



Naziv studijskog programa: Mašinsko inženjerstvo

Nivo studija: Osnovne akademske studije

Modul: Energetika i procesna tehnika

Predmet: Osnove procesnih aparata i postrojenja

Broj indeksa: 711/2010

Branislav D. Ćosić

**Prikupljanje, transport i odlaganje pepela u
TE „Kostolac B“
završni rad**

Komisija za pregled i odbranu:

1. dr Milan Despotović, red. prof. - mentor

2. _____

3. _____

Datum odbrane: _____

Ocena: _____

U okviru ovog završnog rada kandidat treba da:

- Opiše proces sagorevanja uglja i način nastanka pepela
- Prikaže osnovna tehnička svojstva pepela
- Da prikaz sistema za prikupljanje i odlaganje pepela i šljake u okviru termoelektrane „Kostolac B“

Preporučena literatura:

- [1] Dimitrije Voronjec, Tehnološke operacije, MF Beograd, 1998.
- [2] M. Bagner, D. Vuković, Problemi iz mehaničkih i hidromehaničkih operacija, MF Beograd, 1991.
- [3] Glavni projekat, Knjiga T.1: Tehnološki projekat, Projekat zamene sistema za odlaganje pepela i šljake
- [4] Glavni projekat, Knjiga M.1: Unutrašnji sistem pepela i šljake, Sveska M.1.1: Izuzimanje i transport pepela
- [5] Glavni projekat, Knjiga M.1: Unutrašnji sistem pepela i šljake, Sveska M.1.2: Izuzimanje i transport ECO+LUVO pepela
- [6] Glavni projekat, Knjiga M.1: Unutrašnji sistem pepela i šljake, Sveska M.1.3: Kompresorska stanica
- [7] Glavni projekat, Knjiga M.3: Silosi pepela, Sveska M.3.1: Punjenje silosa i otprašivanje
- [8] Glavni projekat, Knjiga M.3: Silosi pepela, Sveska M.3.3: Priprema hidromešavine

Kragujevac, 15.09.2012.

mentor:

dr Milan Despotović, red. prof.

REZIME

Ovim završnim radom prikazan je sistem otpepeljivanja i odšljakivanja u vidu guste hidromešavine sa mogućnošću povratka vode sa deponije, uz detaljniji opis njegovog podsistema za prikupljanje, transport i odlaganje pepela.

U prvom i drugom poglavlju rada predstavljena Termoelektrana „Kostolac B“ sa svojim sastavom i lokalitetom, kao i sagorevanje uglja i skupljanje produkata sagorevanja sa tabelarnim prikazom karakteristika pepela. U trećem poglavlju prikazan je sistem za odlaganje pepela i šljake sa svojim podsistemima.

Četvrto, peto i šesto poglavlje rada daje opis sistema za prikupljanje, transport i odlaganje letećeg pepela, odnosno opisuje način na koji se pepeo prikuplja i transportuje do silosa pepela a zatim odvodi ka deponiji u vidu guste hidromešavine. Deponija „Ćirikovac“ kao krajnje odredište hidromešavine, sa načinom dreniranja cevovoda i interventnom linijom prikazana je u sedmom poglavlju. Prednosti sistema za prikupljanje i odlaganje pepela i šljake u vidu guste hidromešavine, kako ekološki tako i ekonomski, opisana su u osmom poglavlju.

SUMMARY

This final work showed bottom ash and fly ash slurry system with water recovery system from dumping ground, with detail description it's subsystems for collection, transport and ash disposal.

In first and second chapter "Kostolac B" Thermal power plant is presented along with it's composition and location. Also, coal combustion and final product collection with ash characteristics is shown in table. In third chapter, fly and bottom ash slurry systems are presented along with it's subsystems.

Chapters number four, five and six gives description of collection, transport and disposal fly ash system, meaning that it describes the way that ash is collected and transported to fly ash silo and then transported to ash pond in form of slurry. Ash pond "Ćirikovac" as final ash slurry disposing destination, with pipeline drainage system and intervention line is presentd in chapter number seven. Ecology as well as economic advantages of bottom and fly ash collection and disposal systems in form of high density slurry are described in chapter eight.

SADRŽAJ

Skraćenice	1
Uvod	2
1. Termoelektrana „Kostolac B“ (2 x 348,5 MW)	3
2. Sagorevanje uglja i prikupljanje produkata sagorevanja	6
2.1 Tehničke karakteristike pepela (tabele)	9
3. Prikaz sistema za prikupljanje i odlaganje pepela i šljake	11
4. Prikupljanje i transport pepela	14
4.1 Izuzimanje i transport elektrofiltarskog pepela	14
4.2 Izuzimanje i transport ECO/AH pepela	16
4.3 Kompresorska stanica	17
4.3.1 Transportni vazdušni sistem	17
4.3.2 Sistem komandnog vazduha	18
4.3.3 Kućište kompresora (usisavanje i izbacivanje vazduha)	18
5. Silosi pepela	19
5.1 Oprema postrojenja silosa pepela	19
5.2 Punjenje i pražnjenje silosa	21
6. Priprema hidromešavine	23
6.1 Mešalica guste hidromešavine	23
6.2 Posuda za hidromešavinu i pumpe hidromešavine	24
6.3 Snabdevanje procesa vodom i cirkulaciona voda	25
6.4 Procesna voda i sistem vode za hlađenje kompresora	25
7. Deponija „Ćirikovac“	26
7.1 Interventna linija za ispiranje cevovoda	27
7.2 Dreniranje cevovoda hidromešavine u drenažnim jamama	27
7.3 Dreniranje cevovoda	27

8. Zaključak	29
Literatura	31

SADRŽAJ SLIKA

Slika

1.1 Termoelektrana „Kostolac B“	3
1.2 Lokacija Termoelektrane „Kostolac B“	5
3.1 Blok šema sistema otpepeljivanja i odšljakivanja gustom hidromešavinom	12
4.1 Raspored levkova	14
4.2 Šematski prikaz levkova	15
4.3 Posuda pod pritiskom	17
5.1 Silosi pepela	20
5.2 Punjenje silosa	21
5.3 Pražnjenje silosa	22
6.1 Mešać hidromešavine	23
6.2 Pumpe hidromešavine	24
7.1 Trasa cevovoda hidromešavine ka deponiji	26
7.2 Deponija pepela i šljake „Ćirikovac“	28
8.1 Deponija „Ćirikovac“	30

SADRŽAJ TABELA

Tabela

1.1 Karakteristike goriva	6
1.2 Količina pepela i šljake prilikom sagorevanja uglja	7
1.3 Ukupne količine čvrstih ostataka	7
1.4 Prikaz hemijskih elemenata	8
1.5 Pepeo i šljaka posle sagorevanja	8
1.6 Raspodela čestica elektrofiltarskog pepela po veličini	9
1.7 Fizičke karakteristike pepela	9
1.8 Hemijska analiza pepela	10
1.9 Minerološki sastav pepela	10

SKRAĆENICE

ESP – Elektrofilar

ECO – Grejač napojne vode

AH – Predgrejač vazduha

DG – Posuda pod pritiskom

TTS – Turbuflow – transportni sistem

FF – Fluidflow – transportni sistem

AK – Zaporna klapna

AS – Zaporni šiber

MöVe – Möller ventil

UVOD

Razvoj nauke i tehnologije u drugoj polovini dvadesetog veka doneo je povećanje potrošnje a samim tim i povećaje proizvodnje električne energije koja je pokazatelj životnog standarda.

Čistija proizvodnja električne energije uključuje obnovljive i alternativne izvore energije kao i metode smanjenja negativnih posledica po životnu sredinu pri samoj proizvodnji. Posledice povećanja proizvodnje električne energije predstavlja zagađenje životne sredine, stvaranje efekta staklene bašte i kao najveća opasnost po čoveka – globalno zagrevanje.

Toplotna vrednost uglja i snaga vode predstavlja najveći izvor električne energije u našoj zemlji. Oko 60 procenata proizvodnje energije ostvaruje se sagorevanjem fosilnih goriva u termoelektrenama. Kao najveći proizvođač, istovremeno i zagađivač, Javno preduzeće „Elektroprivreda Srbije“ investira ogromna sredstva u projekte očuvanja čovekove okoline.

Privredno društvo „Termoelektrane i kopovi“ Kostolac sastavni je deo Javnog preduzeća „Elektroprivrede Srbije“. Osnovano je 1870 godine kao rudnik uglja i do danas neprekidno radi punih 140 godina. Pored proizvodnje električne energije i uglja kao osnovne delatnosti, Privredno društvo proizvodi i toplotnu energiju za potrebe grejanja grada Požarevca i gradske opštine Kostolac, kao i otkop komadnog uglja za široku potrošnju.

Strukturu Privrednog društva „Termoelektrane i kopovi“ Kostolac čine Termoelektrana „Kostolac A“, Termoelektrana „Kostolac B“, površinski rudnik uglja „Drmno“ i istrošeni površinski rudnik uglja „Ćirikovac“. Sama strategija Privrednog društva bazira se na efikasnoj proizvodnji električne energije uz najpovoljnije ekonomske i ekološke uslove.

Nus-produkt termoelektrana pri proizvodnji predstavlja pepeo i šljaka koji se prikupljaju a zatim odlažu i skladište na unapred određena mesta za to, tzv. „pepelišta“. Ovo pepelište je veliki zagađivač životne sredine jer ogromna količina vode zagađena pepelom i šljakom otiče u reku Dunav, dok pepeo pod uticajem vetra je podlozan raznošenju a samim ti i uticajan na kvalitet vazduha na okolna naseljena mesta.

Da bi se životna sredina zaštitila, sistem za prikupljanje i transport retke hidromešavine iz Termoelektrane „Kostolac B“ zamenjen je sistemom hidrauličkog transporta guste hidromešavine, kao i lokacija odlaganja pepela i šljake sa postojećeg pepelišta „Srednje Kostolačko ostrvo“ na novu lokaciju, na prostoru istrošenog rudnika „Ćirikovac“.

1.TERMoeLEKTRANA „KOSTOLAC B“

(2x348,5 MW)

Termoelektrana „Kostolac B“ prostire se na prostoru pored seoskog naselja Drmno, 2.5 km od reke Dunav u neposrednoj blizini površinskog rudnika uglja „Drmno“ sa kojeg se snabdeva lignitom za proizvodnju električne energije. Sastavni deo termoelektrane čine dva identična bloka snage 348,5 MW, koji uspešno do danas rade, prvi od 1988 godine a drugi od 1991 godine.

U sklopu termoelektrane nalazi se glavna pogonska zgrada i opšti pomoćni sistemi, kao što su sistem dopreme uglja, sistem prikupljanja pepela i šljake, crpna stanica, mazutna stanica, kao i drugi koji čine jednu funkcionalnu celinu.

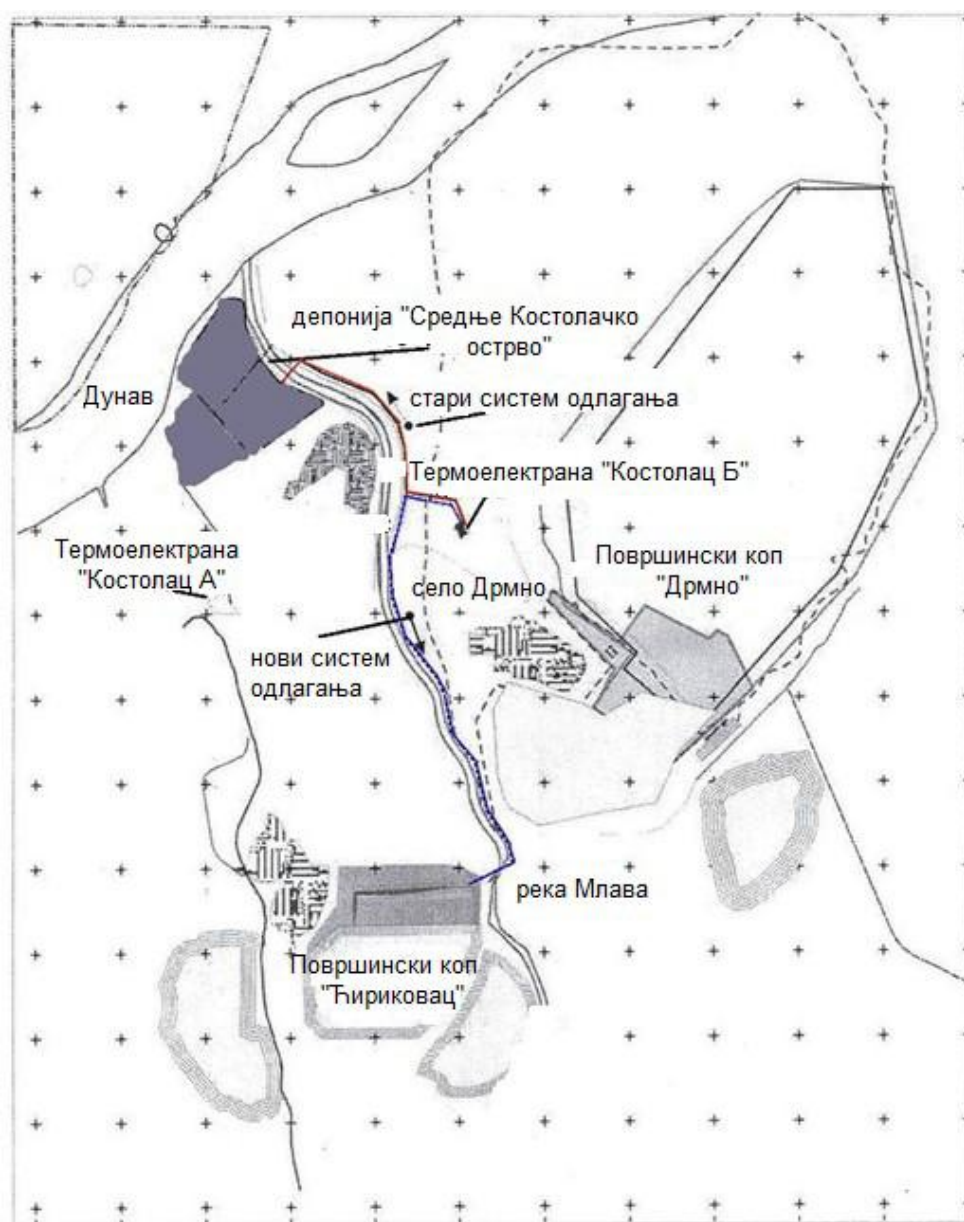


Slika 1.1. Termoelektrana „Kostolac B“

Pepeo i šljaka se prikupljaju a zatim odlažu na deponiju koja je predviđena za njihovo skladištenje. Sistem za odlaganje pepela i šljake na Termoelektrani „Kostolac B“ izveden je sistemom kombinovanog pneumatsko – hidrauličnog transporta u vidu retke hidromešavine (masena koncentracija 7-10 % čvrste materije) bez recirkulacije vode sa deponije. Pepeo se ispod elektrofiltera prikuplja sistemom pneumatskih korita, zatim se spira hidrauličkim ejektorima i odvodi do bazena retke hidromešavine. Šljaka se sa odšljakivača mehanički izvlači trakastim transporterima, usitnjava drobilicama, spira mlaznicama i odvodi u zajedničke bazene hidromešavine. Hidromešavina pepela i šljake se centrifugalnim muljnim pumpama transportuje na deponiju (staro Kostolačko ostrvo).

U cilju sprečavanja daljeg zagađenja životne sredine u samom okruženju termoelektrane postojeći sistem za odlaganje i transport pepela i šljake zamenjen je novim u okviru projekta uvođenja novog sistema za prikupljanje, transport i odlaganje pepela i šljake gustom hidromešavinom (ne više od 48% a ni manje od 42%) na blokovima Termoelektrane „Kostolac B“ i transport i odlaganje hidromešavine na prostor površinskog kopa „Ćirikovac“ sistemom povratne vode.

Lokaliteti Termoelektrane „Kostolac A“, Termoelektrane „Kostolac B“, površinskog rudnika uglja „Drmno“, deponija pepela i šljake „staro Kostačko ostrvo“ i površinskog rudnika uglja „Ćirikovac“ prikazani su na *slici 1.2*.



Slika 1.2. Lokacija Termoelektrane „Kostolac B“

2. SAGOREVANJE UGLJA I PRIKUPLJANJE PRODUKATA SAGOREVANJA

Kotlovi termoelektrane su toranjskog tipa sa prinudnom cirkulacijom, nominalnog kapaciteta sagorevanja uglja 1000 t/č. Ugalj koji se sagoreva u kotlovima Termoelektrane „Kostolac B“ eksploatiše se sa površinskog rudnika uglja „Drmno“, koji se nalazi u neposrednoj blizini.

Prosečna donja toplotna vrednost uglja tipa lignit sa površinskog rudnika uglja iznosi oko 7327 kJ/kg, a minimalna toplotna vrednost 6071 kJ/kg. Donji deo kotla, do kote +49,5 m čini ložište koje je dimenzionisano tako da osnovne zahteve koji se postavljaju za ložišta ispunjava loženom ugljenom prašinom. Dimni gasovi iz gornjih delova kotlova prolaze kroz reverzibilni zagrejač vazduha gde se izdvaja deo pepela, a nakon toga do elektrostatičkih filtra gde se takođe odvaja pepeo i odatle sa dva vazдушna ventilatora potiskuju u dimnjak.

Tehnička analiza goriva

Vrsta goriva: Lignit sa površinskog rudnika uglja „Drmno“

Donja kalorična vrednost	Kca/kg	1450	1550	1750	2000
Sadržaj vode	%	44,03	44,10	43,93	43,37
Sadržaj pepela	%	25,81	25,02	22,25	18,41
Ukupan sadržaj sumpora	%	1,14	1,17	1,16	1,10
Nesagorivi sadržaj sumpora	%	0,44	0,47	0,52	0,54
Sagorivi sadržaj sumpora	%	0,70	0,70	0,64	0,56
Sadržaj koksa	%	37,16	36,06	34,68	34,03
Sadržaj čvrstog C	%	11,35	11,04	12,43	15,62
Sadržaj nestabilnih sagorivih materija	%	18,81	19,84	21,39	26,60
Sadržaj sagorivih materija	%	30,6	30,88	33,82	38,22
Sadržaj C	%	19,48	19,67	22,79	25,28
Sadržaj H	%	1,87	2,07	2,12	2,32
Sadržaj N ₂ +O ₂	%	8,34	9,29	9,44	9,55

Tabela 1.1. Karakteristike goriva

U tabeli 1.1 prikazane su procentualne karakteristike goriva pri različitoj kaloričnoj vrednosti.

Od strane Rudarskog instituta, definisane su količine pepela i šljake iz jednog bloka, prema karakteristikama lignita sa površinskog kopa „Drmno“ datih od Termoelektrane „Kostolac B“. Prikaz količine pepela i šljake dat je u *tabeli 1.2*.

	Potrošnja uglja	Sadržaj pepela	Ukupna količina pepela i šljake	Sadržaj šljake	Količina šljake	Količina suvog pepela
	t/č	%	t/č	%	t/č	t/č
Srednje gorivo Hd=7600 kJ/kg	429,4	27,5	118	10	11,8	106,2
Lošije gorivo Hd=6600 kJ/kg	525	31,7	166,5	10	16,6	149,8

Tabela 1.2. Količina pepela i šljake prilikom sagorevanja uglja

Količine čvrstih ostataka sagorevanja iz oba bloka Termoelektrane „Kostolac B“ prikazane su u *tabeli 1.3* na nivou godine pri sagorevanju goriva 7600 kJ/kg i ekvivalentnog godišnjeg broja radnih sati od 6000 č/god.

	Srednje gorivo Hd=7600 kJ/kg	Lošije gorivo Hd=6600 kJ/kg	Godišnje Količine (t/god)
Blok 1 (1x348,5 MW)	118	166,5	708000
Blok 2 (1x348,5 MW)	118	166,5	708000
Ukupno blok 1 + 2	236	333	1416000

Tabela 1.3. Ukupne količine čvrstih ostataka

Tabelom 1.4. prikazan je procentualni sadržaj hemijskih elemenata u uglju.

Sadržaj	%
SiO ₂	51,38
Fe ₂ O ₃	9,21
P ₂ + SiO ₂	23,17
SaO	7,28
MgO	3,13
SO ₃	4,40
Na ₂	1,43

Tabela 1.4. Prikaz hemijskih elemenata

Podaci pepela i šljake posle sagorevanja uglja

	Mesto izdvajanja	Hd= 7600 kJ/kg	Hd= 6600 kJ/kg
Šljaka			
Odšljakivač(kracer)	1	11,8 t/h vlažnog	16,6 t/h vlažnog
Pepeo			
Ekonomajzer (ECO)	2	6 t/h	8,32 t/h
Zagrejač vazduha	4	3,6 t/h	5,00 t/h
elektrofilter			
I polje	6	76,6 t/h	106,5 t/h
II polje	6	16,5 t/h	23,2 t/h
III polje	6	3,6 t/h	5,1 t/h
IV polje	6	0,9 t/h	1,4 t/h

Tabela 1.5. Pepeo i šljaka posle sagorevanja

2.1. Tehničke karakteristike pepela

(tabele)

Osobine pepela :

	1.polje		2.polje		3.polje		4.polje		sva polja	
Veličina čestice	mera	Velič.	mera	Velič.	mera	Velič.	mera	Velič.	mera	Velič.
(mm)	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
-1,5+1	0,98	100,00	0,40	100,00	0,16	100,00	0,45	100,00	0,77	100,00
-1+0,5	4,37	99,02	1,46	99,60	0,70	99,84	1,32	99,55	3,48	99,23
-0,5+0,4	3,18	94,65	0,56	98,13	0,40	99,14	0,71	96,24	4,42	95,75
-0,4+0,3	17,42	91,47	1,77	97,57	1,46	98,74	5,21	97,53	24,84	91,33
-0,3+0,2	17,70	74,05	2,87	95,81	2,59	97,27	3,79	92,31	16,75	66,49
-0,2+0,1	30,80	56,35	28,59	92,94	33,49	94,68	19,23	88,52	21,39	49,74
-0,1+0,075	11,63	25,55	20,22	64,35	24,38	61,19	32,07	69,29	11,47	28,34
0,075+0,04	9,03	13,92	35,49	44,13	24,42	36,81	33,59	37,22	12,91	16,88
-0,04+0	4,89	4,89	8,65	8,65	12,38	12,38	3,63	3,63	3,97	3,97
ukupno	100		100		100		100		100	

Tabela 1.6. Raspodela čestica elektrofilterskog pepela po veličini

Specifična težina zrna → 2050 – 2090 kg/m³

	1. polje	2. polje	3. polje	4. polje	Sva polja
Rasuta specifična težina (kg/m ³) slobodna	644,1	646,0	625,0	646,1	647,8
Rasuta specifična težina (kg/m ³) spakovana	757,0	753,9	749,8	748,4	750,2

Tabela 1.7. Fizičke karakteristike pepela

sadržaj	%
SiO ₂	51,77
Fe ₂ O ₃	9,38
Al ₂ O ₃	23,98
CaO	7,02
MgO	2,15
SO ₃	3,7
P ₂ O ₅	0,11
TiO ₂	0,65
Na ₂ O	0,35
K ₂ O	0,89

Tabela 1.8. Hemijska analiza pepela

Sastav	Sadržaj %
Agregati od termičkih izmenjenja gline	53+55,1
Staklena zrnca	24,5+28,2
Kristolobalit	2,1+2,4
Fe minerali	2,7+5,1
Degradirani feldspar	1,9+2,7
Degradirani karbonati	0,8+0,9
Anhidrit	6,0+7,5
Ugalj	2,5+3,7
Ostalo	0,5

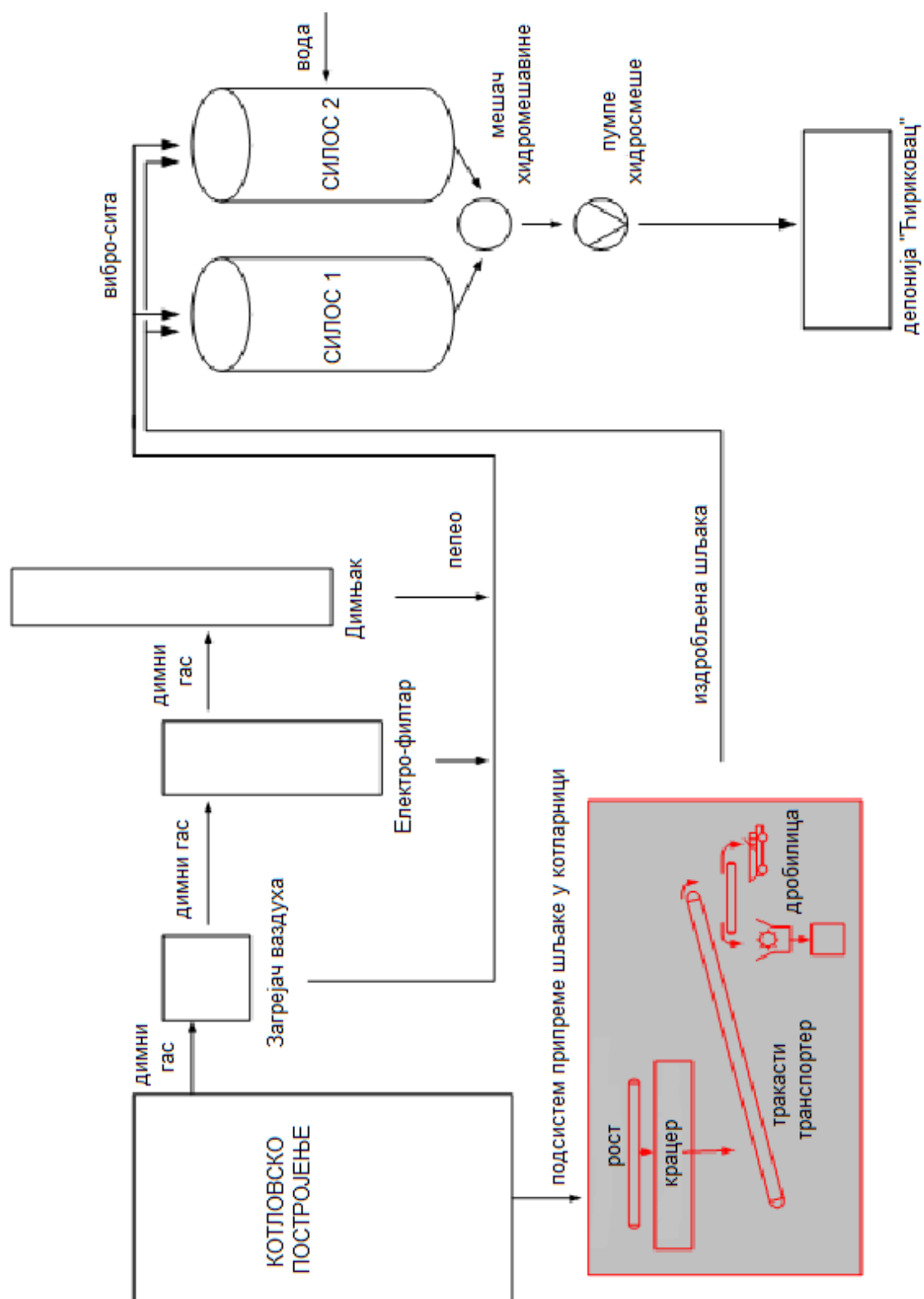
Tabela 1.9. Minerološki sastav pepela

3. PRIKAZ SISTEMA ZA PRIKUPLJANJE I ODLAGANJE PEPELA I ŠLJAKE

Rekonstrukcijom i automatizacijom sistema za prikupljanje i odlaganje pepela i šljake iz Termoelektrane „Kostolac B“ otklonjen je problem koji se odnosio na zagađenje životne sredine, promenjena je lokacija odlaganja pepela i šljake sa postojeće deponije „Srednje Kostolačko ostrvo“ na novu lokaciju, na prostoru istrošenog površinskog rudnika uglja „Ćirikovac“.

Za transport pepela i šljake iz termoelektrane na deponiju, kao i za samu tehnologiju deponovanja, projektovan je hidraulički transport guste hidromešavine u odnosu 1:1, sa mogućnošću povratka vode sa deponije. Osim isplativog transporta i odlaganja, ovakav sistem je siguran po životnu sredinu. Sistem za otpeljeljivanje i odšljakivanje obezbeđuje odlaganje pepela i šljake Termoelektrane „Kostolac B“ na deponiju „Ćirikovac“ do kraja radnog veka oba bloka. Sistem se sastoji od više podsistema:

- Podsystem za prikupljanje i transport pepela iz elektrofiltra i prikupljanje na 1. i 2. bloku u kućištu kotla
- Podsystem za prikupljanje, pripremu i transport šljake iz blokova 1 i 2 ka silosima
- Kompleks silosa, koga sačinjavaju dva silosa za pepeo (po 3000 m³) i dva silosa šljake (po 500 m³), sistem za pripremu hidromešavine i transport na deponiju, sistem za istovar pepela u kamion (za prodaju), elektro-prostorijama za napajanje i upravljanje, sabirnim jamama prelivne vode i vode za čišćenje
- Podsystem od četiri cevovoda za transport suspenzije od kompleksa silosa do deponije „Ćirikovac“
- Nova deponija na mestu istrošenog rudarskog kopa uglja „Ćirirkovac“
- Podsystem procesne i cirkulacione vode
- Kompresorska stanica



Слика 3.1. *Блок шема система отпепелјивања и одшљакивања густом хидромешавином*

Produkti za odlaganje (pepeo, šljaka i otpadna voda) uzimaju se sa izvora nastajanja i to:

- Čvrste materije:
 - Pepeo iz elektrostatičkih filtra (1-4 filtra)
 - Pepeo iz regenerativnog zagrejača vazduha (1 i 2 blok)
 - Pepeo iz levkova kanala dimnog gasa (1 i 2 blok)
 - Šljaka iz kotlovskog postrojenja (1 i 2 blok)
- Otpadne vode:
 - Iz prelivnika kracera (korita za hlađenje šljake)
 - Od čišćenja kućišta kotla
 - Iz novog postrojenja za odlaganje
 - Sa nove deponije (povratna voda)

4. PRIKUPLJANJE I TRANSPORT PEPELA

4.1. Izuzimanje i transport elektrofiltarskog pepela

Svaki blok termoelektrane poseduje po dva elektrofiltara, sa po dve elektrofiltarske jedinice (ESP jedinice). Svaki od elektrofiltara poseduje 3 reda od 4 levaka (polja) za prikupljanje letećeg pepela. Samim tim svaka elektrofiltarska jedinica ima ukupno 12 levaka.

Podaci količine protoka mase letećeg pepela:

- Po bloku (po ESP-u) → 136,2 t/h
- Po ESP- jedinici → 66,1 t/h
- Po redu → 22,7 t/h
- Po ESP- levku:

Polje 1 → 17,75 t/h

Polje 2 → 3,87 t/h

Polje 3 → 0,87 t/h

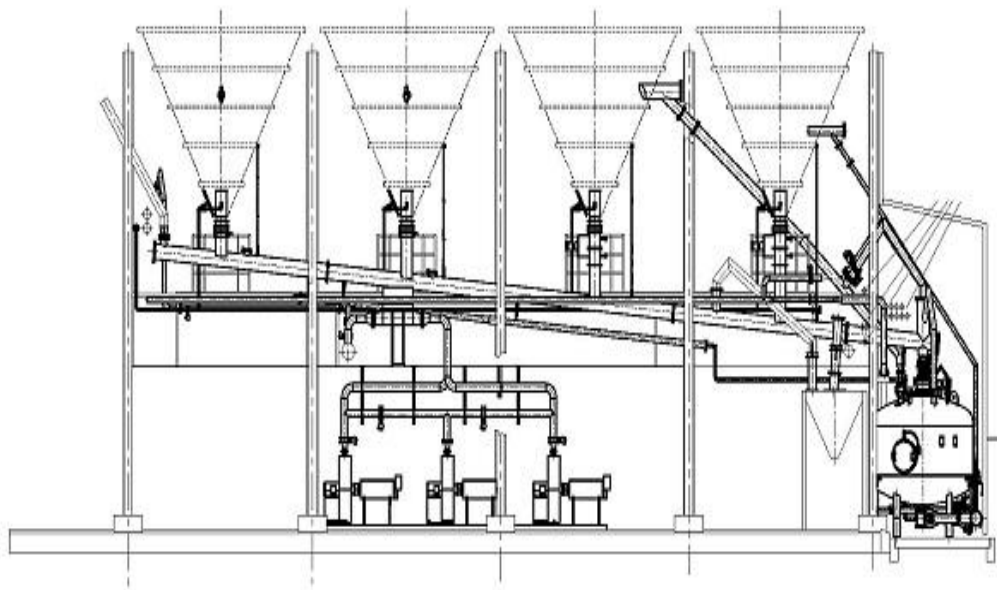
Polje 4 → 0,23 t/h



Slika 4.1. Raspored levkova

Četiri levka svakog reda izbacuju pepeo u po jednu vazdušnu transportnu cev (FF- cev) koja puni pepelom posudu za pneumatski transport. Izbacivanje pepela vrši se pomoću pneumatskih pomagala u samim levcima, koja se sastoje od po dva levka za rastrešavanje.

Cevi za transport pepela sastoje se od jedne glatke instalacione cevi u koju je ugrađena cev za rastrešavanje. Dospeli pepeo u transportnoj cevi raspršuje se vazduhom pod pritiskom, prelazi u stanje slično tečnom i na taj način se transportuje do posude pod pritiskom (DG). Otvaranjem pneumatskog ručnog ventila, pneumatske odvodne (AK) zaporne klapne i pneumatskog Möller ventila pepeo iz transportne cevi dospeva u posudu pod pritiskom. Punjenje posude pepelom odvija se dok se ne ostvari maksimalni nivo napunjenosti suda. Za transport u sudu pod pritiskom potreban je komprimovani vazduh koji se proizvodi od strane propelernog kompresora. Otvaranjem pneumatske (AK) zaporne klapne i pneumatske klapne gornjeg pritiska, sud pod pritiskom se puni pomoću komprimovanog vazduha iz vazdušnog kompresora i započinje transport. Dostizanjem određenog pritiska u sudu pod pritiskom (pritisak se meri na transponderu pritiska), dolazi do otvaranja pneumatskog Möller ventila na izlazu suda i leteći pepeo prelazi u transportnu instalaciju (TTS- instalacija) a preko nje se odvodi do silosa za leteći pepeo. Završetak transporta pepela do silosa za pepeo postiže se kada pritisak u transportnoj instalaciji padne ispod definisanog, niskog pritiska ili kada se premaši maksimalno naštelo vreme za transport.

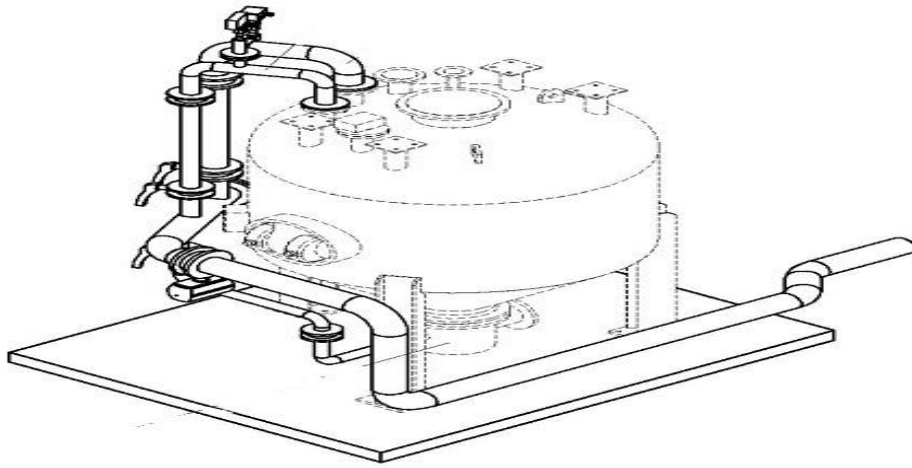


Slika 4.2. Šematski prikaz levkova

4.2. Izuzimanje i transport ECO/AH pepela

Leteći pepeo iz ECO-levaka (grejač napojne vode) pada kroz otvoreni skladišni šiber preko jednog kanala za spuštanje na transportnu cev. Pepeo na transportnoj cevi se rastrešava vazduhom pod pritiskom, uzima oblik sličan tečnom i na taj način se transportuje. Leteći pepeo iz AH-levaka (predgrejač vazduha) pada kroz skladišne šibere u padajuće kanale. Transportna cev ECO-levaka priključuje se AH-padajućim kanalima, i tako direktno spuštaju u posudu za pneumatski transport. Transportne cevi vazduhom se snabdevaju iz lokalno postavljenih duvaljki.

Otvaranjem pneumatske (AK) zaporne klapne u instalaciji i pneumatskog Möller ventila pepeo iz transportne cevi dolazi u sud pod pritiskom (DG). Punjenje suda pod pritiskom vrši sve dok se ne dostigne maksimalni nivo napunjenosti suda ili se ne prekorači maksimalno vreme punjenja suda pod pritiskom. Nakon toga dolazi do zatvaranja pneumatskog (AS) zapornog šibera, pneumatskog Möller ventila, pneumatske odvodne zaporne klapne i pepeo u sudu pod pritiskom je spreman za transport. Za pogon transporta u sudu pod pritiskom potreban je komprimovani vazduh koji se proizvodi od strane propelernog kompresora sa integrisanim rashladnim sušačem. Na početku transporta sud pod pritiskom se napuni komprimovanim vazduhom iz kompresora vazduha. Dostizanjem definisanog pritiska (merenog na transmiteru pritiska) u sudu pod pritiskom, otvara se pneumatska zaporna klapna i deo komprimovanog vazduha struji preko vazdušne komore kroz transportnu instalaciju. Zatim se otvara pneumatski ventil na izlazu iz suda pod pritiskom i leteći pepeo suda pod pritiskom dospeva u (TTS) transportnu instalaciju i preko nje odvodi se do silosa za leteći pepeo. Transport do silosa završen je kada pritisak u transportnoj instalaciji padne ispod definisanog, niskog pritiska ili kada prekorači maksimalno naštelo vreme transporta.



Slika 4.3. Posuda pod pritiskom

4.3. Kompresorska stanica

4.3.1 Transportni vazdušni sistem

Za proizvodnju vazduha suda pod pritiskom u kućištu kompresora su instalirana ukupno sedam identična, vodom hlađena kompresora. Svakom sistemu suda pod pritiskom dodeljen je jedan kompresor tako da je ukupno šest kompresora u upotrebi. Četiri kompresora su namenjena sistemu elektofiltera blokova 1 i 2 termoelektrane i dva kompresora za ECO/AH blokova 1 i 2. Jedan kompresor služi kao rezervni i odgovarajućim prebacivanjem pneumatske zaporne klapne može da preuzme funkciju drugog kompresora.

Tehnički podaci: $V = 28,3 \text{ m}^3/\text{min}$ ($35,5 \text{ }^\circ\text{C}$ / 1 bar / 84%) pri $p = 5,0 \text{ bar}$

$$p = 7,5 \text{ bar max.}$$

$$P_{\text{motor}} = 160 \text{ kW}$$

$$\text{DTP} = \text{sa. } 3...5 \text{ }^\circ\text{C}$$

4.3.2 Sistem komandnog vazduha

Za snabdevanje vazduhom pneumatski aktivirane opreme u području ESP/ECO/AH kao i za raspoloživost vazduha za rastrešavanje za pneumatska pomagala u elektrofiltarskim levcima instalirana su ukupno tri identična propelerna kompresora. Svakom bloku termoelektrane dodeljen je jedan kompresor, tako da su dva kompresora u upotrebi. Jedan kompresor služi kao rezervni i odgovarajućim prebacivanjem manuelne zaporne klapne može da preuzme funkciju drugog kompresora.

Tehnički podaci: $V = 1,60 \text{ m}^3/\text{min}$ ($20 \text{ }^\circ\text{C}$ / 1 bar) pri $p = 8,5 \text{ bar}$

$$p = 10,0 \text{ bar max.}$$

$$P_{\text{motor}} = 15 \text{ kW}$$

$$\text{DTP} = \text{sa. } -40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$V_{\text{vazdušni rezervoar}} = 1,5 \text{ m}^3$$

4.3.3 Kućište kompresora

(usisavanje i izbacivanje vazduha)

U kućištu kompresora smešteni su sistemi za proizvodnju vazduha:

- Sistem vazdušnog transporta
- Sistem komandnog vazduha

Kompresori za transportni i upravljački vazduh usisavaju vazduh iz kućišta kompresora. Toplota koja nastaje kompresijom i električnom opremom se prenosi na površinu aparata. Potrebna ventilacija kućišta kompresora vrši se preko na fasadi instaliranih žaluzinastih klapni. Za odvod toplote iz prostorije kućište kompresora se hladi pomoću četiri odvodna ventilatora.

5. SILOSI PEPELA

5.1. Oprema postrojenja silosa pepela

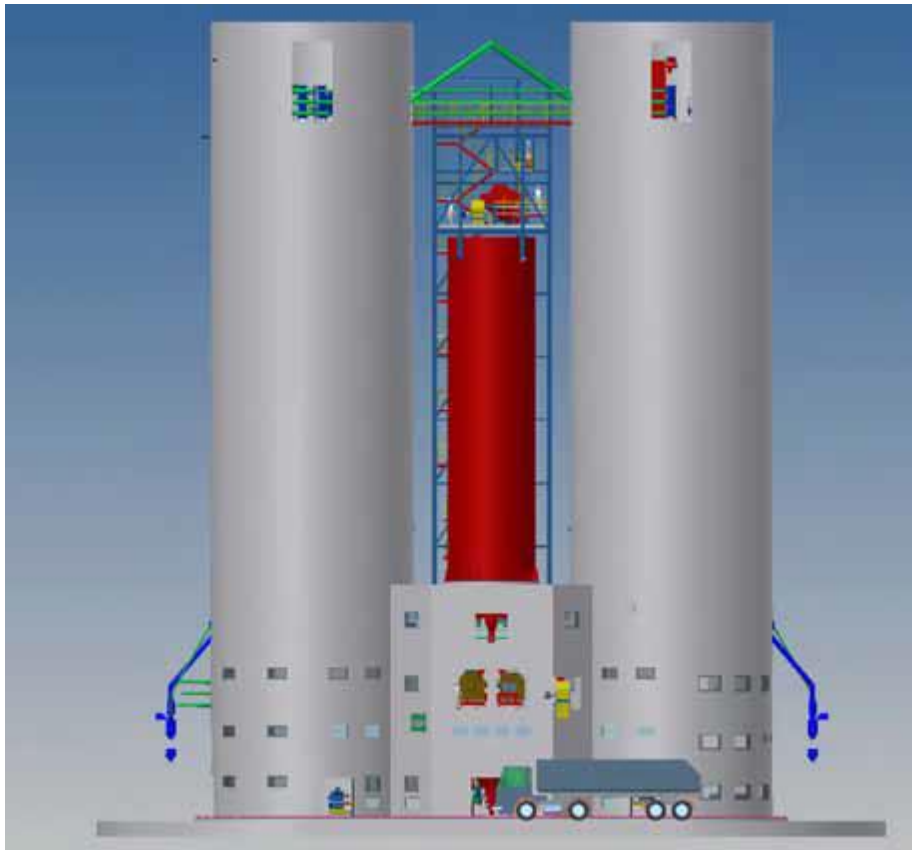
Opremu postrojenja silosa pepela čine:

- Filter za odvođenje vazduha
- Spoljni vod odvodnog vazduha
- Ventil za nad i pod pritisak
- Prekidači za nadgledanje nivoa napunjenosti silosa

Vazduh za transport i rastrešavanje koji je pun prašine se preko odvodnog filtera prečišćen izbacuje u atmosferu. Koncentracija prašine u prečišćenom vazduhu manja je od 30 mg/m^3 . Da bi se konstantno održavao podpritisak silosa, zapremina odvodne struje vazduha se reguliše u zavisnosti od pritiska u silosu. U te svrhe pomoću transducer pritiska meri se aktuelni pritisak silosa. Regulacijskom konturom i pretvaračem frekvence reguliše se broj obrtaja ventilatora a time se konstantno održava podpritisak u silosu.

U normalnom radu spoljni vod silosa zatvoren je manuelnom zapornom klapnom. Prilikom radova na odvodnim filterima ili odvodnom ventilatoru manuelna zaporna klapna se otvara, tako da se vazduh može odvoditi iz jednog silosa do drugog silosa. U tom slučaju se broj isporuka iz suda pod pritiskom od jednog do drugog bloka termoelektrane mora prepoloviti.

Silosi pepela osigurani su protiv nadpritiska većih, odnosno manjih od $\pm 25 \text{ mbar}$. Na krovu silosa nalazi se ventil za nad pritisak, kao i dva ventila za pod pritisak koji garantuju da ti pritisci neće biti premašeni tj., da pritisak neće pasti ispod dozvoljenog.



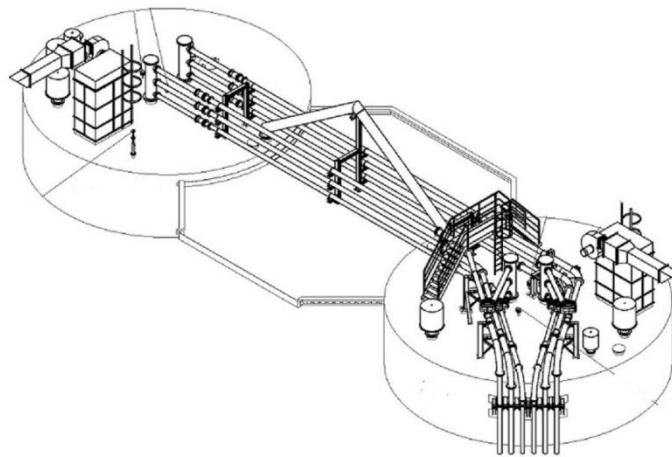
Slika 5.1. Silosi pepela

Nadgledanje nivoa napunjenosti silosa vrši se od strane tri granična prekidača za nivo napunjenosti i jednog silopilota koji kontinuirano meri. Koraci koji se vrše u zavisnosti od nivoa napunjenosti su :

- Minimalan nivo napunjenosti → informacija za radno osoblje
- Maksimalan nivo napunjenosti → ESP-DG- isporuke i ECO/AH-DG- isporuke se završavaju. Nakon toga nema transporta iz suda pod pritiskom.
- Max. max nivo napunjenosti → ESP-DG- isporuke se prekidaju a ECO/AH-DG- isporuke se završavaju. Nakon toga nema transporta iz suda pod pritiskom.
- Silopilot → informacija za radno osoblje

5.2. Punjenje i pražnjenje silosa

Svaka od 6 transportnih cevi kanala dimnog gasa i elektrofiltra leteći pepeo može transportovati preko cevnog mosta u jedan ili drugi silos. Proces odvođenja je kod oba silosa identičan. Nivo napunjenosti silosa se nadgleda od strane merača nivoa napunjenosti. Transmitter za pritisak meri pritisak u silosu i prosleđuje signal pretvaraču frekvencije odvodnog ventilatora. Time se reguliše broj obrtaja ventilatora a samim tim i pod pritisak u silosu. Ventili za nad i pod pritisak na krovu silosa vode računa o izjednačavanju pritiska, da bi pritisak u silosu ostao u propisanom opsegu.



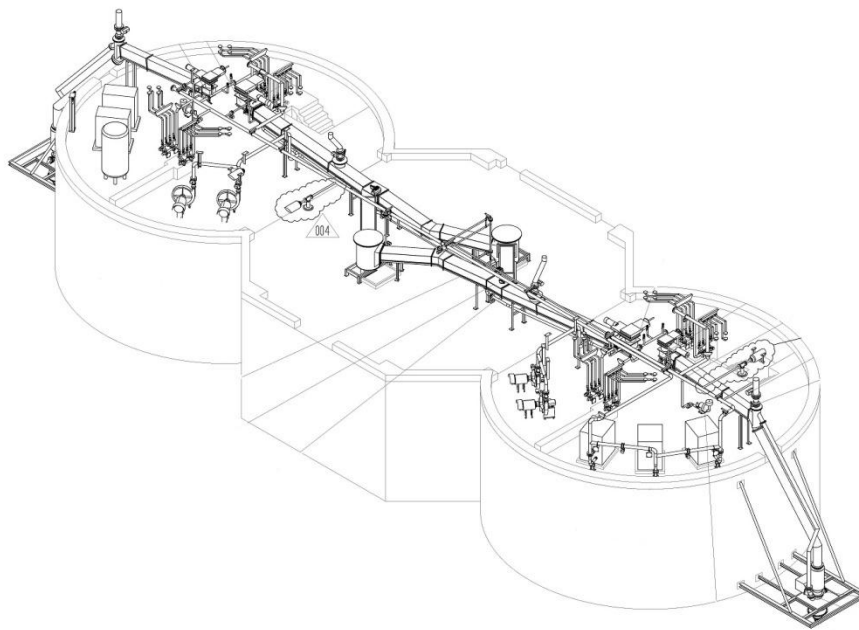
Slika 5.2. Punjenje silosa

Radi konstantnog i ravnomerno raspoređenog materijala svaki silos je opremljen sa 16 parno postavljenih transportnih cevi. Za pražnjenje silosa koriste se dva nasuprot postavljena para cevi pokretana vazduhom iz ventilatora. Parovi cevi se aktiviraju naizmenično po redu. Cevi u odvodnom kanalu se uvek snabdevaju količinom vazduha, koja se definiše preko zaporne klapne. Sigurnosni ventil služi izjednačavanju pritiska, ukoliko prilikom prebacivanja na druge cevi nastane previsok pritisak zbog naglog zatvaranja klapni.

Pepeo iz silosa može da se transportuje do mesta gde se utovara u kamion ili ka mešalici. Na krovu silosa nalazi se bunkerski filter sa odvodnim ventilatorom pomoću kojeg se odvodi i filtrira vazduh iz silosa i transportnih cevi.

Da bi se pepeo iz silosa istovario u transportni sistem ka mešalici otvara se zaporni šiber i pepeo pada kroz skladišni šiber u skretnicu transportnih cevi. Odatle se materijal reguliše uz pomoć dozirnih cilindara i dospeva u transportnu cev. Pomoću račvaste transportne cevi pepeo se sada može proslediti u jednu od cevi za spuštanje sve do mešalice. Time oba silosa mogu da transportuju ili u jedan ili u drugi mešač. Vazduh za transportne cevi biva isporučen od strane ventilatora pomoću zapornih klapni.

Pražnjenje silosa pepela je podupreno i sa četiri vazdušna pištolja koja su ravnomerno raspoređena na dnu silosa. Kada se silos prazni, vazdušni pištolji ispuštaju kratak pucanj kako bi pepeo sa dna bio tečniji. Pucnji se ispuštaju u pravcu kazaljke na satu, jedan po jedan.



Slika 5.3. Pražnjenje silosa

6. PRIPREMA HIDROMEŠAVINE

6.1. Mešalica guste hidromešavine

Po jedna mešalica je postavljena ispod silosa i služi za formiranje guste hidromešavine koja nastaje mešanjem pepela, šljake i vode a zatim se transportuje na deponiju preko pumpi guste hidromešavine. Mešalicu pogoni motor naizmenične struje. Mešač hidromešavine prikazan je na *slici 6.1.*



Slika 6.1. Mešač hidromešavine

Cirkulaciona voda se dodaje kako bi se dobila dobro protočna hidromešavina sa minimalnim sadržajem vode u vezi sa proizvedenim pepelom/šljakom i datom dimenzijom cevovoda. Potrebna je minimalna brzina kako bi čvrsta materija plutala unutar cevovoda, u suprotnom dolazi do prevelikog habanja i trošenja.

6.2. Posuda za hidromešavinu i pumpe hidromešavine

Svaka mešalica poseduje po jednu posudu za hidromešavinu. Posuda za hidromešavinu uzima promešan pepeo, šljaku i vodu iz mešača i šalje na usis pumpi hidromešavine. Nivo posude za hidromešavinu se kontroliše preko merača nivoa. Svaka posuda za hidromešavinu može da snabdeva dve grupe pumpi za hidromešavinu.

Pumpe hidromešavine postavljene su u cetiri grupe pumpi čiji su usisi povezani za posudu hidromešavine. Grupa pumpi za hidromešavinu sastoji se od tri serijski vezane centrifugalne pumpe. Razlog povezivanja tri serijski vezane pumpe je u dobijanju neophodnog pritiska za prelazak razdaljine od 6 km preko cevovoda do deponije.



Slika 6.2. Pumpe hidromešavine

Sve tri pumpe se pokreću pomoću upravljačkog sistema i potrebna im je voda za zaptivanje da bi radile.

6.3. Snabdevanje procesa vodom i cirkulaciona voda

Za proces pripreme hidromešavine koristi se tehnološka voda koju čine povratna voda sa deponije, prelivna voda kracera šljake i prema potrebi deo industrijske čiste vode. Prikupljanje tehnološke vode vrši se u postojećem bazenu pumpne stanice hidrosmeše, koji izmenom starog sistema otpepeljivanja i odšljakivanja postaje rezervoar tehnološke vode.

Postrojenje za pripremu i transport hidromešavine radi diskontinualno, pa se tako i povratna voda vraća u proces cevovodom samo kada je postrojenje u radu. Proces otpepeljivanja i odšljakivanja je kontinualan i postoji stalna potreba za snabdevanje kracera za hlađenje šljake vodom. Deo tehnološke vode nepovratno je zarobljen sa pepelom na deponiji, pa se deficit mora nadoknaditi svežom industrijskom vodom.

Cirkulaciona voda, kao i što sam naziv govori, kruži oko sistema. Uglavnom se dobija u postrojenju za odvodnjavanje (hidrocikloni na + 40,6 m u kompleksu silosa) i na prostoru za odlaganje guste hidromešavine deponije „Ćirikovac“. Deo cirkulacione vode dolazi i iz drenažne jame u prostoru silosa. Sve to se skuplja u bazenu za cirkulacionu vodu u pumpnoj stanici hidrosmeše. Cirkulaciona voda koristi se u silosima za mešanje sa pepelom i šljakom za hidraulički transport na deponiju „Ćirikovac“. Bazen cirkulacione vode je opremljen mešalicom kako bi sadržaj tvrde materije plutao.

6.4. Procesna voda i sistem vode za hlađenje kompresora

Procesna voda se koristi da bi se : nadoknadila voda u bazenu cirkulacione vode, kako bi se kompezovali gubici vode, snabdele pumpe za ispiranje, za hlađenje vazdušnog kompresora iz sistema za otklanjanje pepela i kao voda za zaptivanje pumpi hidromešavine. U bazenu procesne vode povezane su tri pumpe. Jedna je sa direktnim startom a druge dve se pokreću pomoću upravljačkog sistema .

Kompresori se pri radu zagrevaju i potrebno ih je hladiti. To se ostvaruje procesnom vodom. Posle pumpe procesne vode cev odvodi vodu do kompresorske stanice. Sistem za hlađenje kompresora može da se pokrene nakon sistema za procesnu vodu. Kompresori su potrebni za pneumatsko transportovanje pepela.

7. DEPONIJA „ĆIRIKOVAC“

Transport hidromešavine pepela i šljake odvija se pomoću četiri transportne linije, od kojih su dve radne a dve rezervne. Hidraulički transport odvija se od postrojenja silosa do prekidne komore na obodu kopa u koju hidromešavina slobodno ističe. Svaka transportna linija poseduje merno-regulacione uređaje, kompezatore, drenažne ventile i ventile za odzračivanje cevovoda. Na izlazu iz kompleksa silosa nalazi se drenažna jama cevovoda u kojoj su zaronjene dve centrifugalne muljne pumpe.



Slika 7.1. Trasa cevovoda hidromešavine ka deponiji

Kada se drenažna voda vraća sa deponije u proces pripreme hidromešavine pepela i šljake, transportuje se jednom od dve vodene pumpe preko nepovratne klapne. Voda iz drenažnog bazena koristi se kao povratna tehnološka voda, a i za prskanje deponije kao zaštita okoline od raznošenja pepela.

7.1. Interventna linija za ispiranje cevovoda

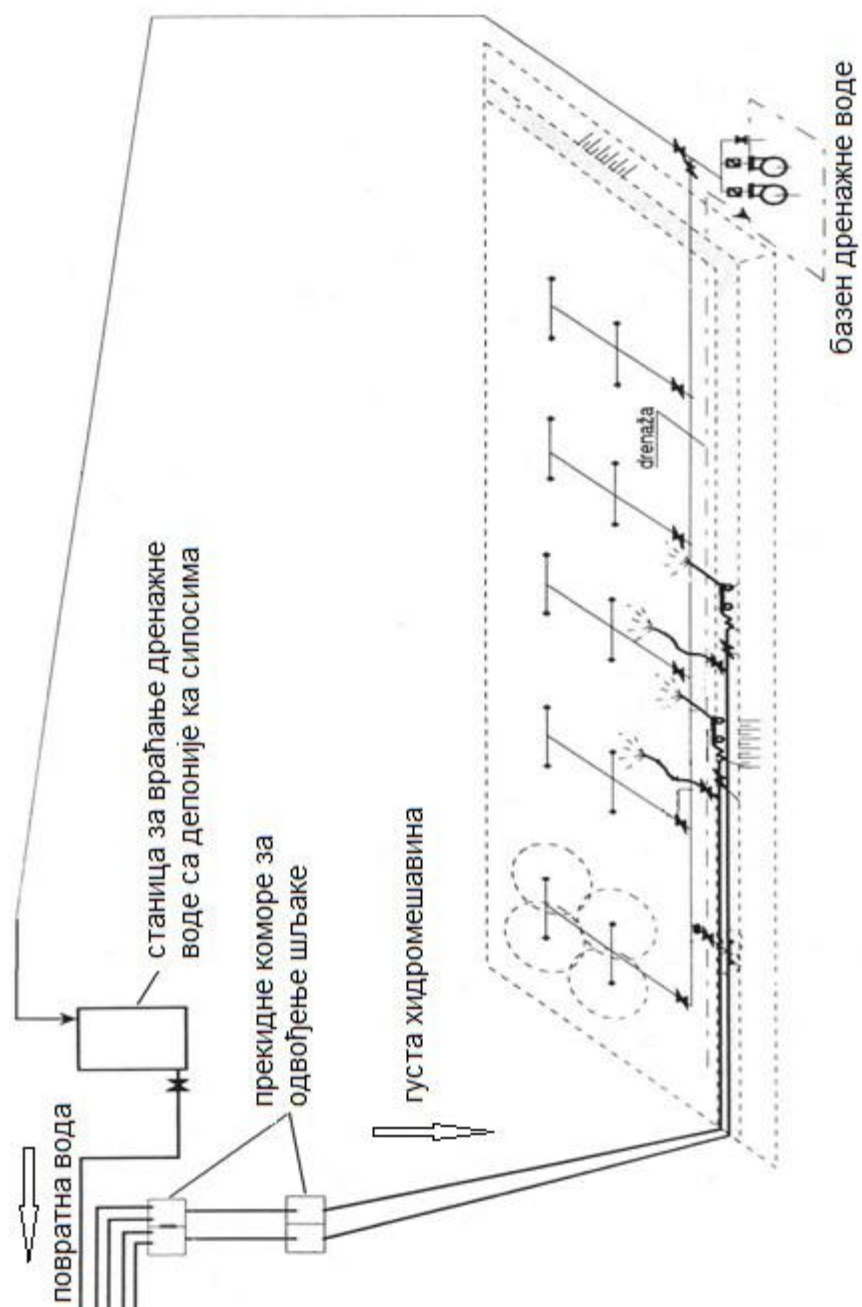
U slučajevima nepredvidivih ispada neke od pumpi ili drenažne jame predviđeno je automatsko uključivanje linije za interventno ispiranje cevovoda. Linija cevovoda sastoji se od cevovoda, višestepene centrifugalne pumpe za vodu, zatvarača sa pneumatskim pogonom i nepovratnih klapni.

7.2. Dreniranje cevovoda hidromešavine u drenažnim jamama

Ono se vrši u slučaju nepredviđenog zaustavljanja rada transportne linije. Dreniranje drenažne jame vrši se cevovodom u bazen sa kosim dnom, na čijem najnižem delu se nalazi šahta za smeštaj muljne uronjene pumpe. U slučaju zaustavljanja transportne linije, kada se ukaže potreba za dreniranjem drenažne jame, zatvara se zatvarač sa ručnim pogonom na usisu pumpe a otvara ventil za dreniranje na drenažnoj jami.

7.3. Dreniranje cevovoda

Dreniranje cevovoda vrši se u redovnom radu nakon ispiranja i zaustavljanja rada postrojenja u zimskom periodu, kao i u havarijskim situacijama tokom cele godine. Magistralni cevovod ima deonice sa generalnim padovima i usponima duž trase, pa se dreniranje vrši u više drenažnih kaseti koje se lokacijski nalaze duž trase cevovoda. Dreniranje cevovoda za povratnu vodu, koji ima istu trasu kao i cevovod za hidromešavinu, vrši se najvećim delom u pumpnu stanicu hidrosmeše za vreme ispiranja linija cevovoda koje su bile u radu, a voda koja se ne može izdrenirati u bazenu pumpe stanice hidrosmeše se drenira u drenažne kasete duž cevovoda.



Slika 7.2. Deponija pepela i šljake „Ćirikovac“

8. ZAKLUČAK

Završnim radom predstavljen je sistem otpeljeljivanja i odšljakivanja u vidu guste hidromešavine sa mogućnošću povratka vode sa deponije, sa aspektom na prikaz podsistema za prikupljanje, transport i odlaganje pepela u Termoelektrani „Kostolac B“.

Proizvodnja električne energije sagorevanjem uglja podrazumeva ograničenja kada je u pitanju životna sredina, što znači da treba voditi računa o čvrstom otpadu (pepeo-šljaka) koji zahteva tretman, odnosno deponovanje u blizini termoelektrane. Odlaganje pepela i šljake kao nus proizvoda pri sagorevanju uglja je neophodna tehnološka faza i pri proizvodnji električne energije predstavlja trošak.

Primena sistema otpeljeljivanja i odšljakivanja u vidu guste hidromešavine predstavlja značajan projekat za termoelektranu jer omogućava odlaganje pepela i šljake u već zaposednut i degradiran prostor umesto zauzimanja novih površina i degradiranja novih sredina za deponovanje. Takođe razlika između otpeljeljivanja i odšljakivanja retkom hidromešavinom i gustom hidromešavinom je uočljiva. Sistemom u vidu guste hidromešavine termoelektrana je dobila mogućnost kontrolisanja odnosa gusto tečno, kao i mogućnost prodaje pepela u komercijalne svrhe.

U cilju zaštite podzemnih voda preko podloge deponije „Ćirirkovac“ postavljena je vodonepropusna folija koja odvaja podzemne od tehnoloških voda. Vodonepropusna folija zadovoljava ISO standarde i direktive Evropske Unije. Problem zaštite vazduha ublažen je boljom homogenošću mešavine pepela i šljake. Takođe pristupljeno je zasađivanju vetro – zaštitnih pojaseva po obodu deponije.

Po završetku eksploatacije, pored tehničke sledi i biološka rekultivacija kojom će se omogućiti vraćanje prostora, ako ne u prvobitno stanje onda daljem korišćenju u druge svrhe uz maksimalnu zaštitu životne sredine.



Slika 8.1. Deponija „Ćirikovac“

LITERATURA

- [1] Dimitrije Voronjec, Tehnološke operacije, MF Beograd, 1998.
- [2] M. Bagner, D. Vuković, Problemi iz mehaničkih i hidromehaničkih operacija, MF Beograd, 1991.
- [3] Glavni projekat, Knjiga T.1: Tehnološki projekat, Projekat zamene sistema za odlaganje pepela i šljake
- [4] Glavni projekat, Knjiga M.1: Unutrašnji sistem pepela i šljake, Sveska M.1.1: Izuzimanje i transport pepela
- [5] Glavni projekat, Knjiga M.1: Unutrašnji sistem pepela i šljake, Sveska M.1.2: Izuzimanje i transport ECO+LUVO pepela
- [6] Glavni projekat, Knjiga M.1: Unutrašnji sistem pepela i šljake, Sveska M.1.3: Kompresorska stanica
- [7] Glavni projekat, Knjiga M.3: Silosi pepela, Sveska M.3.1: Punjenje silosa i otprašivanje
- [8] Glavni projekat, Knjiga M.3: Silosi pepela, Sveska M.3.3: Priprema hidromešavine