
KOTLARNICA

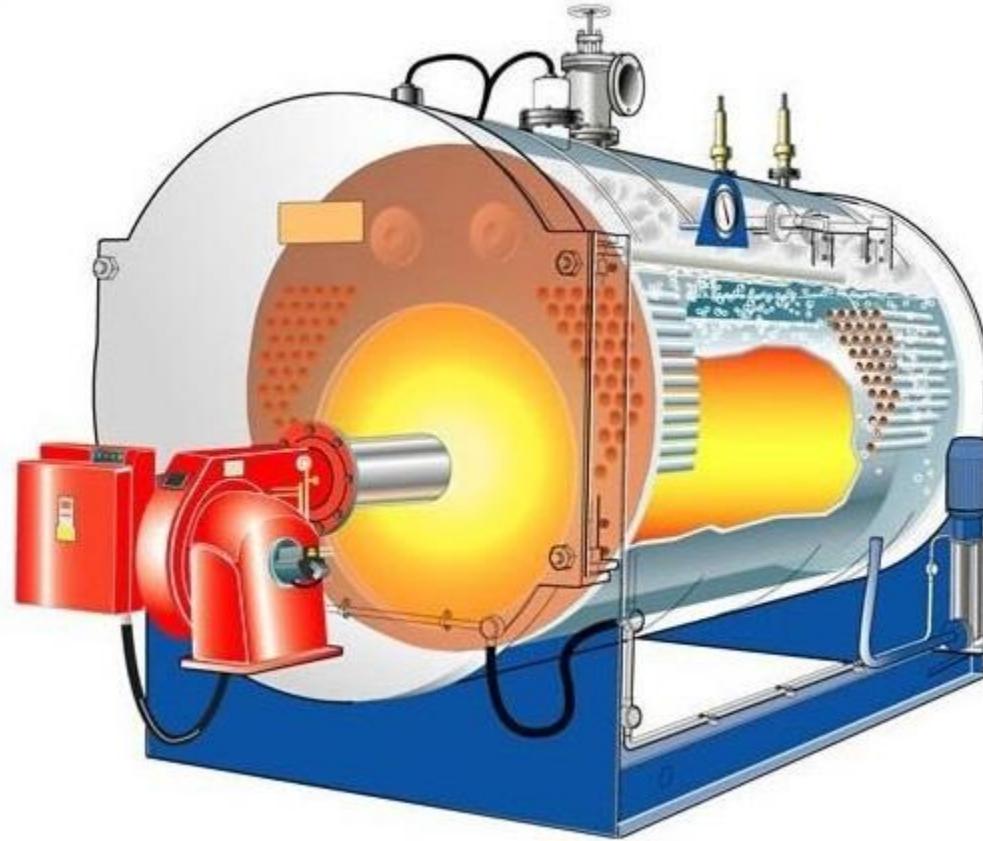
Vladimir Jovičić EM40/2020

Rade Jevtović EM30/2020

Marko Milić EM53/2019



Parni kotao



Parni kotao

- ▶ Kotlovi su uređaji u kojima se vrši sagorijevanje goriva i pretvaranje hemijske energije goriva u toplotu.
- ▶ Kao radni fluid (prijemnik toplote) isključivo se primjenjuje voda, tako da se kao finalni produkt dobija suvo zasićena ili pregrijana para.



Istorija kotlova

- ▶ Krajem 17. vijeka počinje upotreba pare za proizvodnju mehaničke energije
- ▶ 1812. godine napravljen je prvi cilindrični (Kornvolov) kotao, vatrocijevnog tipa, koji se upotrebljavao za proizvodnju pare na željeznici
- ▶ Krajem 18. vijeka prvi put se proizvode vodocijevni kotlovi
- ▶ Uporedo sa razvojem kotla, razvijao se i sistem goriva za kotao (u početku je to bilo drvo, koje je kasnije zamijenjeno ugljem, dok u 20. vijeku ugalj zamjenjuje tekuće gorivo)



Kornvolov kotao



Princip rada

- ▶ Dimni gasovi struje kroz gasni trakt kotla pa se kroz dimni kanal pomoću ventilatora posredstvom dimnjaka izbacuje u atmosferu.
- ▶ Gasni trakt kotla čine :
 - ložište
 - horizontalni međukanal
 - konvektivni kanal



Princip rada

- ▶ Prva grejna površina u vodenom parnom traktu je zagrijач vode u kom se voda zagrijava približno do stanja ključanja, a zatim odvodi u isparivač parnog kotla.
- ▶ Voda iz zagrijaća dovodi se u vodeni prostor doboša .
- ▶ Kotlovski doboš postoji samo kod kotlova sa cirkulacijom i u njemu se vrši razdvajanje parne od vodene faze.
- ▶ Vazduh za sagorijevanje može da se dovodi neposredno iz okoline (nezagrijan), ali se mnogo češće zagrijava.



Klasifikacija kotlova

▶ Kotlovi se mogu podijeliti prema :

- pokretljivosti
- namjeni
- zapremini vode koju sadrže
- sistemu cirkulacije u isparivaču
- hronološkom razvoju
- konstruktivnim osobinama



Klasifikacija kotlova

► Prema pokretljivosti :

- stabilni (koriste se u industrijskim i energetskim objektima, tj. na stalnim mjestima)
- pokretni (mijenjaju svoju lokaciju i nalaze se na transportnim mjestima kao što su brodovi)



Klasifikacija kotlova

- ▶ Prema namjeni :
 - energetski (najveći su po jediničnoj snazi odnosno produkciji pare)
 - industrijski (za snabdijevanje raznih tehnoloških procesa parom)
 - toplifikacioni (za proizvodnju pare ili zagrijane vode u cilju grijanja za stambene zgrade, blokove ili čitava naselja u proizvodnjama koje se nazivaju toplane)
 - utilizatori (za korisćenje otpadne toplotne energije)
-

Klasifikacija kotlova

- ▶ Prema zapremini vode koju sadrže :
 - kotlovi sa velikom zapreminom vode (cilindrični)
 - kotlovi sa malom zapreminom vode (mješavina pare i vode struji kroz cijevne sisteme)



Klasifikacija kotlova

► Prema sistemu cirkulacije u isparivaču :

- sa prirodnom cirkulacijom
- sa prinudnom cirkulacijom
- protočni



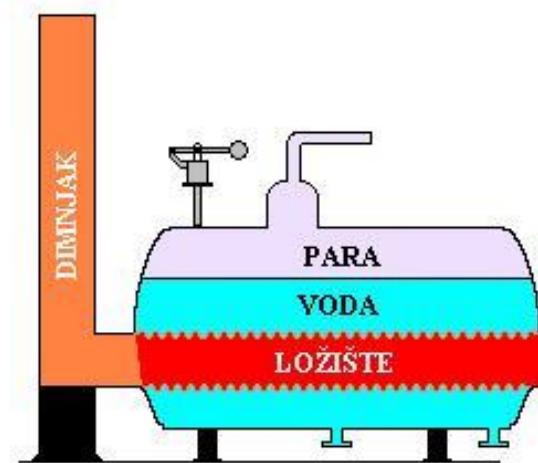
Klasifikacija kotlova

- ▶ Prema konstrukciji kotlovi se dijele na :
 - VATROCIJEVNI
 - VODOCIJEVNI



Vatrocijevni kotlovi

- ▶ Kod vatrocijevnih kotlova vreli gasovi prolaze kroz cijevi a voda je oko cijevi.



Vatrocijevni kotlovi

- ▶ Vrste vatrocijevnih kotlova :
 - cilindrični Cornwall kotao (jedan od prvih konstruisanih parnih kotlova)
 - cilindrični Lancashire kotao (modifikacija Cornwall kotla koji ima dva paralelna ložišta, tj. dvije cijevi po dužini kotla)
 - cilindrični kotao za lokomotive
 - vertikalni vatrocijevni kotao (Škotski kotao) ima vertikalni cilindrični oblik, sa ložištem na dnu i snopom vertikalno postavljenih dimnih cijevi



Vodocijevni kotlovi

Vodocijevni kotao je vrsta kotla kod koga voda cirkuliše unutar cijevi, a oko cijevi struje gasovi ili su pak cijevi izložene vatri.



Vodocijevni kotlovi – konstrukcija

Po broju komora:

- jednokomorne kotlove
- dvokomorne kotlove
- višekomorne kotlove

Po načinu strujanja vode u cijevima:

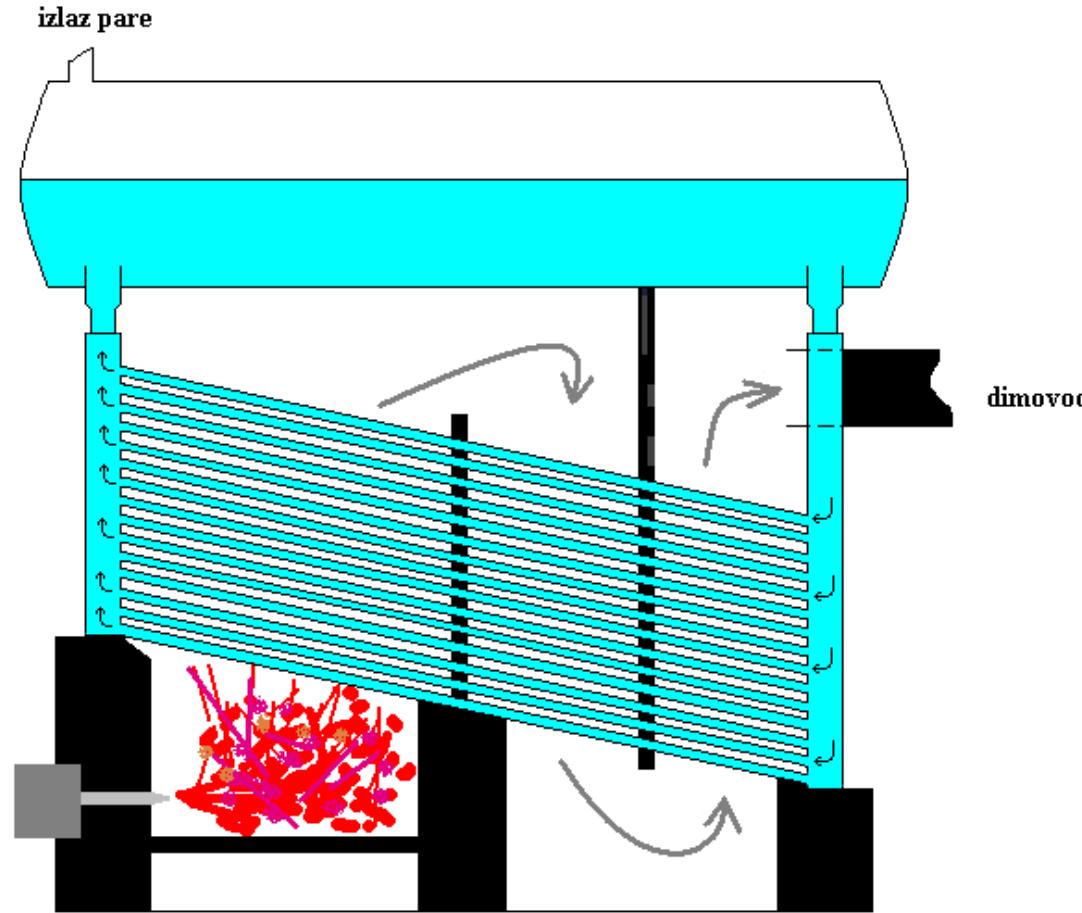
- kotlove s prirodnom cirkulacijom
- kotlove s prinudnom cirukulacijom

Po načinu grijanja i proizvodnje pare:

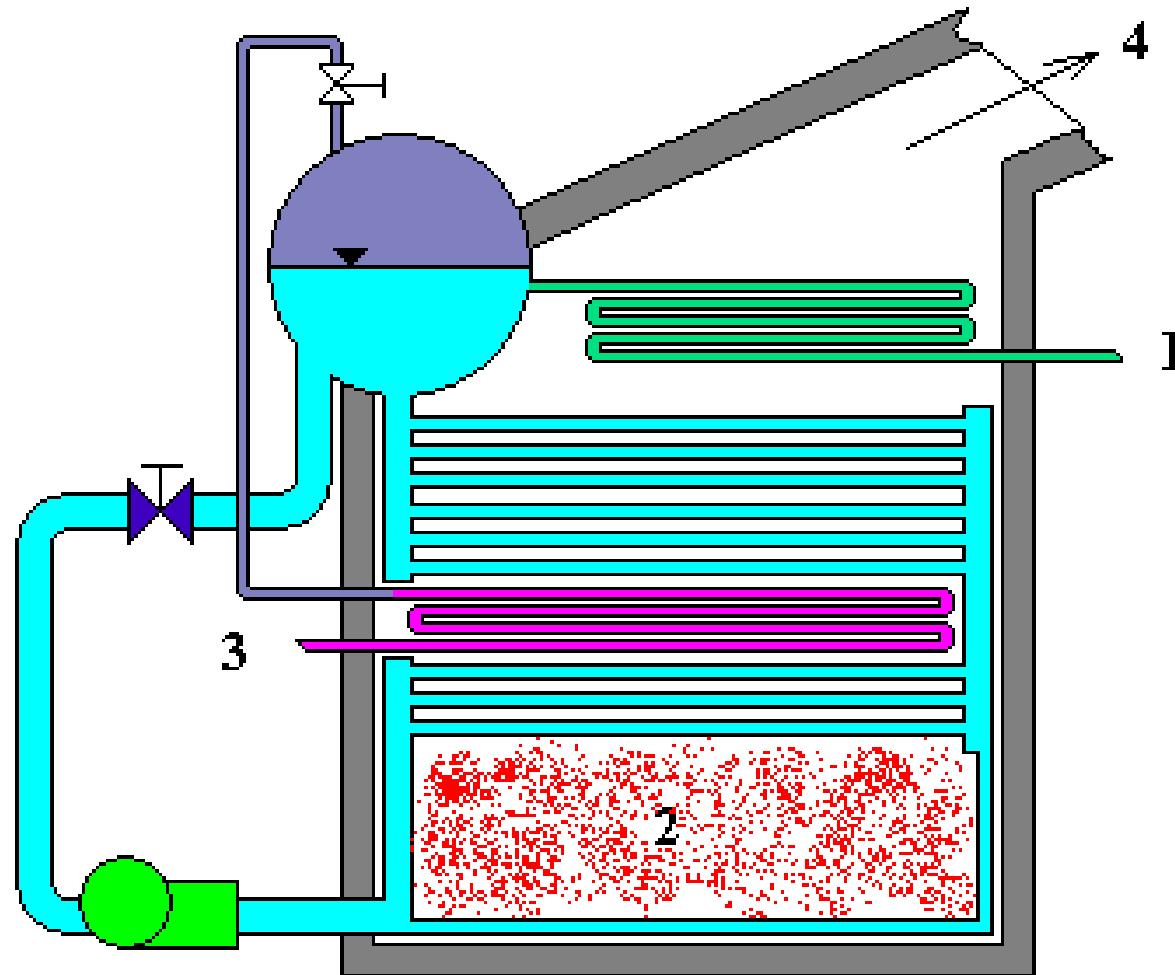
- kotlove s direktnim grijanjem
- kotlove s posrednim grijanjem



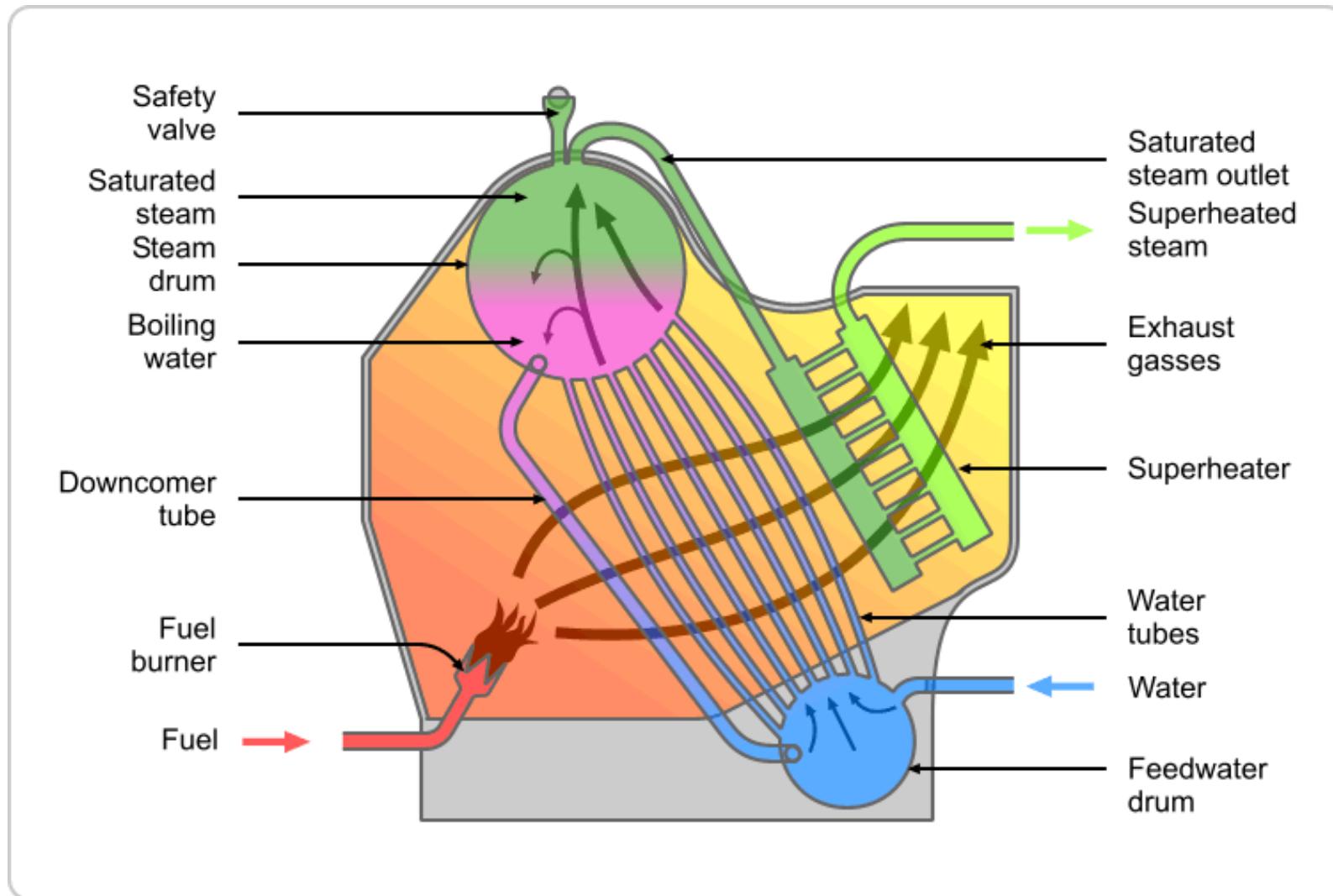
Vodocijevni kotao sa jednom komorom i prirodnom cirkulacijom vode



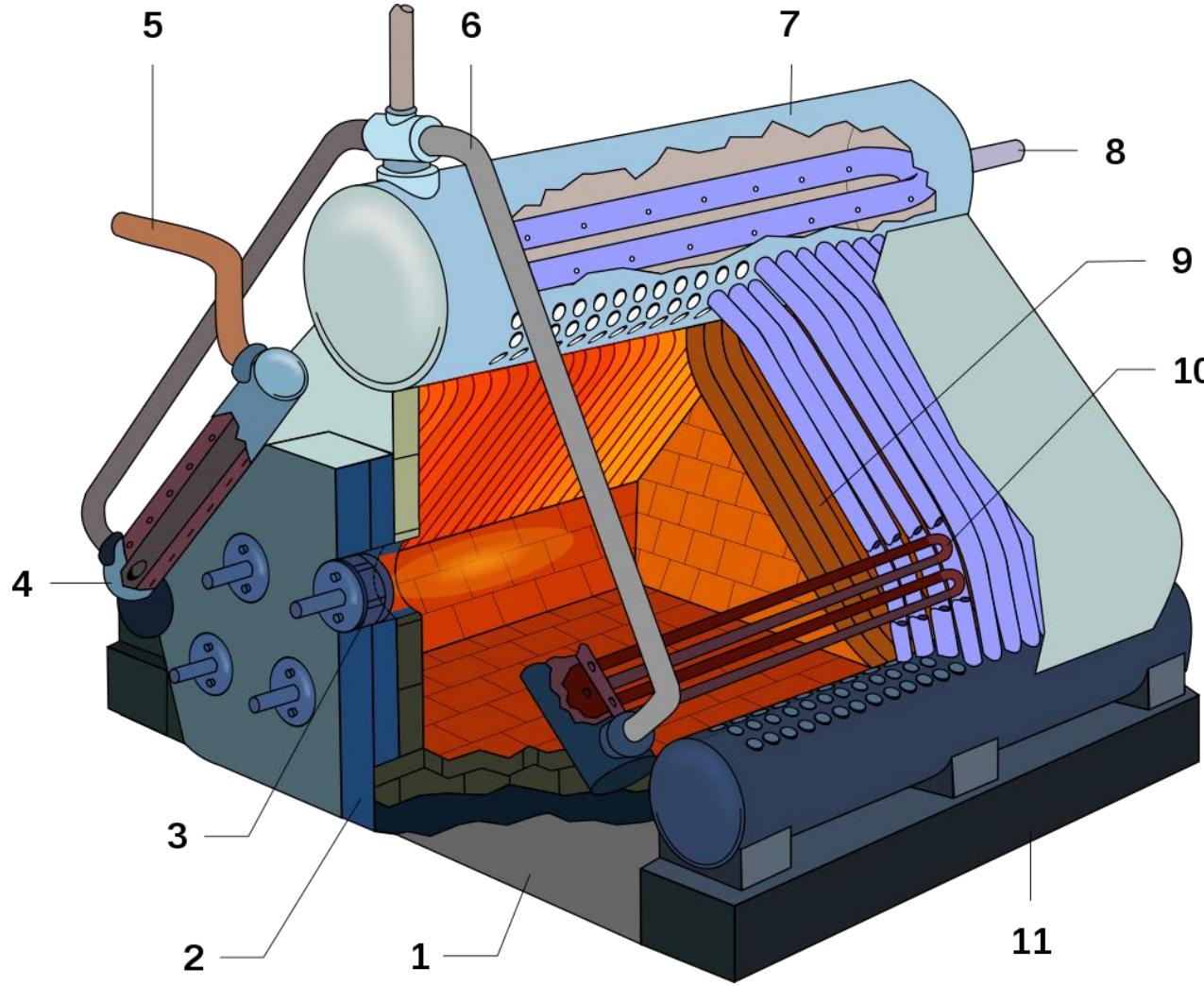
Vodocijevni kotao sa prinudnom cirkulacijom



Dvokomorni vodocijevni kotao sa prirodnom cirkulacijom



Vodocijevni kotao sa tri komore i prirodnom cirkulacijom vode



Voda i para

- ▶ Kao radni fluid u termoenergetskim postrojenjima koristi se isključivo voda koja se u parnom kotlu zagrijeva i isparava.
- ▶ Proizvedena suvozasićena para u zavisnosti od namjene postrojenja, može da odvodi direktno u potrošnju ili da se takođe u parnom kotlu pregrijava, a zatim odvodi u potrošnju.



Napojna voda



Napojna voda

- ▶ Glavne karakteristike kvaliteta vode su:

- ▶ Ukupna tvrdoća
- ▶ Ukupan sadržaj gvožđa
- ▶ Sadržaj bakra
- ▶ Sadržaj ugljen-dioksida
- ▶ Sadržaj kiseonika
- ▶ Sadržaj silicijum-dioksida
- ▶ Električna provodljivost
- ▶ Sadržaj ulja



Kotlovska voda i para

- ▶ Voda koja isparava u isparivaču parnog kotla.

- ▶ Razlikuje se:
 1. Kotlovska voda kotlova sa prinudnom cirkulacijom
 2. Kotlova sa prirodnom cirkulacijom
 3. Protočnih kotlova

- ▶ Kvalitet pare se ogleda u njenoj čistoći i suvoći



Goriva

- ▶ Podjela prema agregatnom stanju
- ▶ Podjela po nastanku
- ▶ Prirodna čvrsta goriva
- ▶ Vještačka čvrsta goriva
- ▶ Prirodno tečno gorivo
- ▶ Prirodno gasovito gorivo



Goriva

1. Čvrsta goriva
2. Tečna goriva
3. Gasovita goriva



Gasovita goriva

- ▶ Gasovito gorivo predstavlja mješavinu sagorljivih i nesagorljivih gasova i njegov se sastav izražava u procentima po zapremini.
- ▶ Osnovno gasovito gorivo koje sagorijeva u parnim kotlovima je prirodni ili zemljini gas, koji se može podijeliti u dvije grupe i to: gas iz nalazišta i naftni gas. Čista nalazišta zemnog gasa su ona nalazišta u kojima se nalazi samo gas, dok se naftni gas dobija zajedno sa naftom u kojoj je rastvoren u iznosu od 10-15%
- ▶ Glavni sastojak gasa je metan čiji se sadržaj kreće i do 98%. Ostali gasovi koji čine mješavinu sa metanom su viši ugljovodonici (etan, propan, butan, pentan i dr.) i nesagorljivi gasovi (N₂ i CO₂) koji predstavljaju balast gasovitog goriva.



Gasovita goriva

- ▶ Pored prirodnog u parnim kotlovima se koriste i vještački gasovi: gas visokih peći (mala toplotna moć), koksni gas, generatorski ga
- ▶ Prednosti sagorijevanja gasa u odnosu na sagorijevanje nafte:
 - ▶ ne postoji skladištenje, gas se prosledjuje direktno u kotlarnice
 - ▶ ne sadrže sumpor (jako malo), pa je količina sumporne kiseline u dimnim gasovima praktično 0.

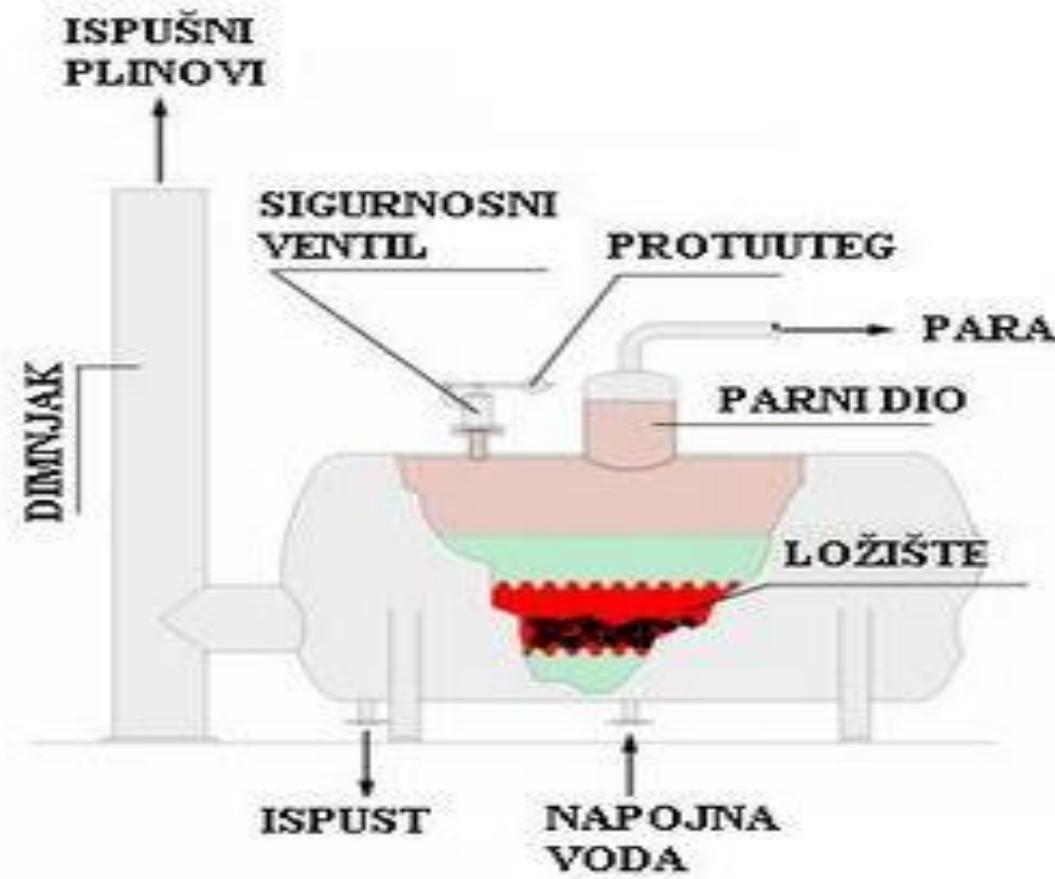


Sagorijevanje goriva

- ▶ Sagorijevanje je hemijski proces sjedinjavanja goriva sa kiseonikom uz intenzivno oslobođanje toplote, ovaj proces može da otpočne samo u slučaju ako su molekuli kiseonika u tijesnom kontaktu sa molekulima goriva i pod uslovom da se ovim smješinama dovede određena količina energije koja će poslužiti za kidanje atomskih veza.
- ▶ Osnovna kvalitativna karakteristika procesa sagorijevanja u ložištima parnih kotlova je njegova potpunost pri minimalnom višku vazduha kome odgovara maksimalna temperatura procesa sagorijevanja.



Kotao



Osnovni dijelovi kotla

- ▶ Tijelo kotla
- ▶ Ložišta
- ▶ Gorionik
- ▶ Isparivači
- ▶ Pregrijivači pare
- ▶ Dimnjak
- ▶ Regulacioni sistem
- ▶ Sigurnosni ventili



Tijelo kotla



Ložište



Gorionik



Dimnjak



Posjetili smo



Subotička toplana

- ▶ Počela sa radom 05.12.1963. godine
- ▶ U sastavu je Elektrovojvodine
- ▶ Centralizovana je
- ▶ Radi na gasovitom gorivu (prirodni gas)
- ▶ Kotlovi su kombinovani (mogućnost prelaska sa gasovitog na tečno gorivo)



Subotička toplana

- ▶ Imaju dvije vrste kotlova :
 - Vrelovodne kotlove (dekarbonizovana voda)
 - Parne kotlove (demi voda)



Subotička toplana

- ▶ Preduzeće po zakonu mora da ima :
 - Prečistače (tri taložna bazena)
 - Rezervu mazuta
 - Pretovarna stanica



Taložni bazeni



Rezerva mazuta

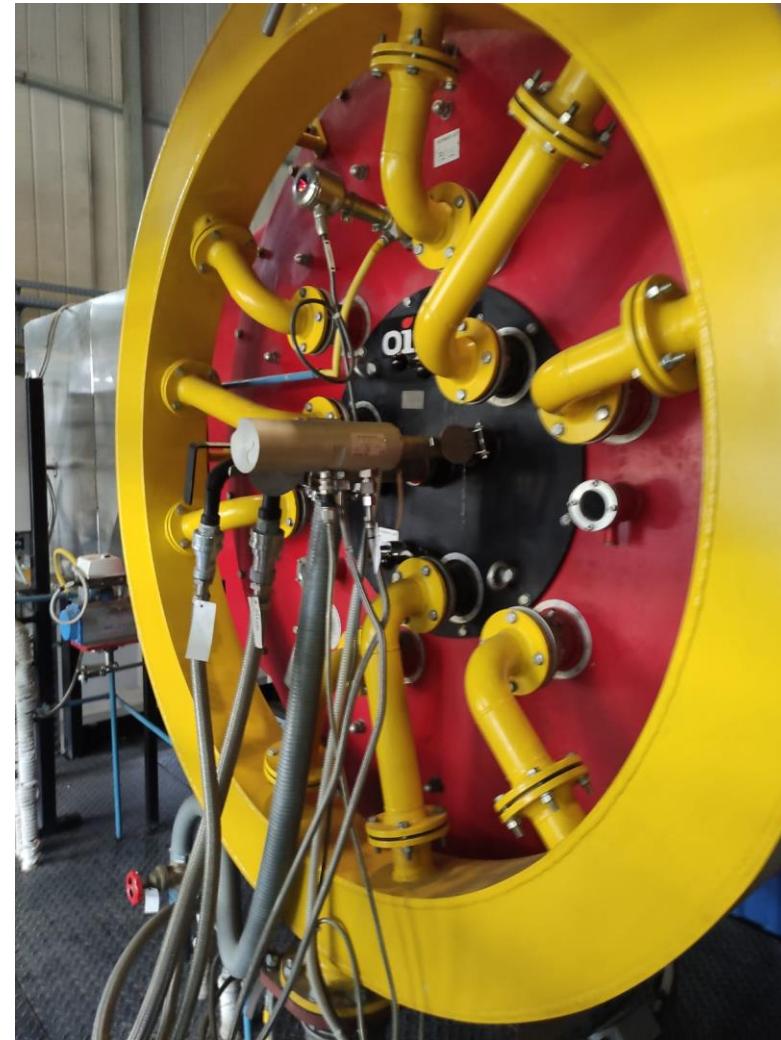


Izvor vode

- ▶ Izvor zagrijane vode je bunar
- ▶ Bunar napaja taložni bazen sirove vode
- ▶ Voda je na početku u tvrdom stanju
- ▶ Radi se omekšanje vode (hemijski, mehanički..)
- ▶ Izbacuje se sve štetno iz vode
- ▶ Tvrdoća vode mora da bude 0 njemačkih stepena
- ▶ Jedan milimetar naslage gvožđa na cijevi oduzima 11% snage na kotlu
- ▶ Grad sam u magistralnom vodu ima 3800 kubika vode



KOTAO 35MW



KOTAO 35MW

- ▶ Star je 5 godina
- ▶ 72h rada bez nadzora
- ▶ Potpuna automatizacija (PID)
- ▶ Kotao je Novosadski, dok je gorionik Finski (Operater u Finskoj prati podatke kao što su protok, pritisak, temperatura...)
- ▶ Kotao je **ATK (Automatska tehnička kontrola)**



ATK (Automatska tehnička kontrola)

- Svaki Kotao koji podrazumijeva ATK mora da ima barem 5 mjerenih veličina (regulacionih tačaka) koje se vode zasebno (vazduh, gorivo, sagorijevanje, dužina plamena, voda, pritisak, temperatura, protok...).
- Ako nema 5 elemenata regulacije, taj kotao se smatra mašinskim vođenjem.



KOTAO 35MW

- ▶ Regulacione veličine na ovom kotlu :
 - Smanjenje azotnog oksida
 - Regulisanje pritiska
 - Regulisanje goriva
 - Regulisanje vazduha
 - Regulisanje temperature



Upravljanje

- ▶ Upravljanje ovog kotla se vrši pomoću PID regulatora
- ▶ PID kontroler se koristi za automatsko kontrolisanje procesa
- ▶ Koristi tri osnovne komponente (P,I,D) kako bi održao zadatu vrijednost (setpoint) procesa



Upravljanje

- ▶ Proporcionalna (P) komponenta – razlika između trenutne vrijednosti procesa i željene (setpoint) vrijednosti.
- ▶ Integralna (I) komponenta – otklanja greške koje nisu eliminisane proporcionalnom komponentom
- ▶ Diferencijalna (D) komponenta – stabilizacija sistema

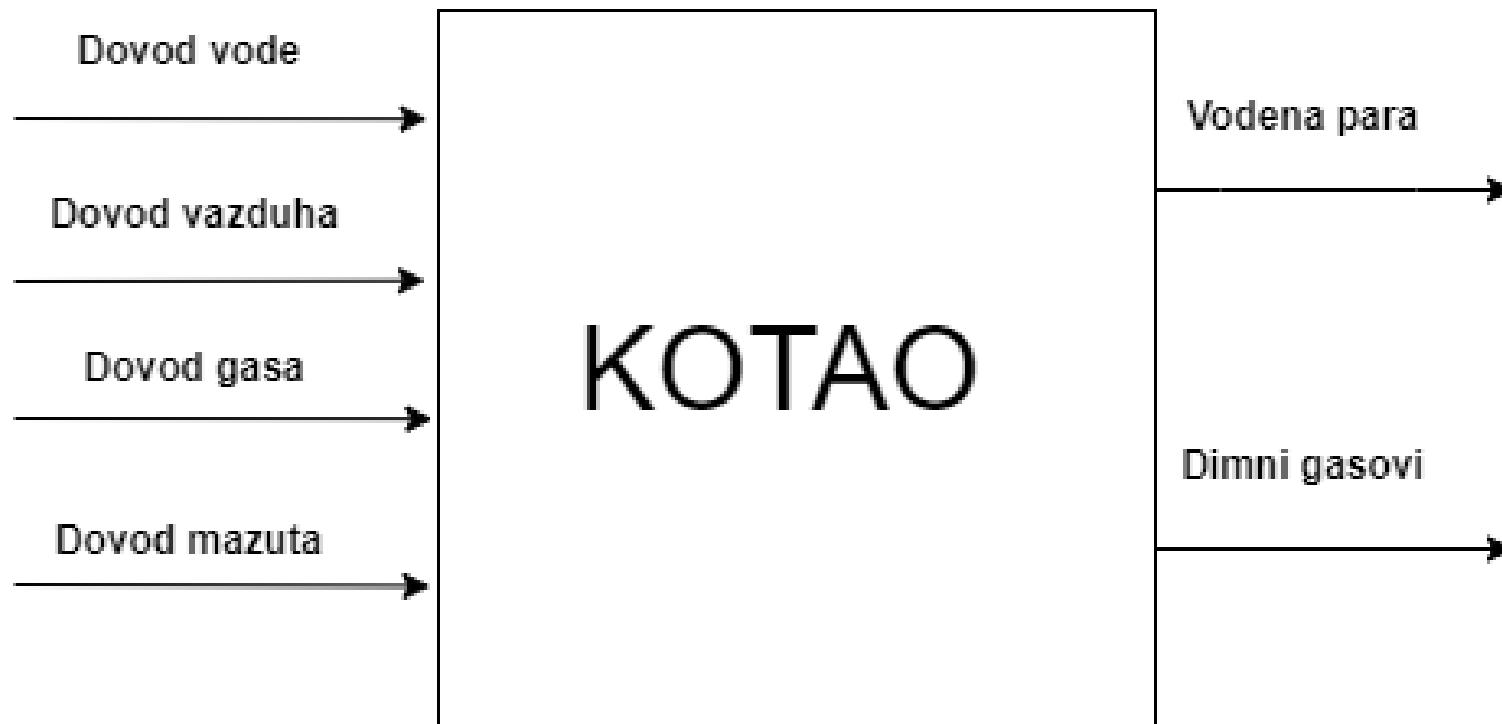


Primjer upravljanja u praksi

- ▶ Senzori temperature mjere trenutnu temperature vode u kotlu i šalju informaciju o toj temperaturi PID regulatoru
- ▶ Operater postavlja željenu temperaturu na PID regulatoru (setpoint)
- ▶ Kada temperature vode u kotlu padne ispod postavljene vrijednosti, PID regulator reaguje i svaka komponenta obavlja svoj zadatak
- ▶ Regulacija radi cijelo vrijeme dok ne dostigne vrijednost koju smo zadali



Proces toplane



Filtriranje vode



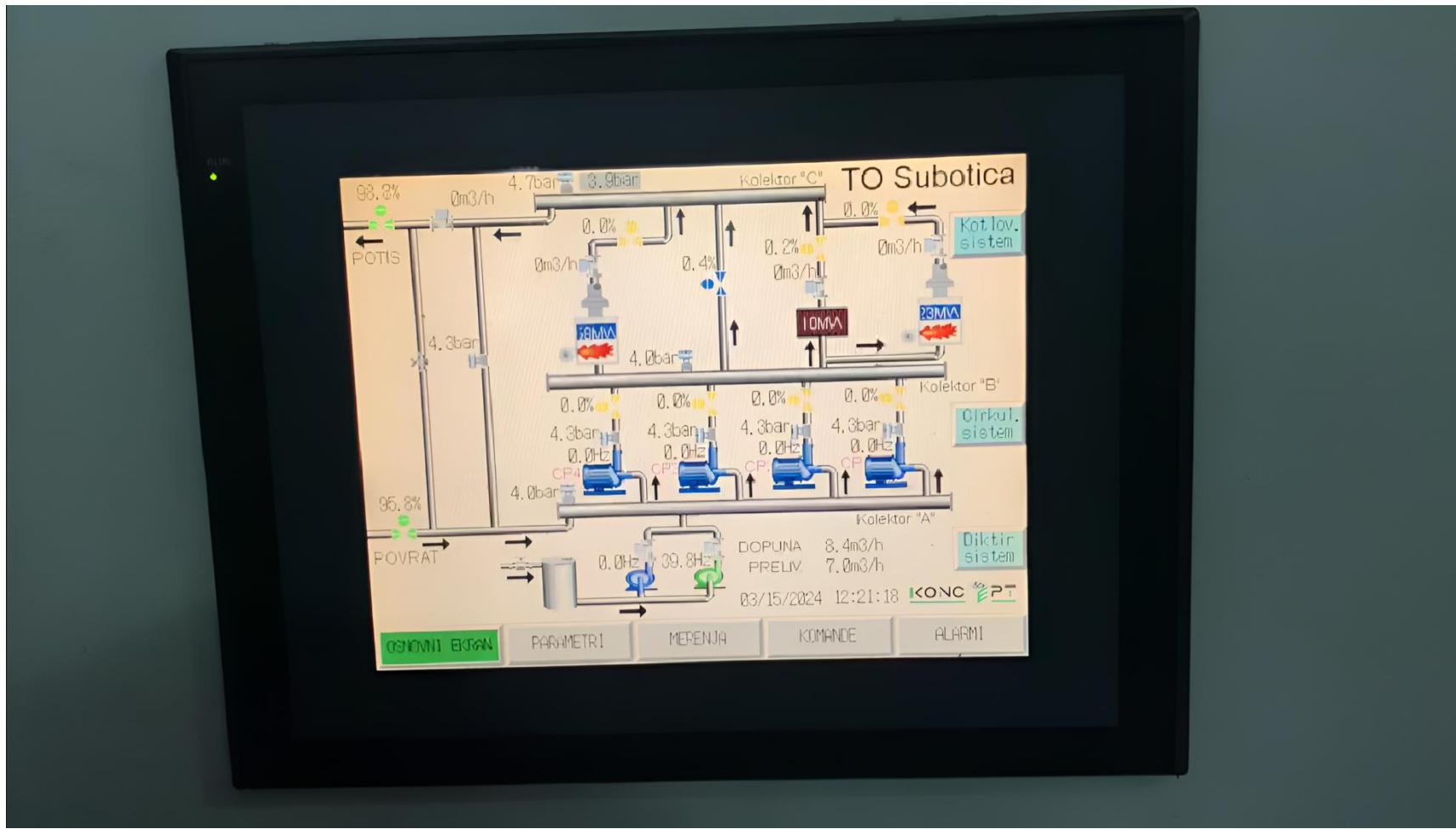
Filtriranje vode



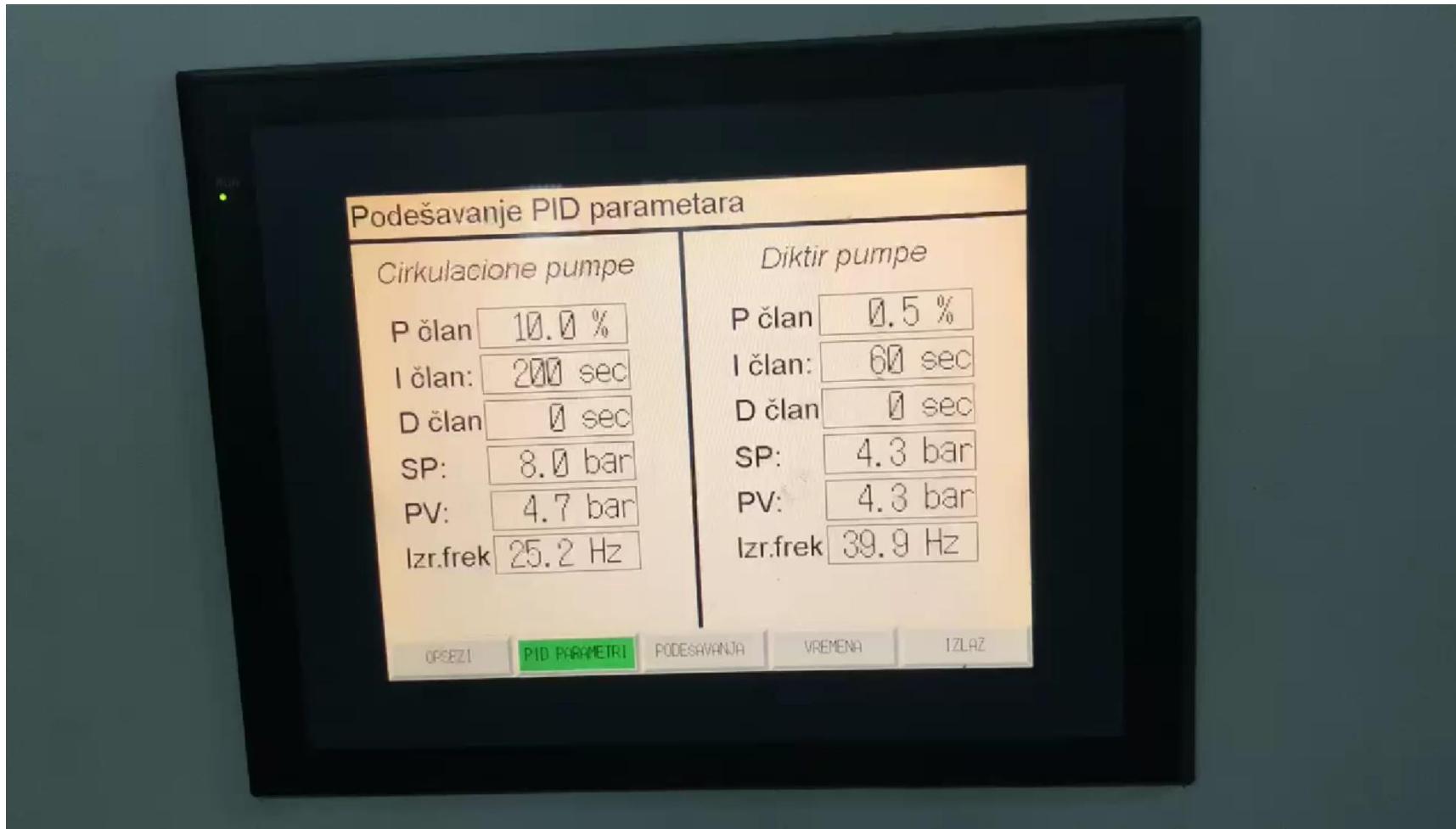
Cirkulaciona i diktir pumpa



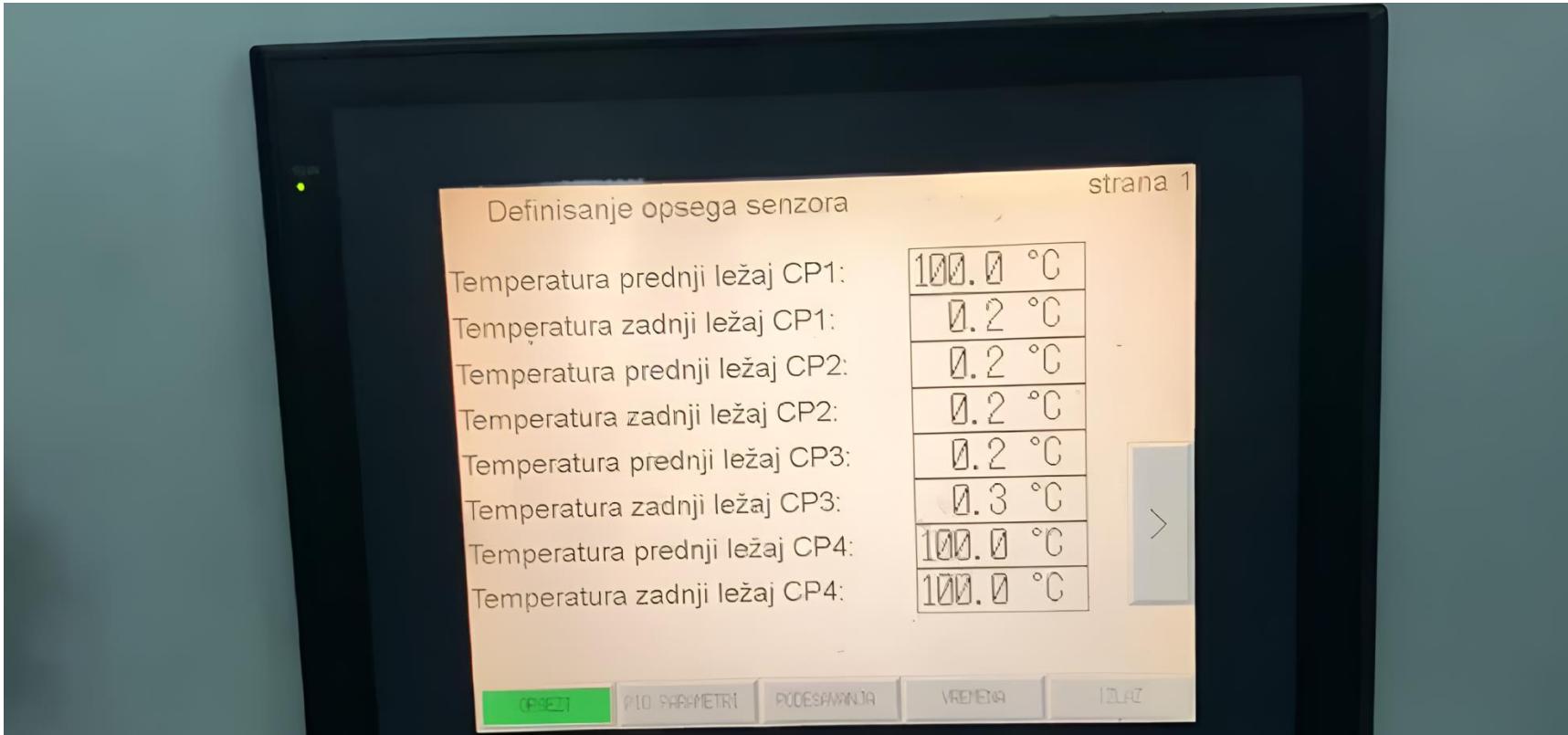
Cirkulaciona i diktir pumpa



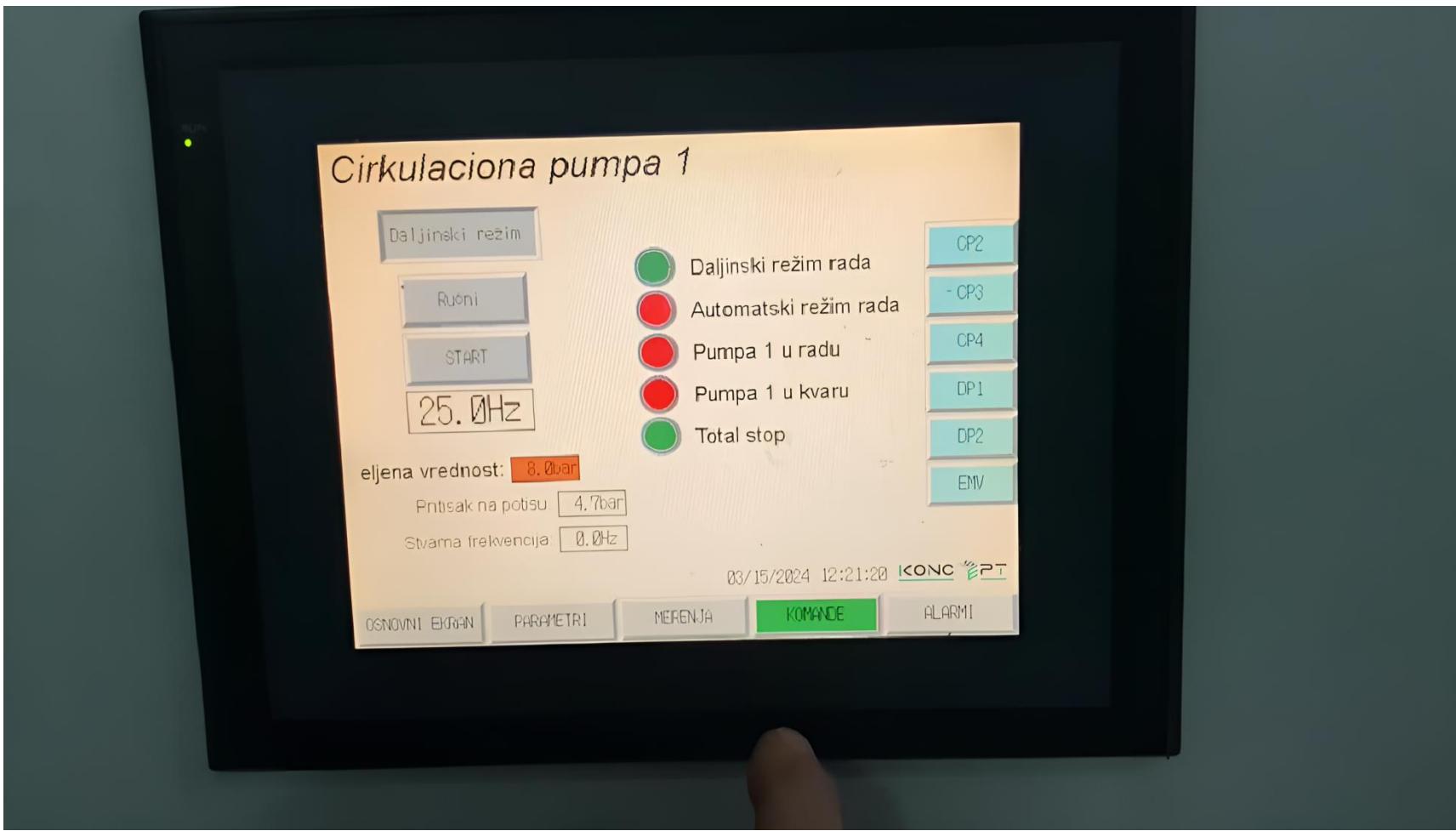
Cirkulaciona i diktir pumpa



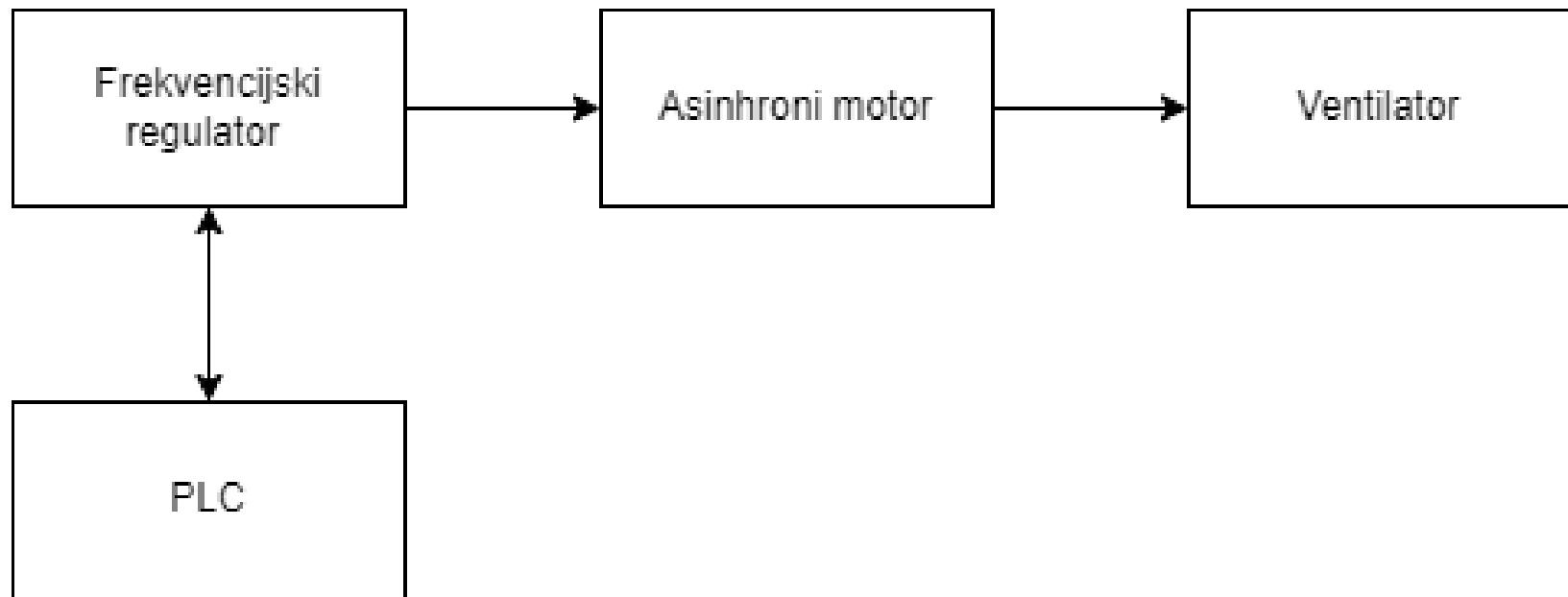
Cirkulaciona i diktir pumpa



Cirkulaciona i diktir pumpa



Dovod vazduha



Dovod vazduha



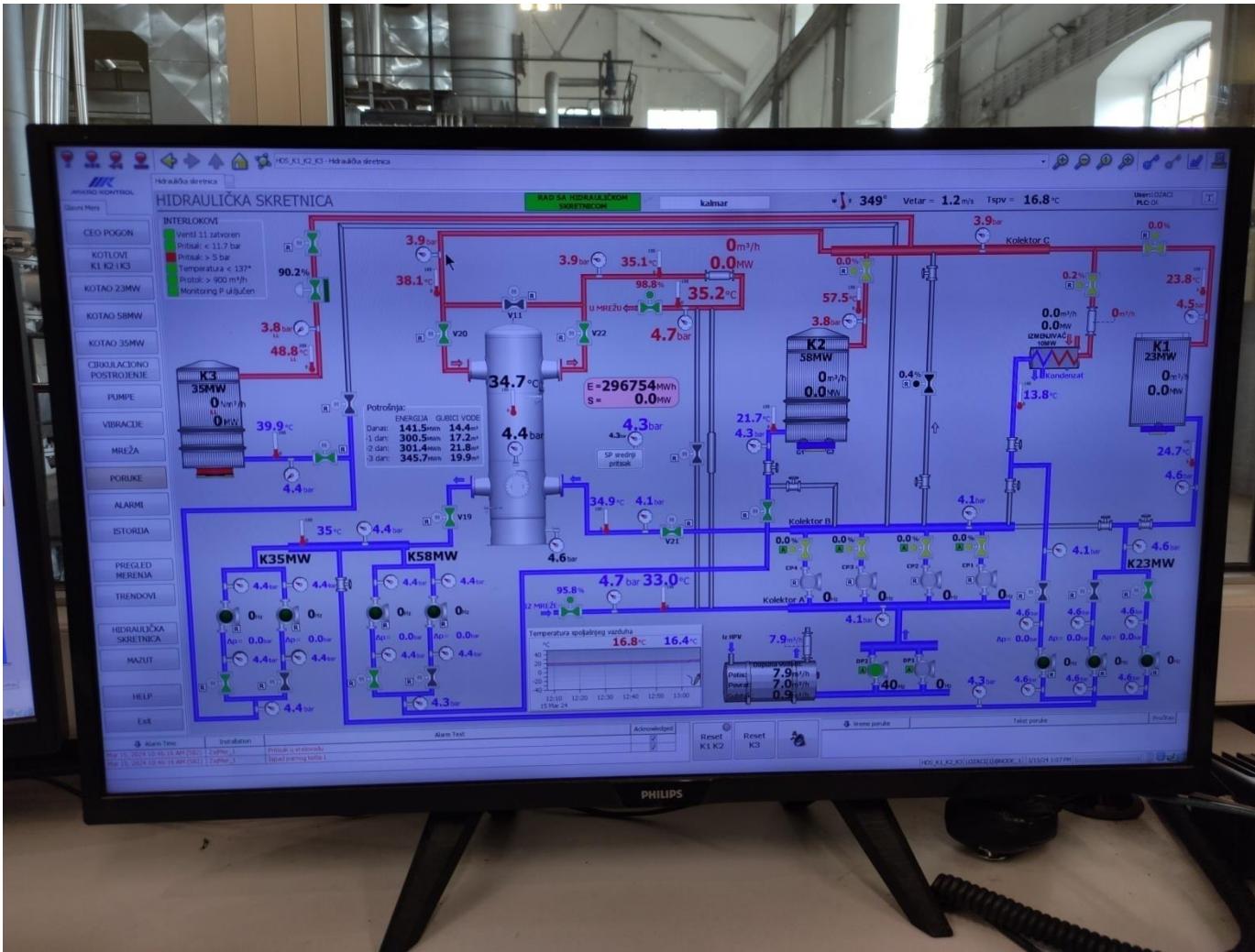
Dovod mazuta



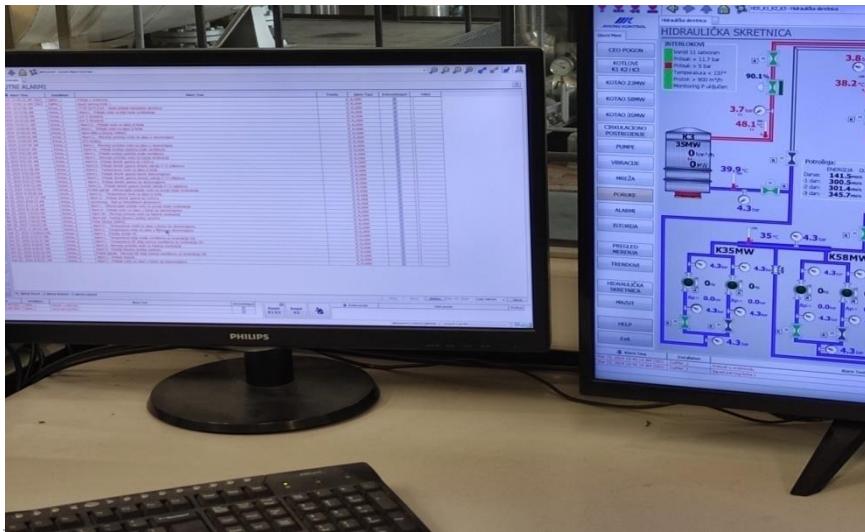
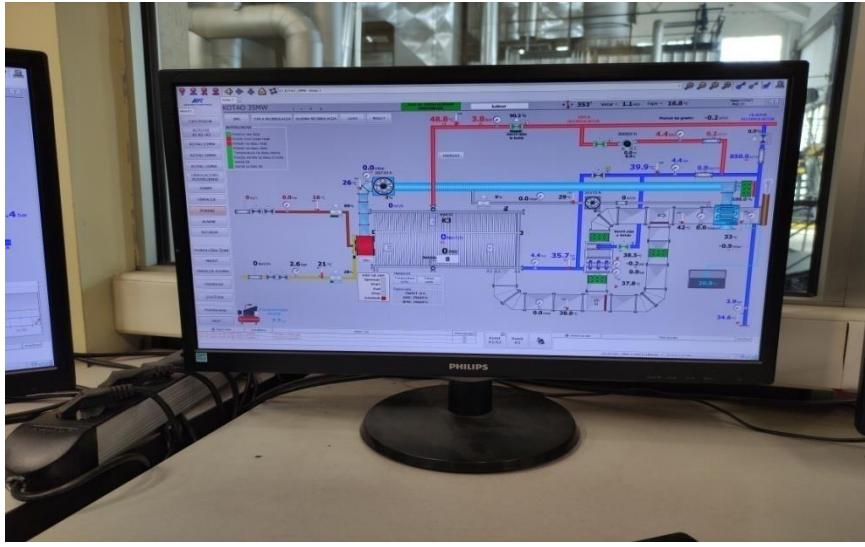
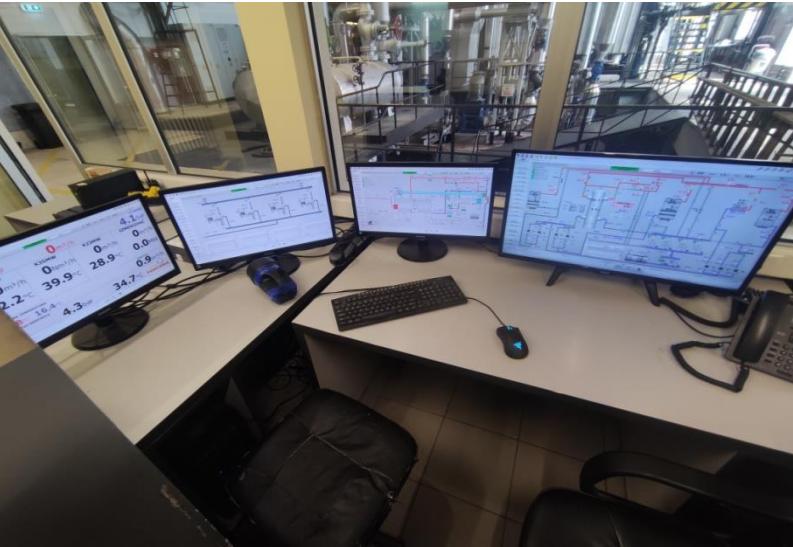
Dovod gasa



Scada



Scada



Scada



Foto ćelija (senzor plamena):



Mjerenje natpritiska u vazdušnom kanalu:



Diferencijalni mjerači protoka mazuta:



Senzori za mjerjenje pritiska:



Senzori za mjerjenje temperature:



Senzor za protok gase:



Presostati za niski i visoki pritisak:



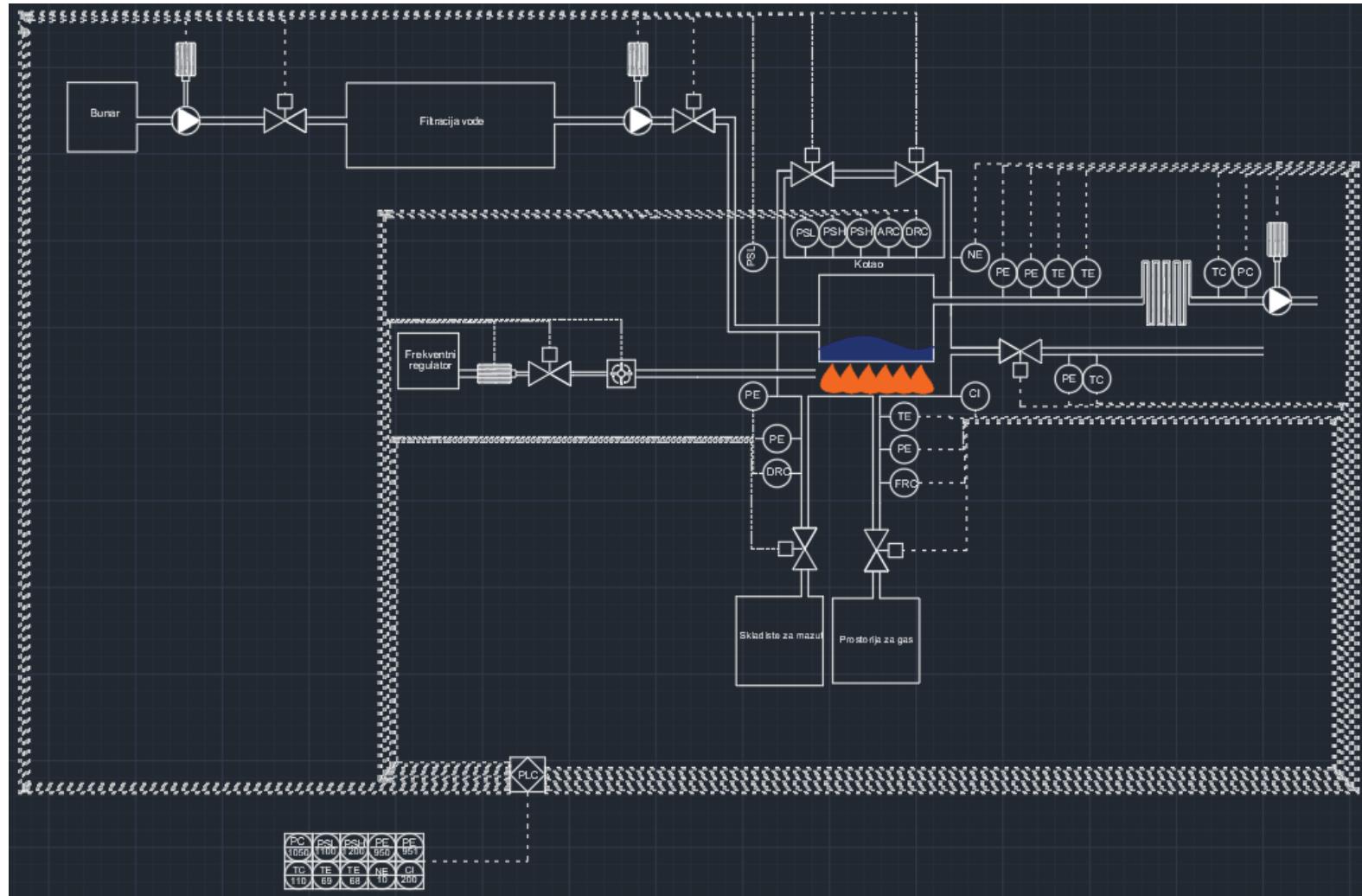
Diferencijalni pritisak svježeg vazduha:



Sigurnosni ventil:



P&I Dijagram



PLC ulazi i izlazi za gorionik:

Digitalni ulazi		Digitalni izlazi	Analogni ulazi		Analogni izlazi
Generalni stop	Signal da je ventil za dovod gasa u radu	Start/stop motora pumpe za dovod mazuta	Mjerna blenda(protok gasa u kotlu)	Temperature gasa	Procenat otvorenosti ventila za mazut
Senzor plamena	Signal da klapna za dovod vazduha radi/ne	Start/stop plamena	Protok mazuta u kotlu	Temperature mazuta	Procenat otvorenosti ventila za gas
Signal rada za motor mazuta	Klapna za dovod vazduha otv/zatv	Ventil mazuta otv/zatv	Protok vazduha u kotlu (venturijeva cijev)	Temperature primarnog vazduha	Procenat otvorenosti ventila za vazduh
Signal kvara za motor mazuta	Ventil za dovod gase otv/zatv	Ventil gase otv/zatv	Senzor temperature u gorioniku	Temperature ulazne i izlazne vode	Procenat otvorenosti ventila za ulaz/izlaz iz kotla
Ventil za dovod mazuta otv/zatv	Sigurnosni ventil za gasna goriva	Dimne klapne otv/zatv	Natpritisak u vazdušnom kanalu	Temperature ležajeva kod svih motora	Procenat otvorenosti ventila u toploj recirkulaciji
Alarm za povećan pritisak mazuta	Prostrujni ventil	Paljenje ERG ventila	Temperature prije/posle ulrilizatora	Mjerjenje vibracija kod svih motora	
Signal za otv/zatv ven. za dovod mazuta	Regulator pritiska za gasna/tečna goriva	Centralni alarm	Pritisak prije/posle ultilizatora		



PLC ulazi i izlazi za bubanj:

Digitalni ulazi	Digitalni izlazi	Analogni ulazi	Analogni izlazi
Signal rada motora vode	Ventil vode otvoren/zatvoren	Protok vode u bubanj	Procenat otvorenosti ventila za vodu
Signal kvara motora vode	Start/stop motora pumpe za dovod vode	Temperature metala bubenja kod odvoda pare	
Sigurnosni ventil		Protok pare iz bubenja	
Zaštitni ventil za odvod pare		Pritisak pare u bubenju	
		Pritisak vode u bubenju	



PLC ulazi i izlazi za pregrijač i ubrizgavanje vode:

Digitalni ulazi	Digitalni izlazi	Analogni ulazi	Analogni izlazi
Signal rada za motor pumpe za ubrizgavanje vode		Temperatura pare na izlasku iz pregrijača	
Signal kvara za motor pumpe za ubrizgavanje vode		Pritisak pare na izlasku iz pregrijača	
		Protok pare na izlazu	



PLC ulazi i izlazi za odvod dimnih gasova:

Digitalni ulazi	Digitalni izlazi	Analogni ulazi	Analogni izlazi
Ventil za ispuštanje dimnih gasova otvoren/zatvoren		Temperature dimnih gasova na izlazu iz ložišta	Procenat otvorenosti ventila za ispuštanje dimnih gasova
Greška ventila za ispuštanje dimnih gasova		Sadržaj kiseonika	
Signal da je u radu ventil za ispuštanje dimnih gasova			
Signal da nije u radu ventil za ispuštanje dimnih gasova			



HVALA VAM NA PAŽNJI!!!

