

# Automatizacija sušare za sjemenke bundeve golice

---

**Martinčević, Zoran**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2017**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:297532>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-02**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

**Završni rad br. 405/EL/2017**

## **Automatizacija sušare za sjemenke bundeve golice**

**Zoran Martinčević, 0003/336**

Varaždin, rujan 2017. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za elektrotehniku

Završni rad br. 405/EL/2017

## **Automatizacija sušare za sjemenke bundeve golice**

**Student**

Zoran Martinčević, 0003/336

**Mentor**

Stanko Vincek, [struc.spec.ing.el](mailto:struc.spec.ing.el)

Varaždin, rujan 2017. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za elektrotehniku		
PRISTUPNIK	Zoran Martinčević	MATIČNI BROJ	0003/336
DATUM	04.09.2017.	KOLEGIJ	Automatizacija strojeva i uređaja
NASLOV RADA	Automatizacija sušare za sjemenke bundeve golice		

NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Automation of pumpkin seed doughs
-----------------------------	-----------------------------------

MENTOR	Stanko Vincek, struč.spec.ing.el.	ZVANJE	Predavač
--------	-----------------------------------	--------	----------

ČLANOVI POVJERENSTVA	1. mr.sc. Ivan Šumiga (predsjednik)
	2. Stanko Vincek, struč.spec.ing.el (mentor)
	3. d.pl.ing. Dunja Srpak (član)
	4. dr.sc. Ladislav Havaš (zamjenski član)
	5. _____

## Zadatak završnog rada

BROJ	405/EL/2017
------	-------------

OPIS

U uvodu je potrebno objasniti načine sušenja tvari te nabrojati i opisati način rada pojedine vrste sušare. Detaljno opisati i objasniti postupak sušenja sjemenki bundeve te obraditi jedan primjer iz prakse. Kod projektiranja sušare je potrebno izraditi P&ID diagram, opisati odgovarajuću upravljačku opremu, senzore i aktuatore te nacrtati 3d model. Potrebno je napisati programski kod za upravljanje i nadzor sušare pomoću programabilnog logičkog kontrolera S7-1200.

ZADATAK URUČEN	06.09.2017	POTPIS MENTORA	
----------------	------------	----------------	--



# **Predgovor**

Zahvaljujem se svima koji su na bilo koji način pomogli u izradi mog završnog rada, a prije svega zahvaljujem se svom mentoru struč.spec.ing.el. Stanku Vinceku kod davanja ideja i konzultacija pri nastalim problemima koji su pratili proces izrade rada.

Također zahvaljujem se svim profesorima/cama, asistentima/cama Sveučilišta Sjever koji su kroz svoje kolegije dali smjernice pri odabiru teme završnog rada ali i kroz svoj rad prenijeli svoje znanje na mene da se lakše snađem u izradu završnog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji na podršci u dosadašnjem školovanju.

## Sažetak

U radu su opisani načini sušenja krute tvari te je dan uvid u tipove sušara koje se koriste u praksi. Za primjer je detaljno opisana sušara za sjemenke bundeve golice u neautomatiziranom obliku, a u nastavku je izrađen P&ID dijagram i 3D model automatizirane sušare. Objasnjeno je princip rada senzora, aktuatora i upravljačke opreme. Opisana je primjena PLC uređaja serije S7-1200 za upravljanje i vizualizaciju automatizirane sušare pomoću programskog alata TIA Portal koji ima integrirani programski alat STEP 7 Basic i WinCC. Pomoću STEP 7 Basic alata je napisan programski kod, dok pomoću WinCC alata je napravljeno upravljanje i kontrola sušare preko HMI uređaja.

Ključne riječi: sušenje, tipovi sušara, automatizacija, P&ID dijagram, PLC S7-1200, STEP 7 Basic, WinCC

## Popis korištenih kratica

<b>AC</b>	Izmjenični napon
<b>CAD</b>	eng.Computer-aided Design
<b>CPU</b>	Centralna procesorska jedinica
<b>DC</b>	Istosmjerni napon
<b>f</b>	Frekvencija
<b>G</b>	Količina zraka
<b>ha</b>	Hektar
<b><math>i_1</math></b>	Entalpija zraka na ulazu u sušaru
<b><math>i_2</math></b>	Entalpija zraka na izlazu iz sušare
<b>kg</b>	Kilogram
<b><math>m_{uk}</math></b>	Masa ukupne tvari
<b><math>m_{st}</math></b>	Masa suhe tvari
<b>PLC</b>	Programibilni logički kontroler
<b>V</b>	Volt
<b>Q</b>	Količina topline u jedinici vremena koju je potrebno dovesti u kalorifer
<b>W</b>	Količina vode koja ishlapi
<b>x</b>	Vlaga tvari
<b>°C</b>	Celzijev stupanj
<b><math>\Omega</math></b>	Om



# Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Sušenje krute tvari.....	3
2.1.	Tipovi sušenja .....	6
2.1.1.	Adijabatsko sušenje .....	6
2.1.2.	Stepenasto sušenje.....	6
2.1.3.	Optočno sušenje.....	7
2.1.4.	Sušenje sublimacijom .....	7
2.1.5.	Sušenje fluidizacijom.....	8
3.	Tipovi sušara .....	9
3.1.	Komorna sušara.....	9
3.2.	Tunelska sušara .....	10
3.3.	Trakasta sušara .....	11
3.4.	Sušara s prekretnom ladicom .....	11
3.5.	Protočna sušara.....	11
3.6.	Sušare s fluidiziranom tvari.....	12
3.7.	Sušara raspršivač .....	12
3.8.	Pneumatska sušara.....	13
3.9.	Komorna vakuum sušara .....	13
3.10.	Valjkasta vakuum sušara s miješalicom.....	13
3.11.	Valjkasta sušara.....	14
4.	Potreba za izradom automatizirane sušare .....	15
5.	Automatizacija sušare .....	18
5.1.	P&I dijagram .....	18
5.2.	3D model i princip rada automatizirane sušare .....	22
5.3.	Ulazni elementi .....	24
5.3.1.	Krajnji prekidači.....	24
5.3.2.	Mjerenje vlage .....	26
5.4.	Izvršni elementi .....	27
5.4.1.	Razvodnik.....	27
5.4.2.	Cilindri.....	29
5.5.	Primjena PLC uređaja serije S7-1200 za upravljanje i vizualizaciju sušare .....	31
5.6.	Prikaz programa za PLC uređaj .....	38
6.	Zaključak.....	44
7.	Literatura.....	46

# 1. Uvod

Tehnološki proces je redosljed i način obavljanja pojedinih dijelova složenoga ili radnoga procesa za dobivanje proizvoda određenih svojstava.[1]

Većina je tehnoloških procesa složena te ih je komplicirano kontrolirati, voditi i upravljati. Stoga se sve više složenih tehnoloških procesa želi automatizirati. Kod automatiziranog procesa čovjek ne nadzire sve parametre procesa već samo nekoliko važnijih parametara koji su ujedno i indikator da li se proces odvija prema određenom tehnološkom procesu te da upravlja na način da samo unosi željene ulazne parametre. U takvom procesu čovjek upravlja samo u incidentnim situacijama kao što su isključenja u nuždi.

Razlikuju se tri osnovna sustava tehnološkog procesa koji se mogu promatrati s različitih aspekata [2]:

1. Sustav za automatizaciju procesa – proces je u što većoj mjeri automatiziran pomoću odgovarajućih uređaja za obradu informacija,
2. Sustav za vođenje procesa - procesom značajno upravlja čovjek,
3. Sustav za informatizaciju procesa - sa stajališta informatike ovdje se radi o specijalnoj vrsti obrade podataka (informacija) čija se posebnost ogleda u tome da se ne rješavaju komercijalni ili tehničko-znanstveni problemi, nego problemi povezani s vođenjem tehničkih procesa.

Važan aspekt kod projektiranja automatizacije nekog procesa jest cijena sustava. Potrebno je analizirati koje događaje je smisleno automatizirati, a koje se ne isplati. Automatizacijom procesa se dobiva stupanj automatizacije koji varira od 0% (za neautomatiziran sustav) pa do 100% za potpuno automatiziran sustav.

Postrojenje za sušenje neke tvari može imati 0% stupanj automatizacije koji iziskuje ljudski rad i kontrolu procesa dok bolja izvedba sušare jest da uz minimalan rad čovjeka proces sušenja bude siguran i precizan, pa prema tome u ovom radu je opisana automatizacija sušare za sjemenke bundeve golice. Ovakav primjer automatizacije sušare je subjektivna izvedba sušare a temelji se na neautomatiziranoj sušari kod koje je čovjek konstantno morao ravnomjerno miješati sjemenke, ručno vaditi sjemenke iz sušare i „odokativno“ odrediti kada je proces sušenja gotov, dok u automatiziranoj sušari sve te poslove vrlo precizno obavlja PLC. (eng. PLC – Programmable logic controller)

Sušenje je tehnološka operacija kojom se dio vode iz krute tvari uklanja ishlapljivanjem. Voda s površine tvari se ishlapljuje čime se smanjuje vlažnost površine tvari i zbog nastale razlike koncentracije voda difundira iz unutrašnjosti prema površini tvari. Količina vode koja ishlapi u jedinici vremena ovisi o stanju i brzini strujanja zraka nad površinom i o obliku veze između tvari i vode. [3]

Zbog svojeg sastava svaka je tvar drugačija pa samim time iziskuje i posebne uvijete kod sušenja. Potrebno je razmotriti, ovisno o tvari koju se želi sušiti, koja je tehnologija najbolja. Ponekad to iziskuje i izradu jedinstvene i posebne vrste sušare koje je primjenjiva samo za određenu tvar te se druge tvari u toj sušari ne mogu sušiti.

Za vođenje i upravljanje procesom koristi se PLC za koji je potrebno napisati programski kod, a pomoću njega se bez prisutnosti čovjeka može s velikom pouzdanošću upravljati s nekim proces u industriji. Da bi se u industriji neki tehnološki proces izmijenio ili unaprijedio nije nužno da se mora mijenjati cijelo postrojenje, već je dovoljno samo nadograditi upravljanje postrojenja (PLC) novijom verzijom programskog koda i eventualno nadogradi postrojenje dodatnim ulazno/izlaznim modulima, sensorima i aktuatorima.

## 2. Sušenje krute tvari

Sušenje je proces uklanjanje vlage (kapljevine) iz vlažne tvari kako bi se dobio suhi proizvod. Vлага se u vlažnoj tvari nalazi u razmjerno malom omjeru a uklanja se u prvom redu ishlapljivanjem tj. pretvorbom tekućeg u plinovito agregatno stanje.

Toplina se tvari može dovoditi na tri načina [3]:

1. provođenjem kada se toplina dovodi kroz zagrijanu plohu,
2. konvekcijom kad se vlažna tvar zagrijava vrućom strujom plina koji odnosi vodenu paru (najčešće zrak),
3. zračenjem tako da se postavlja vlažna tvar u visokofrekventno elektromagnetsko polje (mikrovalno sušenje).

Svrha sušenja jest da se održi kvaliteta proizvoda kod dužeg skladištenja, smanje troškovi transporta te olakša manipulacija proizvodom. Primjena sušenja je u drvnoj, kemijskoj, prehrambenoj industriji, poljoprivredi, proizvodnji papira itd. Problem kod sušenja nastaje kada je nejednolika temperatura u tvari kao i kod složenog procesa sušenja pri nestručnom radu što uzrokuje pucanje i deformaciju proizvoda. To je posljedica visoke temperature ili male vlažnosti zraka sušenja koja brzo opada pa voda iz unutrašnjosti ne dospijeva doći u dovoljnoj količini na površinu tvari. U tom slučaju na površini tvari često se stvara pokorica koja otežava ishlapljivanje vlage iz čvrste tvari.

Kod sušenja bitan parametar je što manja vlažnost zraka. Vlažan zrak je smjesa zraka i vodene pare a bitno je dobiti zrak koji je jednak ili približno jednak suhom zraku koji u bilo kojem agregatnom stanju ne sadrži vlagu. Sadržaj vlage tvari prikazuje se kao količina vlage prisutna u jediničnoj masi suhe tvari a izračunava se prema formuli (1). [4]

$$x = \frac{m_{uk}}{m_{st}} - 1 \text{ [kg/kg]} \quad (1)$$

Gdje je:

$x$  – vlaga tvari,

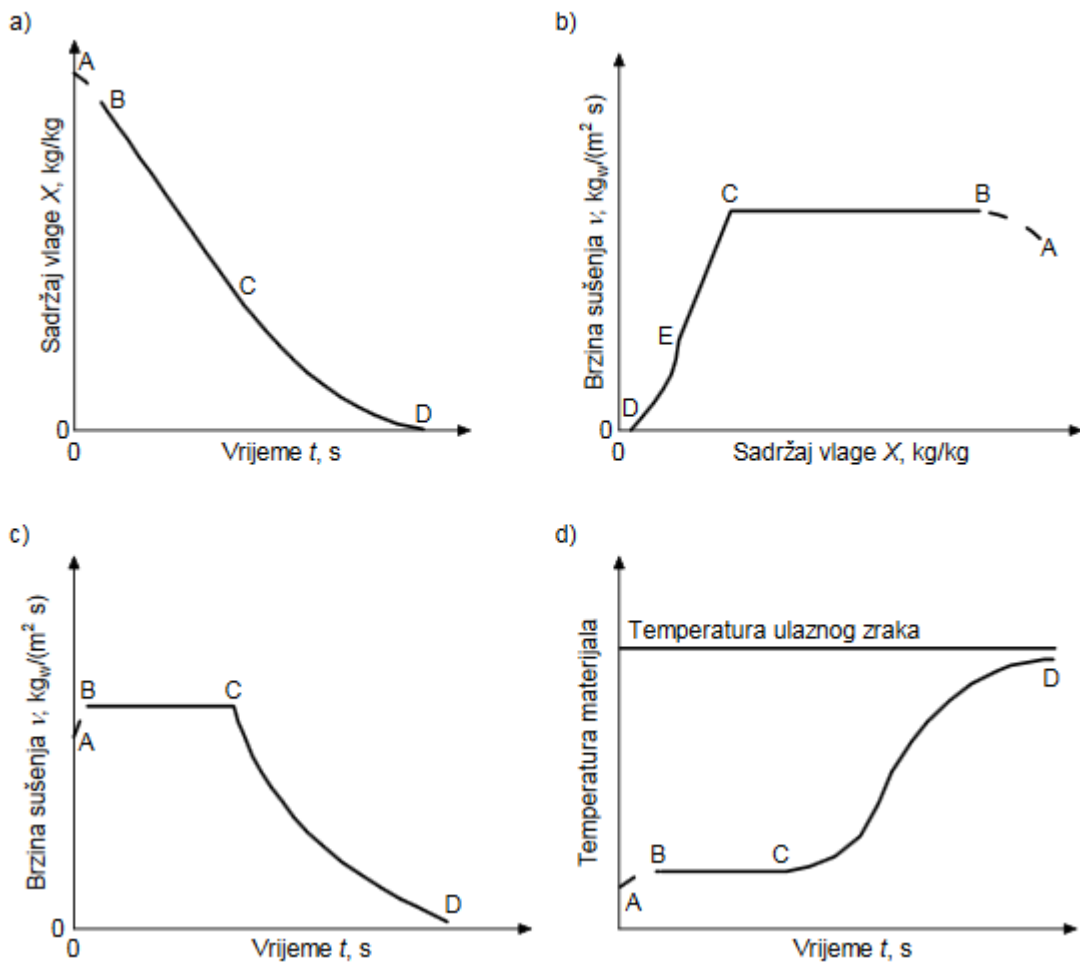
$m_{uk}$  –masa ukupne tvari,

$m_{st}$  - masa suhe tvari.

Tako za primjer ako masa ukupne tvari iznosi 100 kg a masa nakon sušenja iznosi 50 kg, vlaga tvari prije sušenja je iznosila 100%.

Kod prijenosa vlage unutar tvari poznata su dva osnovna mehanizma, difuzija i kapilarni tok. Kod kapilarnog mehanizma promjer pora je veći od  $10^{-7}$  m dok kroz manje promjere pora će se vlaga kretati difuzijskim mehanizmom.

Vlažna tvar se može sušiti u različitim fazama sušenja a sve faze prikazane su krivuljama sušenja na slici 2.1.



Slika 2.1 Krivulje sušenja tvari [5]

Dio krivulje od A do B je faza predgrijavanja u kojoj je vrlo mala promjena sadržaja vlage tvari. U toj fazi je brzina sušenja približno jednaka nuli.

Dio od B do C je faza konstante brzine sušenja gdje je brzina sušenja konstantna u vremenu i neovisna je o sadržaju vlage tvari. Sva toplina koja se dovede se troši na ishlapljivanje vlage s površine tvari. Mnogi prehrambeni proizvodi nemaju fazu konstante brzine sušenja a to su npr. žitarice.

Dio od C-D-E predstavlja fazu padajuće brzine sušenja.

U točki C je kritično stanje vlage.

Točka E ima smanjenu brzinu sušenja jer ona ovisi dalje o prijenosu vlage i topline kroz suhe površinske slojeve tvari. Vlage u tvari ima sve manje a slojevi tvari prema unutrašnjosti se sve više zagrijavaju.

Od C do E se naziva prvom fazom padajuće brzine sušenja a od D do E drugom fazom.

Sušenje završava u točki D kada se dostigne ravnotežni sadržaj vlage. [5]

## 2.1. Tipovi sušenja

### 2.1.1. Adijabatsko sušenje

Adijabatsko sušenje je sušenje kod kojeg je entalpija  $i_1$  zraka na ulazu u sušaru jednaka entalpiji  $i_2$  zraka na izlasku iz sušare a sušenje se provodi tako da nad vlažnom tvari u sušari puše određenom brzinom nezasićeni topli zrak koji je prethodno zagrijan. Kod takvog sušenja zrak preuzima vodu koja ishlapljuje iz tvari. Istovremeno se u sušaru uvodi  $G$  ( $kg_z/s$ ) zraka stanja 1, a iz sušare izlazi zrak stanja 2. [3]

Količina vode  $W$  koja pritom ishlapi iz tvari može se izračunati prema formuli (2). [3]

$$W=G(x_2-x_1) [kg_v/s] \quad (2)$$

Gdje  $x_1$  predstavlja poznatu vlažnost zraka na ulazu u sušaru a  $x_2$  predstavlja poznatu vlažnost zraka na izlazu sušare.

Količina topline  $Q$  koju je u jedinici vremena potrebno dovesti u kalorifera izračunava se prema formuli (3). [3]

$$Q=G(i_2-i_1) [W] \quad (3)$$

### 2.1.2. Stepenasto sušenje

Kod stepenastog sušenja bitno je pripomenuti da se koristi u slučajevima kada tvar koju sušimo ne podnosi visoku temperaturu pa je zrak u sušari potrebno postepeno grijati više puta.

Princip grijanja zraka u sušari temelji se na više kalorifera koji su planski raspoređeni pa se tako može kontrolirati temperatura zraka u svakoj fazi sušenja. Kod ovakvog sušenja utrošak topline je mnogo manji nego kod jednokratnog grijanja zraka. [3]

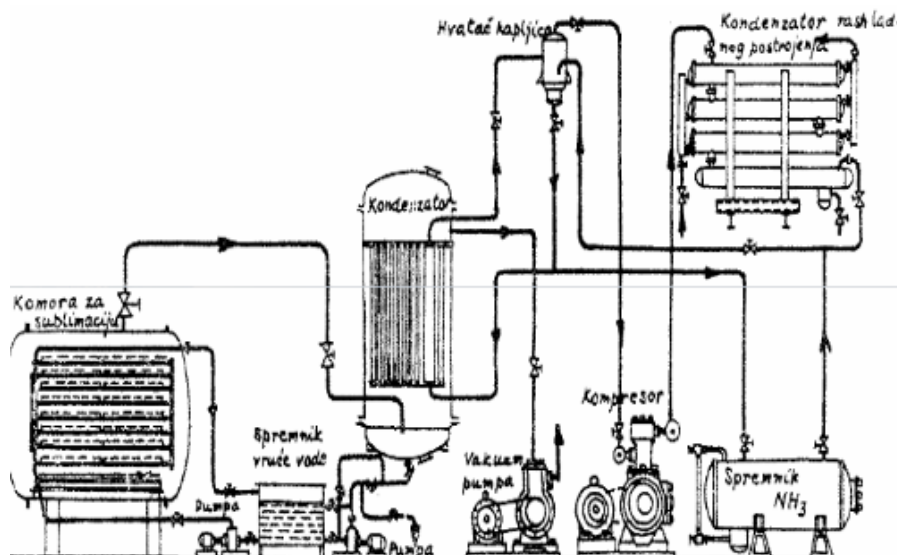
### 2.1.3. Optočno sušenje

Sušenje kod kojeg se dio zraka iz izlaza sušare ponovno dovodi u sušaru kako bi dovodio zrak uvijek istog stanja. Na taj način se može izbjeći loš utjecaj promjene stanja svježeg zraka a dinamika ishlapljivanja s površine tvari se može uskladiti s dinamikom prispjeca vode iz unutrašnjosti prema površini tvari. U protivnom se stvara pokorica koja otežava difuziju vode iz unutrašnjosti prema površini tvari.[3]

### 2.1.4. Sušenje sublimacijom

Sušenje kod kojeg tvar u zaleđenom stanju direktno prelazi u paru, tj. voda koja se nalazi u krutom stanju u materijalu direktno prelazi u paru. Za održavanje vode u krutom stanju potrebno je stalno hladiti materijal na  $-10^{\circ}\text{C}$  do  $-40^{\circ}\text{C}$ . Ovakva vrsta sušenja je skupa a koristi se kada drugi oblici sušenja nisu odgovarajući. Smrznuta tvar se ne skuplja već je porozna ali i treba pripomenuti da se kod niskih temperatura zadržava prirodni miris i okus. Smanjuje se kemijska promjena tvari i povećava se kiselost tvari. Obično se ukloni i 95% vode za 80% vremena a ostalih 5% vode se ukloni u preostalog 20% vremena sušenja. [3]

Postrojenje za sušenje sublimacijom prikazano je na Slika 2.2.



Slika 2.2 Sušenje sublimacijom [3]



### **2.1.5. Sušenje fluidizacijom**

Kod ovog tipa sušenja tvar se uslijed intenzivnog miješanja sa zrakom ravnomjerno suši. Učinak sušenja kod sušenja fluidizacijom u jedinici vremena po jedinici površine je veliki. Tvar koju sušimo se u sušaru uvodi kroz lijevak koji je spojen na dozator. Zrak se u sušaru tlači ventilatorom kroz kalorifer i perforiranu rešetku na kojoj se nalazi tvar za sušenje. [3]

### 3. Tipovi sušara

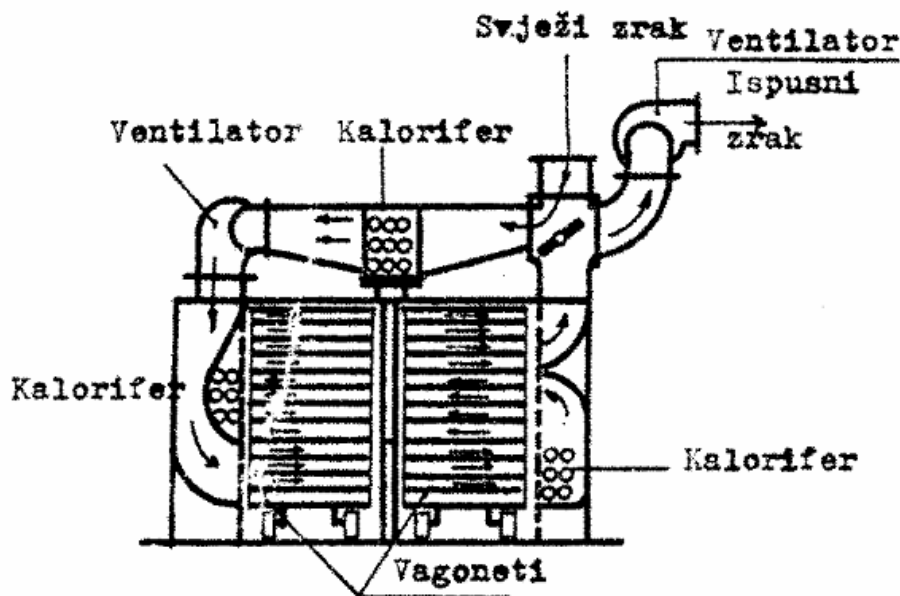
Opća podjela sušara do sada i nije usvojena jer se sušare međusobno razlikuju po više različitih osobina [3]:

- načinu dovođenja topline (konvektivne i kontaktne),
- vrste ogrjevnog medija (zrak, plin, para),
- veličini tlaka (atmosferski i vakuum),
- provedbi sušenja (kontinuirane i diskontinuirane),
- uzajamnom smjeru strujanja zraka i materijala (Istosmjerne, suprotnog smjera i unakrsne).

#### 3.1. Komorna sušara

Sušenje se obavlja zrakom tako da u sušaru jedan ventilator upuhuje zrak dok drugi ventilator ispuhuje zrak. Sama sušara može biti zidana ili izgrađena od metalnih ploča u kojima je tvar poredana na ladice a ladice su postavljene u kolica. Skica komorne sušare je prikazana na slici 3.1.

Zrak se prethodno pomoću kalorifera grije a zatim se pomoću ulaznog ventilatora tlači između donje trećine kolica (vagoneti na slici 3.1.).



Slika 3.1 Komorna sušara [3]

Nedostatak ovih sušara [3]:

- materijal se nejednoliko suši,
- sušenje traje relativno dugo jer materijal miruje za vrijeme sušenja,
- utrošak radne snage je veliki jer se materijal na ladice stavlja ručno,
- imaju mali učinak.

### 3.2. Tunelska sušara

Tvar za sušenje se poreda na ladice, a ladice se stave u kolica koja se kreću po šinama i tako tvar ulazi i izlazi iz sušare. Prema tome tunelska sušara je znatno dulja od komorne a može biti, isto kao i komorna, izrađena od metala ili zidana. Zrak se prije ulaza u sušaru pripremi (određena temperatura i vlaga), prolazi kroz ladice pa se ponovno grije u sljedećem kaloriferu i tako sve do kraja. Prednost tunelske sušare nad komornom jest što je kod tunelske veća učinkovitost. [3]

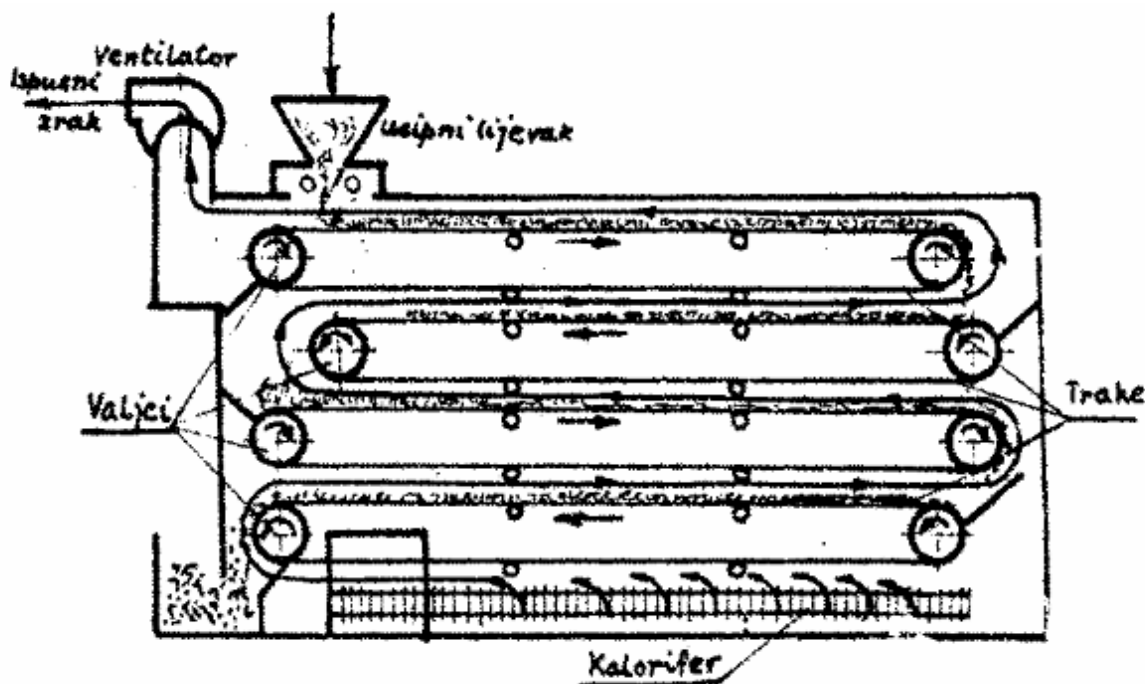
Slika 3.2 prikazuje tunelsku sušaru za voće, povrće i ljekovito bilje EUCLID tip TS 250.



*Slika 3.2 Tunelska sušara [6]*

### 3.3. Trakasta sušara

Unutar same komore sušare nalazi se više beskonačnih traka na kojima se giba tvar koja se suši. S gornje trake tvar pada na sljedeću donju traku i tako do izlaska iz sušare. Zrak se grije kaloriferom i tlači ventilatorom a dio zraka sa izlaza se vraća i dodaje svježem zraku na ulazu. Glavna prednost trakaste sušare je da se tvar koja se suši se i okreće kada prelazi s gornje na donju traku, pa se ravnomjerno suši. Prikaz skice postrojenja trakaste sušare nalazi se na slici 3.3. [3]



Slika 3.3 Trakasta sušara [3]

### 3.4. Sušara s prekretnom ladicom

Posebna vrsta sušare koja se koristi za sušenje zelenog slada. Zidane izvedbe u kojoj se na određenoj visini nalazi prekretna ladica na koju se rasprostire sloj slada. Zrak se kondicionira, tlači i dio se ispušta a dio se vraća ponovo u proces a stanje na izlazu i ulazu u sušaru se u novije vrijeme automatski regulira. Nakon što se slad osuši ladica se hidrauličkim uređajem okreće i osušeni slad pada u spremnik.[3]

### 3.5. Protočna sušara

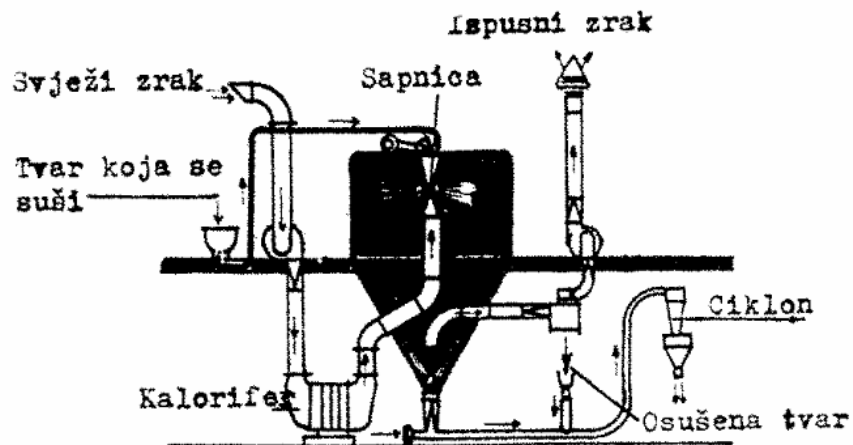
Tvar se dovodi kroz lijevak, prolazi kroz sušaru, okreće lopaticama i izlazi na dnu. Sušara je uvijek ispunjena s tvari a visina joj ovisi o vlažnosti tvari. Podijeljena je na zonu grijanja, sušenja, hlađenja i dosušavanja. [3]

### 3.6. Sušare s fluidiziranom tvari

Postoje različite sušare s fluidiziranom tvari, a uglavnom ovise o tvari koja se suši. Najviše se koriste jedno komorne sušare. Tvar se uvodi u ljevak a potom se dozatorom dovodi u komoru za sušenje gdje se nad rešetkom fluidizira u struji toplog zraka određene brzine.[3]

### 3.7. Sušara raspršivač

U ovoj sušari tekuća tvar suši se u struji toplog zraka u obliku sitnih kapljica. Budući da su kapljice jako sitne, površina kontakta je veoma velika pa se sušenje obavlja za 15 do 30 sekundi. Bez obzira kojom se temperaturom zrak suši, temperatura tvari ne prelazi granicu hlađenja. Skica sušare raspršivača prikazana je na slici 3.4. Tvar se u komori raspršiva pomoću sapnica. Sapnice mogu biti pneumatske kod kojih je nedostatak veliki utrošak energije i nejednolikost raspršivanja. Izvedba s rotirajućim diskovima pogodna je za raspršivanje viskoznih tekućina ali utrošak energije za ovakvo rotirajuće raspršivanje je veći nego kod mehaničkih sapnica. Glavni nedostaci ovakvih sušara su da zapremaju mnogo mjesta i sušenje je vrlo skupo.[3]



Slika 3.4 Sušara raspršivač [3]

### **3.8. Pneumatska sušara**

Princip rada se sastoji u pneumatskom transportiranju tvari strujom toplog zraka u vertikalnoj cijevi visine 20 m (ovisno o postotku vlage koju treba oduzeti). Brzina strujanja zraka mora biti veća od brzine lebdjenja i iznosi između 10 i 30 m/s. Dimenzija čestica mora biti mala pa tako iznosi između 8 i 10 mm. Tvar koja se suši u pneumatsku cijev ubacuje se preko lijevka preko dozatora. Zrak se grije pomoću kalorifera i tlači se ventilatorom. Struja toplog zraka odnosi tvar kroz prvu pneumatsku cijev do prvog ciklona. Iz prvog ciklona tvar ulazi u drugi ciklon gdje izdvaja osušena tvar od zraka.[3]

### **3.9. Komorna vakuum sušara**

Komora je kod ovog tipa sušare cilindričnog oblika a tvar koja se suši se stavlja u plitke tave. Tave su postavljene na grijalice u obliku pravokutnih komorica. U grijalice se uvodi para ili topla voda. Za vrijeme sušenja komora je spojena na vakuum pumpu preko cijevnog priključka. Vakuumsko sušenje se bazira na prirodnoj pojavi da se vrelište vode mijenja u ovisnosti o tlaku. Tako je poznato da je lakše zakuhati vodu na velikim visinama nego u nizinama (zbog pada tlaka zraka). Snižanjem tlaka na dovoljno niski iznos moguće je sušenje i na sobnoj temperaturi. Količina isparene vode je mala a iznosi od 0.5 do 3.5  $kg_{vode}/m^2h$ . Prednost vakuumskih sušara je što je povrat ulaganja u kratkom roku.[3]

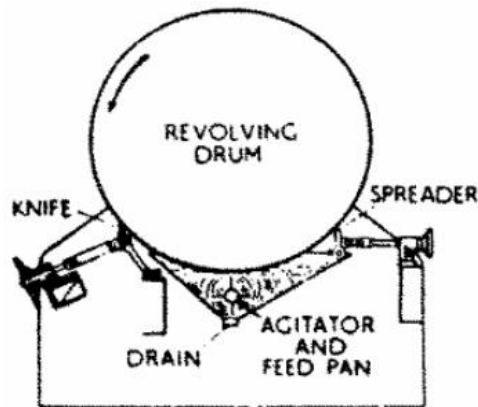
### **3.10. Valjkasta vakuum sušara s miješalicom**

Kod valjkastih vakuuma, za razliku od komornih, sušara za vrijeme sušenja tvar koju sušimo ne miruje već se miješa miješalicom. Kod ovakvog tipa sušare ishlapi veća količina vode od 6 do 8  $kg_{vode}/m^2h$  ogrjevne površine sušare. Sastoji se od valjka na kojem je zavaren parni plašt. U valjak je ugrađena miješalica s kojom se tvar za vrijeme sušenja okreće. Miješalica se 5-8 min. okreće na jednu stranu, a potom na drugu stranu kako bi se na taj način spriječilo nagomilavanje tvari na jedan kraj sušare.[3]

### 3.11. Valjkasta sušara

Sušara se sastoji od dva valjka koji se okreću na šupljim osovinama kroz koje se uvodi ogrjevna para. Tvar za sušenje se odvodi u međuprostor između valjaka i pritom se na valjcima nahvata tanki sloj tekućine koja se osuši za vrijeme jednog nepotpunog okretaja valjka. Osušena tvar sa valjka se skida posebnim noževima strugačima, a zatim se pužnim transporterima odvodi iz sušare. Prikaz skice valjkaste sušare nalazi se na slici 3.5.

S površine  $m^2$  valjka za 1 sat ishlapi između 13 i 15 kg vode a kod ove sušare moguća je izedba da radi u vakuumu. Utrošak energije je znatno manji nego kod sušenja raspršivanja. [3]



Slika 3.5 Valjkasta sušara [3]

## 4. Potreba za izradom automatizirane sušare

Kako bi se mogao projektirati, izgraditi i pustiti u pogon neki sustav, potrebno je razumjeti načela automatizacije. To je teorija i tehnika koja proces čini automatskim, samostalnim ili samoupravljivim. Automatizacija je nastavak procesa mehanizacije pa se zato automatskim može učiniti samo onaj proces koji je u dovoljnoj mjeri mehaniziran.[8]

Bitno je pripomenuti da potreba za izradu automatizacije nekog procesa, u ovom slučaju sušare, temelji se na smanjenju udjela ljudskog rada, opažanja i odlučivanja. Cilj je automatski održavati stanje nekog procesa ili mijenjanje tog stanja po određenom zakonu/programu, bez obzira na djelovanje vanjskih i unutarnjih poremećaja.

Obzirom na vrlo veliki interes za prirodnom, zdravom i punovrijednim sastojcima bogatom hranom pruža se šansa za korištenjem kvalitetnog bundevinog ulja. Bundeve (sjemenke i ulje) ima veliki pozitivan ekonomski efekt čime utječe na povećanje životnog standarda u poljoprivrednim područjima u kojima je poljoprivreda glavni izvor prihoda. Gubici i oštećenje sjemenki tijekom strojnog ubiranja temeljni su razlog neekonomičnosti proizvodnje bundeve i time visoke cijene bundevinog ulja. Tako za primjer prinos mokrih sjemenki varira ovisno o klimatskim uvjetima i u našim uvjetima na sjeveru Hrvatske se kreće od 1.200 do 2.500 kg/ha, uz prodajnu cijenu mokre sjemenke od 6-9 kn/kg, odnosno 600 - 1.200 kg/ha suhe sjemenke koja postiže i do četiri puta višu cijenu, dok se litra kvalitetnog crnog ulja prodaje po 60-80 kuna.

Može se zaključiti da cijena 4 puta veća od mokrih koštica mora biti primamljiva svakome tko želi napredovati u toj poljoprivrednoj kulturi.

Tehnološko sušenje je nastavak i dovršenje prirodnog dozrijevanja sjemenki bundeve koje se nije moglo obaviti prirodnim putem radi nepovoljnih klimatskih uvjeta. Kako bi se omogućilo što duže uskladištenje sjemenki proces sušenja mora biti usmjeren u pravcu očuvanja kvalitete sjemenke.[9] Kod sušenja sjemenki stalna promjena temperature i brzine zraka sušenja dodatno stvaraju probleme u vezi regulacije i vođenja procesa sušenja. Takvi problemi nastaju jer je sjemenka nježna i osjetljiva na visoke temperature i oštećenja. Tamnozeleni klorofilni opni sjemenke potrebno je u potpunosti sačuvati jer izravno utječe na boju i okus ulja.

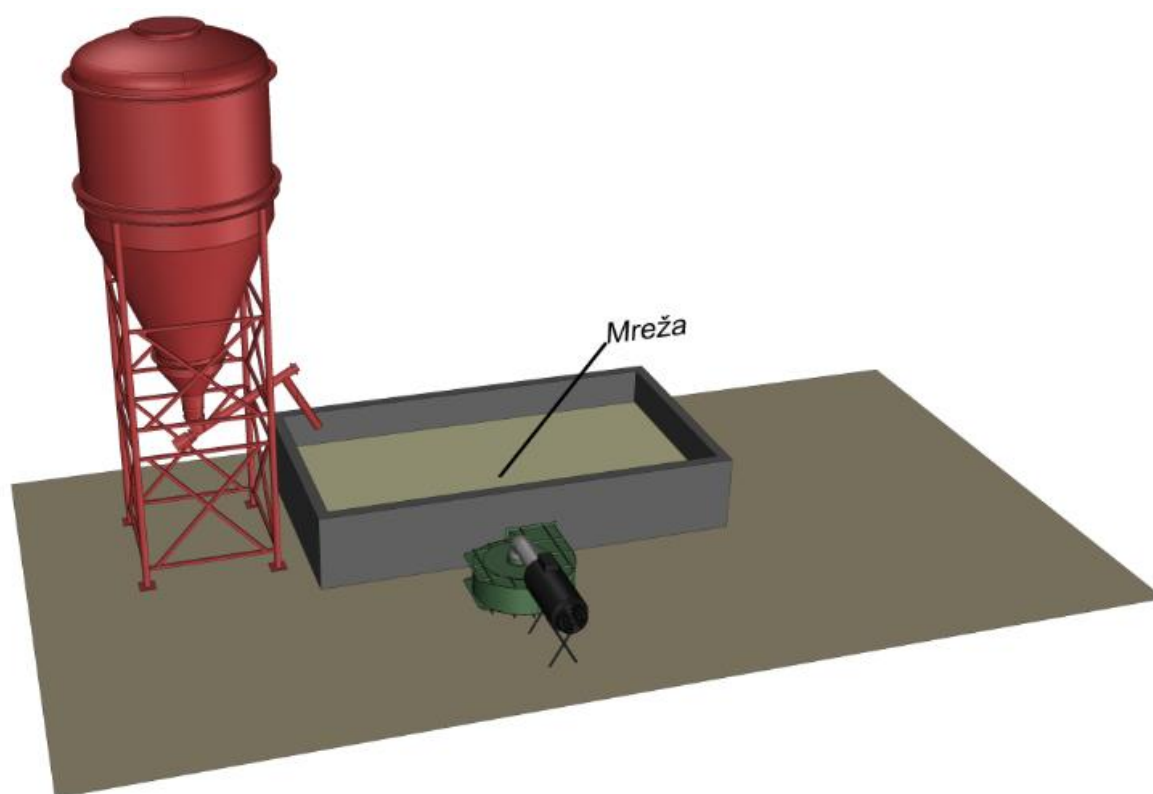
Potrebna je i stalna kontrola vlažnosti sjemenke. Kako je riječ o sjemenki bundeve golice, ona ima prosječno oko 38% vlage kod ubiranja a nakon pranja povećava se na oko 52% vlage.



Konačna vlaga pri završetku sušenja mora iznositi oko 8% u sjemenki a takav proces iziskuje veliku potrošnju energije pa je cilj u sušari osušiti u što kraćem vremenu velike količine vlažnih sjemenki.

Prema stvarnom modelu sušare za sjemenke bundeve golice koja se koristi u manjim obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima izrađen je 3D model neautomatizirane sušare koji je prikazan na slici 4.1.

Takva sušara primjer je adijabatskog sušenja kod koje zagrijani topli zrak preuzima vlagu iz sjemenke.



*Slika 4.1 Neautomatizirana sušara za sjemenke bundeve golice*

Vidljivo je iz modela sušare da je potreban ljudski rad i prisutnost tijekom cijelog procesa sušenja pri ovakvom tipu sustava. Nakon što se sjemenke iz silosa ispuste na mrežu sušare, potrebno je jednoliko poravnanje sjemenki duž cijele mreže na visinu od približno 10 centimetara. Zatim slijedi uključenje kalorifera koji upuhuje topli zrak u prostor ispod mreže gdje dolazi do sušenja sjemenki.

Kako bi sve sjemenke bile jednakomjerno osušene potrebno je stalno miješanje sloja sjemenki tijekom cijelog procesa sušenja.

Treba naglasiti da je potrebno iskustvo osobe koja radi u sušari ovog tipa kako bi se točno moglo pretpostaviti kada je sjemenka dovoljno osušena tj. kada je vlaga u sjemenki oko 8%.

Prema navedenom toku procesa u sušenju neautomatiziranom sušarom lako je doći do zaključka da se neki procesi mogu i moraju automatizirati kako bi se olakšao proces sušenja za osobu koja upravlja i radi na postrojenju ali i pojednostavila kontrola završetka sušenja.

Tako na primjer neki od osnovnih procesa koje je potrebno automatizirati su:

1. Ispust sjemenki iz silosa
2. Uključenje kalorifera
3. Poravnanje sjemenki
4. Vađenje suhih sjemenki iz sušare
5. Provjera količine vlage u sjemenki
6. Miješanje sjemenki

## 5. Automatizacija sušare

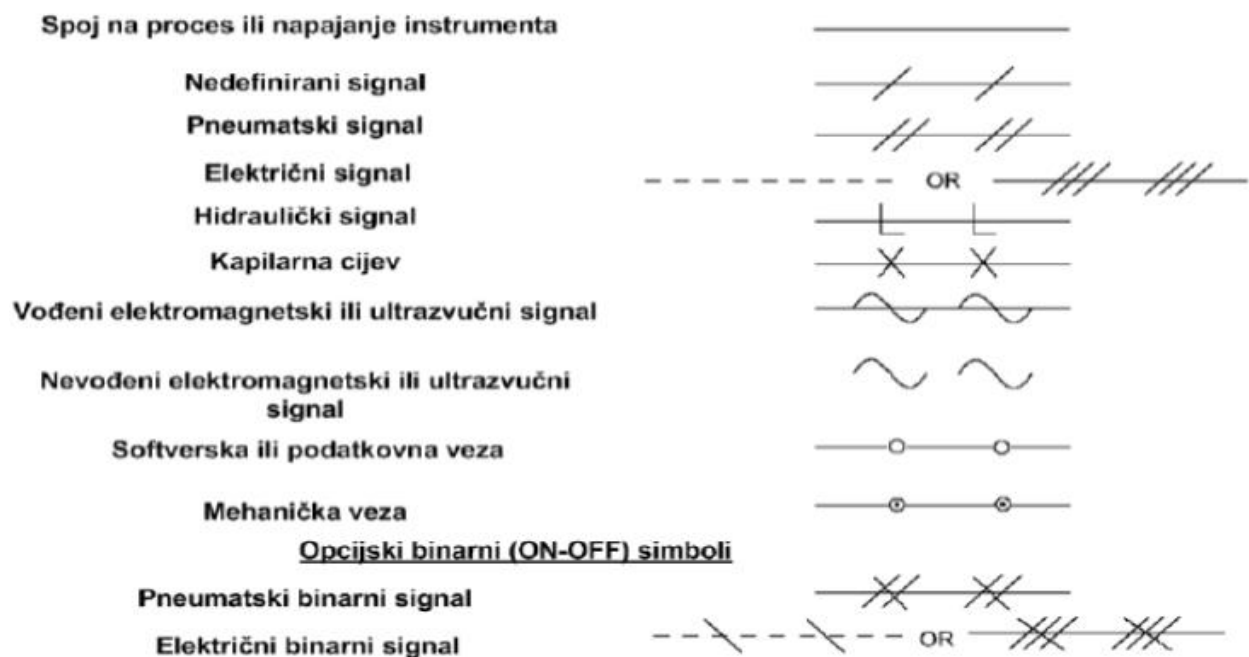
### 5.1. P&I dijagram

P&ID (engl. Process& Instrumentation Diagram) je shematski prikaz funkcionalnog odnosa cjevovoda, instrumenata, pripadajućih osjetila te izvršnih aktuatora tj. komponenti sustava koje se koriste u području instrumentacije i kontrole ili automatizacije. Obično ih stvaraju inženjeri koji projektiraju proizvodni proces. [13]

Međunarodni sustav označavanja instrumentacije propisan standardom ANSI/ISA-S5.1 propisuje jednoznačno označavanje svih instrumenata u procesnoj industriji. [14]













Cilj ovog standarda je da se ustanove jedinstvene oznake za instrumente i sklopove koji se koriste za mjerenje i regulaciju. Standard je veoma fleksibilan i postoji mogućnost prilagodbe. Tako se on može primijeniti i u okviru nekih posebnih područja (van procesne industrije). Standard je pogodan za primjenu u situacijama kada je potreba za simboličkim opisivanjem postrojenja, odnosno identifikacijom, nekog instrumenta, uređaja, upravljačke funkcije ili petlje.

Simboli pomoću kojih se označavaju signali u P&ID dijagramu prikazani su na slici 5.1.



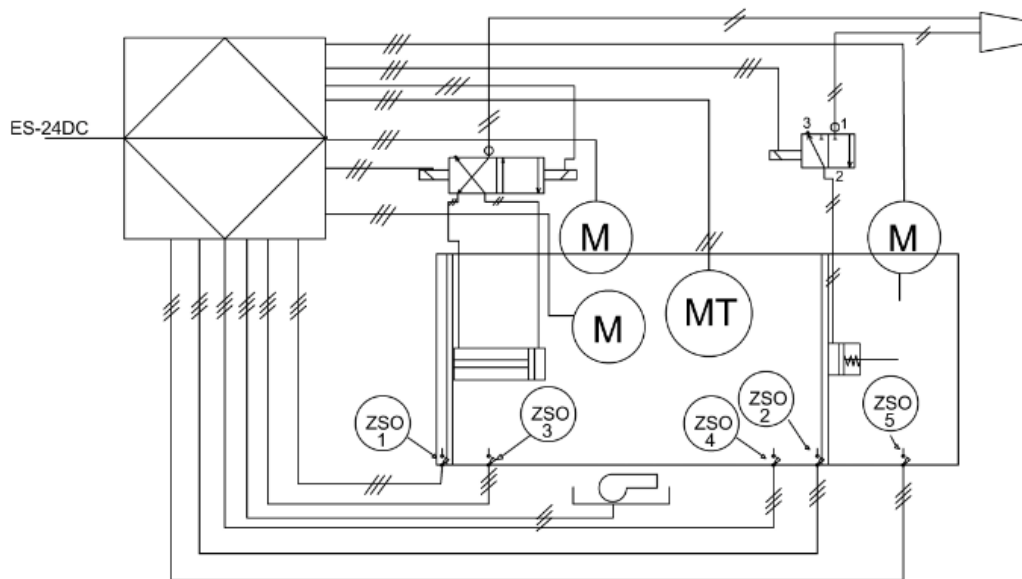
Slika 5.1 Simboli signala u P&ID dijagramu [11]

Označivanje mjerno regulacijskih uređaja je prikazano na slici 5.2.

	Instrument smješten na glavnom upravljačkom mjestu	Instrument smješten uz proces	Instrument koji nije smješten na glavnom upravljačkom mjestu
Samostalni instrument	1 *  IP1**	2 	3 
Instrument sa dijeljenim prikazom i upravljanjem	4 	5 	6 
Funkcija realizirana u računalu	7 	8 	9 
Funkcija realizirana u PLC-u	10 	11 	12 

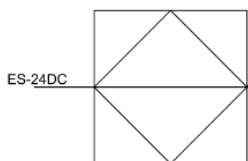
Slika 5.2 Simboli mjerno regulacijskih uređaja u P&ID dijagramu [11]

Kako bi se neki sustav „oživio“, odnosno pustio u pogon, prvo ga je potrebno sastaviti tj. projektirati. Pomoću P&ID dijagrama najlakše je pojasniti smještaj komponenti sustava ali i vezu između njih. Pneumatski sklopovi i sustavi grafički se predočuju pomoću pneumatskih shema. Način crtanja shema i simboli kojima se predočuju pojedini pneumatski elementi propisani su normom DIN/ISO1219. Na slici 5.3 prikazan je P&ID dijagram automatizirane sušare za sjemenke bundeve golice. Ovaj dijagram je spoj pneumatskih i procesnih simbola.

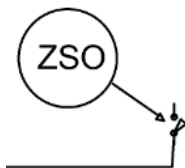


Slika 5.3 P&ID dijagram automatizirane sušare za sjemenke bundeve golice

Opis pojedinih dijelova:



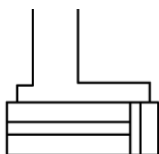
-PLC smješten uz proces



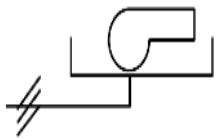
-Krajnji prekidač, u neaktivnom stanju otvoren



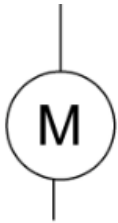
-Jednoradni pneumatski cilindar s povratnom oprugom, cilindar(1)



-Dvoradni pneumatski cilindar, cilindar (2)



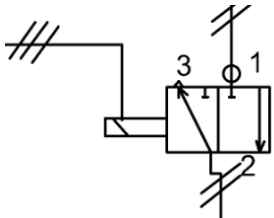
-Kalorifer



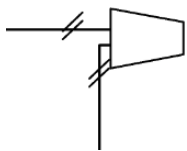
-Motor



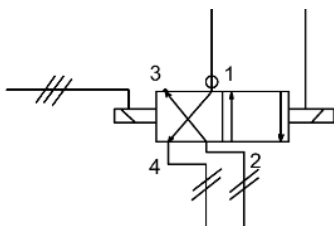
-Mjerenje vlage



-Razvodnik 3/2



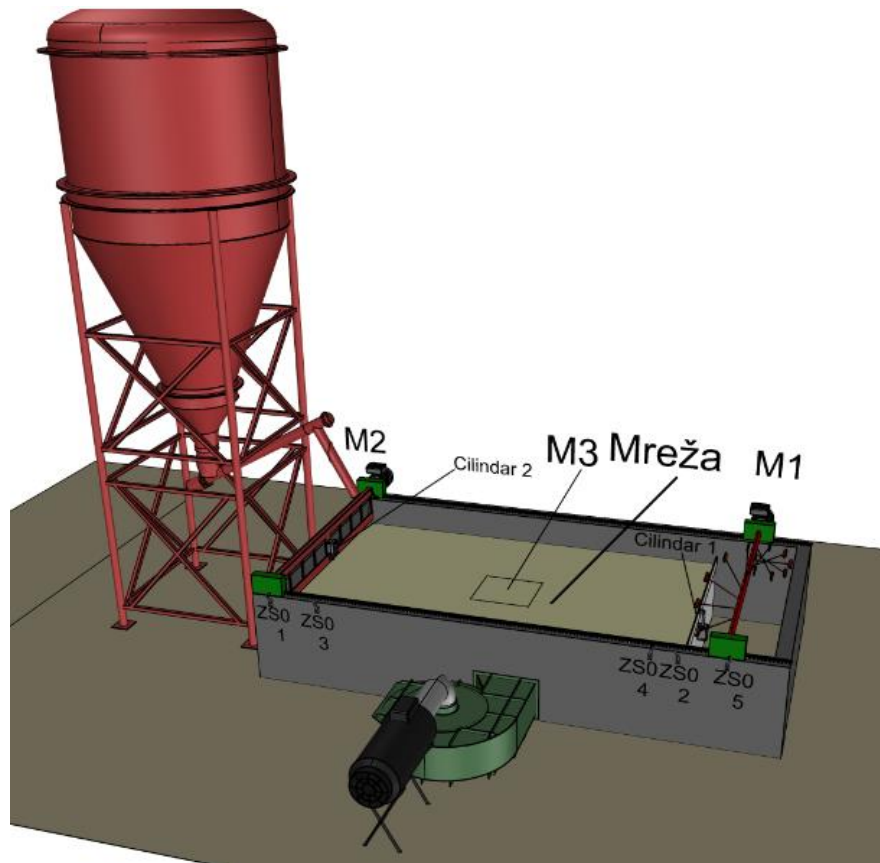
-Kompresor



-Razvodnik 4/2

## 5.2. 3D model i princip rada automatizirane sušare

Zbog lakšeg pojašnjenja principa rada automatizirane sušare, napravljen je 3D model u CAD programu. Na slici 5.4 prikazana je automatizirana sušara za sjemenke bundeve golice.



*Slika 5.4 Automatizirana sušara za sjemenke bundeve golice*

Modeli motora, silosa, cilindri, kalorifera i krajnjih prekidača preuzeti su već kao gotovi modeli zbog lakšeg i realnijeg prikaza.

Princip rada automatizirane sušare je sljedeći :

Operater koji upravlja s postrojenjem preko touch panela (HMI zaslona) uključuje sušaru i slijedi ispušt vlažnih sjemenki iz silosa na mrežu sušare u trajanju od 12 sekundi. Nakon što prođe 12 sekundi motor M2 poravnava sjemenke na visinu od 10 cm do krajnjeg prekidača ZSO4 duž cijele mreže, tako se preko razvodnika aktivira cilindar (2) i pomoćna pregrada se podigne. Tijekom ispusta sjemenki i poravnanja pomoću motora M2 vrši se i trešnja/vibracije mreže pomoću motora M3 kako bi se sjemenke što ravnomjernije rasporedile duž cijele mreže. Motor M3 trešnjom mreže smanjuje teret motoru M2. Motor M2 se nakon što stigne do ZSO4 vraća natrag do ZSO1 i odmah se uključuje kalorifer koji upuhuje topli zrak ispod mreže. Cilindar(1) preko razvodnika prelazi u neaktivno stanje i spušta se izlazna pregrada.

Motor M1 koji miješa sjemenke kreće prema krajnjem prekidaču ZSO2 i dok prođe ZSO4 cilindar(1) diže izlaznu pregradu i slijedi proces miješanja i sušenja vlažnih sjemenki. M1 miješa sjemenke između krajnjih prekidača ZSO3 i ZSO4, a vrijeme miješanja i sušenja je određeno postotkom vlage sjemenki koji na kraju procesa mora iznositi 8%. Ukoliko senzor vlage daje vrijednost od 8% vlage sjemenki, proces sušenja i miješanja se zaustavlja. Kalorifer se isključuje a motor M1 se kreće prema izlaznoj pregradi. Dok stigne do ZSO4, cilindar(1) spušta izlaznu pregradu tako da M1 stiže do ZSO5 i zaustavlja se.

Slijedi čišćenje suhih sjemenki sa mreže sušare radi sljedećeg ciklusa sušenja vlažnih sjemenki. Cilindar(2) spušta pomoćnu pregradu a motor M2 gura suhe sjemenke do krajnjeg prekidača ZSO2 i vraća se do ZSO1 te se zaustavlja. Postrojenje je spremno za sljedeći ciklus sušenja.



### 5.3. Ulazni elementi

Senzori pripadaju skupini ulaznih elemenata u automatizaciji strojeva i uređaja. Funkcija ulaznog elementa je da daje informaciju upravljačkom uređaju sustava automatizacije a može biti digitalni (ON/OFF signali) ili analogni element. Senzori se dijele na senzore blizine, tlaka, temperature, vlažnosti, prisustva plinova, vibracije, protoka, gustoće medija itd., a prema načinu aktiviranja se dijele na senzore blizine s fizičkim kontaktom i senzore blizine bez fizičkog kontakta. [15]

Senzori blizine s fizičkim kontaktom imaju sljedeće prednosti [15] :

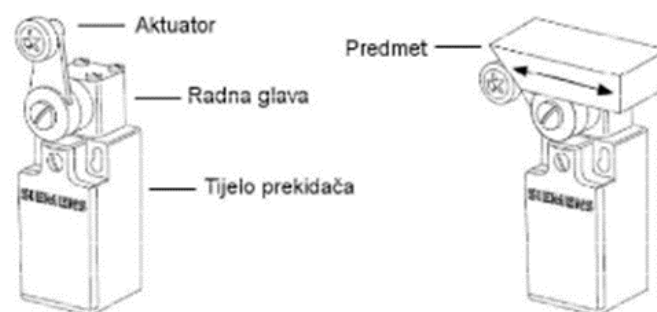
- vode veće struje,
- mogu biti robusnije izvedbe,
- sigurniji su kad su kontakti otvoreni jer postoji zračna praznina između priključaka kontakata.

Senzori blizine bez fizičkog kontakta imaju sljedeće prednosti [15] :

- neograničen broj preklapanja,
- nema pokretnih dijelova koji se mogu istrošiti ili uništiti,
- kraće vrijeme preklapanja,
- nema iskrenja i titranja kod promjene stanja.

#### 5.3.1. Krajnji prekidači

Glavni predstavnici senzora blizine s fizičkim kontaktom su krajnji prekidači (eng. Limit Switches). Oni služe za određivanje mehaničkog položaja tijela koje se giba, tj. pretvaraju mehaničko gibanje u električne upravljačke signale. Smještaju se na određenu poziciju na putu predmeta koji se giba, a kad predmet dođe na tu poziciju, zatvori se radni ili otvori mirni kontakt krajnjeg prekidača. Dijelovi krajnjeg prekidača i način aktiviranja prikazan je na slici 5.5.



Slika 5.5 Dijelovi krajnjeg prekidača i način aktiviranja [15]

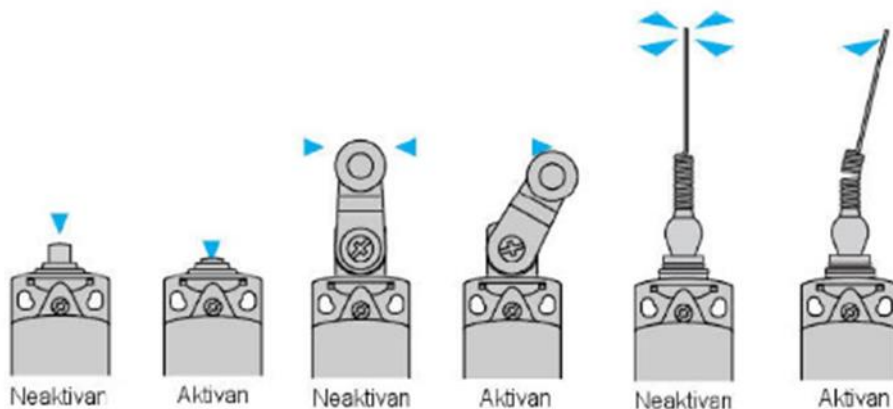
Tip izvedbe krajnjih prekidača ovisi o načinu gibanja predmeta koji dolazi na krajnji prekidač. Tako se mogu razlikovati :

Tip poluge – za detekciju kružnog gibanja kad tijelo u gibanju više ne djeluje na polugu krajnjeg prekidača ona se pomoću opruge vraća u prvobitni položaj i kontakti se deaktiviraju.

Tip klipa – za detekciju linearnog gibanja kod kratkih gibanja predmeta ili kad nema dovoljno mjesta za polugu.

Tip klimave šipke i mačjih brkova – za detekciju gibanja u više smjerova a prikladni su za detekciju i brojanje predmeta kod transporta.

Na slici 5.6 prikazana su aktivna i neaktivna stanja krajnjih prekidača kod tipa klipa, poluge i klimave šipke.



*Slika 5.6 Aktivna i neaktivna stanja krajnjih prekidača [15]*

Kako bi krajnji prekidač dobro i pouzdano radio, osim izbora pravilnog tipa krajnjeg prekidača, presudnu ulogu ima i način njegovog instaliranja tako da tijelo u gibanju uvijek pravilno djeluje na aktuator. Kod krivog instaliranja krajnjeg prekidača može doći do oštećenja istog a treba uzeti u obzir maksimalnu toleranciju da prekidač bude aktivan, a da se ne ošteti.

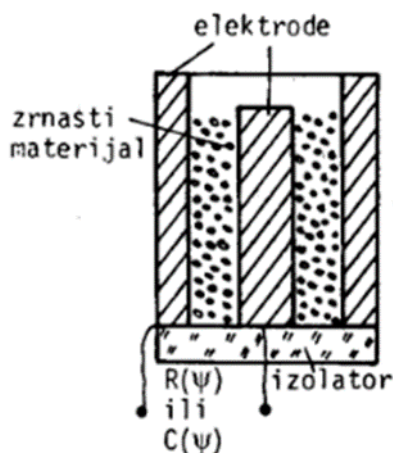
Nedostatak kod krajnjih prekidača je što im je potreban fizički kontakt s predmetom a to im smanjuje vijek trajanja. [15]

U automatiziranoj sušari koristi se 5 krajnjih prekidača, a oni određuju poziciju motora M1 i M2.

### 5.3.2. Mjerenje vlage

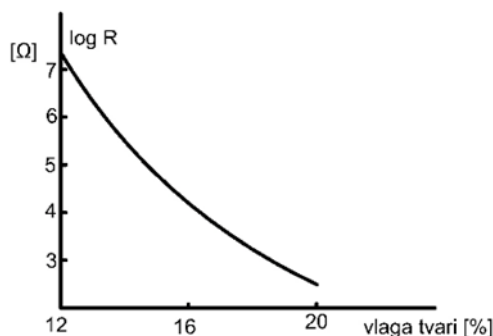
Mjerenje vlage kod krutih tvari se najčešće ostvaruje pomoću otporničkih i kapacitivnih pretvornika za mjerenje vlage. Ovo su izvedbe za mjerenje vlage u rasutim tvarima (npr. žitarice) a sastoje se od dvije elektrode između kojih se nalazi ispitivana tvar.

Elektrode mogu biti pločaste ili koaksijalne. Kod koaksijalnih elektroda pretvornik se može koristiti kao otpornički i kao kapacitivni, ovisno o radnoj frekvenciji. Na slici 5.7 prikazan je pretvornik za mjerenje vlage u rasutim tvarima izveden s koaksijalnim elektrodama. Zbog izbjegavanja elektrolize vode mjerenje se provodi izmjeničnom strujom.[20]



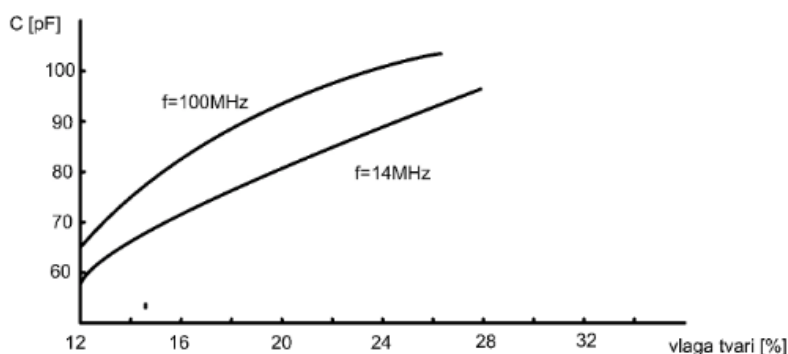
Slika 5.7 Pretvornik za mjerenje vlage u rasutim tvarima [20]

Kod otporničkog pretvornika otpor se smanjuje povećanjem vlage. Koristi se niska radna frekvencija od mrežne do nekoliko stotina Hz zbog zanemarenja kapacitivne komponente. Otpor se može mijenjati za tri do četiri reda veličine. Pri porastu temperature otpor se smanjuje pa je potrebno provesti korekciju izmjerene vlage od približno  $-0.1\%$  po  $^{\circ}\text{C}$ . Slika 5.8 prikazuje promjenu vlage u ovisnosti o otporu.[19]



Slika 5.8 Promjena vlage u ovisnosti o otporu kod otporničkog pretvornika [20]

Kapacitivnom pretvorniku se kapacitet povećava s povećanjem vlage. Koriste se radne frekvencije oko 10 MHz zbog zanemarenja otporničke komponente. Na slici 5.9 prikazana je ovisnost vlage o kapacitetu.[20]



Slika 5.9 Ovisnost vlage o kapacitetu kod kapacitivnog pretvornika [20]

## 5.4. Izvršni elementi

Izvršni elementi (aktuatori) pretvaraju energiju stlačenog zraka u mehanički rad. Prema načinu kretanja mogu se podijeliti na :

- elementi s ograničenim kretanjem:
  - a) Translacijski (cilindri),
  - b) Rotacijski (zakretni cilindri, koračni motori)
- pneumatski motori (rotacijski, s kontinuiranim kretanjem)

Kako bi cilindar obavljao svoju funkciju potreban mu je razvodnik koji služi kao ventil zraka prema cilindru. Upravljanje razvodnikom pa tako i cilindrom se vrši pomoću PLC-a. [21]

### 5.4.1. Razvodnik

Razvodnik je vrsta ventila koji usmjerava tok radnog medija propuštanjem, zatvaranjem i promjenom smjera toka. Razvodnici se razlikuju po sljedećim karakteristikama [21]:

- tip,
- veličina,
- način aktiviranja,
- duljina trajanja signala,
- konstrukcija.

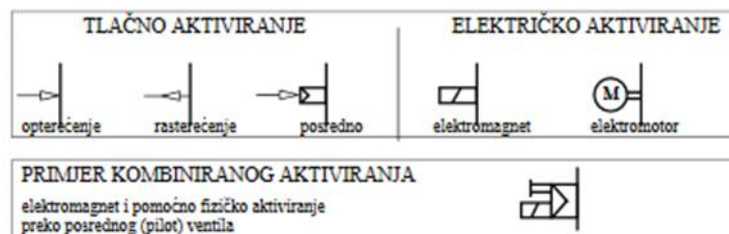
Tip razvodnika određen je brojem priključaka i razvodnih položaja. Oznaka tipa razvodnika stavlja se ispred naziva. Na primjer „3/2 razvodnik“ označava razvodnik s tri priključaka i dva razvodna položaja. Veličina razvodnika opisana je priključnom mjerom odnosno nazivnim promjerom koji se odabire prema protoku medija, npr. ( ¼).

Aktiviranje razvodnika može biti [21]:

- a) fizičko (slika 5.10),
- b) mehaničko (slika 5.10),
- c) tlačno (slika 5.11),
- d) električno (slika 5.11),
- e) kombinirano (slika 5.11).



Slika 5.10 Fizički i mehanički način aktiviranja razvodnika [21]

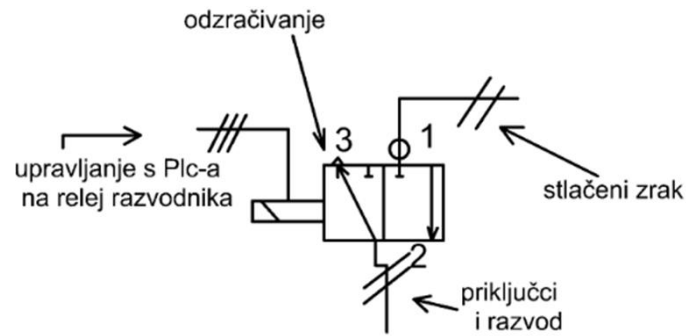


Slika 5.11 Tlačno, električno i kombinirano aktiviranje razvodnika [21]

Razvodnici se dijele i prema duljini trajanja signala za aktiviranje razvodnika [21]:

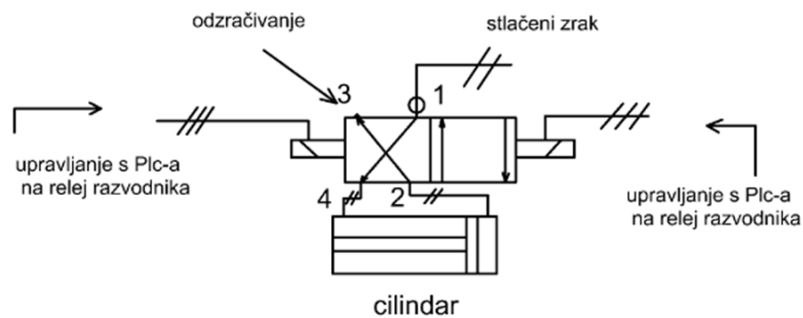
- a) razvodnici s trajnim aktiviranjem (monostabilni) koji su aktivirani u vremenu dok traje signal,
- b) razvodnici s trenutnim aktiviranjem (bistabilni) koji su trajno aktivirani kratkim signalom.

U sušari je potreban jedan monostabilni 3/2 razvodnik koji propuštaju stlačeni zrak na jedno radni cilindar(1) s povratnom oprugom i jedan monostabilni 4/2 razvodnik koji upravlja dvoradnim cilindrom(2). Prikaz 3/2 razvodnika s opisom oznaka nalazi se na slici 5.12 koji je u neaktivnom stanju spojen na ulaz atmosfere a prilikom oklopa releja razvodnik propušta stlačeni zrak prema razvodu tj. cilindru.



Slika 5.12 3/2 razvodnik

Za upravljanje dvoradnim cilindrom koristi se monostabilni 4/2 razvodnik koji ima 4 priključka i dva razvodna položaja. Prikaz navedenog razvodnika s dvoradnim cilindrom nalazi se na slici 5.13.



Slika 5.13 4/2 razvodnik

## 5.4.2. Cilindri

Cilindar je izvršni element kojemu je gibanje translacijsko. Jedino kod zakretnih cilindara je gibanje rotacijsko ali to poglavlje nije obrađeno u radu.

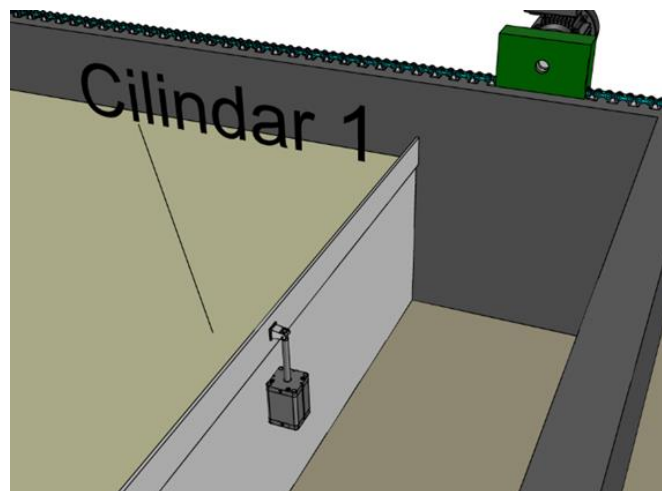
Cilindre prema načinu djelovanja moguće je podijeliti na [20]:

- jednoradne,
- dvoradne,
- posebne izvedbe:
  - tandem,
  - višepoložajni,
  - teleskopski,
  - bez klipnjače.

Sušara za sjemenke bundeve mora biti higijenski čista pa se stoga koriste pneumatski cilindri kod kojih nema mogućnosti istjecanja ulja kao što je to slučaj kod hidrauličnih cilindara.

Jednoradni cilindri vrše koristan rad samo u jednom smjeru, dok dvoradni u oba smjera – guraju i vuku. Priključak zraka jednoradnom cilindru se nalazi na prednjoj strani dok se povratno kretanje najčešće ostvaruje oprugom ili težinom tereta. Moguća je izvedba povratnog kretanja i sa stražnjim priključkom na regulacijski ventil ili na spremnik zraka („zračni jastuk“), a stražnja komora tada nema otvor prema atmosferskom tlaku. Koriste se za pritezanje i izbacivanje izratka, utiskivanje (žig), dodavanje, pomicanje itd., kad nije bitna brzina povratnog kretanja klipa. [21]

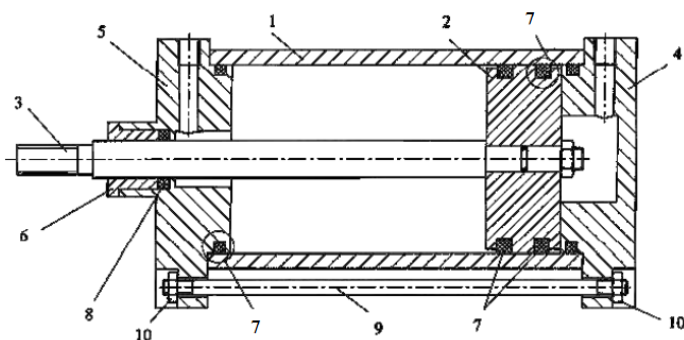
Za upravljanje jednoradnim cilindrom koriste se razvodnici 3/2. Na slici 5.14 prikazan je jednoradni cilindar(1). U aktivnom stanju, kada PLC djeluje na relej razvodnika, cilindar diže izlaznu pregradu a u neaktivnom stanju izlazna pregrada se spušta.



Slika 5.14 Jednoradni cilindar(1)

Dvoradni cilindar vrši koristan rad u oba smjera a pokreće se tako da se stlačeni zrak dovodi u komoru s jedne strane cilindra, a istovremeno se komora na suprotnoj strani mora rasteretiti. Rasterećenje se provodi tako da se strana koja nije pod pritiskom spoji na atmosferu. Promjeri klipa kreću se otprilike u granicama 5-500 mm. [21]

Cilindar(2) se koristi kao dvoradni cilindar zbog potrebe dizanja i spuštanja pregrade za poravnanje i guranje koštica. Jednoradni cilindar ne bi mogao vršiti jedan od potrebna dva smjera gibanja pa je stoga dvoradni cilindar bolja opcija za ugradnju na potrebnom mjestu. Presjek dvoradnog klipnog cilindra nalazi se na slici 5.15. Dijelovi: [6]-dvoradni klipni cilindar, [1] –cilindar, [2] – klip, [3]–klipnjača, [4] –prednji poklopac, [5] –stražnji poklopac, [6] –očnica, [7] i [8] –brtve ,[9] –šipka ,[10] –matica.



Slika 5.15 Dvoradni klipni cilindar [21]

## 5.5. Primjena PLC uređaja serije S7-1200 za upravljanje i vizualizaciju sušare

Programibilni logički kontroleri preuzeli su glavnu ulogu u upravljanju i nadzoru automatiziranih industrijskih sustava. Prema cijeni su vrlo pristupačni, a mogu se koristiti za automatizaciju tehničkih sustava različite složenosti, od jednostavnijih do srednje složenih sustava. [22]

U radu je korišten PLC uređaj iz serije S7-1200 koji se konfigurira i programira pomoću programskog alata TIA Portal koji ima integrirani programski alat STEP 7 Basic i WinCC.

Navedena serija PLC-a podržava serijske protokole RS-232 i RS-485, MODBUS protokol te USS protokol (eng. Universal Serial Interface Protocol) za komunikaciju sa Simensovim pretvaračima napona i frekvencije koji podržavaju USS protokol. Sve centralne procesorske jedinice imaju integrirano PROFINET sučelje čime je omogućeno međusobno povezivanje više PLC uređaja i operatorskih panela putem komunikacijskih protokola temeljenih na ethertnet i TCP/IP (eng. Transport Control Protocol / Internet Protocol).

PLC serije S7-1200 je modularne strukture pa se uređaj konfigurira izborom i spajanjem različitih modula. Na centralnu procesorsku jedinicu (CPU - eng. Central Processing Unit) se prema zahtjevima procesa kojim se želi upravljati dodaju različite vrste signalnih i komunikacijskih modula. Na slici 5.16 prikazan je izgled i spajanje modula koji su na raspolaganju za konfiguraciju PLC uređaja. [22]



Slika 5.16 Moduli za PLC[22]



CPU modul se sastoji od mikroprocesora, integriranog napajanja, te ulaznih i izlaznih krugova. S prednje strane PLC-a su postavljene led diode za signalizaciju lokalnih ulaznih i izlaznih digitalnih signala te status centralne procesorske jedinice. Korišteni PLC u radu ima digitalne ulaze izvedene kao sklopke koje se pale i gase prema potrebi u programu. Signalni moduli služe za prilagodbu različitih digitalnih i analognih procesnih signala s kojima se S7-1200 povezuje, te povećanje broja ulaza i izlaza u konfiguraciji PLC uređaja. Odabiru se prema potrebnom broju i vrsti ulaza i izlaza te prema rasponu ulaznog odnosno izlaznog napona. Spajaju se pomoću ugrađenog konektora sa strane na CPU ili drugi signalni modul s desne strane. CPU je moguće proširiti digitalnim i analognim signalnim modulima. Postoje signalni moduli s digitalnim ulazima, digitalnim izlazima i kombinirani digitalni signalni moduli koji imaju digitalne ulaze i izlaze. Signalni moduli analognih izlaza imaju mogućnost detekcije prekinute petlje kod strujnog signala i detekciju kratkog spoja kod naponskog signala dok moduli analognih ulaza imaju mogućnost detekcije previsoke i preniske vrijednosti ulaznog analognog signala. Komunikacijski moduli se koriste za povezivanje PLC uređaja sa s ostalim inteligentnim uređajima putem serijske komunikacije ostvarivanjem veze od točke do točke. [22]

Korištenjem TIA Portal (eng. Totally Integrated Automation Portal) razvojnog programa koji se sastoji od programskog alata STEP 7 za razvoj i izradu upravljačkih aplikacija PLC uređaja serije S7-1200 i programskog alata WinCC za razvoj i izradu nadzorno-upravljačkih aplikacija za HMI omogućeno je sastaviti program za automatiziranu sušaru kao i nadzor i upravljanje istom. Za potrebe rada korištena je TIA Portal V14 a prikaz ikone nalazi se na slici 5.17.



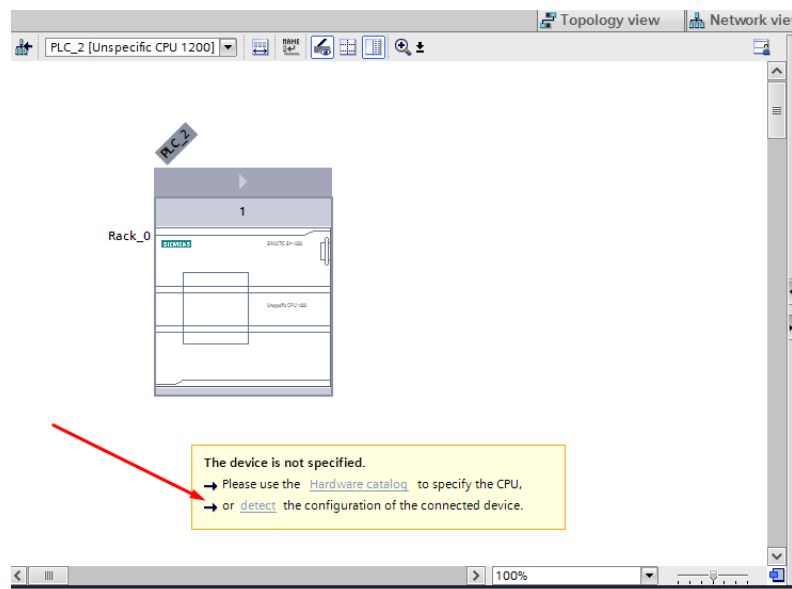
*Slika 5.17 TIA Portal*

Rad u TIA Portal je moguć u dva pogleda. Portal pogled je osnovni pogled koji se otvara odmah nakon pokretanja aplikacije, a prikazuje osnovne akcije koje korisnik može odabrati (izrada programa, konfiguracija sklopovlja i sl.). Projektni pogled odabire se klikom na *Project view*, a sadrži mnogo više opcija potrebnih za izradu programske podrške.

Izrada projekta u TIA Portalu sastoji se od nekoliko koraka:

- kreiranje projekta,
- izrada sklopovske konfiguracije PLC uređaja,
- izrada i konfiguriranje mrežnih veza između uređaja,
- izrada upravljačkog programa za PLC uređaj,
- izrada vizualizacije za HMI uređaj,
- provjera rada i otklanjanje grešaka u aplikacijama.

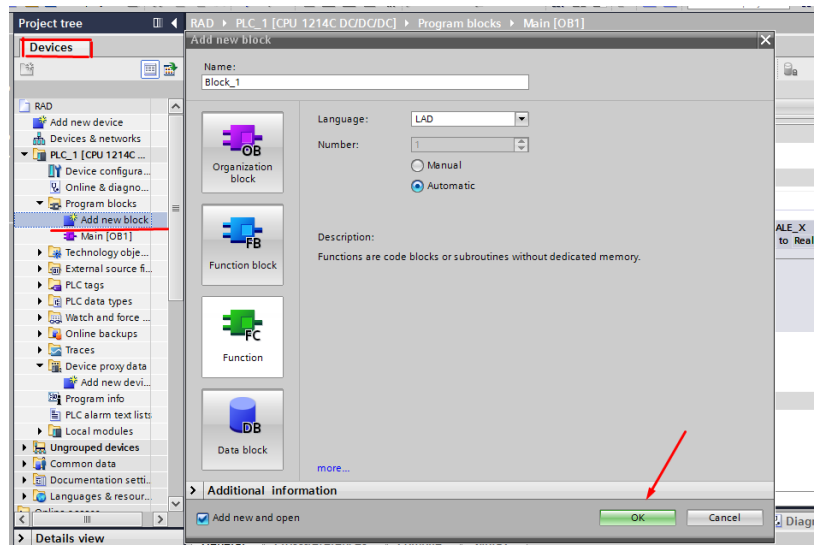
Nakon što se kreira novi projekt potrebno je na traci *Devices & Networks* pomoću *Add new device* dodati PLC ili HMI uređaj. Ako nije poznata serija CPU-a kod odabira PLC-a, može se odabrati *Unspecified CPU 1200* i odabere se jedina ponuđena opcija: *6ES7 2XX-XXXXX-XXXXX*. Zatim se otvara neprepoznati CPU i odabire se *Detect* što je prikazano na slici 5.18.



Slika 5.18 Prepoznavanje PLC uređaja

Odabirom na *Detect* otvara se prozor pomoću kojeg se pronade željeni PLC pomoću naredbe *Start Search*. Ovisno o odabiru dalje se radi u alatu STEP 7 Basic ako je odabran *Simatic PLC* odnosno s alatom *WinCC* ako je odabran *Simatic HMI*.

Rad u odabranom STEP 7 Basic poprilično je jednostavan ali se može i zakomplicirati dužinom i problematikom programa. Pomoću kontaktnih dijagrama ili funkcijsko blokovskih dijagrama radi se upravljački program a dodavanje novih programskih blokova se vrši odabirom opcije *Add new block* u dijelu *Devices* što je prikazano na slici 5.19. U programu automatizirane sušare uz glavni program dodana su tri potprograma.



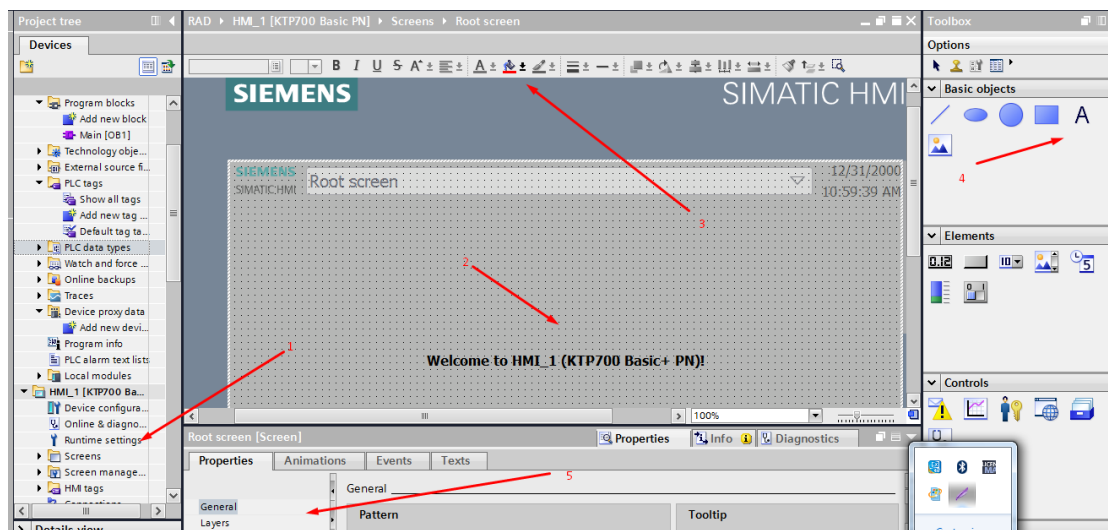
Slika 5.19 Dodavanje programskih blokova

Instrukcije pomoću kojih se gradi program dodaju se unutar kartice *Instructions*, odabrane se *Basic Instructions* unutar čega su sve potrebne instrukcije za izradu programa. Popis tagova koji se koriste u programu je u dijelu *Device* pod opcijom *PLC tags*. Prije pokretanja PLC uređaja potrebno prenijeti program u PLC pomoću naredbe *Download to device* gdje se odabire PLC uređaj i tek onda pokreće CPU pomoću naredbe *Start CPU*. Za lakše snalaženje u programu, kada se odvija program, može se koristiti naredba *Monitoring on/off* koja jasno pokazuje stanja izlaza i varijabli u programu. Ako se pojave greške u logici programa, on sam daje upozorenja i lako se iste mogu ispraviti.

Pomoću WinCC alata izrađuju se nadzorno-upravljačke aplikacije za HMI uređaje koje se u pravilu sastoje od zaslona koji imaju ulogu grafičkog sučelja, definiranih alarma i trendova procesnih vrijednosti. Početni zaslon je prikazan na slici 5.20 a sastoji se od stabla projekta (1), radne površine (2), trake s alatima (3), okvira s objektima i elementima (4) i dijela za detaljan prikaz i promjenu svojstava odabranog projekta (5). U stablu projekta za odabrani HMI uređaj mogu se odabrati sljedeće opcije:

- Online & diagnostics* – informacije o HMI uređaju i IP adresa koja mu je dodijeljena,
- Runtime settings* – postavke vezane uz izvršavanje HMI aplikacije,
- Screens* – za odabir ekrana,
- Screen management* – za izradu predloška prema kojem se izvršava aplikacija,
- HMI tags*- za izradu i uređivanje tagova,
- HMI alarms*- za izradu diskretnih, analognih i sistemskih alarma,
- Recipes*- za izradu receptata tj. malih baza podataka za neki objekt u polju,

-*User administration*- za uređivanje liste operatera s njihovim korisničkim podacima,  
 -*Text & graphic list*- za brzu promjenu grafike na objektima te za unos teksta kod aplikacija  
 s više jezika.



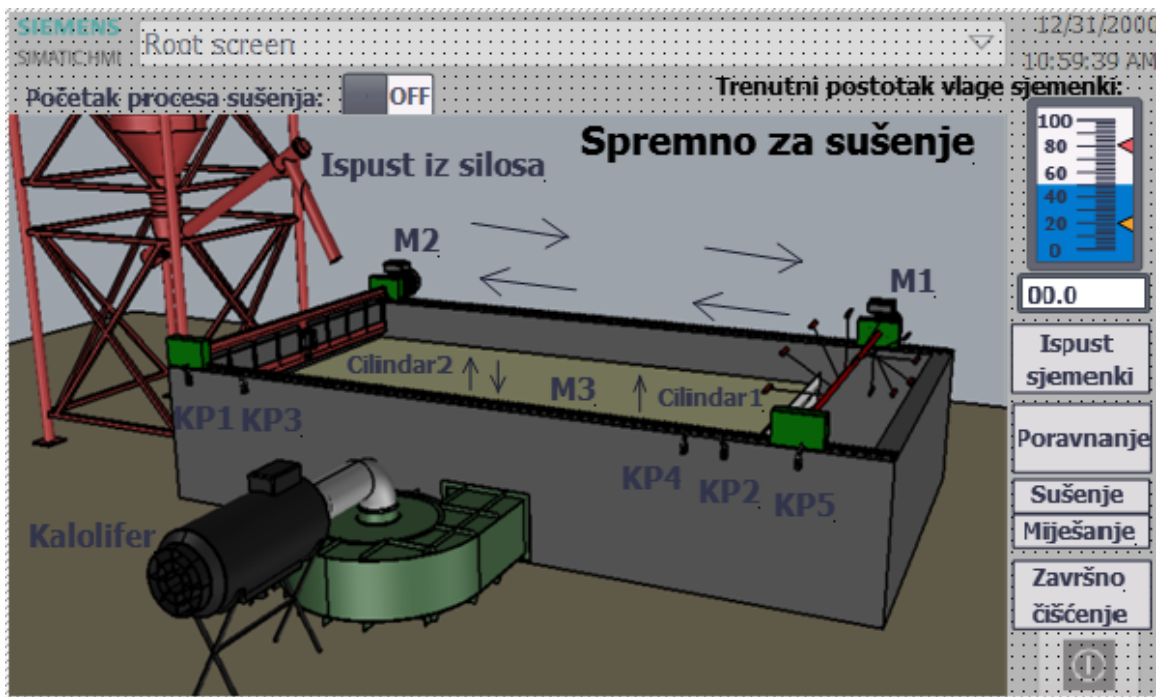
Slika 5.20 Početni zaslon HMI uređaja

Pomoću HMI zaslona napravljena je kontrola, praćenje i zadavanje početka rada sušare. Odabir HMI uređaja koji je korišten u radu započinje naredbom *Add new device* i u izboru HMI uređaja se odabere redom: *7" Display -> KPT700 Basic -> 6AV2 123-2GB03-0AX0*.

Nakon odabira HMI uređaja, na *Root Screen* se dodaju željeni elementi koji se mijenjaju tokom procesa.

Kako bi se pratila vlaga sjemenki potreban je bar graf koji u svakom trenutku prikazuje postotak vlage u sjemenkama. Isto tako zbog lakšeg očitavanja grafa dodano je ulazno/izlazno polje koje numerički pokazuje vlažnost sjemenki. Tag kojim se mijenjaju bar graf i ulazno/izlazno polje je MD55 ,tj. skalirana vrijednost s analognog ulaza koja je se kreće od 0% do 100 %. Na ekran je dodana i sklopka pomoću koje se uključuje i isključuje sušara a ona reagira na tag M1.2, tj. pod nazivom *Pocetak\_rada*.

Prikaz zaslona za kontrolu i upravljanje sušarom nalazi se na slici 5.21.



Slika 5.21 Zaslona HMI uređaja

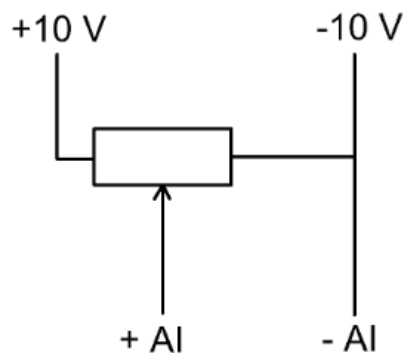
U WinCC alatu napravljen je prikaz sušare tako da prilikom rada svake faze programa/element postrojenja, slova ili pravokutnik promjene boju iz sive u zelenu što znači da je taj element ili faza aktivna. Tako npr. prilikom uključivanja kalorifera slova na HMI zaslonu postanu zelena. Program za automatiziranu sušaru mora obuhvatiti sve zahtjeve pojedinih komponenti postrojenja pa tako krajnje ispitivanje programa se mora izvršiti pomoću improviziranih ulaza na PLC-u. Digitalne ulaze uključuju i isključuju sklopke koje imaju stanje 1 ili 0. Prikaz sklopki kao digitalnih ulaza PLC-a prikazan je na slici 5.22.



Slika 5.22 Digitalni ulazi  
PLC-a

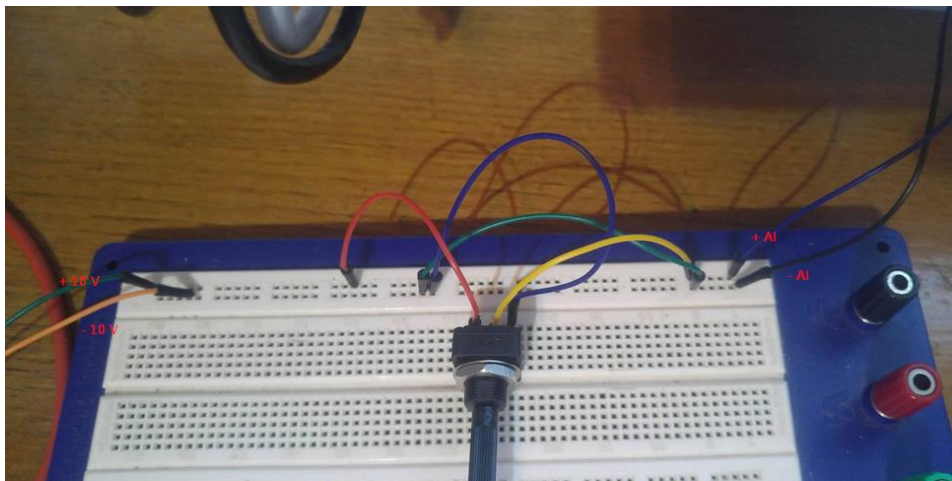
Analogni ulaz PLC-a je u programu potreban za dobivanje povratne informacije o vlažnosti sjemenki koje se suše. Senzor vlažnosti je izveden, tj. improviziran pomoću promjenjivog otpornika otpora  $100\text{ k}\Omega$  koji na analogni ulaz PLC-a daje napon u rasponu od  $-10\text{V}$  do  $10\text{V}$ . Shema spoja je prikazana na slici 5.23. Na taj način je omogućeno testiranje programa.

Ulazni napon je  $+10/-10\text{ V}$  a dobiven je iz AC/DC pretvarača napona. Pomoću navedenog spoja dobiva se fina regulacija ulazne vrijednosti analognog ulaza. Ulazna vrijednost se sprema na adresu IW96 a potrebno ju je zatim skalirati što je prikazano na samom početku programa.



*Slika 5.23 Shema spoja sklopa za regulaciju analognog ulaza*

Realan spoj regulacije analognog ulaza PLC-a prikazan je na slici 5.24.



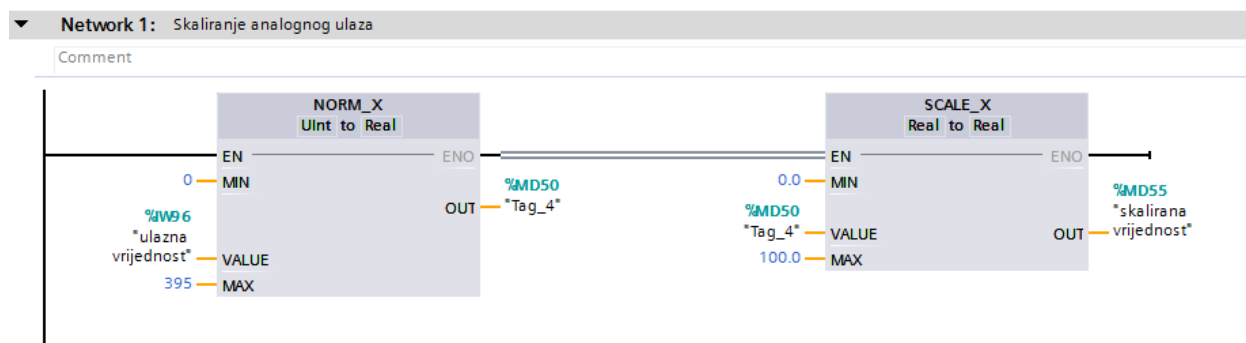
*Slika 5.24 Regulacija analognog ulaza pomoću promjenjivog otpornika*

## 5.6. Prikaz programa za PLC uređaj

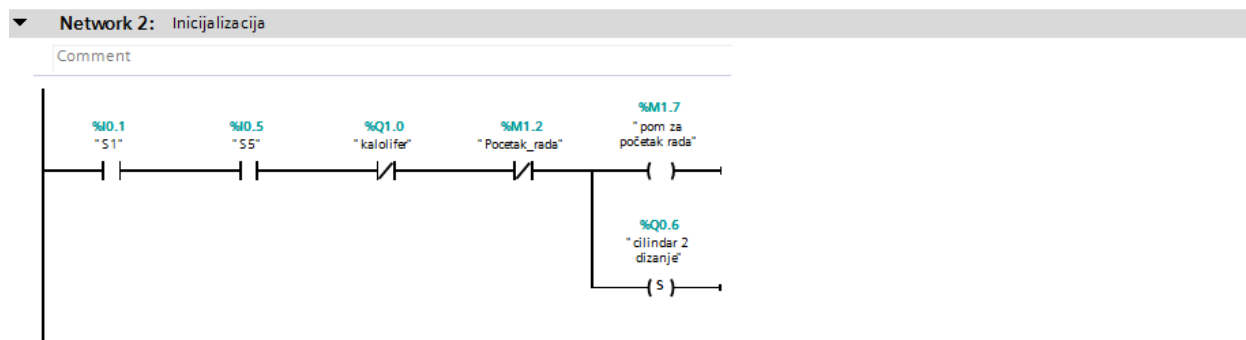
U glavnom programu nalazi se skaliranje s analognog ulaza, inicijalizacija prije početka rada postrojenja i pridjeljivanje pomoćnih varijabli izlaznim varijablama. Glavni program prekidaju tri potprograma u kojima se vrši ispuš, poravnanje, sušenje, miješanje i guranje sjemenki sa mreže postrojenja.

*Glavni program:*

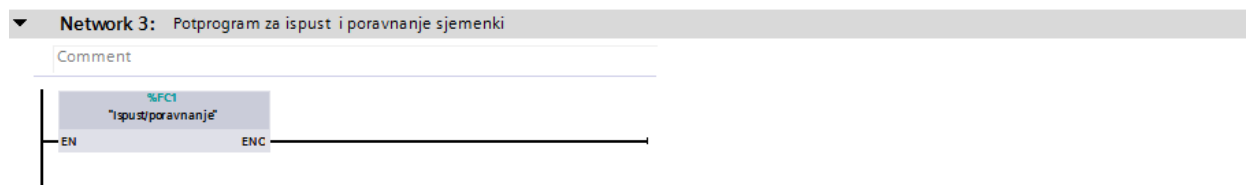
Skaliranje ulazne vrijednosti s analognog ulaza na postotnu vrijednost od 0 do 100% kako bi se dobio trenutni postotak vlage sjemenki.



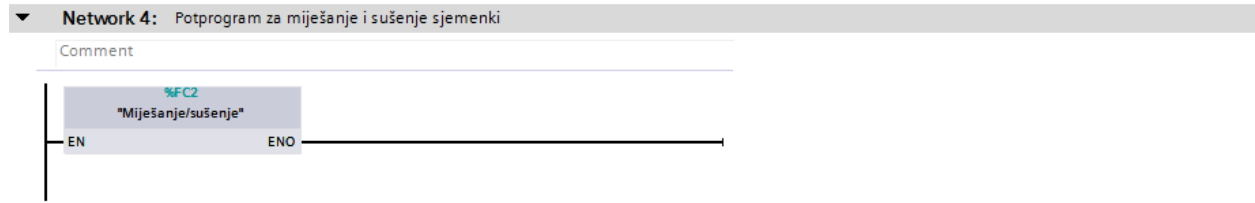
Uvjeti početka rada sušare koji daju signalizaciju operateru da je sve spremno za početak sušenja tako da se na HMI zaslonu zelenim slovima pojavi natpis „Spremno za sušenje“, i dizanje pomoćne pregrade za poravnanje i guranje sjemenki pomoću cilindra(2).



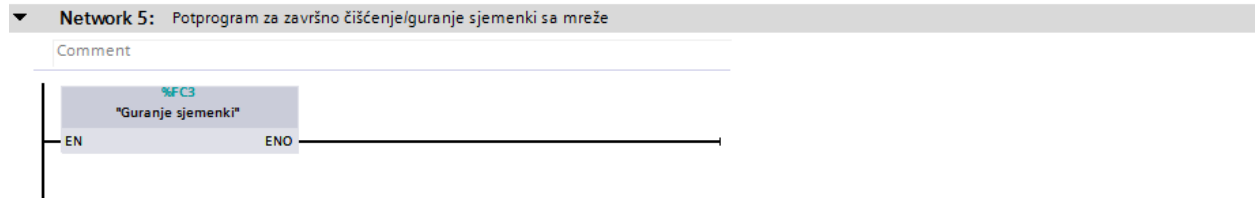
Poziv potprograma za ispuš i poravnanje sjemenki.



Poziv potprograma za miješanje i sušenje sjemenki.

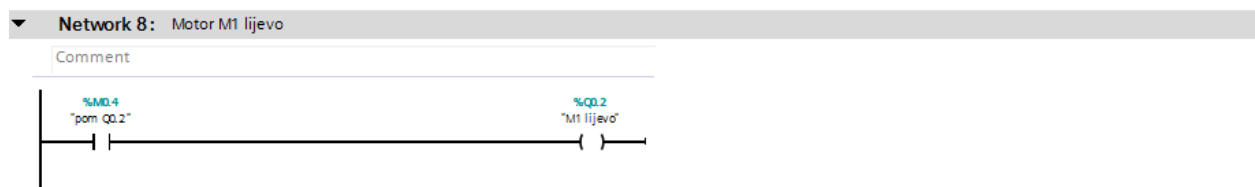
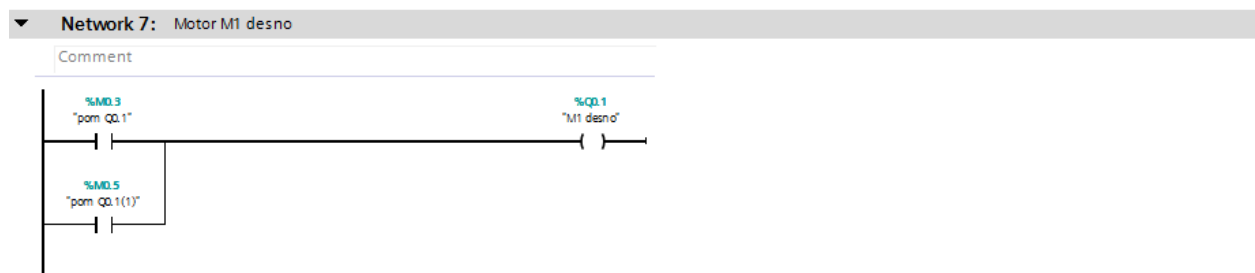
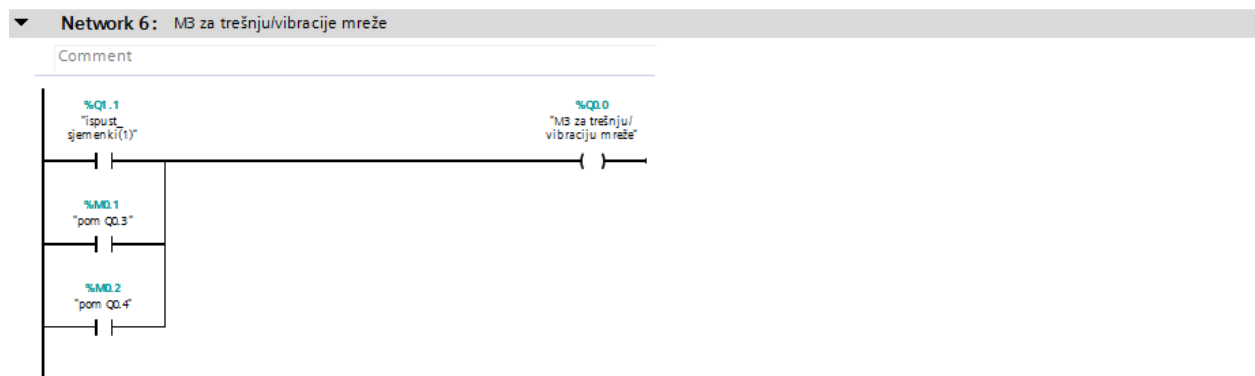


Poziv potprograma za završno guranje sjemenki sa mreže.



Pridjeljivanje pomoćnih varijabli izlaznim varijablama.

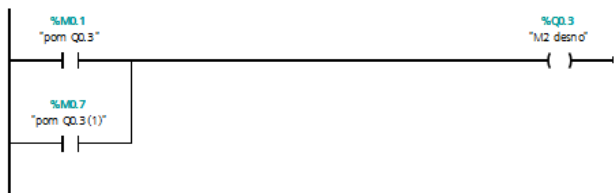
Motor M3 služi da trese mrežu i stvara vibracije da se sjemenke tijekom ispusta i poravnanja ravnomjernije poravnaju po čitavoj mreži.





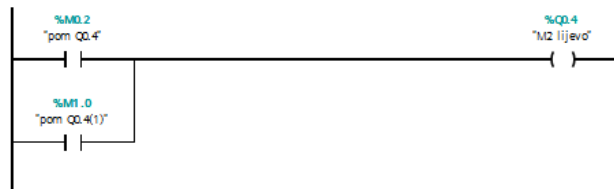
▼ **Network 9:** Motor M2 desno

Comment



▼ **Network 10:** Motor M2 lijevo

Comment



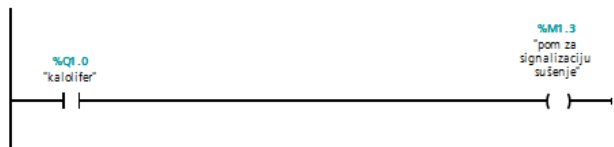
▼ **Network 11:** Cilindar 1

Comment



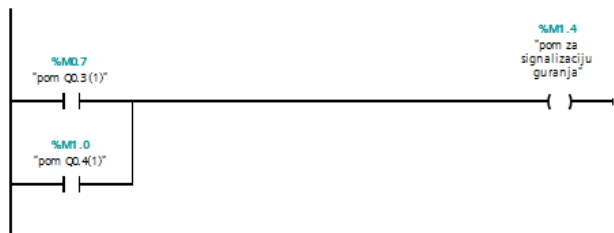
▼ **Network 12:** Pomoćni tag za signalizaciju da je u tijeku sušenje sjemenki

Comment



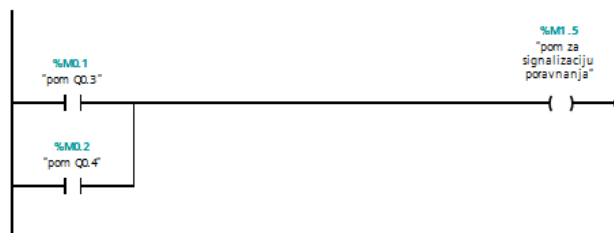
▼ **Network 13:** Pomoćni tag za signalizaciju guranja sjemenki prema izlaznoj pregradi

Comment

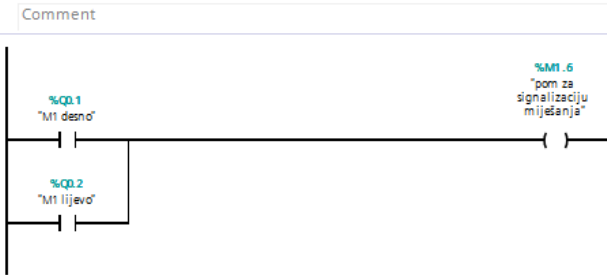


▼ **Network 14:** Pomoćni tag za signalizaciju poravnanja sjemenki

Comment

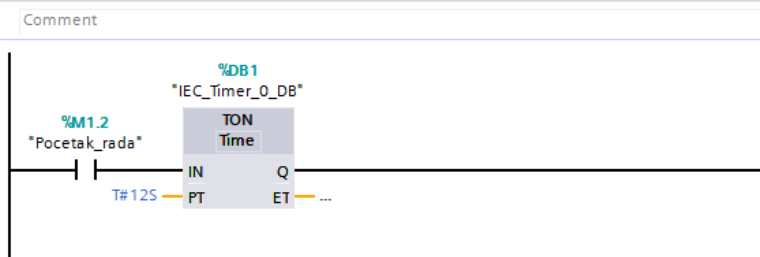


**Network 15:** Pomoćni tag za signalizaciju miješanja sjemenki

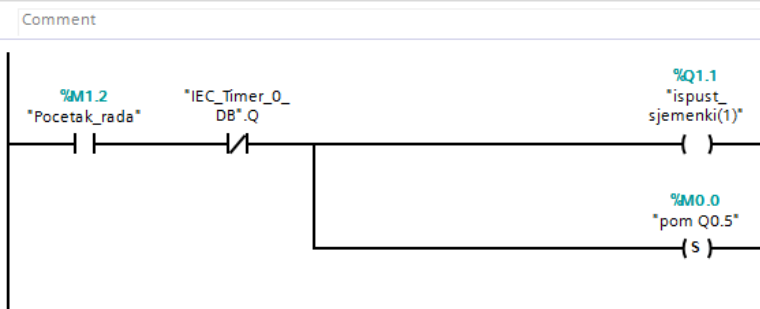


*Potprogram* za ispušt sjemenki u trajanju 12 sekundi , poravnanje vlažnih sjemenki na određenu visinu pomoću motora M2 do krajnjeg prekidača S4 i dizanje izlazne pregrade pomoću cilindra(1).

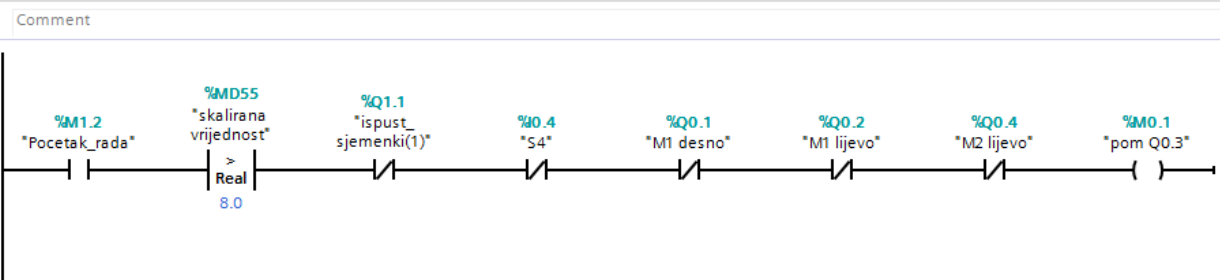
**Network 1:** Tajmer na 12s

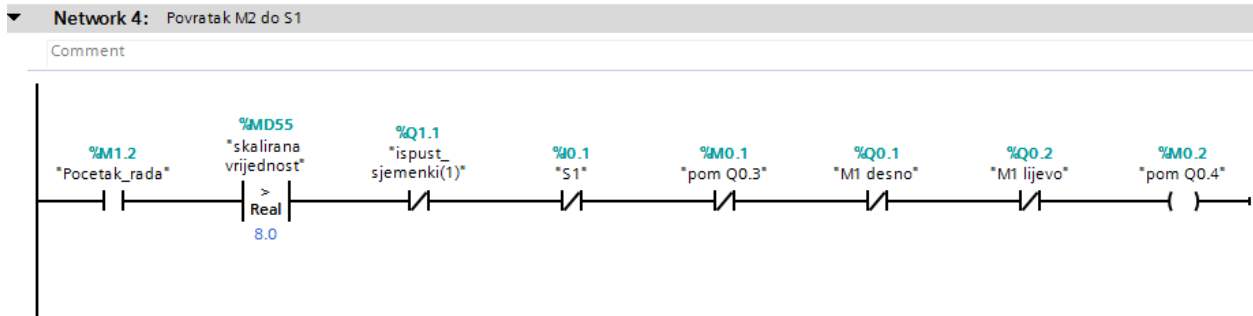


**Network 2:** Ispust sjemenki iz silosa

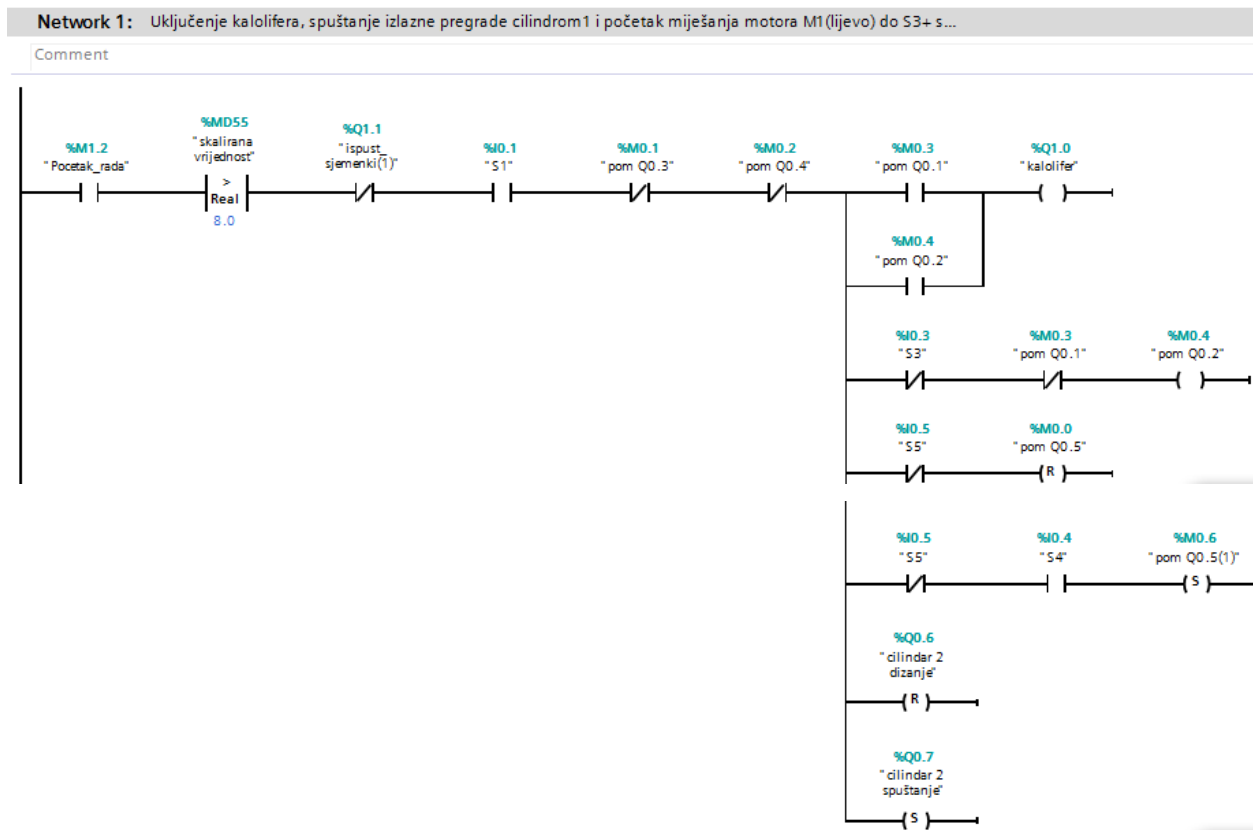


**Network 3:** Poravnanje koštica pomoću M2 do S4

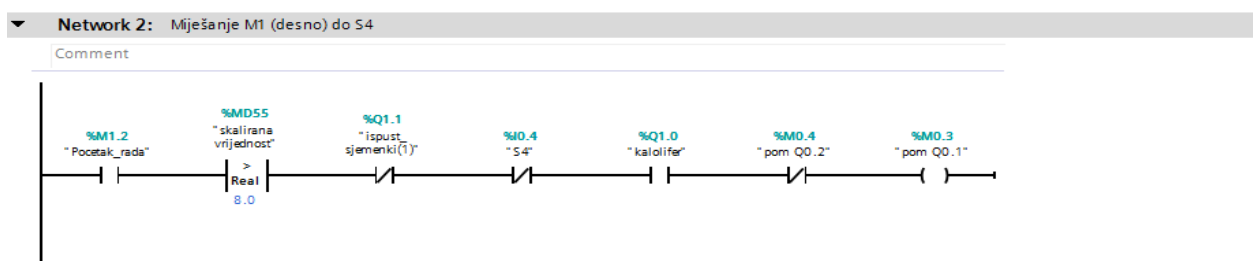




*Potprogram* za sušenje i miješanje vlažnih sjemenki. Početak miješanja sjemenki pomoću motora M1 na lijevu stranu i uključenje puhanje toplog zraka ispod mreže na kojoj se nalaze vlažne sjemenke. Prvo se spušta izlazna pregrada pomoću cilindra(1) pa se podiže kad motor M1 prođe krajnji prekidač S4. Cilindar(2) spušta pomoćnu pregradu za poravnanje i guranje sjemenki.

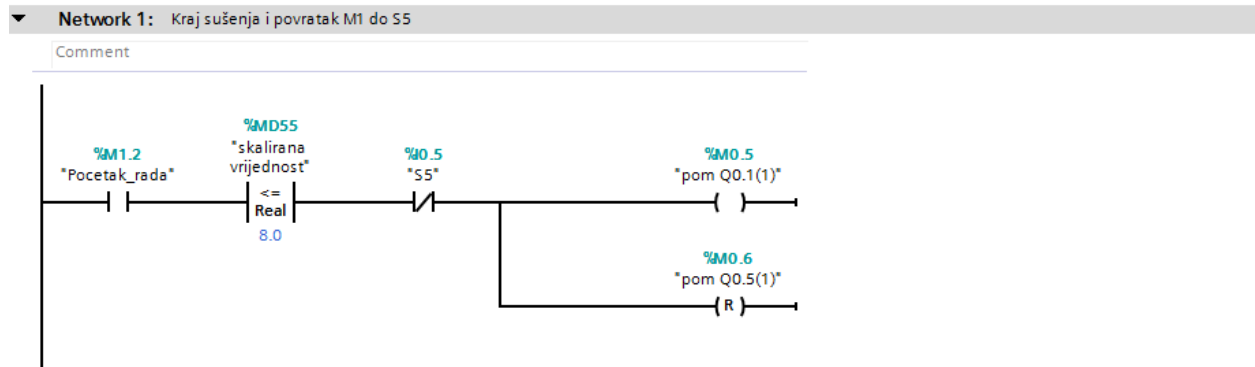


Miješanje pomoću motora M1 na desnu stranu do S4. Petlja koja se prekida kada skalirana vrijednost analognog ulaza MD55 je manja ili jednaka vrijednosti od 8%.

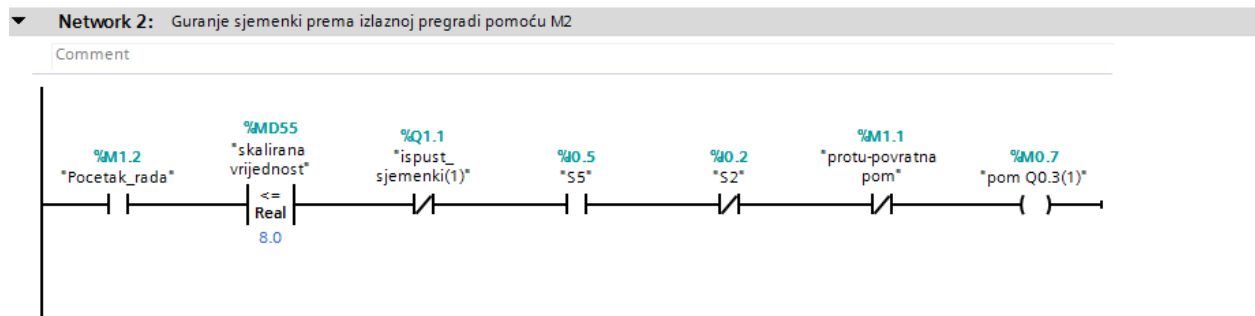


Potprogram za završno guranje suhих sjemenki s mreže.

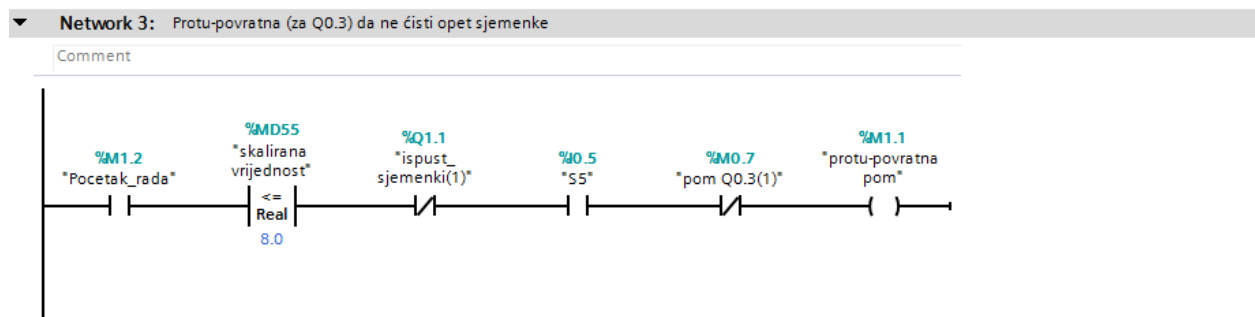
Prekida se sušenje jer vrijednost vlažnosti sjemenki iznosi manje ili jednako vrijednosti od 8% i povratak motora M1 do krajnjeg prekidača S5. Spušta se izlazna pregrada pomoću cilindra(1).



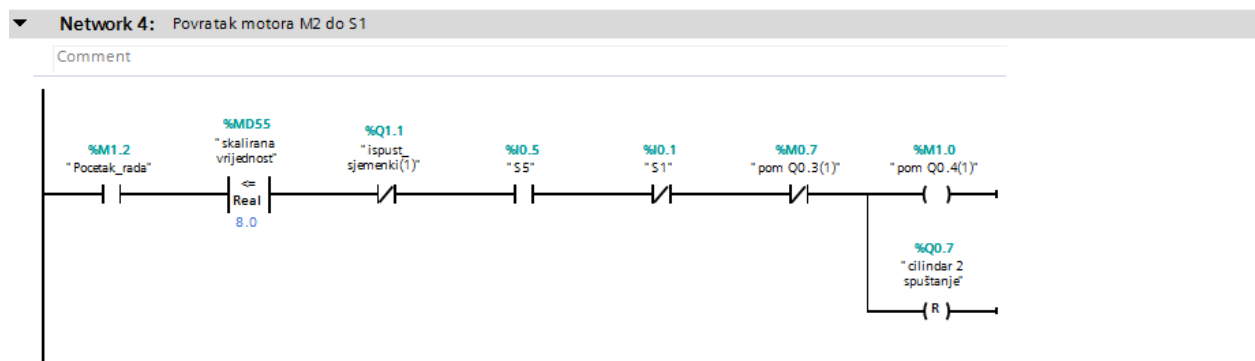
Motor M2 gura suhe sjemenke do izlazne pregrade ,tj. krajnjeg prekidača S2.



Sprečavanje ponovnog čišćenja sjemenki pomoću varijable M1.1.



Povratak motora M1 do krajnjeg prekidača S1 gdje se isključuje.



U prilogu se nalazi popis tagova korištenih u programu i prikaz 3D modela automatizirane sušare.

## 6. Zaključak

Automatizacija nekog postrojenja je vrlo složen proces koji iziskuje mnogo truda i vremena kako bi se dobro isplanirala funkcija cjelokupnog sustava. Neophodno je poznavanje funkcije svakog elementa kao i upravljanje njime pomoću PLC uređaja.

Sušenje sjemenki bundeve golice iziskuje poznavanje te poljoprivredne kulture a u radu je korištena i literatura strukovnog područja iste. Od nekoliko tipova sušara odabrana je sušara koja se koristi u manjim gospodarskim domaćinstvima ali u neautomatiziranom obliku.

U radu opisani ključni dijelovi sušare koje je potrebno bilo automatizirati daju moderniziranu i precizniju sušaru koja olakšava posao i kontrolu čovjeka nad postrojenjem.

Napravljen je i opisan P&ID dijagram sušare, 3D model ali i opisani su svi pojedini dijelovi postrojenja pomoću kojih se automatizirala sušara. Dijagram i 3D model služe za lakše razumijevanje principa rada sušare.

Tijekom pisanja programa za PLC pojavilo se mnogo pogrešaka koje je bilo potrebno ukloniti, a neki dijelovi programa su improvizirani kako bi funkcija programa ostala ispravna.

Vizualizacija koja je izrađena za HMI zaslon olakšava praćenje i upravljanje procesom sušenja, a cilj automatizirane sušare je samim time i izvršen u potpunosti.

U Varaždinu, 2.listopada 2017.

# Sveučilište Sjever



## IZJAVA O AUTORSTVU I SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, ZORAN MARTINČEVIĆ (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Automatizacija sušare za sjemenke bundeve goliće (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

Zoran Martinčević

(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, ZORAN MARTINČEVIĆ (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Automatizacija sušare za sjemenke bundeve goliće (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica:

Zoran Martinčević

(vlastoručni potpis)

## 7. Literatura

- [1] <https://helpdesk.uniri.hr/system/resources/docs/000/006/857/original/TEH-1-OPCE.ppt?1445338402>, dostupno 16.07.2017.
- [2] [https://www.fer.hr/download/repository/Skripta\\_Proaut\\_veljaca\\_2013.pdf](https://www.fer.hr/download/repository/Skripta_Proaut_veljaca_2013.pdf), dostupno 16.07.2017.
- [3] [www.pbf.unizg.hr/content/download/2618/25111/version/1/file/SUSENJE.pdf](http://www.pbf.unizg.hr/content/download/2618/25111/version/1/file/SUSENJE.pdf) , dostupno 16.07.2017.
- [4] [https://www.fsb.unizg.hr/terma/online\\_materijali/Predavanje\\_1\\_Tehnicky\\_procesi\\_susenja.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/terma/online_materijali/Predavanje_1_Tehnicky_procesi_susenja.pdf) ,dostupno 17.07.2017.
- [5] [https://www.fsb.unizg.hr/terma/online\\_materijali/Predavanje\\_2\\_Tehnicky\\_procesi\\_susenja.pdf](https://www.fsb.unizg.hr/terma/online_materijali/Predavanje_2_Tehnicky_procesi_susenja.pdf) , dostupno 18.07.2017.
- [6] [http://www.euclid.hr/tunelske\\_susare.html](http://www.euclid.hr/tunelske_susare.html) , dostupno 16.07.2017.
- [7] <http://koncar-termotehnika.hr/Vakuumsko%20susenje.html> , dostupno 25.07.2017.
- [8] [http://titan.fsb.hr/~mcipek/base/novosti/oa\\_pi\\_I\\_dio.pdf](http://titan.fsb.hr/~mcipek/base/novosti/oa_pi_I_dio.pdf) , dostupno 16.07.2017.
- [9] [https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwjQ8\\_71s97TAhUDD8AKHRibANQQFghXMAg&url=http%3A%2F%2Fwww.savjetodavna.hr%2Fadminmax%2Fresearches%2F0036015h.doc&usq=AFOjCNFZ6xIImbj5UfU2IzSSvLDZfuDDXA&sig2=28c0U8-NfgqoGow303IdQ&cad=rja](https://www.google.hr/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=9&ved=0ahUKEwjQ8_71s97TAhUDD8AKHRibANQQFghXMAg&url=http%3A%2F%2Fwww.savjetodavna.hr%2Fadminmax%2Fresearches%2F0036015h.doc&usq=AFOjCNFZ6xIImbj5UfU2IzSSvLDZfuDDXA&sig2=28c0U8-NfgqoGow303IdQ&cad=rja) , dostupno 16.07.2017.
- [10] <http://www.gospodarski.hr/Publication/2015/19/zato-je-dobro-proizvoditi-buino-ulje/8315#.WX8IMIEj7IU> , dostupno 31.07.2017.
- [11] <http://static.elitesecurity.org/uploads/2/0/2075941/Simboli.pdf> , dostupno 02.08.2017.
- [12] <https://www.lucidchart.com/pages/p-id-symbols-legend> , dostupno 02.08.2017.
- [13] <https://www.lucidchart.com/pages/p-and-id> , dostupno 02.08.2017.
- [14] <http://moodle.vz.unin.hr/moodle/> ,Kolegij: Procesna instrumentacija, predavač: dipl. ing. Miroslav Horvatić, materijali s predavanja, dostupno 03.08.2017.
- [15] <http://moodle.vz.unin.hr/moodle/> , Kolegij: Automatizacija strojeva i uređaja, predavač: dipl. Ing. Dunja Srpak, materijali s predavanja, dostupno 03.08.2017.
- [16] <http://www.instrumentationtoolbox.com/2011/05/discrete-process-sensors-process.html#axzz4obgJVyDK> , dostupno 03.08.2017.
- [17] <http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1915161&seqNum=3>,dostupno 03.08.2017.
- [18] <https://www.aiche.org/chenected/2010/09/interpreting-piping-and-instrumentation-diagrams-symbology> , dostupno 03.08.2017.
- [19] <https://grabcad.com/library> , dostupno 08.08.2017.
- [20] [http://www.fer.unizg.hr/download/repository/MP09\\_MjerenjeVlageiMokrine.pdf](http://www.fer.unizg.hr/download/repository/MP09_MjerenjeVlageiMokrine.pdf), dostupno 13.08.2017.
- [21] [https://www.vuka.hr/fileadmin/user\\_upload/knjiznica/on\\_line\\_izdanja/Pneumatika\\_i\\_hidraulika\\_-\\_skripta.pdf](https://www.vuka.hr/fileadmin/user_upload/knjiznica/on_line_izdanja/Pneumatika_i_hidraulika_-_skripta.pdf) , dostupno 07.08.2017.
- [22] [https://bib.irb.hr/datoteka/514970.S7-1200\\_MIPRO\\_2011\\_CTS.pdf](https://bib.irb.hr/datoteka/514970.S7-1200_MIPRO_2011_CTS.pdf) ,dostupno 10.08.2017.

## Popis slika

Slika 2.1 Krivulje sušenja tvari [5] .....	4
Slika 2.2 Sušenje sublimacijom [3] .....	7
Slika 3.1 Komorna sušara [3] .....	9
Slika 3.2 Tunelska sušara [6].....	10
Slika 3.3 Trakasta sušara [3].....	11
Slika 3.4 Sušara raspršivač [3] .....	12
Slika 3.5 Valjkasta sušara [3] .....	14
Slika 4.1 Neautomatizirana sušara za sjemenke bundeve golice.....	16
Slika 5.1 Simboli signala u P&ID dijagramu [11].....	18
Slika 5.2 Simboli mjerno regulacijskih uređaja u P&ID dijagramu [11] .....	19
Slika 5.3 P&ID dijagram automatizirane sušare za sjemenke bundeve golice.....	20
Slika 5.4 Automatizirana sušara za sjemenke bundeve golice .....	22
Slika 5.5 Dijelovi krajnjeg prekidača i način aktiviranja [15].....	24
Slika 5.6 Aktivna i neaktivna stanja krajnjih prekidača [15] .....	25
Slika 5.7 Pretvornik za mjerenje vlage u rasutim tvarima [20] .....	26
Slika 5.8 Promjena vlage u ovisnosti o otporu kod otporničkog pretvornika [20].....	26
Slika 5.9 Ovisnost vlage o kapacitetu kod kapacitivnog pretvornika [20] .....	27
Slika 5.10 Fizički i mehanički način aktiviranja razvodnika [21] .....	28
Slika 5.11 Tlačno, električko i kombinirano aktiviranje razvodnika [21] .....	28
Slika 5.12 3/2 razvodnik .....	29
Slika 5.13 4/2 razvodnik .....	29
Slika 5.14 Jednoradni cilindar(1).....	30
Slika 5.15 Dvoradni klipni cilindar [21].....	31
Slika 5.16 Moduli za PLC[22].....	31
Slika 5.17 TIA Portal.....	32
Slika 5.18 Prepoznavanje PLC uređaja .....	33
Slika 5.19 Dodavanje programskih blokova.....	34
Slika 5.20 Početni zaslon HMI uređaja .....	35
Slika 5.21 Zaslon HMI uređaja.....	36
Slika 5.22 Digitalni ulazi PLC-a.....	36
Slika 5.23 Shema spoja sklopa za regulaciju analognog ulaza.....	37
Slika 5.24 Regulacija analognog ulaza pomoću promjenjivog otpornika .....	37



# Prilozi

## Prilog 1 - Tagovi

PLC tags								
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...
1	S1	Default tag table	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	S2	Default tag table	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	S3	Default tag table	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	S4	Default tag table	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	S5	Default tag table	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	M3 za trešnju/vibraciju mreže	Default tag table	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	M1 desno	Default tag table	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	M1 lijevo	Default tag table	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	M2 desno	Default tag table	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	M2 lijevo	Default tag table	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	cilindar 1	Default tag table	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	cilindar 2 dizanje	Default tag table	Bool	%Q0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	cilindar 2 spuštanje	Default tag table	Bool	%Q0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	kalolifer	Default tag table	Bool	%Q1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	ulazna vrijednost	Default tag table	Word	%IW96	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Tag_4	Default tag table	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	skalirana vrijednost	Default tag table	Real	%MD55	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	pom Q0.5	Default tag table	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	pom Q0.3	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	pom Q0.4	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	pom Q0.1	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	pom Q0.2	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	pom Q0.1(1)	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	pom Q0.5(1)	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	pom Q0.3(1)	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	pom Q0.4(1)	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	protu-povratna pom	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
28	Pocetak_rada	Default tag table	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	ispust_sjemenki(1)	Default tag table	Bool	%Q1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	pom za signalizaciju sušenje	Default tag table	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	pom za signalizaciju guranja	Default tag table	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	pom za signalizaciju poravnjanja	Default tag table	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	pom za signalizaciju miješanja	Default tag table	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	pom za početak rada	Default tag table	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	<Add new>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Prilog 2 – 3D model automatizirane sušare

