

# Procjena učinkovitosti metoda pripreme površine u procesu automatiziranog nanošenja polimeriziranog zaštitnog sloja

---

Friščić, Katarina

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Polytechnic of Međimurje in Čakovec / Međimursko veleučilište u Čakovcu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:110:887172>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-23**



Repository / Repozitorij:

[Polytechnic of Međimurje in Čakovec Repository - Polytechnic of Međimurje Undergraduate and Graduate Theses Repository](#)





MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

**Katarina Friščić, 0010169107**

**Procjena učinkovitosti metoda pripreme površine  
u procesu automatiziranog nanošenja  
polimeriziranog zaštitnog sloja**

Završni rad

Čakovec, rujan 2024.



MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU  
STRUČNI PRIJEDIPLOMSKI STUDIJ ODRŽIVI RAZVOJ

**Katarina Friščić, 0010169107**

**Procjena učinkovitosti metoda pripreme površine  
u procesu automatiziranog nanošenja  
polimeriziranog zaštitnog sloja**

**Evaluation of the effectiveness of surface preparation  
methods in the process of automated application  
of the polymerized protective layer**

Završni rad

Mentor:

dr.sc. Sarajko Baksa, prof. struč. stud.

Čakovec, rujan 2024.



## Sadržaj

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. KOROZIJA</b> .....	2
2.1. Klasifikacija korozije .....	3
2.2. Uzroci nastajanja korozije .....	3
<b>3. METODE PRIPREME POVRŠINE</b> .....	4
3.1. Sačmarenje površine .....	4
3.2. Kemijska priprema površine .....	5
3.2.1. Bonderite C-AK 7163 .....	7
3.2.2. Bonderite C-AD 1270 .....	8
3.2.3. Bonderite M-AC 50 .....	8
3.2.4. Bonderite M-AC 950 .....	9
3.2.5. Bonderite M-AD 565 .....	9
3.2.6. Bonderite M-ZN 952 E .....	10
3.2.7. Bonderite M-AD 130 .....	10
3.2.8. Bonderite M-PT 54 NC .....	11
<b>4. OTPADNE VODE</b> .....	12
4.1. Tehnološki opis postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (PPOV) .....	12
4.2. Podešavanje dotoka otpadnih voda u PPOV .....	14
4.3. Tehnologija pročišćavanja otpadnih voda .....	15
4.4. Odvodnja i uklanjanje mulja .....	16
<b>5. AUTOMATIZIRANO NANOŠENJE ZAŠTITNOG PRAŠKASTOG SLOJA</b> .....	18
5.1. Praškanje u Wagner automatiziranim kabinama .....	20
<b>6. KOMPARATIVNA ANALIZA UČINKOVITOSTI METODA PRIPREME POVRŠINE</b> .....	25

6.1. Troškovna učinkovitost .....	25
6.2. Utjecaj na okoliš .....	25
6.3. Rezultati ispitivanja .....	25
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>32</b>
<b>8. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>33</b>
<b>9. POPIS SLIKA .....</b>	<b>34</b>
<b>10. POPIS TABLICA .....</b>	<b>36</b>
<b>11. POPIS DIJAGRAMA .....</b>	<b>37</b>

## ZAHVALA

*Zahvaljujem se poštovanom mentoru dr.sc. Sarajku Baksi, prof. struč. stud. na uputama i savjetima prilikom izrade ovog završnog rada. Također se zahvaljujem obitelji, tvrtki Ferokotao d.o.o., kolegama s posla, studentima i ostalim profesorima na kolegijalnim i stručnim savjetima.*

*Katarina Friščić*

## **Sažetak**

Automatizacija procesa nanošenja zaštitnog sloja sve je češća praksa u industriji, a posebice u kontekstu antikorozivne zaštite (AKZ). Automatizirane kabine, kao što su Wagner sustavi za elektrostatsko praškanje, omogućuju precizno i ravnomjerno nanošenje zaštitnih premaza, čime se osigurava visoka razina kvalitete i ponovljivosti rezultata. Međutim, kvaliteta završnog sloja u velikoj mjeri ovisi o kvaliteti pripreme površine, što nas dovodi do potrebe za detaljnom analizom i usporedbom različitih metoda pripreme.

Ovaj rad će se fokusirati na procjenu učinkovitosti sačmarenja i kemijske pripreme površine korištenjem specifičnih kemijskih sredstava, te kako te metode utječu na konačnu kvalitetu polimeriziranog zaštitnog sloja.

Također, obradit će se i utjecaj analiziranih metoda na okoliš, posebno u kontekstu otpadnih voda koje nastaju tijekom kemijske pripreme.

**Ključne riječi:** *korozija, sačmarenje površine, kemijska priprema površine, automatizirano nanošenje zaštitnog sloja*



## Summary

Automation of the process of applying a protective layer is an increasingly common practice in industry, especially in the context of anti-corrosion protection (AKZ). Automated chambers, such as Wagner electrostatic spraying systems, enable precise and even application of protective coatings, thus ensuring a high level of quality and reproducibility of results. However, the quality of the final layer largely depends on the quality of the surface preparation, which leads us to the need for a detailed analysis and comparison of different preparation methods.

This paper will focus on the evaluation of the effectiveness of shot blasting and chemical preparation of the surface using specific chemical agents, and how these methods affect the final quality of the polymerized protective layer.

Also, the impact of these methods on the environment will be discussed, especially in the context of wastewater generated during chemical preparation.

**Keywords:** *corrosion, surface shot blasting, chemical surface preparation, automated application of protective layer*

## 1. UVOD

Korozija predstavlja jedan od glavnih izazova u očuvanju dugovječnosti metalnih konstrukcija i proizvoda. Gubitak materijala uslijed korozije može dovesti do ozbiljnih strukturnih oštećenja, smanjenja estetske vrijednosti te, u konačnici, visokih troškova popravka ili zamjene. Zbog toga je od vitalne važnosti razviti učinkovite metode zaštite koje će produžiti vijek trajanja metalnih proizvoda i smanjiti troškove održavanja.

Prevlakama se razdvaja konstrukcijski materijal od agresivnog djelovanja okoliša. Metalne i nemetalne zaštitne prevlake i premazi su najčešći oblik zaštite od korozije. Primarna zadaća prevlaka je zaštita od korozije dok je sekundarna zadaća prevlaka zaštita od mehaničkog trošenja, postizanje estetskog dojma, postizanje određenih fizikalnih svojstava površine i dr. Zaštitno djelovanje prevlake ovisi o njenoj vrsti, debljini, stupnju kompaktnosti i čvrstoći prijanjanja. Za kvalitetno nanošenje premaza i prevlaka potrebno je dobro pripremiti površinu što znači da je nužno ukloniti nečistoće, masnoću, kao i produkte korozije.

Jedan od ključnih koraka u procesu zaštite metala od korozije jest priprema površine. Način pripreme površine uvelike utječe na kvalitetu prijanjanja zaštitnog sloja, a samim time i na njegovu učinkovitost i dugotrajnost.

U ovom radu analizirat ćemo učinkovitost dviju najčešće korištenih metoda pripreme površine, a to su mehaničko sačmarenje i kemijska priprema, kao i njihovu primjenu u procesu automatiziranog nanošenja polimeriziranog zaštitnog sloja.

U završnom dijelu je opisano ispitivanje zaštitnog premaznog sistema za čelične konstrukcije prema normi ISO 12944-5 koja opisuje različite vrste premaza i srodnih proizvoda na bazi njihovog kemijskog sastava i tipu filma koji nastaje.

## 2. KOROZIJA

Korozija je prirodan proces koji podrazumijeva postupno razaranje materijala, najčešće metala, kemijskom reakcijom s okolinom. Najčešći oblik korozije je oksidacija željeza, poznata kao hrđanje, koja nastaje u prisutnosti vode i kisika, kao što je vidljivo na slici 1. Proces korozije može značajno oslabiti metalne konstrukcije, smanjujući njihovu funkcionalnost i sigurnost. U današnje je vrijeme potrebno posvetiti mnogo više pažnje koroziji metala nego ranije zbog povećane upotrebe metala u svim područjima tehnologije, upotrebe metalnih konstrukcija sve tanjih dimenzija koje ne toleriraju korozijske napade istog intenziteta kao teške, nekad upotrebljavane konstrukcije, upotrebe metala za specijalnu primjenu ili uporabe rijetkih i skupih metala čija zaštita zahtijeva posebne mjere opreza, kao i pojačane korozivnosti okoline uslijed povećanog zagađenja vode, zraka i tla. Stoga su razvijene brojne metode zaštite od korozije, među kojima je primjena zaštitnih premaza jedna od najefikasnijih.

Jedan od osnovnih izazova kod primjene zaštitnih premaza je osigurati odgovarajuće prijanjanje sloja na metalnu površinu. To zahtijeva temeljitu pripremu površine kako bi se uklonile nečistoće, hrđa i ostaci starog premaza, te kako bi se stvorila hrapava površina koja omogućuje bolje prijanjanje novog sloja [1].



**Slika 1.** *Primjer korozije (hrđanja) željeza*

## 2.1. Klasifikacija korozije

Područje korozije je vrlo široko i raznovrsno te postoji više različitih podjela, no osnovna podjela korozije je na koroziju metala i koroziju nemetala.

Sljedeća bitna podjela je prema [1]:

- mehanizmu procesa – kemijska korozija, elektrokemijska korozija, degradacija nemetala fluidima,
- geometrijskom obliku korozijskog razaranja – opća korozija, lokalna korozija, interkristalna korozija, selektivna korozija,
- vremenskom tijeku – linearna korozija, usporena korozija, ubrzana korozija, miješana korozija i
- korozivnom mediju – atmosferska korozija, korozija u tlu, korozija u suhim plinovima, kontaktna korozija, biokorozija i dr.

## 2.2. Uzroci nastajanja korozije

Kako bi došlo do procesa oštećivanja konstrukcijskih materijala, mora u promatranom sustavu postojati kemijska, mehanička, biološka ili neka druga pokretna sila. Pokretna sila je uzrok korozije pa je brzina razaranja razmjerna pokretnoj sili. Djelovanju pokretne sile protive se fizikalni i kemijski otpori pa ovisno o veličini tih otpora postoje aktivni, pasivni i imuni materijali.

Kod aktivnih materijala postoji mehanički afinitet prema koroziji tj. otpori nisu preveliki dok su pasivni u određenim uvjetima elektrokemijski neaktivni.

Imuni materijali kao što su zlato i platina prirodno su imuni na koroziju. Pokretna sila ovisi o vanjskim i unutarnjim čimbenicima oštećivanja koji u manjoj ili većoj mjeri direktno utječu na koroziju [1].

### 3. METODE PRIPREME POVRŠINE

Procjena učinkovitosti metoda pripreme površine ključno je za osiguravanje kvalitete zaštitnog sloja. Dvije glavne metode koje se koriste su; sačmarenje i kemijska priprema površine.

#### 3.1. Sačmarenje površine

Sačmarenje je mehanički postupak pripreme površine koji koristi abrazivne čestice, poznate kao sačma, za uklanjanje nečistoća i stvaranje hrapave površine, slika 2. Proces se obavlja tako da se metalna površina bombardira sačmom velikom brzinom, što rezultira uklanjanjem površinskih slojeva hrđe, boje ili drugih nečistoća, slika 3. Ova metoda je vrlo učinkovita za pripremu velikih metalnih površina, a u industriji se često koristi kao priprema prije nanošenja zaštitnih slojeva [2].

Međutim, učinkovitost sačmarenja može varirati ovisno o veličini i vrsti sačme, kao i o parametrima procesa, poput brzine i kuta udara.

Prednosti sačmarenja uključuju:

- Visoka učinkovitost u uklanjanju tvrdokornih kontaminacija: Sačma prodire u površinske slojeve, uklanjajući okside, boje i korozivne ostatke.
- Stvaranje optimalne hrapavosti: Hrapava površina koja se dobiva sačmarenjem omogućuje bolje prijanjanje zaštitnog sloja, čime se povećava njegova trajnost i otpornost na vanjske utjecaje.

Nedostaci sačmarenja uključuju:

- Stvaranje otpada: Proces generira velike količine prašine i ostataka sačme, što može predstavljati ekološki izazov ako se ne zbrinjava na odgovarajući način.
- Oštećenje osjetljivih površina: Sačmarenje može oštetiti tanke ili osjetljive metalne površine, zbog čega se ne preporučuje za sve vrste metala [2].



**Slika 2.** Sačmarenje kotla i testnih pločica



**Slika 3.** Čelična sačma

### 3.2. Kemijska priprema površine

Kemijska priprema površine uključuje korištenje specijaliziranih kemijskih sredstava za uklanjanje nečistoća, masti, ulja i oksida s metalnih površina. Ova metoda se često koristi kada je potrebna preciznija kontrola nad procesom pripreme ili kada mehaničke metode poput sačmarenja nisu prikladne.

Primjena kemijskih sredstava kao što su Bonderite C-AK 7163, C-AD 1270, M-AC 50, M-AC 950, M-AD 565, M-ZN 952 A, M-ZN 952 E, M-AD 130L, M-PT 54 NC, M-AD 80 L omogućuje temeljito čišćenje i pasivizaciju površine, čime se poboljšava prijanjanje zaštitnog sloja i produžuje njegov vijek trajanja. Međutim, kemijska priprema zahtijeva pažljivo upravljanje otpadnim vodama kako bi se smanjio utjecaj na okoliš.

Prednosti kemijske pripreme uključuju:

- Precizna kontrola nad procesom: Kemijska sredstva omogućuju detaljno i ciljano uklanjanje nečistoća i korozije, stvarajući stabilnu površinu za zaštitni sloj.
- Poboljšano prijanjanje i otpornost na koroziju: Kemijska priprema omogućuje stvaranje površinskog sloja koji poboljšava prijanjanje premaza i njegovu otpornost na vanjske utjecaje.

Nedostaci kemijske pripreme uključuju:

- Ekološki izazovi: Kemijska priprema generira otpadne vode koje zahtijevaju posebnu obradu prije ispuštanja u okoliš.
- Potrebna kontrola i preciznost: Proces zahtijeva strogu kontrolu parametara kako bi se osigurala dosljednost i učinkovitost [3].

Na slici 4. vidljive su kade za kemijsku predobradu, kojih ima ukupno devet, a nalaze se ispod komora za pranje kotlova i poklopaca. Svaka kada ima drugačiju kemijsku mješavinu, pa se moraju uzimati uzorci na dnevnoj bazi i kemijski analizirati njihov sastav, kao i dopuniti sa odgovarajućim sredstvom.



**Slika 4.** Kade za kemijsku predobradu

Komore za kemijsku predobradu se nalaze na transportnom putu kotlova, a sastoje se od cjevovoda koji vode iz kada i mlaznica za prskanje kemijskog sredstva, slika 5.



*Slika 5. Komore kemijske predobrade*

### 3.2.1. Bonderite C-AK 7163

Bonderite C-AK 7163 je tekuće, alkalno sredstvo za odmašćivanje čelika, pocinčanog lima i aluminija, slika 6. Učinkovito uklanja ulja i masti. Koristi se u postupcima prskanja i uranjanja te se mora kombinirati s odgovarajućim pojačivačem čišćenja [4].

Sredstvo se koristi u prve dvije kade kemijske pripreme, miješa se sa običnom vodom iz vodovoda, ima pH vrijednost veću od 13, te je ta mješavina konstantno grijana na temperaturi od 50 do 60 °C.



*Slika 6. Bonderite C-AK 7163*



### 3.2.2. Bonderite C-AD 1270

Tekuće sredstvo za pojačano čišćenje na bazi neionskih površinski aktivnih tvari. Koristi se sa prethodno navedenim sredstvom u omjeru 1 : 10. Znači ako dodajemo 10 litara sredstva za čišćenje u kupelj, obavezno stavljamo 1 litru pojačivač čišćenja.

Slika 7, prikazuje tablicu dnevnog mjerenja za kadu jedan i dva, koja se mora svakodnevno popunjavati sa vrijednostima mjerenja, kao i utrošenom kemijom.

Mjerenja na kadi		Mjerenja za stolom		
			Mjerenje 1	Mjerenje 2
Nivo tekućine		Vodljivost (29-31mS)		
Tlak ispred filtra		pH (11,5 - 12,5)		
Tlak iza filtra		FAI (12-15 ml)		
Tlak pumpe		TAI ( ≤ 45 ml)		
Temp. (°C) (60±5)		TAI/FAI ( ≤ 3,0)		
Doziranje	BONDERITE C-AK 7163 CF5	7,4 L = 10,9 kg / bod		
	BONDERITE C-AD 1270	1:10		
Napomena:				

**Slika 7.** Tablica dnevnog mjerenja za kadu 1 i 2

### 3.2.3. Bonderite M-AC 50

Sredstvo u prahu za aktiviranje koji se dodaje u kupelj za ispiranje prije tretmana uranjanja ili raspršivanja fosfata, slika 8. Učinkovit je u proizvodnji jednolikih i finih kristalnih fosfatnih premaza na željeznim, čeličnim, aluminijskim i cinčanim površinama. Sredstvo se obavezno mora miješati sa demineraliziranom vodom. Vrijednost pH sredstva se kreće od 8.0 do 10.5. Kupelj u koju se sredstvo dodaje ne mora biti grijana, već se nalazi na sobnoj temperaturi. Na slici 9 je vidljiva tablica dnevnog mjerenja aktivatora, u kojoj nam je bitna vrijednost vodljivosti i pH razina [4].



Slika 8. Bonderite M-AC 50

KADA 6	
Nivo tekućine	
Tlak pumpe	
Vodljivost ( $\mu\text{S}$ ) $\leq 3000 \mu\text{S}/\text{cm}$	
Temp. ( $^{\circ}\text{C}$ )	
Ph (8,00 - 10)	

Slika 9. Tablica dnevnog mjerenja za kadu 6

### 3.2.4. Bonderite M-AC 950

Tekuće sredstvo na bazi titan fosfata koje se dodaje u kupelj za ispiranje, prije tretmana cink fosfatom, slika 10. Nadopunjava se svakodnevno, u količini ovisnoj o broju i veličini opranih kotlova [4].



Slika 10. Bonderite M-AC 950

### 3.2.5. Bonderite M-AD 565

Iznimno snažno, alkalno tekuće sredstvo za reduciranje slobodne kiseline u kupelji za cink-fosfatiranje. Dodaje se u cinkovu kupelj vrlo polako i prethodno razrijeđen sa DEMI (demineralizirana voda) vodom u dio kupelji gdje je miješanje vrlo dobro kako bi se izbjegla pretjerana neutralizacija, odnosno da se izbjegne stvaranje mulja u kupelji.

### 3.2.6. Bonderite M-ZN 952 E

Trikationsko fosfatno sredstvo sa nitritima kao akceleratorima, namijenjeno za cink fosfatiranje željeza, galvaniziranog i pocinčanog lima u postupcima špricanja, slika 11. Pravi fine kristale mangana (Mn) i nikla (Ni), kao nanos cink fosfata, kemijske formule  $Zn_3(PO_4)_2$ . Nanos kristalne površine nudi odličnu zaštitu od korozije i izvrsnu osnovu za bojanje. Miješa se u kupelj sa DEMI vodom, koja je konstantno grijana na temperaturi od 48 – 55 °C. Ako nekim slučajem temperatura u kupelji padne, smjesa se kristalizira te je potrebno pražnjenje i čišćenje kade, što uzrokuje zastoje na liniji kemijske predobrade, kao i nepotrebne troškove za firmu. Nadopunjava se svakodnevno, te ima jako nisku pH vrijednost koja se kreće oko 1 [4].



Slika 11. Sredstvo Bonderite M-ZN 952 E proizvođača Henkel

### 3.2.7. Bonderite M-AD 130

Tekuće sredstvo koje se dodaje u kupelj kod cink-fosfatiranja kao akcelerator nitrita, slika 12. Za povišenje sadržaja akceleratora, za 0,1 ml plina (Azotometar metoda) dodaje se u kupelj od 1000 litara, 0,03 litre Bonderite M-AD 130 [4].



Slika 12. Bonderite 130

KADA 7 - Zink-fosfatiranje			
Mjerenja na kadi		Mjerenja za stolom	
Nivo tekućine		pH (3,5)	
Tlak pumpe		F <sub>Ac</sub> (0,6-0,9 bod)	
Temp. (°C)		T <sub>Ac</sub> (16-24 bod)	
Vodljivost (mS)		Alcel (1-2,5)	
Doziranje	BONDERITE M-ZN 952 E		
	BONDERITE M-AD 130 L		
	BONDERITE M-AD 565		

Slika 13. Tablica dnevnog mjerenja za kadu 7

Tablica dnevnog mjerenja za cink fosfatiranje, slika 13, pokazuje vrijednosti tlaka pumpe, vodljivosti, pH vrijednosti, slobodne i totalne vrijednosti cinka (Zn), kao i vrijednost akceleratora.

### 3.2.8. Bonderite M-PT 54 NC

Kiselo sredstvo bez kroma koje se koristi za završnu pasivizaciju postupkom potapanja ili postupkom prskanja kako bi se poboljšala adhezija premaza ili korozija svela na najmanju moguću mjeru, slika 15. Ima pH vrijednost od 4.0 – 4.5 te se mora miješati sa demineraliziranom vodom, slika 14 [4].

Kada 9 - Pasivizacija		
Nivo tekućine	Dobar / Niski	pH (4,5 - 5,2)
Tlak pumpe		
Vodljivost (µS) 200 - 400		
Temp. (°C)		
T <sub>Ap</sub> (2,4 - 3,6 ml)		
Doziranje	BONDERITE M-PT 54 NC promješan s 5-10 lit DI vode	
	BONDERITE M-AD 80 L	

Slika 14. Tablica dnevnog mjerenja za kadu 9



Slika 15. Bonderite 54 NC

## 4. OTPADNE VODE

Kemijska priprema površine neizbježno dovodi do stvaranja otpadnih voda, koje mogu sadržavati razne kemikalije, ulja i druge tekuće zagađivače. Upravljanje tim otpadnim vodama predstavlja važan aspekt zaštite okoliša. U industrijskoj praksi, otpadne vode se tretiraju putem postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (PPOV), gdje se primjenjuju različite metode za uklanjanje štetnih tvari prije ispuštanja u prirodu.

Učinkovitost PPOV sustava ovisi o vrsti korištenih kemikalija, njihovoj koncentraciji, kao i o metodama pročišćavanja koje se primjenjuju. Uobičajene metode uključuju taloženje, filtraciju, kemijsko neutraliziranje i biološku obradu. Zbrinjavanje otpadnih voda na pravilan način ključno je za smanjenje negativnog utjecaja na okoliš, osobito u kontekstu sprječavanja kontaminacije vode i tla [5].

### 4.1. Tehnološki opis postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda (PPOV)

U PPOV-u se likvidira otpadna voda s linije za fosfatiranje, slika 16. Linija za odmašćivanje radi u dvije smjene tijekom petodnevnog radnog tjedna s opterećenjem linije od najviše 540 m<sup>2</sup> modificirane površine na sat. Tijekom predobrade, odgovarajući predmeti podvrgavaju se odmašćivanju, aktivaciji, fosfatiranju, pasivizaciji i ispiranju pitkom i DEMI vodom.



**Slika 16.** *Postrojenje za proizvodnju demineralizirane vode*

Ukupna proizvodnja otpadnih voda koja se obrađuje u PPOV-u iznosi otprilike 35,1 m<sup>3</sup> dnevno, što je otprilike 8780 m<sup>3</sup> godišnje pod pretpostavkom da ima 250 radnih dana godišnje.

Pročišćena voda otječe iz PPOV-a u kanalizacijski sustav kompanije, koji je priključen na lokalni kanalizacijski sustav.

S obzirom na kvalitetu pročišćene vode, važno je osigurati najuniformniji mogući sustav otpadne vode koja ulazi u PPOV. Zbog tog se razloga pojedine vrste otpadnih voda spremaju zasebno. Otpadne vode s linije za fosfatiranje teku u podzemna okna za pumpe, odakle ih podvodne pumpe mulja pumpaju u spremnike za zadržavanje PPOV-a.

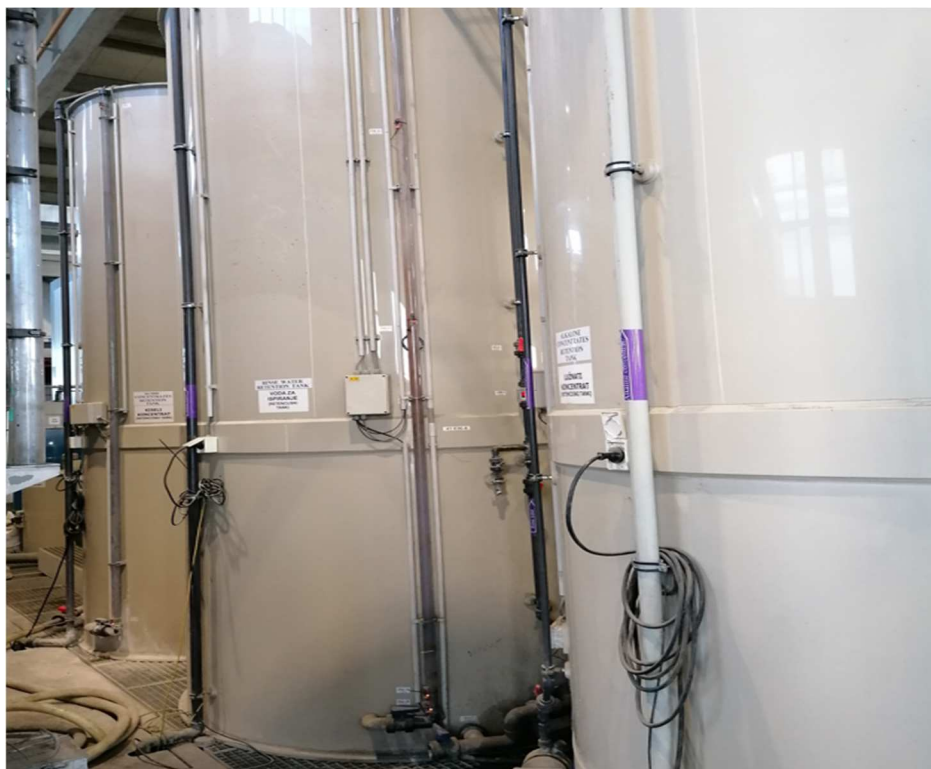
Voda za ispiranje neprekidno teče u podzemno okno, odakle se pumpa u spremnik za zadržavanje vode. Radom pumpe upravlja plovak pumpe. Spremnik za zadržavanje vode za ispiranje s korisnim volumenom od 10 m<sup>3</sup> ima ravno dno, poklopac s provlakom i pokazateljem razine, cijevi na koju je postavljeno pet kapacitivnih sklopki.

Ispražnjena kupka za odmašćivanje teče u podzemno okno za alkalne koncentrate, odakle je podvodna pumpa za mulj pumpa u spremnik za zadržavanje alkalnih koncentrata. Pumpom upravlja plovak pumpe. Kupka za odmašćivanje mora se ohladiti na najvišu temperaturu od 50 °C kako bi se spriječile deformacije spremnika i cijevi te nesreće na radu. Spremnik za zadržavanje alkalnih koncentrata s volumenom od 10 m<sup>3</sup> ima ravno dno, poklopac s provlakom i pokazateljem razine, cijevi na koju su postavljene dvije kapacitivne sklopke.

Kisele vode od čišćenja radne kupke za fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) i izmjenjivača topline otječu u podzemno okno kiselih koncentrata, odakle ih podvodna pumpa za mulj pumpa u spremnik za zadržavanje kiselih koncentrata. Pumpom upravlja plovak pumpe.

Otpadne vode moraju se ohladiti na najvišu temperaturu od 50 °C kako bi se spriječile deformacije spremnika i cijevi. Spremnik za zadržavanje kiselih koncentrata ima volumen od 5 m<sup>3</sup> te dvije kapacitivne sklopke [5].

Na slici 17, vidljiva su tri spremnika za skladištenje otpadnih voda, od kojih je prvi predviđen za lužnate otpadne vode, drugi se konstantno puni sa pitkom vodom iz slavine, a treći skladišti kiseline, kao i cinkov-fosfat ( $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ).



*Slika 17. Spremnici za zadržavanje otpadnih koncentrata*

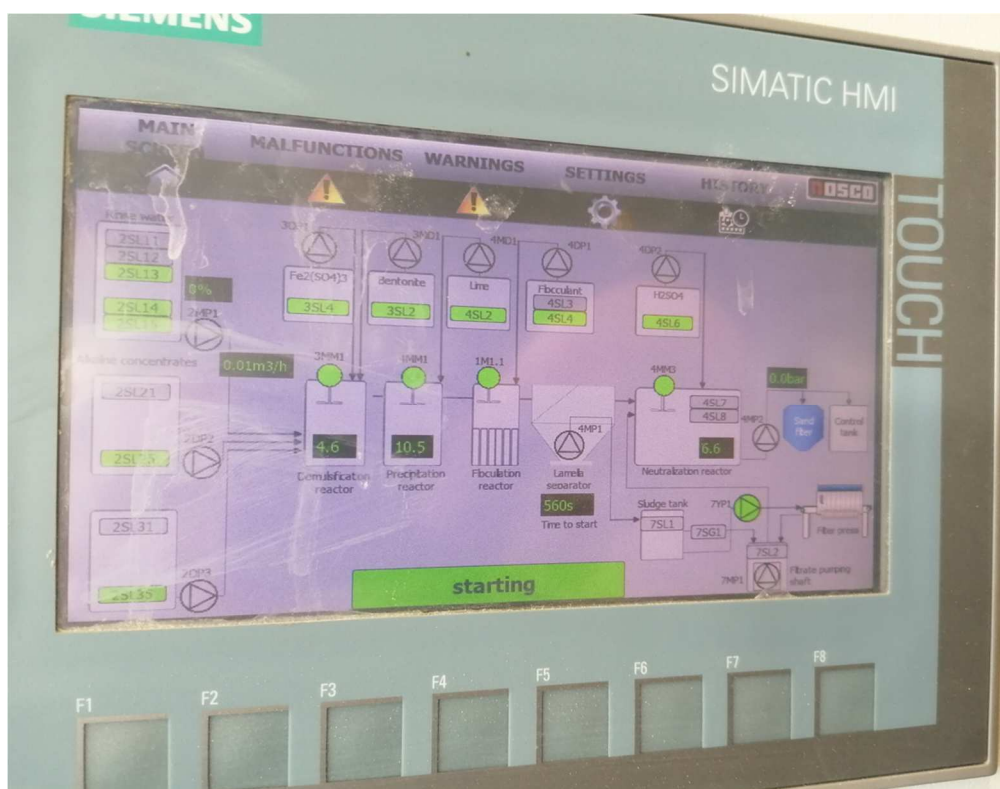
## 4.2. Podešavanje dotoka otpadnih voda u PPOV

Dotok pojedinih vrsta otpadnih voda mora se podesiti na način da radi u ravnoteži s PPOV-om s obzirom na brzinu nastajanja, tako da se ukupni volumen zamijenjenih kupki trajno održava tijekom cijelog razdoblja zamjene da ne dođe do nakupljanja pojedine vrste vode. Važno je da sastav vode koja ulazi u PPOV bude nepromijenjen u mjeri u kojoj je to moguće, slika 18.

Na redovnoj postavci pojedine vrste otpadnih voda podešene su kako slijedi:

- voda za ispiranje pumpana je tokom od otprilike 2950 l/h,
- alkalni koncentrat pumpan je tokom od 46 l/h,
- kiseli koncentrat ima tok od 4 l/h.

Postrojenje za pročišćavanje otpadnih voda je automatski podešeno, kao i protoci koji ulaze u sustav pročišćavanja, ali se oni mogu mijenjati u bilo kojem trenutku ako slučajno zatreba. To u svakodnevnom procesu nije praksa, iz razloga što se troši mnogo više kemijskih sredstava, pa samim time ni pročišćena voda nema zadovoljavajuću pH vrijednost [5].



Slika 18. Računalo za upravljanje otpadnim vodama

### 4.3. Tehnologija pročišćavanja otpadnih voda

Dozator praškastog materijala dozira fiksnu dozu bentonita u mješavinu otpadne vode u prvom reaktoru za demulzifikaciju. Pumpa za doziranje dozira 40%-tnu otopinu željezovog sulfata prema mjeraču pH vrijednosti, tako da ona bude stalno oko 4,5. Voda teče silom teže prema dolje iz reaktora za demulzifikaciju u drugi reaktor za precipitaciju, u koji dozator praškastog materijala dozira hidratizirano vapno u prahu prema mjeraču pH, tako da je vrijednost pH u reaktoru viša od potrebne, a to je pH 10. Voda teče silom teže prema dolje iz reaktora za precipitaciju u treći reaktor za flokulaciju, gdje pumpa za doziranje dozira fiksnu dozu 0,1 %-tnog organskog flokulanta za pospešivanje taloženja, slika 19.

Nadalje, voda teče silom teže prema dolje iz reaktora za flokulaciju u komoru za dotok lamelnog separatora, odakle voda prolazi ispod ploča separatora, gdje se ljuskasti talog spušta na dno stošca, a izbistrena voda teče prema dolje silom teže preko ruba za otjecanje u protok. Pumpa za mulj tjera talog nakupljen na dnu separatora u spremnik za mulj [5].



Mulj iz spremnika ocjeđuje se kroz prešu filtra u ručnom načinu rada. Od lamelarnog separatora, voda teče prema dolje silom teže u reaktor za neutralizaciju, u koji pumpa za doziranje dozira 40 % - tnu otopinu sumporne kiseline prema mjeracu pH vrijednosti, tako da je pH u reaktoru niža od potrebne razine koja iznosi 9,0. Reaktor za neutralizaciju također služi kao spremnik za opskrbu za pješčani filtar, nakon kojeg voda ulazi u kontrolni spremnik. Pročišćena voda otječe iz kontrolnog spremnika u sustav kanalizacije.

Pročišćena otpadna voda dovodi se u kontrolni spremnik volumena 0,25 m<sup>3</sup>, gdje je moguće stalno vizualno provjeravati izgled pročišćene vode i uzimati njene uzorke.



**Slika 19.** Dozatori kemikalija za pročišćavanje otpadnih voda

#### 4.4. Odvodnja i uklanjanje mulja

Neotopljeni materijali odvajaju se u otpadni mulj od iskorištenih aktivnih sredstava i otpadne vode. Na očekivanoj razini onečišćenja otpadne vode, iznosi otprilike 3 kg osušenog mulja za 1 m<sup>3</sup>. Odvlaženi mulj izlazi iz preše filtra u obliku filtracijskih diskova sa sadržajem vlage od otprilike 60 %, što je prikladno za utovar u spremnik, polaganje na otvorene prostore i zaštićen od kiše tako da se može nastaviti sušiti u grudasto stanje sa sadržajem vlage od otprilike 50 %, u kojem se uzima za uklanjanje.

Proizvodnja osušenog mulja tada iznosi otprilike  $6 \text{ kg/m}^3$ , što je otprilike 52,7 tona godišnje. Drenirani i djelomično osušeni mulj sadrži hidrokside teških metala, fosfate i fluorida te zbog toga spada pod opasni otpad, stoga se mora spaliti na deponijima predviđenima za to, slika 20 [5].



**Slika 20.** *Osušeni mulj cink fosfata*

Na temelju članka 53. stavka 2. Zakona o kemikalijama (»Narodne novine«, br. 150/05), cinkov fosfat ( $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2$ ) spada u opasne tvari, pa se zbog toga mora ozbiljno s njime rukovati, skladištiti i pravilno odložiti na licenciranim kemijskim odlagalištima otpada [6].

Indeks broj je vidljiv na slici 20, je identifikacijski broj dan za svaku tvar u Pravilniku o razvrstavanju, obilježavanju i pakiranju opasnih kemikalija. Tvari su svrstane prema rastućem Indeksu broju.

Zbog svega navedenog, biokemijski institut svake godine dolazi u provjeru poštivanja pravila sa odlaganjem cinkovog otpada, kao i uzimanje uzoraka istog [7].

## 5. AUTOMATIZIRANO NANOŠENJE ZAŠTITNOG PRAŠKASTOG SLOJA

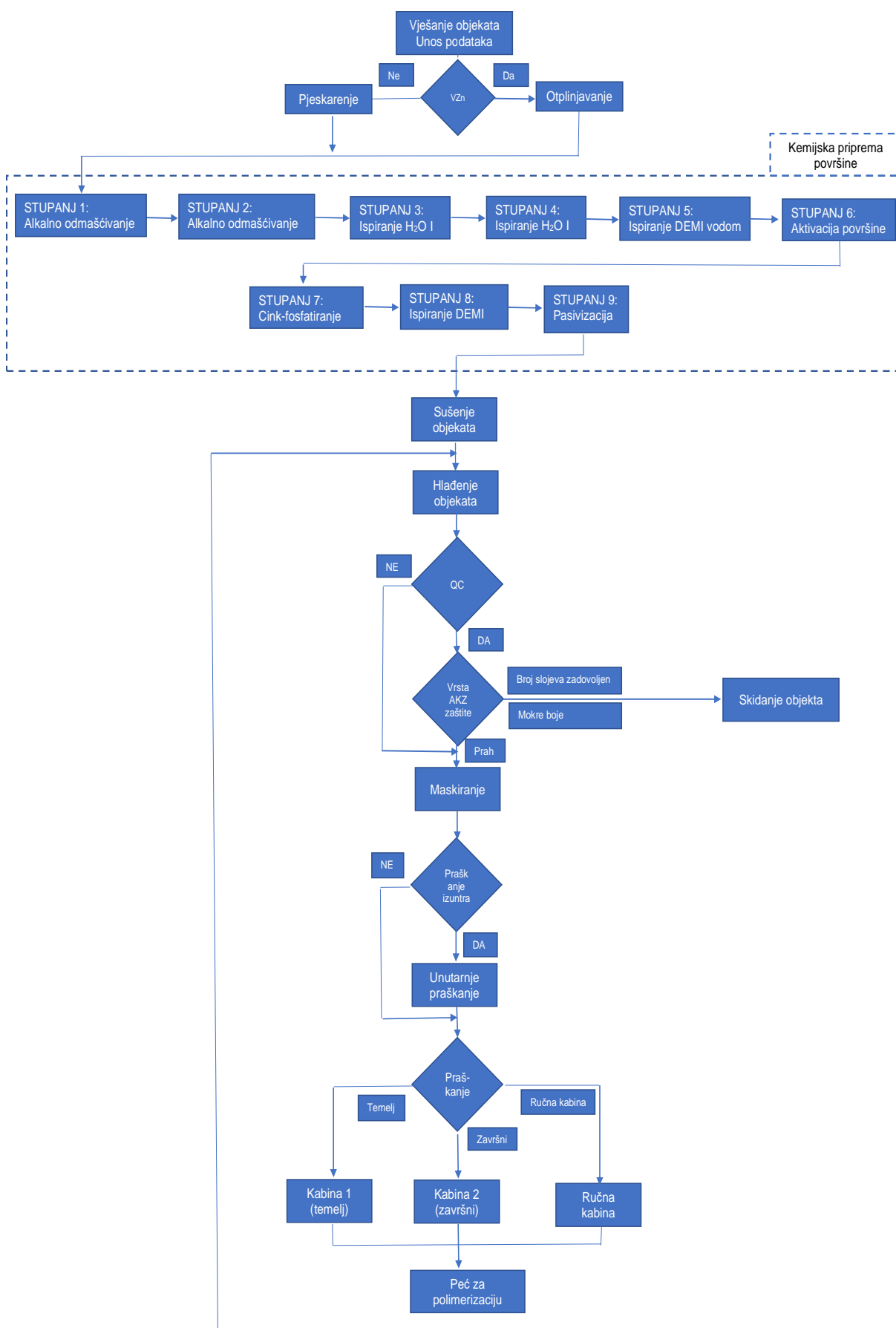
Elektrostatsko praškanje je metoda nanošenja zaštitnog sloja u kojoj se prah elektrostatički privlači na metalnu površinu, a zatim se polimerizira kako bi se stvorio čvrst, otporan sloj. Postupak se upotrebljava u procesima koji se odnose na antikorozivnu zaštitu proizvoda. To uključuje postupke pripreme površine (odmašćivanje, cink-fosfatiranje), nanošenje praha, sušenje, popravak i kontrolu, slika 21.

Plastificiranje elektrostatskim prahom je postupak oblaganja površine metala elektrostatskim prahom u cilju zaštite od korozije, odnosno propadanje materijala. Cijeli proces započinje primjerenom pripremom dijelova koja podrazumijeva skidanje sloja hrđe i ostalih mehaničkih ili kemijskih nečistoća te pranje i odmašćivanje površine metala na koji se nanosi prah.

Ukoliko dijelovi već sadrže boju na sebi, potrebno je taj sloj boje skinuti kako bi se došlo do površine metala na koju će se prah vezati. Nanošenjem elektrostatskog praha prekriva se željena površina. Zatim se toplinskom obradom prah pretvara u jednoličnu masu koja onemogućava prolaz zraka do površine metala te nastajanje i daljnje prodiranje korozije u materijal. Ovaj sloj antikorozivne zaštite karakterizira čvrsta veza sa metalnom podlogom, odlična otpornost na vremenske utjecaje i kemijska postojanost.

Jedno od najvažnijih mehaničkih svojstava svakako je odlična rastezljivost i žilavost koje osiguravaju stalnu zaštitu dijelova podvrgnutim dinamičkim opterećenjima bez pucanja.

Debljina sloja je otprilike duplo veća od sloja nanesenog klasičnim bojanjem i za razliku od ovog postupka gdje na promjeni smjera bojanja i na mjestima preklopa znaju ostati vidljivi prijelazi, elektrostatsko plastificiranje osigurava jednoličan i pravilan sloj duž cijelog presjeka što se vidi na gotovom proizvodu [8].



Slika 21. Procesni dijagram kemijske pripreme i praškanja

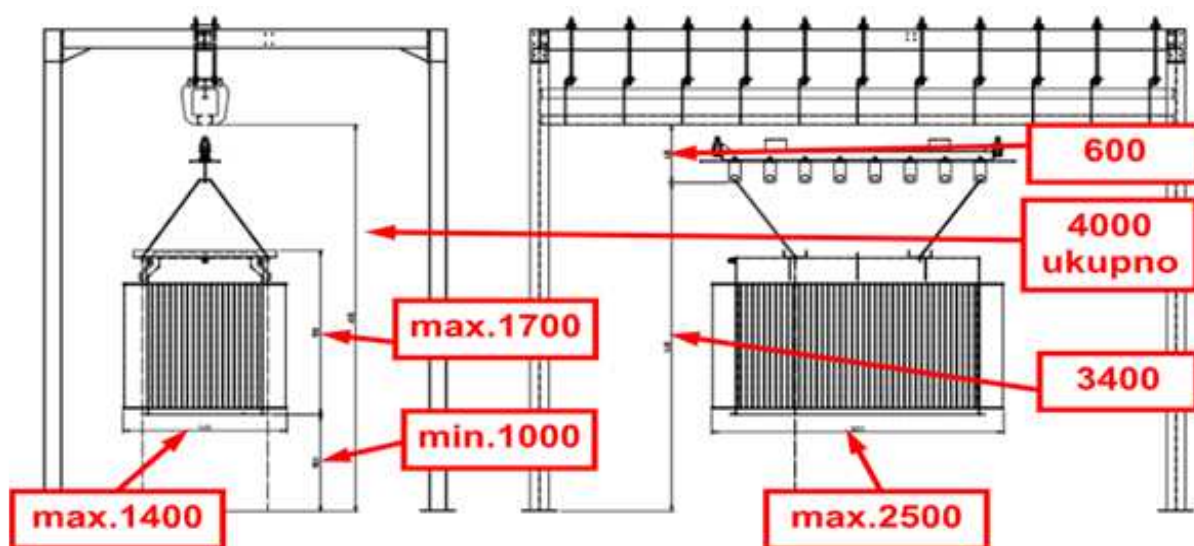
## 5.1. Praškanje u Wagner automatiziranim kabinama

Wagner automatizirane kabine omogućuju preciznu kontrolu nad ovim procesom, osiguravajući ravnomjerno nanošenje i optimalne uvjete za polimerizaciju praha. Prednosti automatiziranog nanošenja uključuju povećanu učinkovitost, smanjenu potrošnju materijala, te poboljšanu kvalitetu konačnog proizvoda. Međutim, uspjeh procesa uvelike ovisi o kvaliteti pripreme površine, što ovu fazu čini ključnom za cjelokupni proces.

Prednosti ove tehnologije uključuju:

- Visoka učinkovitost nanošenja: Elektrostatsko praškanje omogućuje ravnomjerno nanošenje praha, čime se smanjuje količina otpada i osigurava ujednačena debljina sloja.
- Automatizacija procesa: Wagner kabine omogućuju visoki stupanj automatizacije, smanjujući potrebu za ručnim radom i povećavajući ponovljivost rezultata.
- Poboljšana kvaliteta zaštitnog sloja: Polimerizirani sloj pruža visoku otpornost na koroziju, mehanička oštećenja i kemijske utjecaje, čime se produžuje vijek trajanja metalnih proizvoda [8].

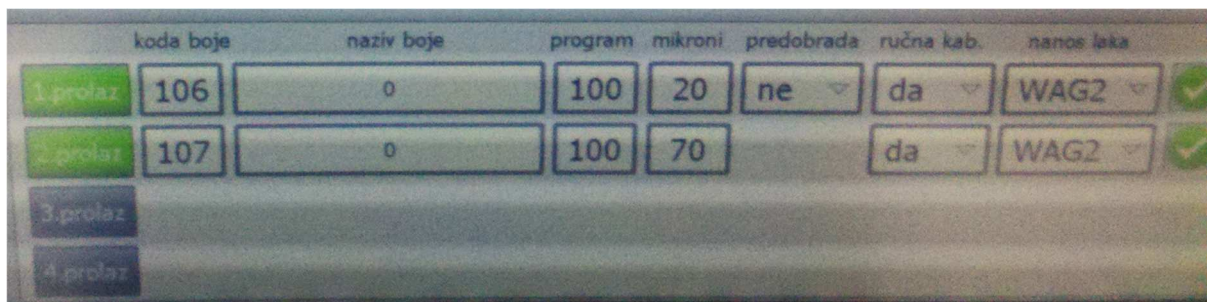
Iako je elektrostatsko praškanje vrlo učinkovita metoda, uspjeh ovisi o kvaliteti pripreme površine. Ako površina nije pravilno pripremljena, zaštitni sloj može imati manju adheziju, što dovodi do bržeg propadanja i potrebe za ponovnim nanošenjem, slika 22.



Slika 22. Minimalne i maksimalne dimenzije vješanja

Navedene dimenzije su dimenzije ovješnih komada (ne sirove dimenzije) i ne smiju prelaziti granice transportnog sustava, slika 23.

Parametri praškanja unose se na slijedeći način:



**Slika 23.** Unos ulaznih parametara

Broj prolaza definiran je zahtjevom kupca za svaki nalog (projekt), i za svaki prolaz definirana je vrsta praha (boje).

U tablici 1, prikazan je primjer unošenja podataka u transportno računalo na utovarnoj stanici, koje je povezano sa računalom na Wagner kabini. Ako imamo jedan nanos boje, upisujemo jedan prolaz, a ako imamo nanos temelja i laka, unosimo dva prolaza. Svakom prolazu moramo zadati koda boje, kao i program sa kojim želimo praškati predmet. Mikroni koji se unose u računalo, određeni su narudžbom kupca. Prvi prolaz će uvijek imati predobradu, jer ide na kemijsko pranje, drugi prolaz sadrži podatke o mikronima. Trećeg i četvrtog prolaza nema, kao što je vidljivo na slici 23.

Kad su svi parametri upisani u računalo, viseći transportni sustav (traverza), na kojoj je obješeni objekt učitava podatke i dalje se kreće automatski transportnim putem.

**Tablica 1.** Primjer parametara praškanja

	vrsta boje	naziv boje	program	mikroni	predobrada	ručna kab.	Nanos laka
1. prolaz	106	Valde prime ESD 20GL	100	80	da	ne	WAG2
2. prolaz	107	PE/P/M	100	50	ne	da	WAG2
3. prolaz							
4. prolaz							

U tablici 2 je vidljivo da se nanošenje praha može se odvijati automatski i ručno. Automatsko se odvija u automatskim kabinama WAG1 i WAG2, i ne zahtijeva dodatne aktivnosti radnika, slika 24. U ručnoj kabini se nalaze samo pištolji koji nemaju mogućnost automatskog rada, pa se koriste samo za specifične konstrukcije koje ne mogu na automatsku kabinu.

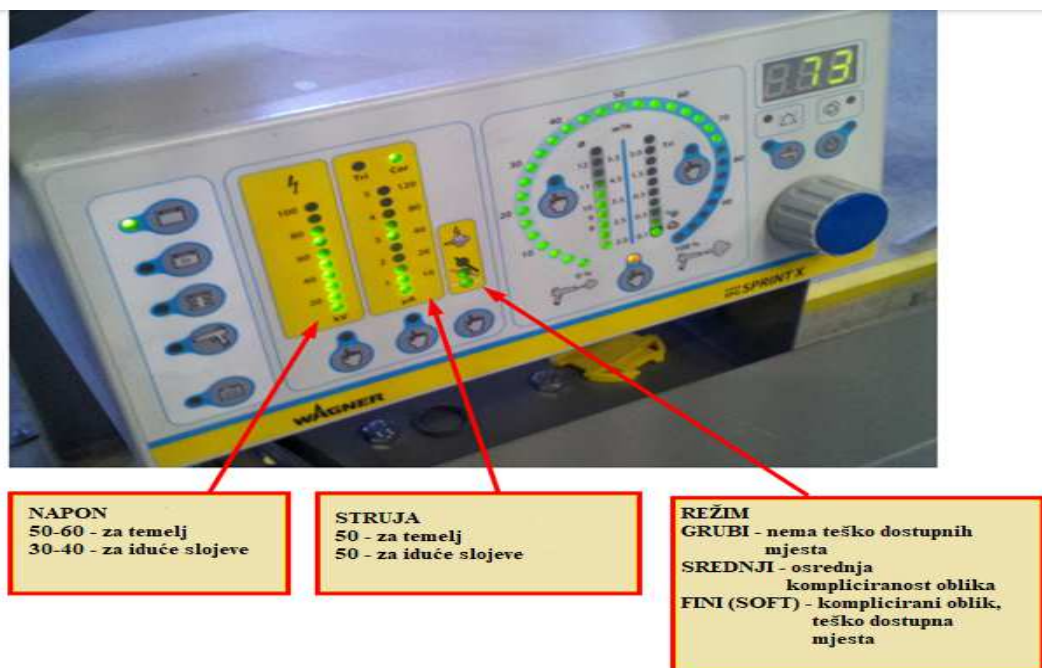
**Tablica 2.** Prikaz zadanih programa, načina rada, vrste boje, izbor kabine

Parametri praškanja	Zadani programi, prolazi, način rada, vrste boje, izbor mjesta rada
vrsta boje	<b>106</b> - temelj - u tehnološkoj dokumentaciji = PT1 <b>107</b> - lak - u tehnološkoj dokumentaciji = PP1
naziv boje	Automatski se ispisuje: 106 - <b>Valde prime ESD 20GL</b> (VALSPAR/ INVER/ SHERWIN-WILLIAMS) 107 - <b>PE/P/M</b> - RAL 7033 ili 1023 (VALSPAR/ INVER/ SHERWIN-WILLIAMS)
program	<b>100</b> - Normalan način rada 101 - 102 - 200 –
mikroni	Za svaki sloj unaša se predviđena debljina suhog filma u mikronima (40-80) U višeslojnom sustavu uobičajeno je da prvi sloj bude veći od ostalih (npr. 1.prolaz = 80my ; 2.prolaz=60my ; 3.prolaz=60my što proizlazi iz zahtjeva za ukupnom debljinom filma od 200my). Ovaj parametar će se s vremenom prilagođavati prema stečenom iskustvu.
predobrada	<b>Da</b> - Ako je predviđena predobrada. Uvijek se koristi samo u 1.prolazu nakon vješanja <b>Ne</b> - Koristi se za sve prolaze nakon 1.prolaza tj. 2, 3 i 4 prolaz - Koristi se iznimno u 1.prolazu, ako se vješa roba na kojoj je već aplicirana predobrada, ili na kojoj je već nanesen barem jedan sloj praha
ručna kab.	<b>Da</b> - Ako je predviđeno praškanje u ručnoj kabini, prije automatskih kabina <b>Ne</b> - Ako je predviđeno da traverza prolazi kroz ručnu kabinu bez praškanja
nanos laka	<b>WAG1</b> - Ako je predviđeno praškanje u automatskoj kabini br.1 <b>WAG2</b> - Ako je predviđeno praškanje u automatskoj kabini br.2 <b>ručna</b> –



**Slika 24.** Automatsko praškanje u kabini

Ručno nanošenje se odvija u ručnim kabinama ili na ručnim radnim mjestima prije i poslije automatske kabine. Ovdje operater na Wagner kabinama sam podešava parametre, ovisno o potrebnim aktivnostima, slika 25 [8].



**Slika 25.** Podešavanje ručne aplikacije prije automatske kabine za praškanje



Nakon nanošenja svakog sloja, proizvodi se automatski transportiraju u peć za polimerizaciju, gdje su temperatura (220 °C) i vrijeme (25 min) fiksno podešeni. U sam proces uključena je i aktivnost hlađenja, koja se također provodi automatski. Nakon toga slijedi hlađenje kako bi se ubrzao cjelokupni proces. Ta aktivnost je automatski podešena, a nakon nje slijedi kontrola proizvoda [8].

Pečenje praha (polimerizacija), završni je proces plastifikacije i za to je nezaobilazna posebno dizajnirana i konstruirana peć, slika 26. Na temperaturi od 160 °C - 220 °C predmeti se peku od 20 – 30 minuta, što ovisi od preporuke proizvođača praha, a točna temperatura i vrijeme polimerizacije ovisi i o masivnosti predmeta obrade. Potrebno je da temperatura u peći bude konstantna i svuda ravnomjerno raspoređena kako bi se predmeti ravnomjerno termički obradili.

Peć za polimerizaciju je dobro termoizolirana kako se energija ne bi bespotrebno trošila, i samim time produžilo vrijeme potrebno za plastifikaciju, a rad se regulira digitalnim termo-regulatorima. Peć se pokreću na zemni plin [9].



**Slika 26.** Peć za polimerizaciju

Hladnjak koji se koristi nakon polimerizacije ima samostalne ventilatore koji su pokretani električnim motorima. Električni motor je skriven u središtu ventilatora. Upotrebljavaju se trofazni motori, koji su smješteni u blizini ventilatora i pokreću ga prijenosnim remenjem.

## **6. KOMPARATIVNA ANALIZA UČINKOVITOSTI METODA PRIPREME POVRŠINE**

Nakon detaljnog razmatranja metoda sačmarenja i kemijske pripreme, korisno je provesti komparativnu analizu kako bi se odredila optimalna metoda za specifične primjene u industriji.

### **6.1. Troškovna učinkovitost**

Troškovna analiza ključna je za odabir metode pripreme površine, posebno u velikim industrijskim procesima. Sačmarenje je često jeftinije u smislu početnih troškova jer zahtijeva samo opremu za sačmarenje i potrošni materijal u obliku sačme. S druge strane, kemijska priprema površine zahtijeva ulaganje u kemikalije, postrojenja za pročišćavanje otpadnih voda te sustave za kontrolu i praćenje procesa.

Međutim, dugoročni troškovi mogu biti povoljniji za kemijsku pripremu glede boljeg prijanjanja i duže trajnosti zaštitnog sloja, što smanjuje potrebu za čestim održavanjem i ponovnim nanošenjem zaštitnog premaza.

### **6.2. Utjecaj na okoliš**

Sačmarenje i kemijska priprema imaju različit utjecaj na okoliš. Sačmarenje stvara čvrsti otpad (ostatke sačme i prašinu), koji može biti izazov za zbrinjavanje, ali ne generira tekući otpad.

S druge strane, kemijska priprema stvara otpadne vode koje zahtijevaju pročišćavanje prije ispuštanja, što predstavlja veći ekološki rizik ako se ne provodi na odgovarajući način. Industrije koje žele minimizirati svoj utjecaj na okoliš često preferiraju metode koje generiraju manje toksičnog otpada i koje se mogu lakše zbrinuti, no kemijska priprema može biti ekološki prihvatljivija ako se otpadne vode mehanički, kemijski i biološki pravilno tretiraju [10].

### **6.3. Rezultati ispitivanja**

Kvaliteta prijanjanja zaštitnog sloja presudna je za njegovu dugotrajnost i učinkovitost. Sačmarenje stvara hrapavu površinu koja omogućuje dobro prijanjanje, dok kemijska priprema omogućuje kemijsku pasivizaciju i bolju otpornost na koroziju.

U mnogim slučajevima, kombinacija obje metode može dati najbolje rezultate - prvo sačmarenje za uklanjanje kontaminacija i stvaranje hrapavosti, a zatim kemijska priprema za dodatnu zaštitu i stabilnost. To se upravo i dokazalo sa testnim pločicama koje smo koristili u ispitivanju kvalitete prijanjanja zaštitnog polimeriziranog sloja, gdje smo koristili četiri ispitna uzorka.

Prvi uzorak je bila nauljena testna pločica, drugi uzorak je bio tretiran mehaničkim postupkom sačmarenja, treći uzorak je bio tretiran kemijskom predobradom, dok je četvrti uzorak bio sačmaren i kemijski tretiran [12].

Testni uzorci su bili praškani u automatskoj kabini, jednim prolazom koji je najčešći zahtjev kupca s obzirom na kvalitetu i otpornost polimeriziranog zaštitnog sloja. Koristili smo praškastu boju PE/P/M - RAL 7033 (VALSPAR/ INVER/ SHERWIN-WILLIAMS), u prethodno podešenom nanosu suhog filma od 100 mikrona, slika 27.

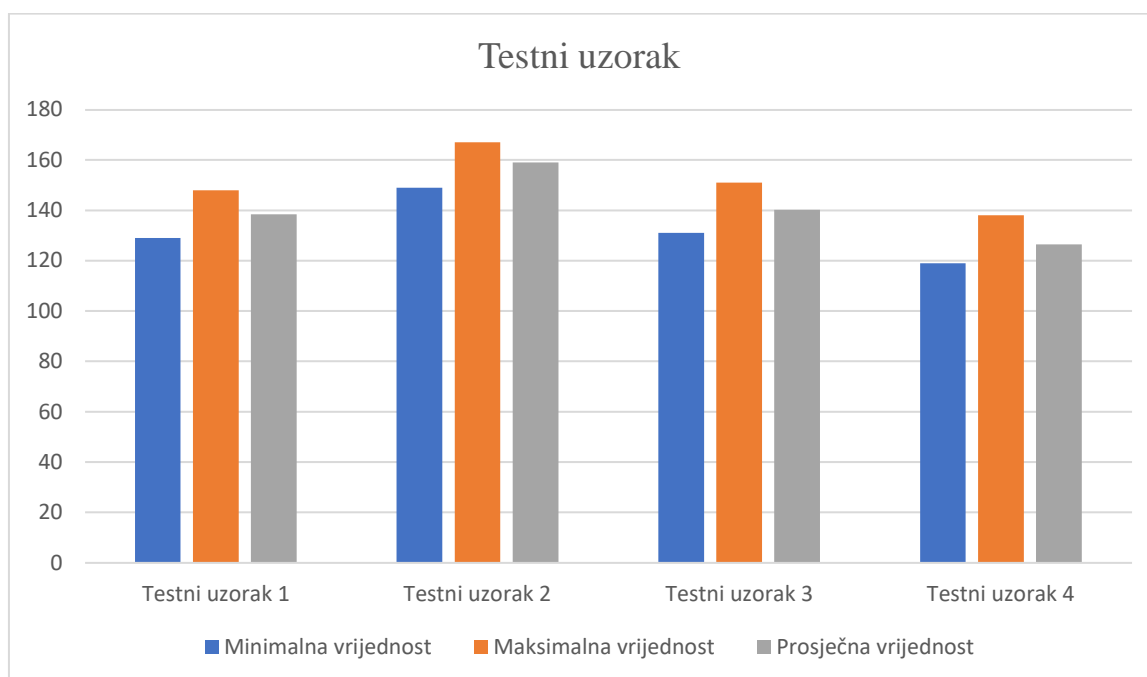


**Slika 27.** *Nanos praha na testne uzorke u Wagner kabini*

Nakon peći za polimerizaciju, provjerili smo debljinu zaštitnog sloja sa uređajem Elcometar, te nam se prosječna debljina sloja kretala od 120 – 160 mikrona ( $\mu\text{m}$ ), tablica 3. Već sa vizualnom kontrolom je testni uzorak broj 1 bio najlošije kvalitete, dijagram 1.

**Tablica 3.** Minimalne i maksimalne debljine zaštitnog sloja po uzorcima

	a) Nauljeni testni uzorak	b) Sačmaren testni uzorak	c) Kemijski obrađen testni uzorak	d) Sačmaren + kemijski obrađen testni uzorak
1.	141	161	136	122
2.	136	158	140	133
3.	148	164	131	127
4.	129	149	151	138
5.	134	155	148	120
6.	143	167	135	119
Minimalna vrijednost [ $\mu\text{m}$ ]	129	149	131	119
Maksimalna vrijednost [ $\mu\text{m}$ ]	148	167	151	138
Prosječna vrijednost [ $\mu\text{m}$ ]	<b>138,5</b>	<b>159</b>	<b>140, 17</b>	<b>126,5</b>

**Dijagram 1.** Minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti testnih uzoraka

Mjerenje debljine premaza provedeno je na svim uzorcima prije korozivskih ispitivanja sukladno normi EN ISO 2360. Za mjerenje debljine korišten je uređaj Elcometer 1500 koji ima mogućnost spremanja podataka za svaki sloj u blokove, slika 28. Za svaki sloj izvršeno je po šest mjerenja.



**Slika 28.** *Elcometar za mjerenje mikrona*

Nakon toga smo sve testne uzorke podvrgnuli mehaničkom savijanju na hidrauličnoj preši, pretpostavljajući da će doći do pucanja polimeriziranog zaštitnog sloja, kao što je to slučaj kod mokrog bojanja, ali je došlo do pucanja samo na jednom testnom uzorku, od njih četiri, što nam govori da je polimerizacija daleko kvalitetnija metoda antikorozivne zaštite od tekuće boje, slika 29.

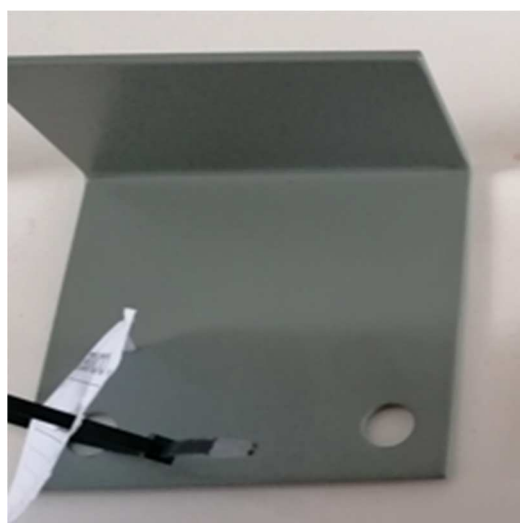
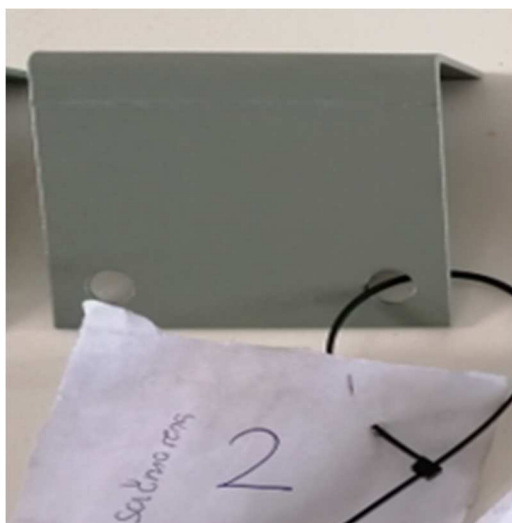


**Slika 29.** *Hidraulična preša*

Kod prvog uzorka koji nije bio površinski tretiran došlo je do pucanja završnog sloja, a kod ostala tri uzorka nije došlo do pucanja boje osim oštećenja koje je nanijela hidraulična preša, te se može zaključiti da je priprema površine sačmarenjem učinkovita kao i kemijsko tretiranje površine, slika 30. Jedina razlika je u tome što je kod kemijskog tretiranja korišten cink-fosfat te se njime produžuje zaštita protiv korozije za otprilike 5 godina.



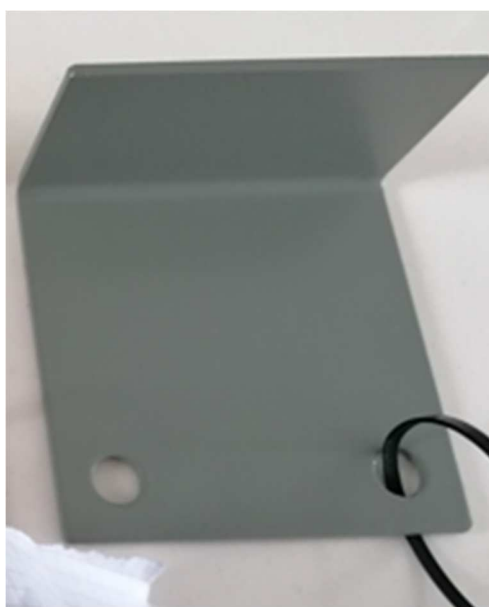
*a) Nauljeni testni uzorak*



*b) Sačmarenji testni uzorak*



□) *Kemijski obrađen testni uzorak*



d) *Sačmaren + kemijski obrađen testni uzorak*

**Slika 30.** Testni uzorci tretirani bez pripreme površine, sačmaranjem i kemijskom pripremom

U tablici 4, vidljiva je usporedba testnih uzoraka, u kojoj su nam kriteriji bili debljina suhog sloja boje u mikronima, da li je površina bila kemijski tretirana, sačmarena i sa kojim antikorozivnim prahom zaštićena.

**Tablica 4.** *Usporedba testnih uzoraka*

	<b>a) Nauljeni testni uzorak</b>	<b>b) Sačmaren testni uzorak</b>	<b>c) Kemijski obrađen testni uzorak</b>	<b>d) Sačmaren + kemijski obrađen testni uzorak</b>
<b>Debljina suhog sloja boje [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	143 $\mu\text{m}$	161 $\mu\text{m}$	136 $\mu\text{m}$	122 $\mu\text{m}$
<b>Kemijska priprema površine</b>	Ne	Ne	Da	Da
<b>Savijanje</b>	Da	Da	Da	Da
<b>Kriterij prihvatljivosti prema ISO 2409</b>	4	1	1	0
<b>Čistoća površine prema ISO 8501 - 1</b>	-	Sa 2 ½	Sa 2 ½	Sa 3
<b>Slojevi AKZ-a</b>	CP1	CP1	CP1	CP1



## 7. ZAKLJUČAK

U ovom radu analizirana je učinkovitost dviju ključnih metoda pripreme površine; sačmarenja i kemijske pripreme, te njihova primjena u procesu automatiziranog nanošenja polimeriziranog zaštitnog sloja. Svaka metoda ima svoje prednosti i nedostatke, a izbor između njih ovisi o specifičnim zahtjevima industrije, troškovima, ekološkom utjecaju, kao i kvaliteti konačnog proizvoda.

Dok sačmarenje nudi učinkovito mehaničko uklanjanje kontaminacija i stvaranje hrapave (grube) površine, kemijska priprema omogućuje dodatnu zaštitu i poboljšano prijanjanje, što je ključno za dugotrajnost premaza. Kombinacija obje metode može rezultirati optimalnim rezultatima u mnogim industrijskim primjenama.

To je dokazivo sa četiri ispitna uzorka na kojima smo testirali pucanje boje kao posljedica savijanja, testirali smo čistoću ispitnih uzoraka prema ISO standardu ISO 8501 – 1, kao i prihvatljivost prema ISO 2409. Zaključili smo da je najefikasnija metoda sačmarenje površine, i nakon sačmarenja kemijska obrada.

Automatizirano nanošenje zaštitnog sloja pomoću elektrostatskog praškanja u Wagner kabinama dodatno poboljšava kvalitetu i učinkovitost zaštitnih premaza, čineći ovaj pristup izuzetno vrijednim u modernoj industriji. Međutim, kvaliteta pripreme površine ostaje ključni čimbenik koji određuje uspjeh cijelog procesa.

U završnom dijelu je opisan primjer zaštitnog premaznog sistema za čelične konstrukcije prema normi ISO 12944-5 koja opisuje različite vrste premaza i srodnih proizvoda na bazi njihovog kemijskog sastava i tipu filma koji nastaje, od minimalnih 120 do maksimalnih 160 mikrona ( $\mu\text{m}$ ).

## 8. POPIS LITERATURE

- [1] Stupnišek-Lisac E.: Korozija i zaštita konstrukcijskih materijala, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb, 2007. (preuzeto 06.09.2024.)
- [2] Esih I.: Osnove površinske zaštite, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Zagreb, 2003. (preuzeto 06.09.2024.)
- [3] <https://colorplast.hr/> (preuzeto 06.09.2024.)
- [4] Technical data sheet, Henkel AG & Co. KGaA (preuzeto 06.09.2024.)
- [5] Ferokotao priručnik za upotrebu otpadnih voda, QUINS spol, s.r.o. (preuzeto 06.09.2024.)
- [6] [https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2006\\_02\\_17\\_426.html](https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/full/2006_02_17_426.html) (preuzeto 06.09.2024.)
- [7] <https://hrcak.srce.hr/file/> (preuzeto 06.09.2024.)
- [8] <https://kovinoelektra.hr/usluge/elektrostatsko-plastificiranje-metala/> (preuzeto 06.09.2024.)
- [8] Ferokotao priručnik – Sustav za premazivanje prahom, J. Wagner GmbH (preuzeto 06.09.2024.)
- [9] <https://www.plastifikacija.org/p/peci.html> (preuzeto 06.09.2024.)
- [10] <http://okolis.mzopu.hr/default.asp?ID=451> (preuzeto 06.09.2024.)
- [11] <http://narodne-novine.nnhr/clanci/sluzbeni/299255.html>, Uredba o graničnim vrijednostima sadržaja hlapivih organskih spojeva u određenim bojama i lakovima i proizvodima za završnu obradu vozila, Narodne novine 178/2004 (preuzeto 06.09.2024.)
- [12] B. Brener: Kontrolno-mjerni instrumenti i pomagala u djelatnosti antikorozivne zaštite, Zagreb, 1985. (preuzeto 06.09.2024.)

## 9. POPIS SLIKA

<b>Slika 1.</b> <i>Primjer hrdanja željeza</i> .....	2
<b>Slika 2.</b> <i>Sačmarenje kotla i testnih pločica</i> .....	5
<b>Slika 3.</b> <i>Čelična sačma</i> .....	5
<b>Slika 4.</b> <i>Kade za kemijsku predobradu</i> .....	6
<b>Slika 5.</b> <i>Komore kemijske predobrade</i> .....	7
<b>Slika 6.</b> <i>Bonderite C-AK 7163</i> .....	7
<b>Slika 7.</b> <i>Tablica dnevnog mjerenja za kadu 1 i 2</i> .....	8
<b>Slika 8.</b> <i>Bonderite M-AC 50</i> .....	9
<b>Slika 9.</b> <i>Tablica dnevnog mjerenja za kadu 6</i> .....	9
<b>Slika 10.</b> <i>Bonderite M-AC 950</i> .....	9
<b>Slika 11.</b> <i>Sredstvo Bonderite M-ZN 952 E proizvođača Henkel</i> .....	10
<b>Slika 12.</b> <i>Bonderite 130</i> .....	11
<b>Slika 13.</b> <i>Tablica dnevnog mjerenja za kadu 7</i> .....	11
<b>Slika 14.</b> <i>Tablica dnevnog mjerenja za kadu 9</i> .....	11
<b>Slika 15.</b> <i>Bonderite 54 NC</i> .....	11
<b>Slika 16.</b> <i>Postrojenje za proizvodnju demineralizirane vode</i> .....	12
<b>Slika 17.</b> <i>Spremnici za zadržavanje otpadnih koncentrata</i> .....	14
<b>Slika 18.</b> <i>Računalo za upravljanje otpadnim vodama</i> .....	15
<b>Slika 19.</b> <i>Dozatori kemikalija za pročišćavanje otpadnih voda</i> .....	16
<b>Slika 20.</b> <i>Osušeni mulj cink fosfata</i> .....	17
<b>Slika 21.</b> <i>Procesni dijagram kemijske pripreme i praškanja</i> .....	19
<b>Slika 22.</b> <i>Minimalne i maksimalne dimenzije vješanja</i> .....	20
<b>Slika 23.</b> <i>Unos ulaznih parametara</i> .....	21

<b>Slika 24.</b> <i>Automatsko praškanje u kabini</i> .....	23
<b>Slika 25.</b> <i>Podšavanje ručne aplikacije prije automatske kabine za praškanje</i> .....	23
<b>Slika 26.</b> <i>Peć za polimerizaciju</i> .....	24
<b>Slika 27.</b> <i>Nanos praha na testne uzorke u Wagner kabini</i> .....	26
<b>Slika 28.</b> <i>Elcometar za mjerenje mikrona</i> .....	28
<b>Slika 29.</b> <i>Hidraulična preša</i> .....	28
<b>Slika 30.</b> <i>Testni uzorci tretirani bez pripreme površine, sačmarenjem i kemijskom pripremom,</i> <i>a) Nauljeni testni uzorak, b) Sačmareni testni uzorak, c) Kemijski obrađen testni uzorak,</i> <i>d) Sačmaren + kemijski obrađen testni uzorak</i> .....	30

## 10. POPIS TABLICA

<b>Tablica 1.</b> <i>Primjer parametara pražkanja</i> .....	21
<b>Tablica 2.</b> <i>Prikaz zadanih programa, načina rada, vrste boje, izbor kabine</i> .....	22
<b>Tablica 3.</b> <i>Minimalne i maksimalne debljine zaštitnog sloja po uzorcima</i> .....	27
<b>Tablica 3.</b> <i>Usporedba testnih uzoraka</i> .....	31

## **11. POPIS DIJAGRAMA**

**Dijagram 1.** *Minimalne, maksimalne i prosječne vrijednosti testnih uzoraka* ..... 27