

INFORMACIJE B

Broj 35



Prof. ing. MILAN VESOVIĆ

ODREĐIVANJE SPECIFIČNE POTROŠNJE TOPLOTE PRI PROIZVODNJI  
ELEKTRIČNE ENERGIJE BLOKA OD 66 MW PRVE FAZE  
TERMOELEKTRANE KOSOVO

RUDARSKI INSTITUT BEOGRAD 1965.

**Izdavač**  
RUDARSKI INSTITUT — BEOGRAD

**Glavni urednik**  
Dipl. ing. MOCO SUMBULOVIĆ

**R e d a k c i o n i   o d b o r**

Blažek ing. Aleksandar, Čeperković ing. Miodrag, Dular ing. Slavko, Đorđević ing. Kirilo, Filipovski ing. Blagoje, Gluščević prof. ing. Branko, Jovanović dipl. hem. Nićifor, Kovačević ing. Vjekoslav, Lešić prof. dr ing. Đura, Malić prof. dr ing. Dragomir, Marinović ing. Ivo, Mihajlović ing. Jovan, Misita ing. Risto, Novaković ing. Ljubomir, Odić ing. Tvrtko, Perišić dr ing. Mirko, Popović ing. Božidar, Slokan prof. dr ing. Karel, Spasojević ing. Borislav.

**Broj 35**

**Prof. ing. MILAN VESOVIĆ**

**ODREĐIVANJE SPECIFIČNE POTROŠNJE TOPLOTE PRI PROIZVODNJI  
ELEKTRIČNE ENERGIJE BLOKA OD 66 MW PRVE FAZE  
TERMOELEKTRANE KOSOVO**

**Beograd, 1965.**

## S A D R Ž A J

Uvod	— — — — —	3
Kotlovska postrojenje	— — — — —	4
Turbopostrojenje	— — — — —	11
Bilansiranje specifične potrošnje TE	— — —	15

## U V O D

Određivanje specifične potrošnje toplote pri proizvodnji električne energije u termoelektranama vrši se u svrhe:

— dobivanja osnovnih podataka za obračunavanje potrošnje goriva za određeni vremenski period (protekli ili naredni);

— iznalaženja potrebnih elemenata za utvrđivanje optimalnog opterećenja termoelektrane, odnosno kod termoelektrana sa više kotlovskeh jedinica i turbopostrojenja radi utvrđivanja optimalne spregе za razna opterećenja;

— utvrđivanja stanja u kome se nalaze delovi pojedinih postrojenja, kao i postrojenja u celini (posle određenih vremenskih intervala rada termoelektrana);

— dobivanja podataka koji mogu poslužiti kao pouzdani elementi za ocenu rada pojedinih postrojenja termoelektrane i termoelektrane u celini, obuhvatajući pod tom ocenom i tehničku savremenost postrojenja, nivo održavanja i nivo umešnosti rukovanja postrojenjima u procesu rada.

Specifična potrošnja toplote sadržana u gorivu može se odrediti raznim postupcima koji se zasnivaju na elementima dobivenim:

— analitičko-računskim metodama koje koriste teorijske i empirijske podatke;

— analizama statističkih podataka praćenih sistematski u dužem vremenskom periodu;

— merenjima i ispitivanjima na glavnijim ili svim delovima postrojenja termoelektrane, od ulaska uglja u krug termoelektrane do izlaska električne energije — praga termoelektrane;

— kombinovanjem navedenih izvora podataka.

Primena jednog od postojećih postupaka zavisi od niza objektivnih i subjektivnih faktora, kao što su: svrha u koju se određuje specifična potrošnja, kapacitet termoelektrane, stanje u kome se ona nalazi, starost postrojenja (fizička i moralna dotrajalost), posedovanje potrebne merne i kontrolne opreme, postojanje stručnog osoblja u dovoljnoj mjeri itd.

U skladu sa sve većim uticajem ekonomskih faktora na poslovanje privrede uopšte, pa prema tome i među poslovnim partnerima u elektroprivredi (rudnici uglja — termoelektrane — zajednica elektroprivrednih preduzeća), kao i sa činjenicom pojačane izgradnje termoelektrana većih kapaciteta u nas i njihovom ulogom, postavlja se sve oštija potreba za što pouzdanijim postupkom određivanja normativa potrošnje toplote (odносно goriva) u termoelektranama, pa prema tome i za što tačnjim određivanjem specifične potrošnje.

Ovaj zahtev naročito potenciraju i savremene tendencije primene elektronskih mašina u sve većoj mjeri kod termoelektrana većeg kapaciteta, a u cilju neposrednog i stalnog evidentiranja specifične potrošnje toplote, tako, da posebno nameću potrebu za što tačnjim određivanjem osnovnih elemenata za sračunavanje specifične potrošnje.

Imajući u vidu sve navedene zahteve danas se afirmisao kao najkompletniji i najpouzdaniji postupak: određivanje specifične potrošnje toplote putem bilansiranja, a na osnovu energetskih karakteristika kotlovskeh i turbopostrojenja, određenih na

\*) Ovaj rad napisan je na osnovu elaborata o normativnim ispitivanjima bloka od 66 MW čiji su autori: prof. D. Stojanović, prof. Đurić, prof. M. Vesović i viši struč. saradnik M. Borovac.

osnovu ispitivanja, energetskih karakteristika ostalih pomoćnih postrojenja i aparata, kao i na bazi podataka dobivenih merenjima o potrošnji toplothe i električne energije uključujući tu gubitke toplothe u pari, toploj vodi i gubitke toplothe hlađenjem. Prema tome, postupak određivanja specifične potrošnje toplothe balansiranjem na opisani način je veoma složen i zametan. Njegova složenost se višestruko uvećava povećanjem broja kotlova i turbopostrojenja u jednoj termoelektrani, a naročito ako su to jedinice različitih tipova i kapaciteta i nisu spregнуте po blok sistemu.

Međutim, i pored sve složenosti sa malim upršćenjima moguće je, za sve slučajevе dobiti sasvim pouzdane podatke o optimalnim potrošnjama i optimalnim spregama za razna opterećenja termoelektrane.

Kod primene ovog postupka često se postavlja pitanje potrebe istovremenog ispitivanja svih postrojenja termoelektrane. S obzirom na različita vremena trajanja ispitivanja pojedinih postrojenja, pouzdanost metoda ispitivanja, obim ispitivanja, potreban broj stručnog osoblja za takvo ispitivanje i čitav niz drugih faktora mišljenja smo, da nije opravdano postavljanje takvog zahteva.

S obzirom da se kod nas, a i u Evropi, još nije potpuno prešlo na novi internacionalni sistem mera (MKSA), to su ovde usvojene ove jedinice:

- za težinu — kp;
- za silu — kp;
- za entalpiju — kcal/kp;
- za toplotnu moć — kcal/kp;
- za pritisak — kp/cm<sup>2</sup> — sa naznakom man. za natpritisak i aps. za apsolutni pritisak.

## KOTLOVSKO POSTROJENJE

### Podaci o kotlu

#### Opšti podaci

Proizvođač	Deutsche Babcock & Wilcox Dampfkessel Werke A. G. Oberhausen
Isporučilac	Invest-Import, Beograd Terazije 5/1

Broj jedinica	jedna
Fabrički broj	10174
Broj koncesionog crteža	tkg 1280
Godina gradnje	1960.
Interna oznaka	faza I
Tip	jednodobošni, strmocevni, ozračeni kotao

Sistem sagorevanja	ugljeni prah
Gorivo	lignite — Kosovo
Specifičnost	viseća konstrukcija i laka izolacija
Vlasnik	Kombinat za preradu i eksploraciju kosovskih lignita — Obilić

Kapaciteti	
Normalna produkcija	DIM M <sub>p</sub> /h 223
Maksimalna trajna produkcija	DIM M <sub>p</sub> /h 280
Maksimalna produkcija na bazi 30 min	DIM 30 min M <sub>p</sub> /h 295
Tehnički minimum	DIm m:n. M <sub>p</sub> h 125

Pritisici	
Dozvoljeni pritisak u dobošu-man.	P <sub>d</sub> kp/cm <sup>2</sup> 120
Maksimalni radni pritisak u dobošu-man.	P <sub>k</sub> kp/cm <sup>2</sup> 113
Radni pritisak na izlazu iz pregrejača-man.	P <sub>s</sub> kp/cm <sup>2</sup> 100

#### Temperature pri DIN

Temperatura pregrejane pare	t <sub>s</sub> °C	525(513)
Temperatura vode za napajanje	t <sub>a</sub> °C	220
Temperatura zagrejanog vazduha	t <sub>L</sub> °C	253
Temperatura hladnog vazduha	t <sub>l</sub> °C	40
Temperatura izlaznih gasova	t <sub>g</sub> °C	160

#### Grejne površine

Kotao u užem smislu	A <sub>k</sub> m <sup>2</sup>	3650
Pregrejači pare	A <sub>p</sub> m <sup>2</sup>	3850
Predisparivač	A <sub>E</sub> m <sup>2</sup>	4600
Cevni zagrevač vazduha	A <sub>1</sub> , II m <sup>2</sup>	8406
Rebrasti liveni zagrevač vazduha	A <sub>L</sub> I m <sup>2</sup>	3730
Zbir svih grejnih površina	IA m <sup>2</sup>	2423

#### Ložište

Zapremina ložišta	V <sub>R</sub> m <sup>3</sup>	1360
Širina	a m	9,5
Visina	h m	20,5
Dubina	b m	9,0
Opterećenje ležišne zapreme		
DIM	Q <sub>1</sub> V <sub>R</sub> 10 <sup>6</sup> kcal m <sup>3</sup> h	0,157
Opterećenje preseka ležišta za		
DIM	Q <sub>1</sub> F <sub>R</sub> 10 <sup>6</sup> kcal m <sup>3</sup> h	2,2

<b>Gorivo</b>				<b>Tehnički opis kotla.</b> — U kotlarnici TE „Kosovo” — faza I smešten je jedan parni kotao koji je vezan u bloku sa parnom turbinom.
Poreklo	Lignit-Kosovo			Kotao je viseće konstrukcije sa lakom izolacijom, obešen o čeličnu konstrukciju zgrade koja se prednjim delom oslanja o teški armirano betonski deo zgrade za bunkere za ugalj. Zagrevači vazduha nisu viseće konstrukcije, već su smešteni u klasičnom dimnom kanalu koji se nalazi van zgrade.
Donja kalorična moć	H <sub>i</sub> kcal kp	1400		Kotao je za loženje ugljenim prahom, jednodošni, sa potpuno ekransanim ložištem i prirodnom cirkulacijom vode. Svi su zidovi kotla ekransani sem zidova kanala u kome su smešteni svi zagrevači vazduha.
Sadržaj isparljivih delova	i <sub>j</sub> %	20		
Sadržaj pepela	A %	20		
Sadržaj ukupne vlage	W %	47		
Sadržaj sumpora	S %	0,75		
Maksimalni procenat CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> max %	19,7		
Minimalna količina vazduha	L <sub>o</sub> Nm <sup>3</sup> kp	1,87		
Minimalna količina gasova	V <sub>o</sub> Nm <sup>3</sup> kp	2,65		
Dovedena količina goriva pri D <sub>IM</sub>	D <sub>I</sub> M <sub>p</sub> /h	141,5		
Gasificirana količina goriva pri D <sub>IM</sub>	B <sub>IG</sub> M <sub>p</sub> h	136,1		
<b>Gubici za D<sub>IM</sub> (projektни podaci)</b>				
Gubitak u izlaznim gasovima	U <sub>1</sub> %	12,6		Grejnu površinu kotla čine ložišni ekrani i ekra ni bočnih zidova horizontalnog kanala za viseće pregrejače (sekundarni i tercijarni pregrevajući pare), i vertikalnog kanala u kome je smešten horizontalni (primarni) pregrevajući par i dva predisparivača.
Gubitak usled spoljnog hlađenja	U <sub>2</sub> %	0,6		Prečišćavanje izlaznih gasova vrši se pomoću elektro-filtra. Kotao je snabdeven sa dve napojne pumpe, elektro-centrifugalnom i turbo pumpom.
Mlinski gubitak	U <sub>m</sub> %	0,3		Kotao je potpuno automatizovan, a ima i daljinsku ručnu komandu.
Ložišni gubici	U <sub>r,s</sub> %	3,0		
Stepen korišćenja sveden na B <sub>IG</sub>	n <sub>k,p</sub> %	86,5		
Stepen iskorišćenja sveden na B <sub>I</sub>	k <sub>n</sub> %	83,5		<i>Ložište i mlinovi</i>
<b>Uslovi garantnih vrednosti</b>				
Donja kalorična moć goriva	H <sub>i</sub> kcal kp	1400		Ložište kotla je četvorougaonog preseka, izduženog oblika i potpuno ekransano, sa suženjem pri vrhu koje je dobiveno pomoću nosa na zadnjem zidu.
Vлага	W %	47		
Pepeo	A %	20		Sest mlinova je raspoređeno na sledeći način: dva na čeonom, dva na zadnjem i po jedan mlin na bočnim zidovima ložišta. Mlinovi su tipa DGS, proizvod firme DB & W. Ovo je ustvari kombinacija između mlina čekićara i mlina sa udarnim točkom. Recirkulisani gasovi iz ložišta (750°C) uvode se u mlinove aksijalno. Mlin ima dva ležišta i skretne separateure. Kapacitet svakog mlina je 31 M <sub>p</sub> /h, te je za rad kotla pri punom opterećenju dovoljno da radi 5 mlinova.
Sortiman	Sort mm	0-30		
Temperatura vode za napajanje t <sub>a</sub> °C		230		
<b>Garantovane vrednosti</b>				
Odobreni pritisak-man.	P <sub>d</sub> kp cm <sup>2</sup>	120		Ložište je ekransano cevima spoljnog prečnika 57 mm i koraka 60 mm. Cevi su pričvršćene na limene ploče debljine 3 mm, a na ovaj limeni oklop oslanja se izolacija od šljakine vune debljine 120 mm. Sa spoljne strane kotao je obavljen limom debljine 2 mm.
Pritisak u dobošu-man.	P <sub>k</sub> kp/cm <sup>2</sup>	113		
Pritisak na izlazu iz pregrevajuća-man.	P <sub>s</sub> kp cm <sup>2</sup>	100		Za potpalu kotla predviđeno je šest gorionika za lako ulje kapaciteta po 500 kp/h. Parni kapacitet uljnog loženja je 35 M <sub>p</sub> /h.
Normalna produkcija	D <sub>IN</sub> M <sub>p</sub> /h	270		
Maksimalna trajna produkcija	D <sub>IM</sub> M <sub>p</sub> /h	280		
Maksimalna produkcija na bazi 30 min.	D <sub>IM</sub> 30 min	295		
Tehnički minimum	D <sub>I</sub> min M <sub>p</sub> /h	125		
Temperatura pregrevane pare (od 185 p/h)	t <sub>s</sub> °C	513		<i>Pregrevajući par</i>
Besprekidan rad	H <sub>r</sub> h	4000		
Stepen korisnosti kotla pri D <sub>IN</sub>	n <sub>k,N</sub> %	84,5		Pregrevajući par se sastoji iz tri dela: primarnog pregrevajućeg par koji je horizontalan i smešten na
Stepen korisnosti kotla pri D <sub>IM</sub>	n <sub>k,M</sub> %	83,5		

Pregled karakterističnih veličina dobivenih merenjem na ispitivanjima i računavanjem

Tablica 1

Red. br.	Naziv	Oznaka	1	2	3	4	5	Dimenzije
1.	Temperatura vazduha ispred ventilatora	$t_v$	30,1	26,9	25,4	24,5	°C	
2.	Srednje temperature izlaznih dimnih gasova	$t_{gl}$	228,7	240,3	208,1	199,4	°C	
3.	Temperatura vode za napajanje ispred kotla	$t_w$	244,1	250,3	226,1	210,0	°C	
4.	Temperatura vode iza pumpa	$t_{wh}$	159,3	160,9	146,9	135,7	°C	
5.	Temperatura pregrejane pare	$t_s$	515,3	514,9	515,9	516,9	°C	
6.	Depresija u ložištu	—	4,8	4,5	3,0	3,3	mm VS	
7.	Depresija u ulaznom dimnom kanalu-levo	—	130,2	124,9	68,3	39,9	mm VS	
8.	Depresija u izlaznom dimnom kanalu-desno	—	128,7	116,6	74,1	43,0	mm VS	
9.	Natpritisak vazduha iza grejača vazduha-levo	—	259,3	335,8	133,8	50,8	mm VS	
10.	Natpritisak vazduha iza grejača vazduha-desno	—	264,7	335,3	131,3	55,2	mm VS	
11.	Pritisak napojne vode na ulazu u kotao-apsolutni	$p_w$	102,37	104,18	96,98	94,78	kp/cm <sup>2</sup>	
12.	Pritisak u dobošu-apsolutni	$p_k$	100,9	99,97	93,1	94,4	kp/cm <sup>2</sup>	
13.	Pritisak pregrejane pare iza III pregrejaća-apsolutni	$p_s$	90,375	90,455	90,25	89,985	kp/cm <sup>2</sup>	
14.	Barometarsko stanje	—	0,97	0,98	0,98	0,98	kp/cm <sup>2</sup>	
<b>U g a l i</b>								
15.	Sadržaj vlage	$W$	48,00	47,80	48,30	48,00	%	
16.	Sadržaj pepela	$A$	17,47	16,89	15,93	14,47	%	
17.	Sagorljive materije	—	30,51	31,93	33,80	35,79	%	
18.	Sadržaj vodonika	$H_2$	1,69	1,72	1,72	1,85	%	
19.	Sadržaj ugljenika	$C$	20,27	20,91	22,30	24,62	%	
20.	Sadržaj azota + kiseonika + sumpora	$N_2 + O_2 + S$	8,55	9,30	8,93	9,32	%	
21.	Sadržaj ugljendioksida	$CO_2$	4,02	3,38	2,73	1,74	%	
22.	Toplotna moć — gornja	$H_s$	1888	1938	2094	2280	kcal/kp	
23.	Toplotna moć — donja	$H_l$	1513	1558	1711	1892	kcal/kp	
<b>S i j a k a</b>								
24.	Sagorljivo u šljaci — uzorak bez vlage	$Q_1$	75,86	74,86	74,91	71,31	%	
25.	Nesagorljivo u šljaci — uzorak bez vlage	—	24,14	25,14	25,09	28,69	%	
26.	Količina vlažne šljake — izmerena	$G_s$	21,15	1728	2157	1738	kp/h	
27.	Sadržaj vlage u šljaci — mokra šljaka	$W_s$	10,66	8,66	8,56	9,97	%	
28.	Količina suve šljake — računata	$G_{ss}$	1882	1573	1963	1564	kp/h	

**P e p e o**

29. Sagorljivo u pepelu — uzorak bez vlage

30. Nesagorljivo u pepelu — uzorak bez vlage

31. Količine pepela — računato

Sastav izlaznih dimnih gasova-a-srednja vrednost

	Q <sub>z</sub>	1.23	2.06	0.88	1.24	%/₀
	G <sub>p</sub>	—	98.77	97.94	99.12	%/₀
		19840	20620	11170	6510	kp/h
32. Sadržaj ugljendioksida	CO <sub>₂</sub>	14.73	14.73	14.72	14.12	%/₀
33. Sadržaj kiseonika	O <sub>₂</sub>	4.55	4.65	4.63	5.13	%/₀
34. Sadržaj ugljenmonoksida	CO	0.12	0.13	0.00	0.00	%/₀
35. Sadržaj vodonika	H,	0.05	0.00	0.00	0.00	%/₀
36. Sadržaj azota	N <sub>₂</sub>	80.55	80.49	80.65	80.75	%/₀

Količine pare i vode

	D <sub>₁</sub>	229470	252626	160697	111580	kp/h
	D <sub>₁N</sub>	222190	242400	162455	115830	kp/h
	D <sub>₂</sub>	1133	1249	1333	1366	kp/h
37. Količina proizvedene pare — stvarna	DH	4488	4768	5215	3123	kp/h
38. Količina proizvedene pare svedena na ugovorene parametre	DW	226115	249107	156825	110523	kp/h

Gubici topote

42. Gubitak topote usled nesagorelog u šijaci	U <sub>₁</sub>	3.25	2.57	5.19	5.42	%/₀
43. Gubitak topote usled nesagorelog u pepelu	U <sub>₂</sub>	1.12	1.78	0.64	0.74	%/₀
44. Gubitak topote usled sadržaja ugjenika u čadi	U <sub>₃</sub>	0.30	0.30	0.30	0.30	%/₀
45. Gubitak topote usled fizičke topote šljake i pepela	U <sub>₄</sub>	0.74	0.69	0.69	0.55	%/₀
46. Gubitak topote usled fizičke topote izlaznih gasova	U <sub>₅</sub>	14.98	15.90	12.70	12.47	%/₀
47. Gubitak topote usled hemijski nepotpunog sagorevanja	U <sub>₆</sub>	0.66	0.70	0.00	0.00	%/₀
48. Gubitak topote usled hladnja kotla	U <sub>₇</sub>	0.73	0.67	0.98	1.33	%/₀
49. Ukupni gubici	U	21.78	22.55	20.48	20.81	%/₀
50. Stepen korisnosti kotla	η <sub>K</sub>	78.22	77.45	79.52	79.19	%/₀
51. Tolerancija odstupanja stepena korisnosti kotla	Δη <sub>K</sub>	+1.75	+1.62	+2.23	+2.35	%/₀
52. Stepen korisnosti kotla sa odstupanjem	3Δη <sub>K</sub>	78.22	77.45	79.52	79.19	+2.35 %/₀

početku kanala naknadnih površina, a obešen je o hladene cevi predisparivača; sekundarnog pregrevanja koji je ozračen (viseći) i smešten na zadnjoj strani ložišta; tercijarnog pregrevanja koji je konvektivno-ozračen i visećeg je tipa, smešten u horizontalnom gasnom kanalu. Strujanje gasova i pare u primarnom i tercijarnom pregrevajućem pare je suprotog toka, a u sekundarnom istosmerno. Između sekundarnog i tercijarnog pregrevanja pare smešteni su, sa svake strane kotla, po jedan hladnjak pare sa ubrizgavanjem vode. Sekundarni i tercijarni pregrevajući obešeni su o krovnu konstrukciju kotla.

Sušenje zasićene pare u dobošu vrši se pomoću ciklonskih separatora i baterije talasastih limova na izlazu iz ciklona.

#### Cirkulacija vode

Cirkulacija vode je prirodna. Kao spusne cevi služe dve cevi velikog prečnika pomoću kojih se voda iz doboša spušta u sabirnike za napajanje ležišnih ekrana i ekrana gasnog kanala za smeštaj primarnog pregrevajućeg pare i dva stupna predisparivača. Ovi ekrani su spoljnog prečnika 38 mm, a korak im je 50 mm. Prema tome, svi ekrani služe kao podizne cevi.

#### Naknadne grejne površine

U drugom gasnom kanalu, pored primarnog pregrevajućeg pare, smeštena su dva stupna predisparivača obešena na vodom hladene cevi.

Zagrevaci vazduha su smešteni u trećem gasnom kanalu koji se nalazi van zgrade — na otvorenom prostoru. Zagrevaci se sastoje iz jednog paketa po visini, a dva po širini rebrastih livenih cevi. Ovaj zagrevac je jednohodi. Cevi zagrevaca su horizontalne, kroz njih prolazi vazduh, a preko njih gasovi. Drugi grejač vazduha čine horizontalne Mansmanove cevi kroz koje prolazi vazduh, a preko kojih struje gasovi. Ovaj zagrevac se sastoji iz četiri paketa po visini i dva po širini tj. od ukupno osam paketa. Zagrevac je dvohodni i dvodelni po širini kotla, te ga snabdevaju vazduhom dva ventilatora.

U vezi sa problemom hladnog kraja postoji mogućnost recirkulacije toplog vazduha i kratka vezu između ventilatora i voda za zagrejani vazduh.

Primarni vazduh se dovodi u mlinove, a sekundarni u gorionike kao gornji, donji i centralni vazduh. Pored ovoga, zagrejani vazduh se dovodi kroz granulacioni levak u ložište — u jezgro plamena, kao tercijarni vazduh.

Zagrejani vazduh se dovodi i uljnim gorionicima za počpalu kotla.

Parni duvači čadi su smešteni između paketa predisparivača, između hodova glatkoccevnog zagrevaca vazduha i iznad rebrastog zagrevaca vazduha.

#### Ispitivanje kotla

Ispitivanja kotla vršena su radi određivanja stepena korisnosti kotla pri raznim opterećenjima u pogonskim uslovima (kao i na osnovu toga i stvarne energetske karakteristike kotla). Ukupno je izvršeno pet ispitivanja, pri različitim opterećenjima, počevši od tehničkog minimuma kotla pa do opterećenja kotla koje odgovara najvećem trajnom opterećenju turboagregata.

Pre početka ispitivanja kotao je bio u radu preko 5.000 časova, što je za 25% više od vremena predviđenog za remont kotla.

Cišćenje kotlovske površine vršeno je normalno, prema pogonskim uputstvima, na kotlu u radu. Pre ispitivanja kotao nije zaustavljen radi detaljnog čišćenja, na zahtev korisnika i na osnovu saglasnosti ZEPS-a.

Sva ispitivanja vršena su po indirektnoj metodi u skladu sa propisima DIN 1942, a trajanje ispitivanja za obračun je 4 h (izuzev informativnog, trećeg ispitivanja).

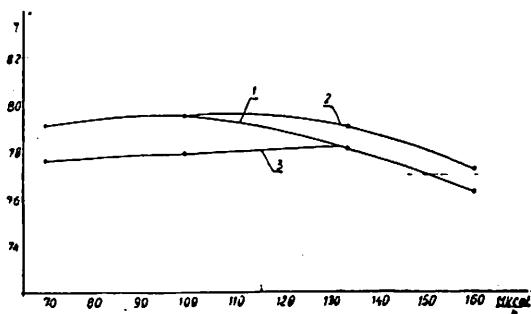
Pored merenja veličina koje su neophodne za određivanje stepena korisnosti kotla, pri ispitivanju su merene i ostale veličine koje su karakteristične za ocenu rada pojedinih delova kotla, odnosno kotla u celini.

#### Krive stepena korisnosti i energetske karakteristike

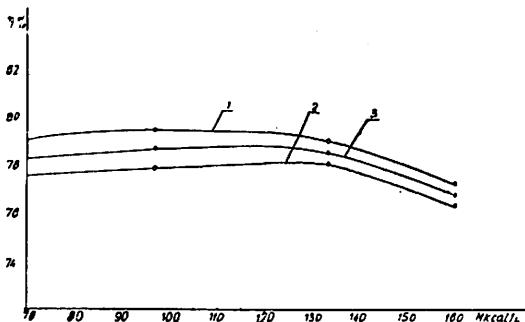
Iz pregleda karakterističnih veličina datih u prethodnom odeljku vidi se, da su kod različitih ispitivanja bili i ugljevi različitih toplotnih moći. Tako kod ispitivanja 1 i 2 (sa najvećim opterećenjima) toplotna moć uglja je približna garantovanoj, dok je kod ispitivanja 4 i 5 (sa najmanjim opterećenjima) upotrebljen znatno bolji ugalj (za oko 2.5%). Iz ovih razloga dobivena kriva stepena korisnosti kotla ne odgovara u celini, jer prva polovina odgovara primenjenom boljem uglju, dok druga polovina — desna strana odgovara upotrebljenom lošijem uglju.

Iz ovih razloga u dijagramu redukovanih stepena, korisnosti kotla date su tri krive stepena korisnosti (slika 1). Kriva 1 predstavlja stepen korisnosti dobiven ispitivanjem sa primenom različitih kvaliteta ugljeva — stvarno dobivena kriva. Kriva 2 predstavlja korigovani stepen korisnosti kotla pod uslovom primene uglja od oko 1.900 kcal/kp. Kriva 3 predstavlja korigovani stepen korisnosti kotla pod uslovom primene uglja od oko 1.500 kcal/kp.

U daljem određivanju merodavne krive stepena korisnosti kotla moguće je postupiti na dva načina. Odrediti pojedinačnu potrošnju toplotne energije u kotlu u zavisnosti od upotrebljenog uglja (primena krive 2 ili 3 — slika 2), ili pak usvojiti za ceo obračun jednu srednju krivu stepena korisnosti kotla što je po našem mišljenju realnije. Stoga su u dijagramu date 3 krive stepena korisnosti kotla. Kriva 1 predstavlja stepen korisnosti kotla pri upotrebi uglja od 1.900 kcal/kp. Kriva 2 stepen korisnosti kotla pri upotrebi uglja od oko 1.500 kcal/kp, a kriva 3 je rezultirajuća korigovana kriva stepena korisnosti kotla koja je usvojena za dalji obračun.



Sl. 1 — Dijagram redukovanih stepena korisnosti kotla  
1 — dobiven pri ispitivanju; 2 — redukovani na ugalj 1900 kcal/h; 3 — redukovani na ugalj sa 1500 kcal/h



Sl. 2 — Dijagram srednjeg redukovanih stepena korisnosti kotla  
1 — dijagram za ugalj 1900 kcal/kp; 2 — dijagram za ugalj 1500 kcal/kp; 3 — srednji redukovani dijagram

Ispitivanja na kotlu su sprovedena posle više od 5.000 h rada kotlovskega postrojenja (koliko je predviđeno da kotao neprekidno radi između dva remonta), ali korekcija stepena korisnosti zbog eventualno veće zaprljanosti nije vršena zbog toga što su neposredno pre ispitivanja vršena detaljna i duža duvanja čadi, kao i zbog toga što je vođenju kotla posvećena posebna pažnja, što normalno nije slučaj u svakodnevnom pogonu. Po našem mišljenju ovo kompenzuje eventualno smanjenje stepena korisnosti kotla, zbog prethodnog dužeg rada kotla.

#### Neka zapažanja u vezi sa ispitivanjima

**Finoča mlevenja uglja.** — Mlinovi melju grubo i kod donje toplotne moći ugalja 1513—1892 kcal/kp. Prelaskom na ugovoren ugalj ( $H_i = 1400 \text{ kcal/kp}$ ) finoča mlevenja će se pogoršati pošto se povećava potrošnja ugalja te se povećavaju i brzine strujanja (povećanje graničnog zrna i smanjenje efekta separacije — smanjen cirkulacioni broj u mlinu). Po red toga, opadanje toplotne moći upotrebljenog ugalja pretežno je posledica povećanog procenta pepele, jer je ( $W = \text{const}$ ) što će verovatno imati uticaja na mlivost.

Isporučilac kotla je u toku doterivanja mlinova skinuo dva reda čekića (mlinovi su predviđeni za 4 reda čekića) i izbacio izvestan broj separacionih elemenata. Pomoću ovoga povećana je produkcija mlinova i smanjena specifična potrošnja električne energije kao i instalirana snaga elektromotora. Posledica ovoga je pogoršana finoča mlevenja.

Interesantno je navedi da je instalirana snaga ugrađenih elektromotora od 250 kW znatno manja od snage koja se dobiva po klasičnim obrascima.

Pretpostavlja se da je jedan od glavnih razloga velikog gubitka usled nesagorelog u šljaci neodgovarajuća finoča mlevenja.

Ovaj gubitak bi se mogao dovesti na odgovarajuću visinu doterivanjem mlinova i eventualnom ugradnjom mehaničke rešetke za dogorevanje (moći ugradnja laničane rešetke površine  $10 \text{ m}^2$ ).

Grubo mlevenje pored velikog gubitka toplote u nesagorelom, u šljaci i pepelu ima za posiedicu i značno povećanje mehaničkog trošenja (abanje) grejnih površina.

**Temperatura izlaznih gasova — gubitak toplote usled fizičke toplote izlaznih gasova.** — Prema tehničkim podacima za ovaj kotao temperatura izlaznih gasova pri normalnom opterećenju treba da iznosi  $160^\circ\text{C}$ , a pri maksimalnom trajnom  $170^\circ\text{C}$ . Međutim, pri opterećenju  $D_1 = 222.190 \text{ kp/h}$  (ovo opterećenje je najpričinjivo jednom od garantovanih opterećenja) koje je približno normalnom opterećenju ( $D_{1,N} = 220 \text{ t/h}$ ) srednja temperatura izlaznih gasova je iznosila  $228,7^\circ\text{C}$  što je za čitavih  $68,7^\circ\text{C}$  više od predviđene temperature za to opterećenje.

Uzimajući u obzir, da je kotao neprekidno radio preko 4000 h, prema podacima proizvođača, izlazna temperatura gasova može da dostigne  $190^\circ\text{C}$ .

Kod većih opterećenja kotla ova razlika je još uočljivija. Ovako visoke izlazne temperature ne mogu se pripisati samo zapaljenosti kotla i neispravnom rukovanju.

Tablica 2

## Svodenje stepena korisnosti kotla na specificirane parametre

Red. broj	Dimen- zije	Ispitivanja №			
		1	2	4	5
<b>Proizvedena para:</b>					
1. količina	kp/h	229470	252626	160697	111580
2. pritisak-korigovan-aps.	kp/cm <sup>2</sup>	90,375	90,455	90,25	89,99
3. temperatura	°C	515,25	514,9	515,5	516,9
4. entalpija	kcal/kp	818,6	818,4	818,8	819,1
<b>Voda za hlađenje pare</b>					
5. količina	kp.h	4488	4768	5215	2423
6. pritisak-korigovan-aps.	kp/cm <sup>2</sup>	137,9	138,5	138,5	137,5
7. temperatura	°C	159,3	160,8	147,0	136,7
8. entalpija	kcal/kp	163,0	163,0	149,7	139,3
<b>Voda od odsoljavanja</b>					
9. količina	kg/h	1133	1249	1333	1366
10. pritisak-korigovan-aps.	kp/cm <sup>2</sup>	98,6	100,4	93,6	91,5
11. temperatura	°C	308,4	309,5	309,5	309,4
12. entalpija	kcal/kp	330,0	331,0	331,0	323,0
<b>Voda za napajanje</b>					
13. količina	kp/h	239574	261535	168388	124254
14. pritisak-korigovan-aps.	kp/cm <sup>2</sup>	102,4	104,2	97,0	94,8
15. temperatura — korigovana	°C	233,2	235,2	215,0	199,0
16. entalpija	kcal/kp	240,3	242,6	220,4	203,2
<b>Tehnički podaci kotla</b>					
17. temperatura pregrejane pare na izlazu	°C		525		
18. pritisak pregrejane pare na izlazu-man.	kp/cm <sup>2</sup>		100		
19. pritisak u kotlu-man.	kp/cm <sup>2</sup>		113		
20. temperatura vode za napajanje	°C		230		
<b>Sračunate i svedene veličine</b>					
21. količina toplote koju je para i voda pri-mila u kotlu	Mkcal/h	133,146	145,92	96,67	69,05
22. stepen korisnosti kotla	%	78,22	77,45	79,52	79,19
23. utrošak količine toplote u kotlu	Mkcal/h	170,2	188,3	121,6	87,2

N a p o m e n a: Iz navedenih veličina sastavljeni su:

— dijagram stepena korisnosti kotla dobiven ispitivanjima,

- korigovani stepeni korisnosti kotla,
- dijagram korigovanih stepena korisnosti sa srednjom krivom,
- dijagram srednjeg korigovanog stepena korisnosti kotla.

Visina izlaznih temperatura kod primopredajnih ispitivanja, pri kojima su kotlom rukovali predstavnici proizvodača, dostizala je još više vrednosti ( $260^{\circ}\text{C}$  za  $D_1 = 260 \text{ MPa}$ ) i pored toga što su duvači čadi na zahtev predstavnika DB&W, radili 2—3 puta duže vremena no što je isporučilac kotla u upustvima za rukovanje predviđao. Karakteristično je podvući da je porast temperature bio posle rada duvača čadi oko  $5^{\circ}\text{C}/\text{h}$  i da se temperatura ustaljivala posle približno dva sata rada kotla.

Pošmatrajući ostala savremena kotlovska postrojenja u zemlji (TE Šoštanj — kotlovi „Sulzer“, TE Kakanj — kotlovi „Steinmüller“, TE Kolubara — kotlovi „Steinmüller“ Energana-fabrika celuloze, Banja Luka — kotlovi „Cail-Steinmüller“ itd.) vidi se, da su izlazne temperature gasova kotla TE Kosovo više za  $30$ — $70^{\circ}\text{C}$ .

Z a k l j u č a k. — Razlika između postignutog i garantovanog stepena iskorišćenja iznosi oko 6% iako je gorivo pri ispitivanjima bilo znatno kvalitetnije (5—30%) od predviđenog.

Nizak stepen iskorišćenja kotla posledica je velikog gubitka usled nesagorelog u šljaci i usled velikog gubitka u izlaznim gasovima.

U pogledu ostvarenja predviđenih kapaciteta nije bilo nikakvih teškoća pri upotrebi uglja koji je bio na raspoloženju.

## TURBOPOSTROJENJE

### Podaci o turbopostrojenju

Turbina	
Proizvođač	„Westinghouse“
Godina puštanja u komercijalan rad	1962.
Maksimalna trajna snaga	63.000 kW
Pritisak ispred turbine ... man.	87.884 kp/cm <sup>2</sup>
Temperatura ispred turbine	510°C
Temperatura napojne vode iz poslednjeg zagревачa	prema opterećenju
Broj obrta	3000 o/min

### Kondenzacijsko postrojenje

Kondenzator	površinski
Površina kondenzatora	4.645 m <sup>2</sup>
Količina rashladne vode	10.600 m <sup>3</sup> /h
Hlađenje	povratno
Maksimalna temperatura rashladne vode na ulazu u kondenzator	33,4°C
Vakuum za maksimalnu trajnu snagu	76,2 mm Hg

### Postrojenja za zagrevanje vode za napajanje

Broj neregulisanih oduzimanja	pet
Broj površinskih zagревача	dva
n. pritiska	dva
Broj površinskih zagревача	dva
v. pritiska	dva
Broj zagrevaca mešanih	jedan-odvajač
Odvajanje gasova	gasova
Površinski zagrevaci	termičko
	hlađnjacima pare i kondenzata

### Stanje turboagregata pred ispitivanje

Vreme ispitivanja	pred prvim remontom
Broj časova rada od puštanja u rad	oko 5.000
Proba zaptivanja prema vakuumu nije vršena	
Količina vazduha koju isisava ejektor	merena

### Podaci o generatoru

Proizvođač	Westinghouse Electric Corporation
Tip	Generator naizmenične stuje hlađen vodonikom sa „termo-plastičnom“ izolacijom statora

Pritisak vodonika	0,5	15	30	PSIG
Maksimalna trajna snaga	64000	73500	80000	KVA
Struja statora	3.519	4047	4399	A
Sačinilac snage		0,8		
Struja rotora	772	836	882	A
Napon pobude		250		V
Najveći porast temperature pri 30 PSIG	45	statora	79	rotora °C
Napon		10500		V
Broj faza		3		
Učestalost		50		
Broj obrta		3000		°/min
Maksimalna temperatura vode za hlađenje		95		°F

### Ispitivanje turbopostrojenja

Svrha ispitivanja postrojenja turboagregata 66 MW u TE Kosovo je bila, da se za postrojenje turboagregata 66 MW pod njegovim specifičnim uslovima uobičajenog rada odredi - prema propisima DIN 1943. — specifična potrošnja topote za pet opterećenja.

Pregled karakterističnih izme tenih i sračunatih veličina

Tablica 3

Red. br.	Izmerena ili izračunata veličina	Oznaka	Merna jedinica	1	2	3	4	5
1.	Stvarni protok pare kroz turbinu	G <sub>TS</sub>	kp/h	240592	253708	198388	165926	125965
2.	Pritisak ispred glavnog ventila-aps.	P <sub>SP</sub>	kp/cm <sup>2</sup>	87,52	87,54	88,11	88,12	88,62
3.	Temperatura ispred glavnog ventila	t <sub>SP</sub>	°C	510,4	510,63	510,02	510,72	510,94
4.	Entalpija pare ispred glavnog ventila	i <sub>SP</sub>	kcal/kp	816,6	816,6	816,3	816,6	816,6
5.	Protok dodatne vode	G <sub>DV</sub>	kp/h	4000	616,6	3212	2929	2610
6.	Pritisak dodatne vode-apsolutni	P <sub>DV</sub>	kp/cm <sup>2</sup>	0,97	6125	0,97	0,97	0,97
7.	Temperatura dodatne vode	t <sub>DV</sub>	°C	24	0,97	28	28,2	28
8.	Entalpija dodatne vode	i <sub>DV</sub>	kcal/kp	2 <sub>1</sub>	27	28	28,2	28
9.	Protok odmujivanja	G <sub>OD</sub>	kp/h	1350	27	1325	1335	1352
10.	Pritisak odmujivanja-apsolutni	P <sub>OD</sub>	kp/cm <sup>2</sup>	101	1385	99,22	96,97	94,90
11.	Temperatura odmujivanja	t <sub>OD</sub>	°C	310	100,97	309	307	306
12.	Entalpija odmujljene vode	i <sub>OD</sub>	kcal/kp	335	310	333	330,9	329
13.	Pritisak odmujivanja u rasiritelju-apsolutni	P <sub>ODR</sub>	kp/cm <sup>2</sup>	5,8	335	4,56	3,0	2,83
14.	Suvroća pare u rasiritelju	x <sub>ODR</sub>	kP/kp	0,34	5,70	0,36	0,38	0,38
15.	Protok odmujljene pare	G <sub>ODP</sub>	kp/h	1460	0,34	480	510	515
16.	Protok odmujljene vode	G <sub>ODV</sub>	kp/h	890	470	845	825	837
17.	Protok ubrizgane vode	G <sub>UB</sub>	kp/h	3560	915	3428	2094	2775
18.	Pritisak ubrizgane vode-apsolutni	P <sub>UB</sub>	kp/cm <sup>2</sup>	136,56	2600	139,31	137,12	136,22
19.	Temperatura ubrizgane vode	t <sub>UB</sub>	°C	159,8	137,16	151,0	147,55	136
20.	Entalpija ubrizgane vode	i <sub>UVB</sub>	kcal/kp	163	160,85	153,9	151,1	138,7
21.	Protok napojne vode	G <sub>NV</sub>	kp/h	242688	163,9	200134	167,841,0	126950
22.	Pritisak napojne vode-apsolutni	P <sub>NV</sub>	kp/cm <sup>2</sup>	103	263449	98,97	96,97	94,97
23.	Temperatura napojne vode-izmerena	t <sub>NVi</sub>	°C	233,2	103,97	225	217	202,4
24.	Korekcija konca i korekcija instrumenata	t <sub>rkk+ti</sub>	°C	0,8—2	237,0	0,5—2	0,3—2	0,0—2
25.	Temperatura napojne vode	t <sub>NV</sub>	°C	232	0,8—2	223,5	215,3	200,4
26.	Entalpija napojne vode	i <sub>NV</sub>	kcal/kp	239	235,8	229,6	220,8	204,7
27.	Potrošnja toplove turboprostrojenja	Q <sub>GB</sub>	Mkcal/h	138,33	243,3	115,746	97,657	76,937
28.	Snaga na priključima generatora-bruto	P <sub>GBT</sub>	kW	61000	143,119	50000	45000	32000
29.	Specifična potrošnja toplove turboprostrojenja-bruto	q <sub>GBT</sub>	kcal/kWh	2268	2202	2314	217	2404

**Specifična potrošnja topline turbopostrojenja**

Tablica 4

Red. br.	Izmerena ili izračunata veličina	Oznaka	Merna jedinica	1	2	3	4	5
1.	Pritisak ispred glavnog ventila turbine-aps.	$p_{SP}$	$\text{kp/cm}^2$	87,52	87,54	88,11	88,12	88,62
2.	Temperatura ispred glavnog ventila turbine	$t_{SP}$	$^{\circ}\text{C}$	510,4	510,63	510,02	510,72	510,04
3.	Temperatura napojne vode iz poslednjeg zagrejača	$t_{NV}$	$^{\circ}\text{C}$	232	235,8	223,5	215,3	200,4
4.	Vakuuum na izlaznom rukavu turbine-nekorigovani	$p_{VM}$	mm Hg	61,10	60,22	53,19	45,21	36,30
5.	Pritisak vodonika u generatoru	$p_H$ , $\cos$	$\text{kp/cm}^2$	1,547	1,50	1,49	1,308	1,11
6.	Faktor snage	$P_{GBW}$	kW	0,889	0,96	0,897	0,692	0,81
7.	Snaga izmerena vatmetrima	$P_{GBB}$	kW	61182	64935	49770	41580.	32295
8.	Snaga izmerena brojilom	$Q_{GB}$	Mkcal/h	61000	65000	50000	45000	32000
9.	Potrošnja topline turbopostrojenja	$Q_{GB}$	Mkcal/h	138337	143,119	115,746	97,657	76,937
10.	Specifična potrošnja topline u odnosu na snagu merenu vatmetrima	$q_{GBW}$	kcal/kWh	2261	2203	2325	2348	2335
11.	Specifična potrošnja topline u odnosu na snagu merenu brojilom	$q_{GBB}$	kcal/kWh	2268	2202	2314	(2170)	2404

Svođenje specificirane potrošnje topline na specifne parametre

Tablica 5

Red. br.	Izmerena ili izračunata veličina	Oznaka	Merna jedinica	1	2	3	4	5
1.	Snaga izmerena vatmetrima	$P_{GRW}$	kW	61182	61935	49770	41580	32295
2.	Faktor snage-izmereni	$\cos \phi$		0,889	0,98	0,897	0,692	0,881
3.	Faktor snage-specificirani	$\cos \phi$		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
4.	Korekcija snage zbog odstupanja faktora snage	$dP_{GBW\cos}$	kW	-160	-190	-75	+60	-30
5.	Pritisak vodonika u generatoru-izmereni	$p_{H_2M}$	kp/cm <sup>2</sup>	1,55	1,50	1,49	1,31	1,11
6.	Pritisak vodonika u generatoru-specificirani	$p_{H_2S}$	kp/cm <sup>2</sup>	0,32	0,30	0,3035	0,035	0,035
7.	Korekcija snage zbog odstupanja pritiska vodonika	$dP_{GBEH_2}$	kW	+60	+60	+75	+75	+75
8.	Korigovana snaga	$P_{GNWK}$	kW	61142	64805	49770	41715	32340
9.	Potrošnja topline pri merenoj snazi	$Q_{GB}$	Mkcal/h	138.337	143.119	115.746	97.657	76.937
10.	Specifna potrošnja topline za korigovanu snagu	$q_{BNKI}$	kcal/kWh	2262	2208	2326	2343	2376
11.	Pritisak ispred glavnog ventila-izmereni	$p_{SPM}$	kp/cm <sup>2</sup>	87,52	87,54	88,11	88,12	88,62
12.	Pritisak ispred glavnog ventila-specificirani	$p_{SPS}$	kp/cm <sup>2</sup>	dP <sub>SP</sub>	-1,39	-1,37	-0,80	-0,79
13.	Odstupanje izmerenog pritiska od specificiranog	$k_{SP?}$	%	$t_{S^2M}$	-0,14	-0,14	-0,07	-0,06
14.	Procenat korekcije spec. potrošnje topline zbog odstupanja pritiska	$t_{S^2M}$	%	$t_{SPS}$	510,4	510,63	510,02	510,72
15.	Temperatura ispred glavnog ventila-izmerena	$t_{SPS}$	%	$k_{SPt}$	0,02	+0,03	+0,00	+0,04
16.	Temperatura ispred glavnog ventila-specificirana			$V_{MH}$	mm Hg	61,13	60,31	53,33
17.	Procenat korekcije spec. potrošnje topline zbog odstupanja temperature			$V_{SN}$	mm Hg	61,13	60,31	45,31
18.	Vakuum na priključku turbinskog rukava za kondenzator-merni-kor.	$V_{NV}$	mm Hg	$t_{NV}$	0,0			38,9
19.	Vakuum na priključku turbinskog rukava za kondenzator-spec.	$V_{SN}$	mm Hg	$t_{NVs}$	0,0			38,9
20.	Procenat korekcije zbog odstupanja vakuma zagrejača-izmerena	$t_{NV}$	%	$t_{NVs}$	232	235,8	223,5	215,3
21.	Temperatura napojne vode posle poslednjeg zagrejača-izmerena	$t_{NVs}$	%	$t_{NV}$	232	235,8	223,5	200,4
22.	Temperatura napojne vode posle poslednjeg zagrejača-spec.			$k_{NV}$	0,0			200,4
23.	Procenat korekcije zbog odstupanja temperature napojne vode	$k_{NV}$	%	$k_{NV}$	-0,12	-0,11	-0,07	-0,02
24.	Ukupan zbir процента korekcije	$d_{qG3}$	kcal/kWh	$d_{qG3}$	-2,7	-2,4	-1,6	-0,5
25.	Promena specifne potrošnje zbog odstupanja parametara	$q_{GBnorm}$	kcal/kWh	$q_{GBnorm}$	2259	2206	2324	-0,7
26.	Specifična potrošnja topline svedena na specifirane parametre	$Q_{GBnorm}$	Mpcal/h	$Q_{GBnorm}$	138,12	142,960	115,864	2343
27.	Potrošnja topline svedena na specifirane parametre							2375
								76,807
								$P_{GBW}$

N a p o m e n a:

Iz podvučenih vrijednosti načrtani i priloženi dijagrami: Energetska karakteristika turbopostrojenja — Spec. potrošnja topline (slika 3). Energetske karakteristike turbopostrojenja — ukupna potrošnja topline (slika 4).

Od pet opterećenja turboagregata pri kojima je ispitivan tri su po pravilu oko ventilskin tačaka.

Pri ispitivanju su morali biti održavani parametri koji odgovaraju propisima proizvođača i DIN 1943., s tim da ne bude odstupanja od uobičajenog pogona turboagregata. Kako je održavanje parametara uglavnom automatsko, to je odstupanje parametara u toku ispitivanja bilo u skladu sa propisima DIN 1943.

Prema dogovoru pogon i ispitivanja morala su biti u skladu sa propisima DIN 1943. i svim ostalima koji su u ovim propisima navedeni. Obrada izveštaja izvršena je u skladu sa ovim propisima i specifičnostima turbopostrojenja 66 MW TE Kosovo te se odnosi samo na ovo postrojenje.

#### Neka zapažanja u vezi sa ispitivanjima

Zaključak u pogledu pouzdanosti i tačnosti merenja. Iz bilansa protoka vidi se, da odstupanja ulazne i izlazne količine fluida ne prelaze merne tolerancije koje bi se dobile sabiranjem mernih tolerancija na parnoj i vodenoj strani. Prema tome, može se smatrati da je merenje sigurno u granicama mernih tolerancija na vodenoj strani.

Zaključak u pogledu izmerene i izračunate specifične potrošnje. Iz rezultata ispitivanja se vidi, da promena specifične potrošnje sa promenom snage ima normalan tok za ovakvu vrstu postrojenja, ako se uzmu u obzir povećanja u međuventilskim tačkama i merne tolerancije.

Zaključak u pogledu uticaja ispravnosti postrojenja na specifičnu potrošnju toplote. Iz upoređenja parametara dobivenih merenjem i parametara navedenih u termičkom bilansu proizvođača, nisu mogla biti primećena nikakva izrazita odstupanja koja bi ukazivala na bilo kakav objektivan ili subjektivan važniji razlog povećanja specifične potrošnje toplote, prema predviđenoj — od strane proizvođača.

#### BILANSIRANJE SPECIFIČNE POTROŠNJE TE

##### Način određivanja specifične potrošnje toplote celog bloka

Na osnovu izvršenih ispitivanja određene su:

— energetske karakteristike postrojenja turboagregata za određene parametre,

— energetske karakteristike kotla,

— gubici pare i vode za napajanje,

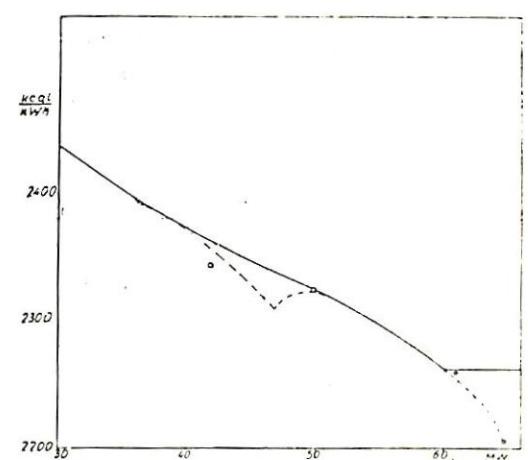
— gubici toplote u glavnom parovodu,

— sopstvena potrošnja toplote postrojenja,

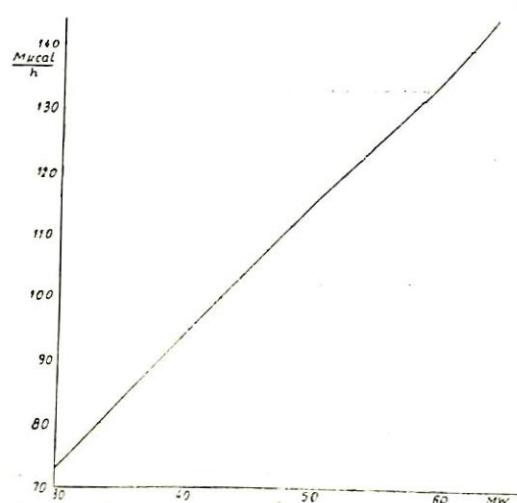
— sopstvena potrošnja elektroenergije postrojenja.

Na osnovu ovih elemenata može se izračunati specifična potrošnja toplote bloka.

Za usvojeno određeno opterećenje generatora (mereno na generatorskom brojilu) očitana je specifična potrošnja toplote turbopostrojenja iz energetske karakteristike postrojenja turboagregata. Množenjem specifične potrošnje opterećenjem dobivena je ukupna časovna potrošnja toplote turbopostrojenja za određeno opterećenje. Na ovako određenu časovnu potrošnju toplote dodati su gubici



Sl. 3 — Specifična potrošnja toplote turbopostrojenja — bruto



Sl. 4 — Ukupna potrošnja toplote turbopostrojenja — bruto

topote i sopstvena stalna potrošnja topote, sve redukovano na časovnu potrošnju. Deljenjem ovako određene utrošene topote stepenom korisnosti kotla (koji je dat u dijagramu energetske karakteristike kotlovskega postrojenja) dobiva se ukupna časovna potrošnja topote u gorivu.

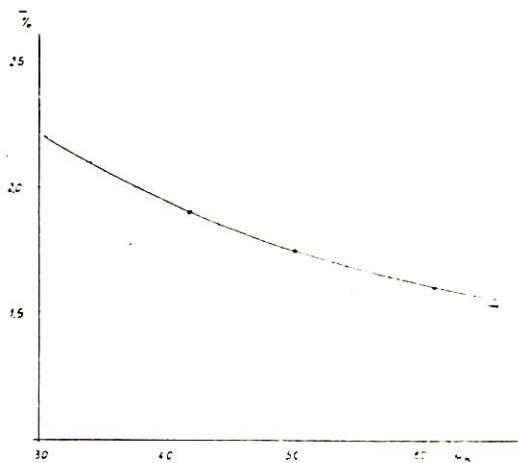
Deljenjem ukupne časovne potrošnje topote u gorivu opterećenjem generatora dobivena je specifična potrošnja topote bloka-bruto.

Deljenjem ukupne časovne potrošnje topote u gorivu opterećenjem generatora umanjenim za sopstvenu potrošnju elektro-energije dobivena je specifična potrošnja topote bloka — neto.

#### Gubici topote zbog gubitaka pare i vode

Gubici topote zbog gubitaka pare i vode računati su na bazi podataka dobivenih merenjem pare i vode za vreme ispitivanja turbopostrojenja i bilansiranjem tih protoka. Dobiveni podaci, sa izuzetkom dva ispitivanja, kreću se u uobičajenim granicama za ovakva postrojenja.

U dijagramu grafički su predstavljeni ovi gubici u zavisnosti od opterećenja turbopostrojenja — slika 5.



Slika 5. — Gubici topote zbog gubitaka vode i pare u kotlu

Opterećenje MW $P_{GBW}$	Gubici, %
30	2,2
40	1,94
50	1,74
60	1,61
64	1,57

#### Gubici topote glavnog parovoda

Za određivanje gubitaka topote glavnog parovoda izvršena su merenja temperature i pritisaka na izlazu iz kotla i na ulazu u turbinu na dan 1. VIII

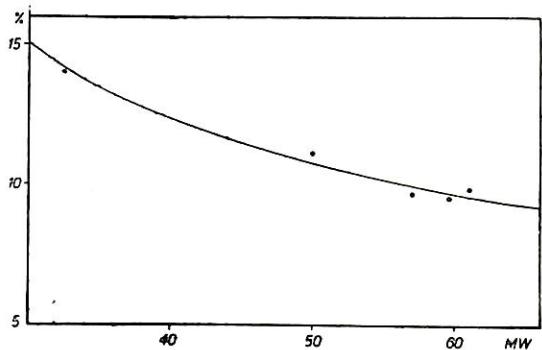
1963. i to za vreme probe od 20<sup>50</sup> — 21<sup>20</sup> h sa sledećim rezultatima:

	Izlazi iz kotla	Ulaz u turbinu
Temperatura pare °C	512,5	501,5
Pritisak pare kp/cm <sup>2</sup>	93,15	89
Ehntalpija pare kcal/kp	816,6	810,8
Količina pare kp/h	276000	
Gubitak topote Mkcal/h	276000(816,6—810,8) = 1,6	
	106	

Ako zanemarimo uticaj promene koeficijenta prelaza topote sa pare na zid (ova promena nastupa pri promeni opterećenja) zbog malog uticaja ovoga koeficijenta u odnosu na član  $\frac{\lambda}{\delta}$  — to će ovaj gubitak ostati isti za sva opterećenja po apsolutnoj vrednosti.

#### Potrošnja topote za sopstvene potrebe

Ove gubitke obuhvata topotna energija pare koja se troši za duvanje čadi kod kotla. Veličine



Slika 6. — Dijagram ukupne sopstvene potrošnje električne energije

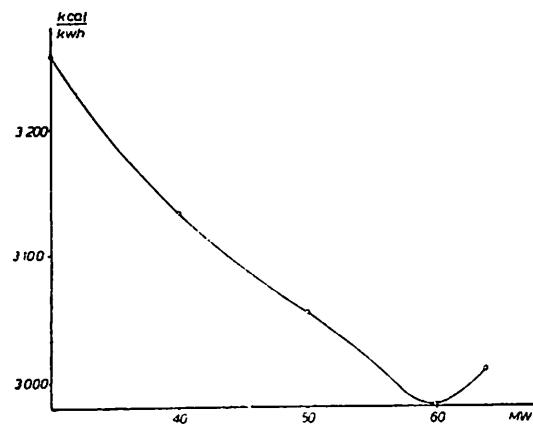
• izmerene vrednosti  
— usvojene vrednosti

ovih gubitaka odredene su merenjem količine pare pri jednom duvanju gara. Vreme trajanja duvanja gara i interval vremena između dva uzastopna duvanja gara uzeti su prema pogonskim uputstvima proizvodaca kotla. Za razna opterećenja bloka gubitak topote je:

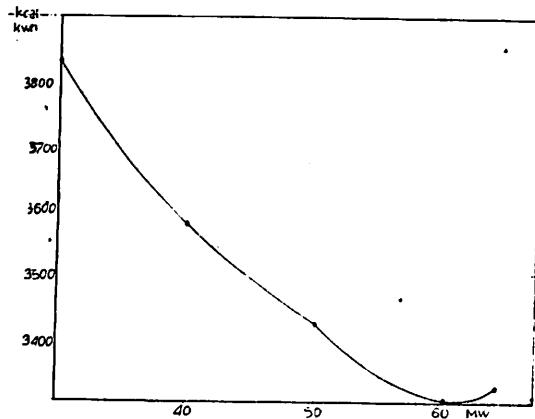
MW	30	40	50	60	64
Mkcal/h	0,51	0,60	0,68	0,77	0,86

Potrošnja toploće energije za puštanje u rad bloka utvrđena je merenjima i ispitivanjima, ali ona nije ušla u specifičnu potrošnju, jer smatramo da je treba zasebno priznavati prema broju zauzavljanja i njihovom trajanju.

Isto tako, potrošnja toploće energije za grejanje prostorija u grejnog periodu utvrđena je proračunom, ali nije ušla u specifičnu potrošnju pošto, po našem mišljenju, i nju treba posebno priznavati.



Sl. 7 — Dijagram specifične potrošnje toploće bloka — bruto  
izračunate vrednosti  
— usvojene vrednosti



Sl. 8 — Dijagram specifične potrošnje toploće bloka — neto  
izračunate vrednosti  
— usvojene vrednosti

### Sopstvena potrošnja električne energije

Sopstvena potrošnja električne energije podeljena je i merena u dve grupe: utrošak električne energije za blok od 66 MW, i utrošak u opštoj grupi. Pored pojedinačnog merenja potrošnje električne energije bloka i opšte potrošnje vršeno je istovremeno merenje i korisne električne snage na preciznim instrumentima, na pokaznom instrumentu na komandnoj tabli, na megavatmetru pisaču na komandnoj tabli, na brojilu električne energije.

Ukupna potrošnja električne energije za potrebe termoelektrane grafički je predstavljena u zavisnosti od opterećenja bloka u slici 6.

### Određivanje specifične potrošnje toploće

Iz izmerenih i sračunatih podataka na način naveden u ovom poglavlju određena je specifična potrošnja toploće bruto i neto pri raznim opterećenjima bloka. U slikama 7 i 8 i grafički su prikazane te vrednosti za razna opterećenja. Dobivene vrednosti su visoke obzirom na savremenost postrojenja i njegov kapacitet. Osnovni razlog za to leži u niskom stepenu korisnosti kotla.

Ukupna tolerancija specifične potrošnje toploće usled grešaka u merenju, očitavanju i računanju iznosi zavisno od opterećenja:

MW	30	40	50	60	64
%	$\pm 3,58$	$+3,34$	$\pm 2,95$	$\pm 2,62$	$\pm 2,48$

Ovako dobivena specifična potrošnja toploće predstavlja osnovni podatak za određivanje potrošnje toploće u gorivu za protekli period, ili za određivanje normativa potrošnje toploće za naredni period rada termoelektrana, prema nekom od postojećih predstavljenih načina.

