Mladen Pintar  
Urša Ribič Hribernik**

**Celje, 2021**

Mestna občina Celje  
Komisija mladi za Celje

**OŠ LOČE**  
**ELEKTROPOLIRANJE**

raziskovalna naloga

**AVTORJA:**

**Emanuel Pintar in Mark Hlastec**

**MENTORJA:**

Mladen Pintar  
Urša Ribič Hribernik

**Celje, 2021**

## Kazalo vsebine

### Vsebina

1	POVZETEK .....	4
2	UVOD .....	5
3	HIPOTEZE .....	5
4	TEORETIČNE OSNOVE.....	6
5	POTEK DELA.....	7
5.1.	Priprava potrebnega za opravljanje poizkusov .....	7
5.2.	Poizkus uporabe kuhinjske soli (NaCl) kot elektrolit in baker kot material .....	10
5.3.	Poizkus uporabe kuhinjske soli kot elektrolit in nerjaveča kovina (nerjaveče jeklo) kot material .....	10
5.4.	Poizkus uporabe modre galice ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) kot elektrolit in nerjaveča kovina (nerjaveče jeklo) kot material .....	11
5.5.	Poizkus uporabe modre galice kot elektrolit in železo kot material .....	13
5.6.	Poizkus uporabe 50% fosforjeve kisline kot elektrolit in nerjaveča kovina (nerjaveče jeklo) kot material .....	13
6	UGOTOVITVE .....	16
7	ZAKLJUČEK.....	17
8	LITERATURA.....	18

**Priloga:** Priložen dokument »[Elektro-poliranje - tabele in slike V1.pdf](#)«

## 1 POVZETEK

V raziskovalni nalogi je bil cilj elektro spolirati ohišje za led lučko iz nerjavečega jekla. V raziskovalni nalogi smo odkrivali področje elektro poliranja, ki temelji na osnovi elektrolize. S pomočjo elektrolize in pravega elektrolita lahko z napetostjo in tokom odnašamo snov s predmeta, zaradi česar postane snov gladka. Naredili smo domači elektrolit, s katerim smo poizkusili elektro spolirati baker, železo in nerjavečo kovino. Elektrolit smo najprej naredili iz kuhinjske soli in destilirane vode, drugič smo elektrolit naredili iz modre galice in destilirane vode. Pri modri galici smo prišli do za nas novega odkritja, saj se nam je na posodi naredil bakreni sloj, ki smo ga lahko odstranili iz posode. Ugotovili smo, da bi z modro galico lahko pobakrili razne kovine, vendar to ni bil naš cilj. Zadnji elektrolit, ki smo ga uporabili, je bil tovarniško izdelan elektrolit za elektro poliranje nerjavečih jekel. Ta industrijski elektrolit je bil od proizvajalca »Brill Bomor«, ki pa ne proizvaja samo elektrolita, temveč tudi elektro polirne stroje. Pri tem elektrolitu pridemo do odličnih rezultatov poliranja nerjaveče kovine in do odlične gladke in svetleče površine.

**Ključne besede:** Elektro poliranje, kuhinjska sol, modra galica, fosforjeva kislina

**Priloga:** Priložen dokument »[Elektro-poliranje - tabele in slike\\_V1.pdf](#)«

## 2 UVOD

Raziskali bi radi prikazali področje elektro poliranja, ki temelji na osnovah elektrolize. Pri postopku elektrolize kovinski ioni potujejo iz plus baterije oziroma napajanja (pozitivna anoda) proti minusu baterije oziroma napajanja (negativna katoda). Predvidevamo, da bi se iz naše kovine, ki bi bila priključena na pozitivno napetost in potopljena v elektrolit, odstranjevali kovinski ioni oziroma mikro delci naše kovine. V kolikor se bi lepo odstranjevali delci iz kovine, bi morali dobiti lep kovinski sijaj.

Problem raziskovalne naloge je izbrati pravi elektrolit oziroma prevodno tekočino ter ugotoviti pravo napetost in tok ter čas pri postopku elektrolize, v našem primeru elektro poliranja.

Pričakujemo, da bomo pri preizkušanju z različnimi elektro prevodnimi tekočinami našli pravo prevodno tekočino, ki nam bo ustrezala za elektro poliranje. Sami bomo poizkusili zmešati različne snovi z vodo in tako dobiti pravi elektrolit.

Izbrali smo metodo eksperimentiranja ter preizkušanja. Prva metoda bi bila izdelava elektrolita, ki ga bi sami naredili, hkrati pa bi poiskali, če je možno kupiti že izdelan elektrolit. Druga metoda sovpada s prvo, saj bi pri tej naredili teste z različnimi tokovi, napetostjo in časom z različnimi elektroliti.

V uvodu je pomembno omeniti, da je k nalogi priložen PDF-dokument s tabelami in barvnimi slikami, saj se samo tako vidi rezultat poizkusov.

**Priloga:** Priložen dokument »[Elektro-poliranje - tabele in slike\\_V1.pdf](#)«

## 3 HIPOTEZE

- Predvidevamo, da je elektro poliranje sodoben postopek in ga poznamo v dobi Sodobne industrijske revolucije.
- Predvidevamo, da ne moremo doma izdelati elektrolita.
- Predvidevamo, da modra galica ni za izdelavo elektrolita, saj jo kmetje uporabljajo za škropljenje trte.
- Tovarniško izdelan elektrolit bo težko nabaviti, saj ne vemo ne oznake in ne kje ga kupiti.

## 4 TEORETIČNE OSNOVE

Elektro poliranje je elektro kemijski proces poliranja kovinske površine, tako da odstranimo mikroskopske količine materiala z obdelovanca. Pri elektro poliranju se s pomočjo enosmernega električnega toka odnaša material s površine materiala. Na ta način se površina izenači in tako dobimo visoki sijaj površine obdelovanca.

### **Prednosti elektro poliranja pred mehanskim poliranjem:**

- Elektro poliranje omogoča poliranje zahtevnih oblik kosov.
- Iz površine se odstranijo vse nečistoče.
- Površina ima izredno majhno hrapavost.
- Izdelek ima zelo lep in bleščeč sijaj.
- Podaljša življenjsko dobo izdelka in površina deluje antikorozijsko.
- Ostri robovi in igle na obdelovancih se lepo zgladijo in očistijo.
- Površina je higienična in jo zlahka čistimo (<http://www.termeh.si/storitve/elektro-poliranje>).

Pri mehanskem poliranju se vnesejo v pore materiala nečistoče in maščobe, ki že nekaj let po obdelavi ostanejo v materialu. Zato priporočamo elektrolitsko poliranje, kjer ostane samo čisti osnovni material po obdelavi (<http://www.inopol.si/elektropoliranje.html>).

Razgradnjo snovi, ki je posledica delovanja električnega toka na ione te snovi, imenujemo elektroliza. Pri vsaki elektrolizi razlikujemo dva delna procesa, reakcijo na katodi (negativni pol) in reakcijo na anodi (pozitivni pol). Na katodi ioni sprejemajo elektrone, na tej elektrodi poteka redukcija. Na anodi ioni oddajajo elektrone, na tej elektrodi poteka torej oksidacija. Elektroliza je redoks reakcija, pri kateri potekata oksidacija in redukcija prostorsko ločeni. Elektrolizna celica porablja električno energijo, ki se pretvarja v kemijsko energijo. Produkti so energijsko bogatejši kot izhodne snovi. Elektroliza poteka le tedaj, če je elektrolizna celica priključena na vir napetosti; to pomeni, da od zunaj dovajamo energijo. Elektroda je prevodnik, v katerem poteka prevajanje električnega toka med prevodnikom 1. reda (kovino) in prevodnikom 2. reda (elektrolitom). Katoda je vedno tisti pol, kjer tok elektronov po kovini vstopa v celico. Delci, ki reagirajo, se tukaj reducirajo - sprejmejo elektrone. Anoda je vedno tisti pol, kjer tok elektronov po kovini izstopa iz celice. Delci, ki reagirajo, se tukaj oksidirajo - oddajo elektrone (Kemija splošni priročnik).

Pogledali smo tudi malce v zgodovino elektro poliranja in ugotovili, da ta seže že v 18. in predvsem v 19. stoletje (Skupnost muzejev Slovenije, Galvanoplastika, Avtor: Miran Pflaum). Iz literature izvemo, da je temelje elektrokemije postavil Luigija Galvanija (1737–1798) in to na znanem poizkusu na žabjih krakih. Prav tako je poizkuse elektrokemije preizkušal znani Alessandro Volta (1745–1827), ki je iznašel prvo baterijo s pomočjo elektrolita. Voltov prijatelj Luigi Valentino Brugnatelli (1761–1818) pa je leta 1802 s pomočjo Voltovega stebra prvi galvansko pozlatil srebrnik. Lahko bi rekli, da sega elektroliza, v katero spada tudi elektro poliranje, tja v začetek 19. stoletja, kar nas zelo preseneča, saj nismo pomislili, da so poznali baterijo in z njo opravljali elektrolizo. Prepričani smo bili, da je potreben za elektrolizo sodoben elektronski usmernik, ki zmore proizvesti velik tok.

Na internetu ni veliko literature o elektro poliranju, vendar sva dobila od mentorice članek o nasvetih za elektro poliranje (Nasveti Elektropoliranje, Avtor: Darja Kek Merl, Institut "Jožef Štefan"). Iz tabele je razvidno, kakšni so potrebni elektroliti za elektro poliranje določenih kovin.

## 5 POTEK DELA

### 5.1. Priprava potrebnega za opravljanje poizkusov

Najprej si pripravimo vse potrebno za opravljanje poizkusov za elektro poliranje. Za poizkuse potrebujemo usmernik s priključnimi sponkami (slika 1), tehtnico do 300 g (slika 2), tehtnico do 3 kg (slika 3), elektronski termometer, merilno plastično posodo (slika 4), kovinsko posodo iz nerjavečega jekla (slika 5), bakreni trak, plastično palico, tabelo meritev na A4-listu ter kuhinjsko sol (točneje natrijev klorid NaCl) - (slika 4), modro galico (točneje bakrov sulfat -  $\text{CuSO}_4$ ) in industrijski elektrolit iz 50% fosforjeve kisline.

Uporabili smo usmernik proizvajalca Manson in sicer z nastavitvijo napetosti od 0V do 16V ter nastavitvijo toka od 0A do 40A. Usmernik je digitalno nastavljen, hkrati pa prikazuje delovno napetost in tok. Usmerniku lahko nastavimo zeleno napetost in zelen maksimalni tok. Z zelenim maksimalnim tokom omejimo tok, ki bo tekel skozi elektrolit. Ugotovimo, da usmernik sam zmanjša napetost, v kolikor doseže zelen maksimalni tok tako, da tega toka ne prekorači. Na usmernik smo pritrdili dva črna minus kabla in dva rdeča plus kabla. Mentor nama pove, da morata biti dva kabla za plus in za minus zato, ker bo tekel precejšen tok in bi se lahko en kabel pregreval.

Kovinsko posodo iz nerjavečega jekla (volumen  $1\text{dm}^3=1\text{l}$ ) bomo uporabili kot posodo za elektrolit. Na ohišje te posode smo pritrdili minus kabla iz usmernika. Ohišje posode nam bo služila kot katoda. Plus kabla bomo pritrdili na naš kovinski material, ki ga bomo želeli elektro polirati ter ga potopili v elektrolit, ki ga bomo natočili v nerjavečo posodo.

Merilno plastično posodo bomo uporabili kot merilo za 1l destilirane vode, v katero bomo kasneje dodali elektrolit in vse dobro premešali.

Tehtnici, in sicer eno 300 g (točnost 0.05 g) in eno 3 kg (točnost 0.5g), bomo uporabili za tehtanje elektrolita, ki ga bomo nato dodali destilirani vodi in nato izračunali odstotek mešalnega razmerja (odstotek elektrolita oziroma razmerje v %). Dve tehtnici smo si pripravili zato, da bomo lahko točneje stehali elektrolit. V kolikor bomo dodajali elektrolit do 250 g, bomo tehtali s tehtnico, ki meri do 300 g, ostale količine pa s tehtnico do 3 kg.

Elektronski termometer bomo uporabili za merjenje temperature elektrolita, saj pričakujemo, da se bo elektrolit segrel.

Bakreni trak širine 10 mm bomo uporabili kot referenčno vrednost prevodnosti elektrolita. Naučimo se, da je prevodnost elektrolita vrednost toka pri neki napetosti v našem primeri 10V ali 15V ali poljubno nastavljena. Na bakreni trak narišemo še dolžino 10 mm in 20 mm in s tem določimo površino na bakrenem traku. Trak bomo priključili na plus usmernika ter ga potopili do 10 mm v sredino posode elektrolita in s tem izmerili tok, ki teče pri tej višini. Pri tej višini, 10 mm potopljenega traku, imamo  $2\text{ cm}^2$  površine, skozi katero teče tok, se pravi imamo tok na površini  $2\text{ cm}^2$ .

Plastično palico bomo uporabili kot izolirani nosilec za predmete, ki jih bomo elektro polirali. Služila nam bo kot nekakšno obešalo.

Tabela na A4-listu nam bo služila za zapisovanje rezultatov meritev.

Kuhinjsko sol smo vzeli pri mami v kuhinji, modro galico smo kupili v trgovini Kmetijska zadruga, elektrolit s 50% fosforjeve kisline proizvajalca »Brill Bomor«, ki je namenjena za poliranje nerjavečih kovin, smo dobili od podjetja Digiem d.o.o. (očeta enega izmed raziskovalcev), ki pa to kislino kupuje v Ljubljani pri zastopniku »Brill Bomor«.



slika 1



slika 2



slika 3





slika 4



slika 5

## 5.2. Poizkus uporabe kuhinjske soli (NaCl) kot elektrolit in baker kot material

Kot prvi poizkus smo izbrali kuhinjsko sol kot elektrolit, ki smo jo zmešali z destilirano vodo. Zadali smo si poizkus z 3% mešanico in 10% mešanico soli. Pri vsaki mešanici bomo uporabili napetost 10V in 15V ter različne čase poliranja.

Najprej smo naredili 3% mešanico s pomočjo tehtanja in merilne posode. Nato smo najprej izmerili referenčni tok s pomočjo bakrenega traku, ki smo ga priključili na pozitivno napajanje usmernika ter ga potopili za 10 mm. Tok na  $2\text{ cm}^2$  je znašal 2,4A

Kot material za elektro poliranje smo vzeli bakreno cev premera 22 mm. Na cev smo s priključnimi krokodili priključili plus napajanje iz usmernika ter cev potopili za približno 1 cm. Poizkus smo ponovili pri 10V napetosti in različnih časih ter na koncu še pri 15V in različnima časoma. Vse skupaj smo ponovili še pri mešanici 10%.

Vse meritve smo zapisali v tabeli »a« in prav tako fotografirali izgled materiala v tem primeru bakrene cevi. Ker je teh fotografij v tabeli veliko smo tabele in fotografije shranili v priložen PDF-dokument, in sicer »[Elektro-poliranje - tabele in slike\\_V1.pdf](#)«. Slike so barvne, saj samo tako se vidi učinek na materialu. Poliran material smo lahko samo vizualno pregledali in fotografirali.

Zanimivo je, da smo lahko elektro polirali bakreno cev samo s pomočjo kuhinjske soli. Vendar se nam elektrolit hitro umaže in izgublja na toku skozi elektrolit, kar pomeni, da je manjši tok tudi skozi naš material. Pri meritvi temperature skoraj ni sprememb ( $+0,2^{\circ}\text{C}$ ).

Pri tem poizkusu bi lahko zaključili, da je cev sicer na otip zelo gladka, a temna na izgled in elektrolit umazano meglene barve.

**Opomba:** Priložen dokument »[Elektro-poliranje - tabele in slike\\_V1.pdf](#)«, tabela »a«.

## 5.3. Poizkus uporabe kuhinjske soli kot elektrolit in nerjaveča kovina (nerjaveče jeklo) kot material

Sedaj ponovimo poizkus enako kot pri prvem poizkusu, le da sedaj najprej zmešamo 5% in nato 10% mešanico kuhinjske soli. Sedaj namesto bakrene cevi vzamemo za material nerjavečo pločevino, ki je okrogla premera 60 mm in notranjo luknjo 25 mm ter debeline 3 mm.

Pri 5% mešanici ter napetosti 10V in 30 s obdelovanja (elektro poliranja) je majhna razlika na nerjaveči pločevini a je vidna. Pločevina je še vedno hrapava. Pri 10V in času 60 s in 90 s se nam elektrolit zelo zamaže in hkrati zelo malo segreje. Temperatura se dvigne za okoli  $1,5^{\circ}\text{C}$ . Nato napetost povečamo na 15V ter ponovimo poizkus s časoma 60 s in 90 s. Pri tem se nam še bolj umaže elektrolit in tudi segreje na kar  $26,2^{\circ}\text{C}$ . Nerjaveča pločevina je na izgled malce svetlejša in na otip malce bolj gladka, kar se vidi v prilogi tabele.

Postopek ponovimo še pri mešanici 10% soli. Razlika je le ta, da se nam še bolj umaže in še bolj segreje elektrolit. Temperatura elektrolita zraste na  $32,8^{\circ}\text{C}$ . Nerjaveči material sedaj ni bolj gladek, kar bi pričakovali, vendar je grob in umazano svetlo sive barve.

Pri tem poizkusu ugotovimo, da kuhinjska sol ni primerna kot elektrolit za nerjaveče jeklo. Zanimivo je, koliko umazanje proizvede ta elektrolit v uporabi z nerjavečim jeklom.

**Opomba:** Priložen dokument »[Elektro-poliranje - tabele in slike\\_V1.pdf](#)«, tabela »b«.

#### 5.4. Poizkus uporabe modre galice ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) kot elektrolit in nerjaveča kovina (nerjaveče jeklo) kot material

Pri tem poizkusu vzamemo kot elektrolit modro galico ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ) ali lepše bakrov sulfat in za material nerjaveče jeklo (okroglo premera 60 mm in notranjo luknjo 25 mm ter debeline 3 mm). Pri tem poizkusu si zadamo veliko različnih mešanic in sicer 5%, 10%, 20%, 30%, 40% in 50%.

Najprej pričnemo s 5% mešanico in 10V ter 15V. Elektrolit se nam malce segreje, kar je razvidno iz tabele »c« (priloga). Iz slik je razvidno, da je kovina svetlejša in bolj gladka in da je elektrolit ostal enako moder kot ob pričetku.

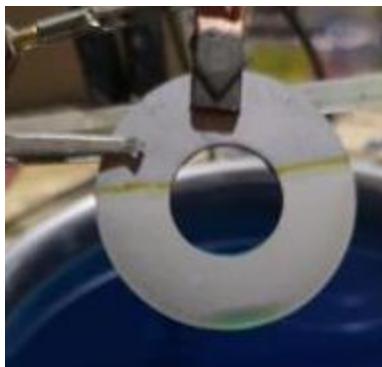
Prav tako ponovimo postopek s 10% mešanico. V tem primeru se nam elektrolit segreje za  $5^\circ\text{C}$  in postane temnejše modre barve. Nerjaveča kovina pa postane bolj gladka in malce svetlejša.

Pri 20% in 30% mešanici postane elektrolit še bolj moder in se segreje tja do  $34,9^\circ\text{C}$ . Del kovine, ki je bil potopljen pa postane zelo gladek in svetlo sive barve, kar je razvidno iz tabele »d« in njenih slik.

Pri 40% mešanici in 15V se nam pojavi penjenje, kar poslabša poliranje, elektrolit se zelo segreje, in to kar do skoraj  $90^\circ\text{C}$ . Rezultat je groba struktura poliranega dela in grd izgled. Elektrolit se prav tako umaže in je umazano temno modre barve.

Pri 50% mešanici nastavimo napetost na 10V, saj s tem omejimo tok in želimo, da se elektrolit ne peni. Zelo pomembno je omeniti, da je 50% zgornja meja mešanice, saj se pri tej vrednosti še komaj raztopi modra galica v destilirani vodi. Pri tej mešanici dobimo zelo lepe rezultate nerjaveče pločevine, in sicer zelo gladko površino in lepe svetlo sive barve. Elektrolit se nam segreje tja do skoraj  $50^\circ\text{C}$  zato moramo paziti na pregretje elektrolita.

Za zaključek bi lahko bili zelo zadovoljni z rezultati s pomočjo modre galice. Površina je zelo gladka in lepe svetlo sive barve (slika 6). Barva nerjaveče pločevine sicer ni svetleče srebrne barve, a je elektrolit zelo poceni in ga je lahko narediti. Paziti moramo le, da ne pregrejemo elektrolita in da se nam elektrolit ne prične peniti v postopku poliranja.



slika 6

Pri čiščenju nerjaveče posode, kjer je bil elektrolit modre galice, pridemo do zanimivega spoznanja, saj je posoda na dnu in na robovih grde rjave barve (slika 7). Z malo truda se ta umazanija lepo odlušči s posode. Sedaj pridemo do za nas neverjetnega odkritja, saj smo dobili bakreno folijo (slika 8). Mentor razloži, da je to produkt bakrovega sulfata in da je to dejansko postopek galvaniziranja materiala. V tem primeru smo nanесли baker na našo posodo in seveda zraven še nekaj nerjaveče pločevine, zato ni to povsem lep čist baker.

**Opomba:** Priložen dokument »Elektro-poliranje - tabele in slike\_V1.pdf«, tabela »c« in »d«.



slika 7



slika 8

## 5.5. Poizkus uporabe modre galice kot elektrolit in železo kot material

Ker smo radovedni, naredimo poizkus še s 5% mešanico modre galice in kot material vzamemo železo. Poizkus naredimo pri 10V in 15V ter pri krajšem in daljšem času (največji čas 5 minut). Pri poizkusu ugotovimo, da se elektrolit segreje in umaže. Železo postane zelo gladko in črne barve.

Pri tem poizkusu bi lahko rekli, da je sicer železo lepo gladko, a je naš elektrolit povsem umazan in neuporaben.

**Opomba:** Priložen dokument »Elektro-poliranje - tabele in slike\_V1.pdf«, tabela »e«.

## 5.6. Poizkus uporabe 50% fosforjeve kisline kot elektrolit in nerjaveča kovina (nerjaveče jeklo) kot material

Sedaj naredimo še poizkus z industrijsko izdelanim elektrolitom, ki vsebuje več kot 50% fosforjeve kisline. Ta elektrolit je malo gostejši od vode in rumenkaste barve. V plastično posodo, ki je na tehtnici nalijemo 500 g tega elektrolita. Nalijemo samo 500 g elektrolita, saj ga imamo samo 1 kg (1000 g) oziroma malo manj kot 1 l. Iz plastične posode vlijemo elektrolit v nerjavečo posodo, ki jo uporabljamo za elektro poliranje. Napetost nastavimo na 10V in pričnemo s poizkusi. Po 30 s se nam elektrolit malce segreje za približno 1,7°C. Tok se nam spreminja; na začetku je bil 7,8A po 30 s pa 10,5A. Vidna je že sprememba barve na potopljenem delu materiala. To ponovimo še za 60 s in ugotovimo podobno kot pri 30 s, le da se tu poveča tok in še dodatno se dvigne temperatura elektrolita. Temperatura je sedaj 25,4°C. Na sliki »f 3« pri tabeli »f« vidimo, da je delček materiala svetleč del pa svetlo siv.

Postopek ponovimo z 90 s, sedaj se nam elektrolit segreje na 31,9°C. Začetni tok je bil 10,4A, po 90 s pa 15A. Del nerjaveče kovine, ki je bil elektro spoliran, je čudovite svetleče krom barve. Dobili smo zelen učinek nerjaveče kovine, in sicer se lepo sveti in je lepe krom barve.

Postopek nadaljujemo in ponovimo še s 120 s in 300 s. Sedaj se nam elektrolit zagreje tja do 73°C in tok zraste do 40A. Že pri 120 s dobimo odlično spoliran material, ki ni samo krom barve, ampak je kot ogledalo in ga je težko slikati, ker se svetloba odbija od svetlečega dela. Tudi robovi materiala so gladki in svetleči. Dobili smo zares čudovito spolirano nerjaveče jeklo.

Postopek ponovimo, le da sedaj vzamemo nerjavečo jekleno cev. Prav tako dobimo že po 90 s čudovito svetlečo krom barvo (kot ogledalo). Prav tako po 120 s. Sedaj se nam je zelo segrel elektrolit, in sicer na 91°C, tok nam je narastel do 45A. Vse je zelo vroče in moramo paziti, da se ne opečemo. Zelo smo zadovoljni z rezultati elektro poliranja s 50% fosforno kislino. Mentor naju opozori, da sva na nekaj pri tem poizkusu pozabila, in sicer na omejitve maksimalnega toka. Tok je prerastel preko 40A, kar ni dobro za kable in prav tako se nam zelo hitro greje elektrolit. Zato sedaj nastavimo na usmerniku maksimalni tok na 25A.

Sedaj ponovimo postopek, le da zamenjamo elektrolit. Za izdelek, ki ga bomo polirali, pa vzamemo zavarjeno ohišje iz nerjavečega jekla - ohišje led luči - (slika 9) . Na sliki »f12« iz tabele »f« se vidi zavarjen del in temne sledi varov. Sedaj poliramo po korakih, in sicer 30 s, 60 s, 90 s in 120 s. Že pri 30 s je opazna razlika. Lepo spolirano je že po 60 s. Pri 90 s je ohišje čudovite krom barve in kot ogledalo se sveti sprednja stran (slika 10). Pri 120 s je skoraj neopazna razlika s prej 90 s poliranja. Le da nam je pri 120 s padla napetost na 10,3V, saj je usmernik znižal napetost, zato da ne bi presegel toka 25A. Elektrolit se nam segreje tja do skoraj 60°C.

Postopek ponovimo še z enim ohišjem za led luč in dobimo enake odlične rezultate. Elektrolit se nam je sedaj še dodatno segrel, in sicer do 71,5°C, napetost pa nam je še dodatno

padla, in sicer na 8,2V. Usmernik je dodatno zmanjšal napetost, zato da ne bi prekoračil toka 25A.

Za zaključek tega poizkusa lahko rečemo, da smo dobili odlične rezultate. Naučili smo se, da ne smemo pozabiti omejiti toka skozi naš elektrolit oziroma material. Problem, ki nam nastane pri tem poizkusu, je visoka temperatura elektrolita. V literaturi (Nasveti Elektropoliranje, Avtor: Darja Kek Merl, Institut "Jožef Štefan") preberemo, da je potrebno elektrolit ohlajati in vzdrževati enakomerno temperaturo. Žal tega mi ne moremo narediti, saj bi potrebovali hladilni sistem in pravo posodo za poliranje ter veliko elektrolita. Vendar smo kljub vsemu zadovoljni z rezultati in za domačo uporabo je tale sistem kar zelo dober.

Na koncu še sestavimo led luč, da lahko vidimo končni izdelek (slika 9, 10, 11, 12, 13, 14).

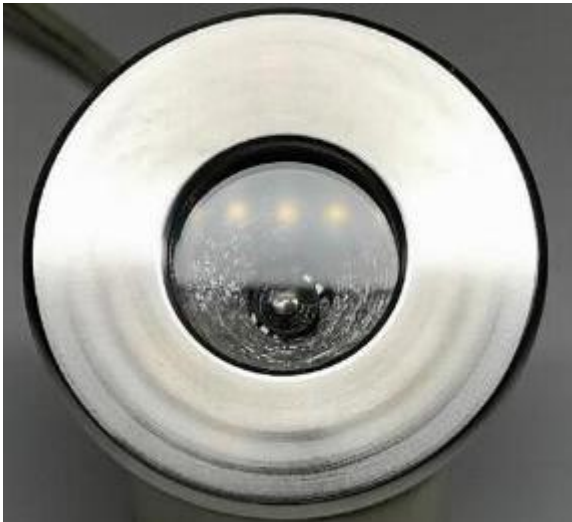
**Opomba:** Priložen dokument »Elektro-poliranje - tabele in slike\_V1.pdf«, tabela »f«.



slika 9



slika 10



slika 11



slika 12



slika 13



slika 14

## 6 UGOTOVITVE

Ugotovimo, da se doma lahko naredi elektrolit za elektro poliranje, in sicer s pomočjo modre galice in destilirane vode tudi kuhinjska sol in destilirana voda, ki delujeta kot elektrolit. Elektrolit iz kuhinjske soli ni primeren za nerjaveče jeklo, se pa ta elektrolit lahko uporabi za baker, a je ta na poliranem mestu temne barve.

Elektrolit iz modre galice daje zadovoljive rezultate za domačo uporabo. Nerjaveče jeklo se pri elektrolitu z modro galico sicer ne sveti, je pa površina lepo gladka in jeklo je lepe svetlo sive barve.

Pri uporabi industrijskega elektrolita, ki vsebuje več kot 50% fosforne kisline, dobimo odlične rezultate, saj se nam jeklo zelo sveti oziroma je kot ogledalo. Rezultati pri tem elektrolitu so odlični in poliranje traja zelo kratek čas - od 60 s do 120 s. Problem je le segrevanje elektrolita, to pa doma lahko rešimo tako, da počakamo, da se ohladi ali pa našo posodo z elektrolitom postavimo v drugo dosti večjo posodo z hladno vodo. Hladna voda bo okoli naše posode z elektrolitom hladila posodo in elektrolit.

**Prva hipoteza:** Predvidevali smo, da je elektro poliranje sodoben postopek, a smo izvedeli, da sega tja v 18. stoletje. Ta hipoteza je ovržena, saj so poznali postopek galvanizacije že v 18. stoletju.

**Druga hipoteza:** V tej hipotezi smo predvidevali, da ne moremo doma narediti elektrolita. Tudi ta hipoteza je ovržena, saj lahko doma izdelamo elektrolit iz kuhinjske soli in iz modre galice.

**Tretja hipoteza:** Modra galica ni samo za škropljenje trte, ampak iz nje lahko izdelamo zadovoljivo dober elektrolit. Modra galica nam daje zadovoljive rezultate pri elektro poliranju. Tudi ta hipoteza je ovržena.

**Četrta hipoteza:** Tovarniško izdelan elektrolit smo dobili pri očetu od enega izmed raziskovalcev, ki nam pove, da se ta lahko kupi v Ljubljani pri zastopniku za elektrolite. Je pa res, da osnovnošolci ne moremo tam kupiti elektrolita, ker je prodaja le za podjetja. Ta hipoteza je deloma ovržena.



## 7 ZAKLJUČEK

V raziskovalno nalogo smo vložili ogromno prostega časa, a se je izplačalo, saj sva prišla do neverjetnih odkritij, ki jih pred tem nisva poznala. Raziskovalna naloga nama je odkrila eno izmed zanimivih področij kemije in sicer področje elektro kemike. Področje elektro poliranja, ki sva ga izbrala, je zelo zanimivo, predvsem je zanimivo to, da lahko elektrolit izdeláš sam doma. Elektro poliranje nam olajša delo, saj je klasično poliranje dolgotrajno in zamudno ter fizično naporno. Modra galica je čudovit elektrolit za domačo uporabo in enostavna. Pri tem elektrolitu sicer ne dobimo vrhunskih rezultatov, a so dovolj dobri za domačo uporabo. Industrijski elektrolit je za nas osnovnošolce malce težje dobavljiv, a vseeno dobavljiv. Industrijski elektrolit daje vrhunske rezultate, saj se nerjaveča pločevina (jeklo) zelo sveti in je zelo gladka, celo ostri robovi izginejo in postanejo gladki. S poizkusi smo zelo zadovoljni prav tako z raziskovalno nalogo.

## LITERATURA

- <https://hr.wikipedia.org/wiki/Galvanotehnika> (23. 2. 2021; 11.30).
- <http://www.termeh.si/storitve/elektro-poliranje> (23. 2. 2021; 10.00).
- <http://www.inopol.si/elektropoliranje.html> (23. 2. 2021; 10.00).
- Skupnost muzejev Slovenije, Galvanoplastika, Avtor: Miran Pflaum (30. 3. 2021; 04.30).
- Nasveti Elektropoliranje, Avtor: Darja Kek Merl, Institut "Jožef Štefan"(30. 3. 2021; 05.01).
- W. Schröter, K.-H. Lautenschläger, H. Bibrak, A. Schnabel, Kemija splošni priročnik, Tehniška založba Slovenije 1993, str. 247 in 248.

## KAZALO SLIK

slika 1.....	8
slika 2.....	8
slika 3.....	8
slika 4.....	9
slika 5.....	9
slika 6.....	11
slika 7.....	12
slika 8.....	12
slika 9.....	14
slika 10.....	14
slika 11.....	15
slika 12.....	15
slika 13.....	15
slika 14.....	15

**Priloga:** Priložen dokument »Elektro-poliranje - tabele in slike\_V1.pdf«

Tabela a

Mešanica: Destilirana voda + kuhinjska sol (NaCl)

Material: Baker

Referenčni material: Baker 2cm<sup>2</sup>

Voda g	Sol g	Razmerje v %	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 970	30	3,00%	19,1	10	2,4	/	Slika 1
970	30	3,00%	19,1	10	1,2	30	Slika 2
970	30	3,00%	19,1	10	0,5	45	Slika 3
970	30	3,00%	19,1	10	0,4	60	Slika 4
970	30	3,00%	19,3	10	0,2	90	Slika 5
970	30	3,00%	19,3	15	0,4	30	Slika 6
970	30	3,00%	19,3	15	0,2	60	Slika 7
Ref:1000	100	10,00%	18,5	10	0,5	/	Slika 8
900	100	10,00%	18,5	10	2,5	30	Slika 9
900	100	10,00%	18,5	10	$I_z = 4$ $I_k = 0,5$	60	Slika 10
900	100	10,00%	18,5	10	$I_z = 2,4$ $I_k = 0,2$	90	Slika 11
900	100	10,00%	18,8	15	$I_z = 3$ $I_k = 0,4$	30	Slika 12
900	100	10,00%	18,8	15	$I_z = 2,8$ $I_k = 0,3$	60	Slika 13

Opombe:

Slika 6,7 začne se z tokom, ki je 1,1 A nato pa pada počasi. Pri sliki 7 je tok že nizek in elektrolit je že umazan.



*Slika 1*



*Slika 2*



*Slika 3*



Slika 4



Slika 5



Slika 6



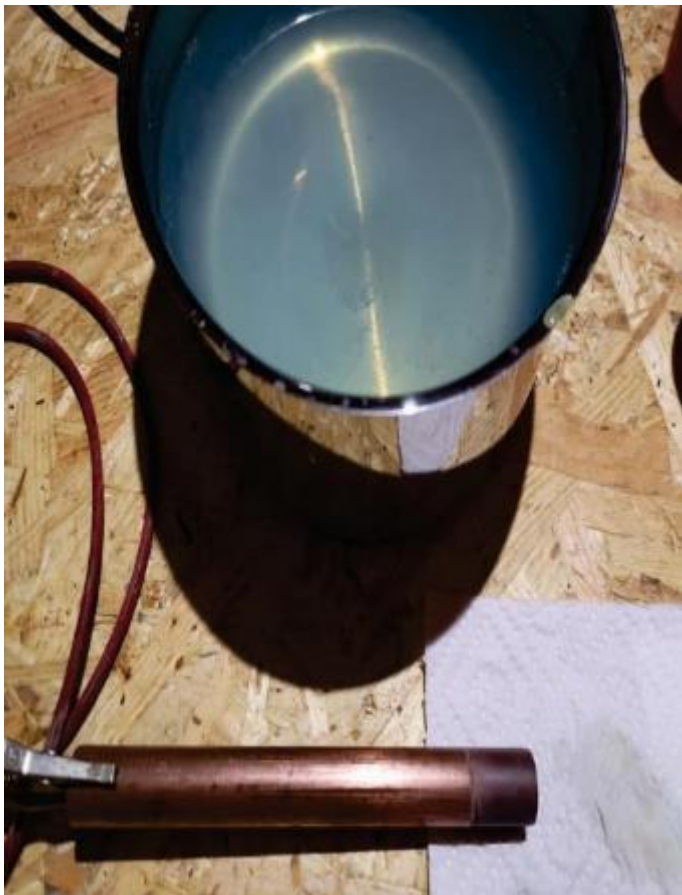
Slika 7



Slika 8: referenčna



Slika 9



Slika 10



Slika 11



*Slika 12*



*Slika 13*

Tabela b

Mešanica: Destilirana voda + kuhinjska sol (NaCl)

Material: Nerjaveča kovina

Referenčni material: Baker 2cm<sup>2</sup>

Voda g	Sol g	Razmerje v %	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 950	50	5,00%	18,8	10	$I_z = 0,8$	/	Slika b 1
950	50	5,00%	18,8	10	$I_z = 8,3$ $I_k = 7,4$	30	Slika b 2
950	50	5,00%	18,8	10	$I_z = 8,2$ $I_k = 8$	60	Slika b 3
950	50	5,00%	20,3	10	$I_z = 8$ $I_k = 8,9$	90	Slika b 4
950	50	5,00%	22	15	$I_z = 14,3$ $I_k = 15,2$	30	Slika b 5
950	50	5,00%	26,2	15	$I_z = 15$ $I_k = 15,1$	60	Slika b 6
Ref:900	100	10,00%	18,2	10	$I_z = 1,5$	/	Slika b 7
900	100	10,00%	19	10	$I_z = 13,5$ $I_k = 13,5$	30	Slika b 8
900	100	10,00%	20,5	10	$I_z = 13,1$ $I_k = 15,1$	60	Slika b 9
900	100	10,00%	23,4	10	$I_z = 13,9$ $I_k = 16,8$	90	Slika b 10
900	100	10,00%	27,4	15	$I_z = 25$ $I_k = 29,5$	30	Slika b 11
900	100	10,00%	32,8	15	$I_z = 26$ $I_k = 30,2$	60	Slika b 12





*Slika b 1:referenčna*



*Slika b 2*



*Slika b 3*



*Slika b 4*



*Slika b 5*



*Slika b 6*



*Slika b 7 referenčna*



*Slika b 8*



Slika b 9



Slika b 10



Slika b 11



Slika b 12

Tabela c

Mešanica: Destilirana voda + modra galica ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Material: Nerjaveča kovina

Referenčni material: Baker  $2 \text{ cm}^2$ 

Voda g	Meš. g	Razmerje v %	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 950	50	5,00%	19,2	10	$I_z = 0,8$	/	Slika c 1
950	50	5,00%	19,2	10	$I_z = 2$ $I_k = 2,1$	30	Slika c 2
950	50	5,00%	19,4	10	$I_z = 2,1$ $I_k = 2,1$	60	Slika c 3
950	50	5,00%	19,8	10	$I_z = 2,1$ $I_k = 2,1$	90	Slika c 4
950	50	5,00%	19,9	15	$I_z = 3,3$ $I_k = 3,3$	30	Slika c 5
950	50	5,00%	20,5	15	$I_z = 3,4$ $I_k = 3,7$	60	Slika c 6
950	50	5,00%	23,2	15	$I_z = 3,5$ $I_k = 4$	300	Slika c 7
Ref:900	100	10,00%	23,4	10	$I_z = 0,7$	/	Slika c 8
900	100	10,00%	23,5	10	$I_z = 3,5$ $I_k = 4,6$	30	Slika c 9
900	100	10,00%	23,5	10	$I_z = 3,6$ $I_k = 2,7$	60	Slika c 10
900	100	10,00%	23,6	10	$I_z = 4,2$ $I_k = 4,3$	90	Slika c 11
900	100	10,00%	24	15	$I_z = 6,5$ $I_k = 3,2$	30	Slika c 12
900	100	10,00%	24,4	15	$I_z = 6,1$ $I_k = 6,8$	60	Slika c 13
900	100	10,00%	28,8	15	$I_z = 7,2$ $I_k = 8$	300	Slika c 14



Slika c 1



Slika c 2



Slika c 3



Slika c 4



Slika c 5



Slika c 6



Slika c 7



*Slika c 8: referenčna*



*Slika c 9*



*Slika c 10*



Slika c 11



Slika c 12



Slika c 13





Tabela d

Mešanica: Destilirana voda + modra galica ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Material: Nerjaveča kovina

Referenčni material: Baker  $2 \text{ cm}^2$ 

Voda g	Meš. g	Razmerje v %	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 800	200	20,00%	18,9	10	$I_z = 1,6$	/	Slika d 1
800	200	20,00%	18,2	10	$I_z = 4,2$ $I_k = 4,9$	30	Slika d 2
800	200	20,00%	18,8	10	$I_z = 4$ $I_k = 4,9$	60	Slika d 3
800	200	20,00%	19,3	10	$I_z = 4,5$ $I_k = 5$	90	Slika d 4
800	200	20,00%	19,8	15	$I_z = 7,2$ $I_k = 8$	30	Slika d 5
800	200	20,00%	20,5	15	$I_z = 7,7$ $I_k = 8,2$	60	Slika d 6
800	200	20,00%	24,8	15	$I_z = 8,1$ $I_k = 10,8$	300	Slika d 7
Ref:700	300	30,00%	28,4	10	$I_z = 0,8$	/	Slika d 8
700	300	30,00%	28,7	10	$I_z = 7,2$ $I_k = 7,2$	30	Slika d 9
700	300	30,00%	28,2	10	$I_z = 7,4$ $I_k = 7,4$	60	Slika d 10
700	300	30,00%	30	10	$I_z = 7,2$ $I_k = 7,8$	90	Slika d 11
700	300	30,00%	28,7	15	$I_z = 11,6$ $I_k = 12,2$	30	Slika d 12
700	300	30,00%	30,1	15	$I_z = 11,9$ $I_k = 12,6$	60	Slika d 13
700	300	30,00%	34,9	15	$I_z = 12,5$ $I_k = 16,4$	300	Slika d 14



*Slika d 1:referenčna*



*Slika d 2*



*Slika d 3*



*Slika d 4*



Slika d 5



Slika d 6



Slika d 7



Slika d 8:referenčna



*Slika d 9*



*Slika d 10*



*Slika d 11*



*Slika d 12*



*Slika d 13*



*Slika d 14*

Tabela d (nadaljevanje)

Mešanica: Destilirana voda + modra galica ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Material: Nerjaveča kovina

Referenčni material: Baker  $2 \text{ cm}^2$

Voda g	Meš. g	Razmerje v %	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 600	400	40,00%	38,1	10	$I_z = 1,1$	/	Slika d 15
600	400	40,00%	36,6	10	$I_z = 9,3$ $I_k = 10,8$	30	Slika d 16
600	400	40,00%	39,3	15	$I_z = 17,2$	1200	Slika d 17
600	400	40,00%	61	15	$I_z = 24,8$	480	Slika d 18
600	400	40,00%	63	15	$I_z = 25,6$	720	Slika d 19
600	400	40,00%	74,1	15	$I_z = 26,3$	900	Slika d 20
600	400	40,00%	88,2	15	$I_z = 26,8$	1200	Slika d 21
Ref:500	500	50,00%	18,6	10	$I_z = 0,7$	/	Slika d 22
500	500	50,00%	18,6	10	$I_z = 5,8$ $I_k = 6,2$	30	Slika d 23
500	500	50,00%	19,8	10	$I_z = 6$ $I_k = 6,2$	60	Slika d 24
500	500	50,00%	21,5	10	$I_z = 6,2$ $I_k = 6,8$	90	Slika d 25
500	500	50,00%	23,5	10	$I_z = 6,4$ $I_k = 7,2$	120	Slika d 26
500	500	50,00%	29,7	10	$I_z = 7,2$ $I_k = 8,2$	300	Slika d 27
500	500	50,00%	35,3	10	$I_z = 9,4$	600	Slika d 28
500	500	50,00%	36,7	10	$I_z = 9,9$	720	Slika d 29
500	500	50,00%	40,2	10	$I_z = 10,4$	900	Slika d 30
500	500	50,00%	47	10	$I_z = 11,5$	1200	Slika d 31

Opombe:

Pri 50 % razmerju modre galice in vode se modra galica nasiči v vodi in se ne raztaplja več.



Slika d 15 : referenčna



Slika d 16



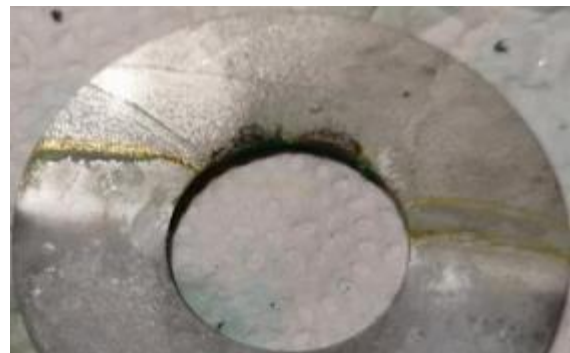
Slika d 17



Slika d 18



Slika d 19



Slika d 20



*Slika d 21*



*Slika d 22 referenčna*



*Slika d 23*





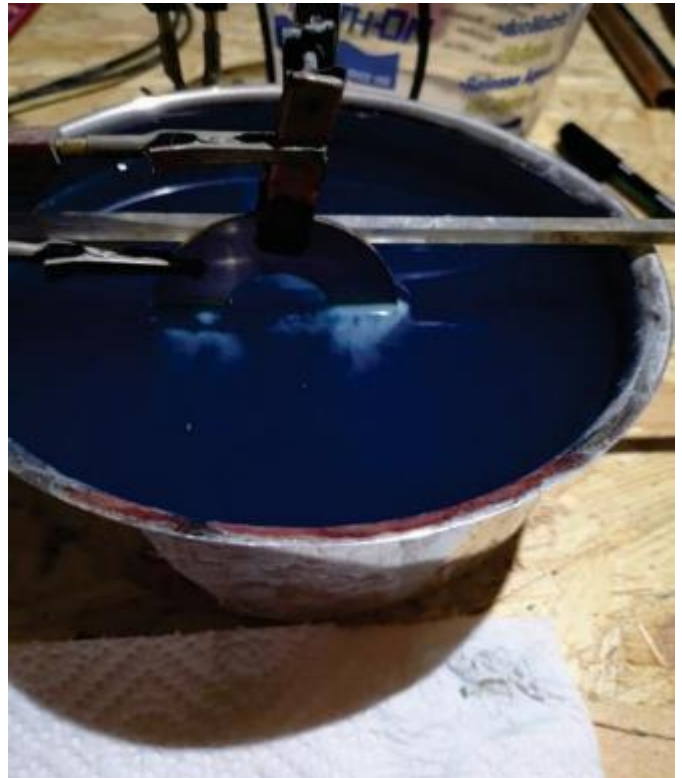
Slika d 24



Slika d 25



Slika d 26



Slika d 27



*Slika d 28*



*Slika d 29*



*Slika d 30*



*Slika d 31*

## Tabela e

Mešanica: Destilirana voda + modra galica ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ )

Material: Železo

Referenčni material: Baker  $2 \text{ cm}^2$ 

Voda g	Meš. g	Razmerje v %	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 950	50	5,00%	21,2	10	$I_z = 0,8$	/	Slika e 1
950	50	5,00%	21,5	10	$I_z = 4,5$ $I_k = 4,9$	30	Slika e 2
950	50	5,00%	21,8	10	$I_z = 5,5$ $I_k = 5,8$	60	Slika e 3
950	50	5,00%	23,2	10	$I_z = 5,4$ $I_k = 7,2$	90	Slika e 4
950	50	5,00%	24,8	15	$I_z = 9,1$ $I_k = 11,5$	30	Slika e 5
950	50	5,00%	27	15	$I_z = 9,8$ $I_k = 10,2$	60	Slika e 6
950	50	5,00%	37,6	15	$I_z = 9,7$ $I_k = 15$	300	Slika e 7



*Slika e 1 : referenčna*



*Slika e 2*



*Slika e 3*



*Slika e 4*



*Slika e 5*



*Slika e 6*



*Slika e 7*

Tabela f

Tekočina: Brill Bomor (več kot 50% fosforjeve kisline)

Material: Nerjaveča kovina

Referenčni material: Baker  $2 \text{ cm}^2$ 

Brill Bomor g	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
Ref: 500	18,7	10	$I_z = 2,5$	/	Slika f 1
500	20,4	10	$I_z = 7,8$ $I_k = 10,5$	30	Slika f 2
500	25,4	10	$I_z = 9,9$ $I_k = 14,5$	60	Slika f 3
500	31,9	10	$I_z = 10,4$ $I_k = 15$	90	Slika f 4
500	43	10	$I_z = 17$ $I_k = 23,2$	120	Slika f 5
500	73,2	10	$I_z = 20$ $I_k = 40$	300	Slika f 6
Ref:500	64	15	$I_z = 19$		Slika f 7
500	69,5	15	$I_z = 29$ $I_k = 43$	30	Slika f 8
500	84,2	15	$I_z = 40$ $I_k = 45$	60	Slika f 9
500	88	15	$I_z = 43$ $I_k = 45$	90	Slika f 10
500	91	15	$I_z = 43$ $I_k = 45$	120	Slika f 11
Ref:500	21,1	14	$I = 6,5$	/	Slika f 12
500	27	14	$I_z = 21,4$ $I_k = 22,5$	30	Slika f 13
500	37	14	$I_z = 23$ $I_k = 25$	60	Slika f 14
500	49,5	14	$I_z = 25$ $I_k = 25$	90	Slika f 15
500	59,1	14 $U_k = 10,3$	$I_z = 25$ $I_k = 25$	120	Slika f 16
Ref:500	54,7	14	$I = 6,5$	/	Slika f 17
500	56,1	14 $U_k = 10,8$	$I_z = 25$ $I_k = 25$	30	Slika f 18

Brill Bomor g	T (temperatura) v °C	U (napetost) V	I (tok) A	t (čas) s	Slika
500	61	14 $U_k=9,5$	$I_z=25$ $I_k=25$	60	Slika f 19
500	65,3	14 $U_k=8,6$	$I_z=25$ $I_k=25$	90	Slika f 20
500	71,5	14 $U_k=8,2$	$I_z=25$ $I_k=25$	120	Slika f 21



Slika f 1:referenčna



Slika f 2



Slika f 2



Slika f 3





Slika f 4



Slika f 5



Slika f 6



Slika f 7:referenčna



*Slika f 8*



*Slika f 9*



*Slika f 10*



*Slika f 11*



Slika f 12:referenčna



Slika f 13



Slika f 14



Slika f 15



*Slika f 16*



*Slika f 17*



*Slika f 18*



*Slika f 19*



Slika f 20



Slika f21

## IZJAVA\*

Mentorica Urša Ribič Hribernik v skladu z 20. členom Pravilnika o organizaciji mladinske raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje, zagotavljam, da je v raziskovalni nalogi z naslovom Elektropoliranje, katere avtorja sta Emanuel Pintar in Mark Hlastec:

- besedilo v tiskani in elektronski obliki istovetno,
- pri raziskovanju uporabljeno gradivo navedeno v seznamu uporabljene literature,
- da je za objavo fotografij v nalogi pridobljeno avtorjevo dovoljenje in je hranjeno v šolskem arhivu,
- da sme Osrednja knjižnica Celje objaviti raziskovalno nalogo v polnem besedilu na knjižničnih portalih z navedbo, da je raziskovalna naloga nastala v okviru projekta Mladi za Celje,
- da je raziskovalno nalogo dovoljeno uporabiti za izobraževalne in raziskovalne namene s povzemanjem misli, idej, konceptov oziroma besedil iz naloge ob upoštevanju avtorstva in korektnem citiranju,
- da smo seznanjeni z razpisni pogoji projekta Mladi za Celje.

Celje, april 20213390



Podpis mentorja

*U. Ribič*

Podpis odgovorne osebe

*[Signature]*

\*

### POJASNILO

V skladu z 20. členom Pravilnika raziskovalne dejavnosti »Mladi za Celje« Mestne občine Celje je potrebno podpisano izjavo mentorja (-ice) in odgovorne osebe šole vključiti v izvod za knjižnico, dovoljenje za objavo avtorja (-ice) fotografskega gradiva, katerega ni avtor (-ica) raziskovalne naloge, pa hrani šola v svojem arhivu.