

## Uvajanje programske opreme za procesno vodenje na potisno peč

### Introduction of Software for the Process Control on the Pusher Type Furnace

T. Kolenko, M. Hodošček, T. Šuštar, Univerza v Ljubljani, Ljubljana

B. Glogovac, IMT, Ljubljana

*Raziskava obravnava uvajanje programske opreme za zajemanje in obdelavo merilnih signalov ter nadzor ogrevanja plošč v potisni peči. Izdelava programske opreme temelji na meritvah dvajsetih obratovalnih parametrov potisne peči in petih temperatur v testni plošči, posnetih s sistemom za zajemanje meritvenih podatkov med procesom ogrevanja. S pomočjo teh podatkov simuliramo na osebni računalnik testne fizikalne veličine, ki aproksimirajo realne obratovalne razmere. Simulirane obratovalne razmere prenašamo preko vmesnika RS-232 na drug osebni računalnik, na katerem je programska oprema za izračun trenutne porabe kemijske toplote goriva, temperaturne porazdelitve kot tudi akumulacije toplote v ploščah in iz teh postavk trenutnega izkoristka kemijske toplote goriva v realnem času.*

*Ključne besede: procesna simulacija, osebni računalnik, vmesnik RS-232*

*The research deals with an applicability of the data acquisition and on-line handling software for monitoring the slabs reheating in the pusher type furnace. The development of the software is based on the measurements of twenty process parameters of the pusher type furnace and five temperatures in the test slab obtained by the data acquisition system. By the use of these data test physical quantities approximating real performance conditions are simulated. The simulated performance conditions are transferred over the RS-232 interface to another PC computer, which calculates on-line the chemical heat of fuel, temperature distribution in the slabs, heat accumulated in the slabs and from those items the instantaneous efficiency of chemical heat of fuel.*

*Key words: process simulation, PC computer, interface RS-232*

#### 1 Uvod

Uvajanje programske opreme za procesno vodenje na potisno peč je zahtevna naloga. Programska oprema mora zagotoviti nadzor nad temperaturno porazdelitvijo v ploščah vzdolž peči in učinkovitostjo uporabe kemijske toplote goriva. Zato smo razvili v okviru procesne opreme program za zajemanje in pretvarjanje signalov senzorjev ter program za računanje temperaturne porazdelitve in akumulirane toplote ter porabe kemijske energije goriva. Zbrali smo podatke o zaslonkah in merilnih pretvornikih, ki so montirani na peči za nadzor porabe plina ter izračunali ustrezne pretvorne faktorje za preračunavanje tokovnih merilnih signalov v  $m^3/h$  in izdelali matematični model ogrevanja plošč.

Med procesom ogrevanja poraba goriva niha iz različnih vzrokov. Zato je s stališča nadzora optimalne porabe goriva smiselno uvesti trenutni termični izkoristek, ki ga računamo s pomočjo meritev porabe plina in matematičnega modela ogrevanja plošč v potisni peči.

Za globinske peči je podal ustrezno termodinamično analizo ogrevanja kovin z definicijo trenutnega termičnega izkoristka že E. Kostowski<sup>1</sup>. Podobno predvidevajo znižanje specifične porabe energije na potisni peči in dveh pečeh z dviznimi mizami v valjarni firme Krupp Stahl AG z uvedbo stalnega izračunavanja toplotne bilance v procesno vodenje peči<sup>2</sup>.

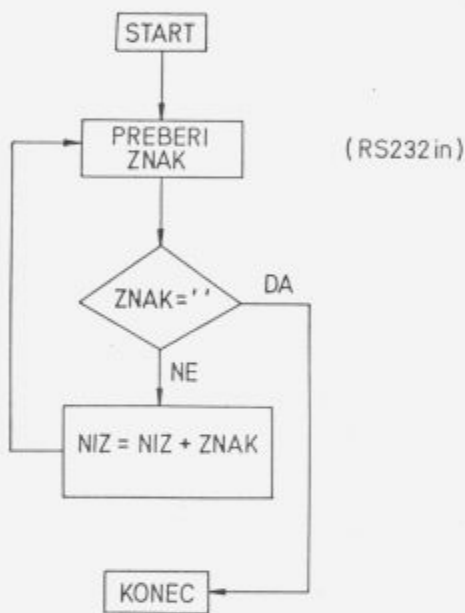
Model, s katerim opisujemo proces ogrevanja, upošteva dolžino peči, način in lastnosti obzidave peči, debelino plinske plasti, sestavo dimnih plinov, razmerje notranjega površja peči in površja vložka, enostransko in dvostransko ogrevanje v peči, emisijski koeficient, toplotno prevodnost in specifično toploto vložka kot funkcije temperature in temperaturno porazdelitev površja sten vzdolž peči. Podrobno je opisan v nekaterih predhodnih člankih.<sup>3,4,5,6</sup>

Raziskava je obsegala izdelavo matematičnega modela za delo v realnem času in vgraditev modela v programsko opremo za avtomatsko akvizicijo in preračunavanje signalov merilnih

pretvornikov. Graditi model za delo v realnem času na delujočem sistemu ni smotrno, ker lahko s tem motimo delovni proces. Zato smo na osnovi meritev obratovalnih parametrov razvili simulator testnih pogojev, ki aproksimirajo realne obratovalne razmere v potisni peči. S pomočjo simulatorja je možno sprotno testiranje razvoja programske opreme za spremljanje toplotno tehničnih parametrov v realnem času.

## 2 Eksperimentalno delo

Raziskava je v okviru eksperimentalnega dela obsegala zajemanje 25 signalov merilnih pretvornikov na peči s sistemom za akvizicijo meritvenih podatkov. Tipični zapis podatkov o obratovalnih parametrih s sistemom za akvizicijo meritev je v tabeli 1.



Slika 1. Podprogram "readw" za branje znakov na serijskem vhodu s funkcijo RS-232in

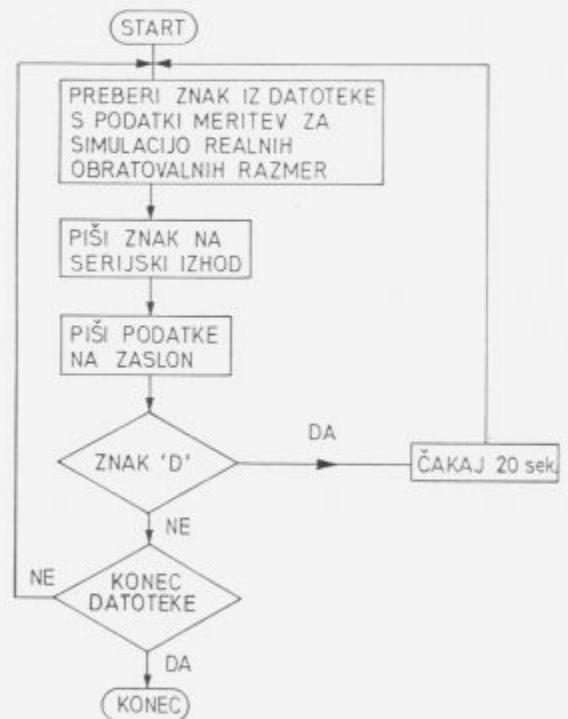
Figure 1. Procedure "readw" for reading characters on the serial port with the function RS-232in

## 3 Simulacija procesnega sistema za nadzor ogrevanja plošč

Simulacijo procesnega sistema sestavljajo dva osebna računalnika, ki sta povezana z vmesnikoma RS-232, ustrežna

programska oprema za komunikacijo med računalnikoma in matematični model procesa ogrevanja v potisni peči. Prvi računalnik deluje kot simulator testnih fizikalnih veličin, ki aproksimirajo realne obratovalne razmere v potisni peči.

Realne obratovalne razmere so zapisane v obliki merilnih signalov v datoteki na trdem disku, kamor smo jih prepisali iz sistema za akvizicijo merilnih signalov, s katerim smo posneli podatke med prehodom testne plošče skozi potisno peč. Z ustreznim programom beremo podatke o realnih obratovalnih razmerah iz datoteke na trdem disku in jih pošiljamo preko vmesnika RS-232 na drug osebni računalnik. Na tem računalniku je programska oprema za sprejem meritvenih podatkov in direkten izračun trenutne porabe kemijske toplote goriva, temperaturne porazdelitve kot tudi akumulacije toplote v ploščah in iz teh postavk trenutnega izkoristka kemijske toplote goriva. Sprejeti podatki so v enakem formatu, kot ga ima sistem za akvizicijo meritvenih podatkov, kar omogoča enostaven prenos procesnega nadzora na potisno peč.



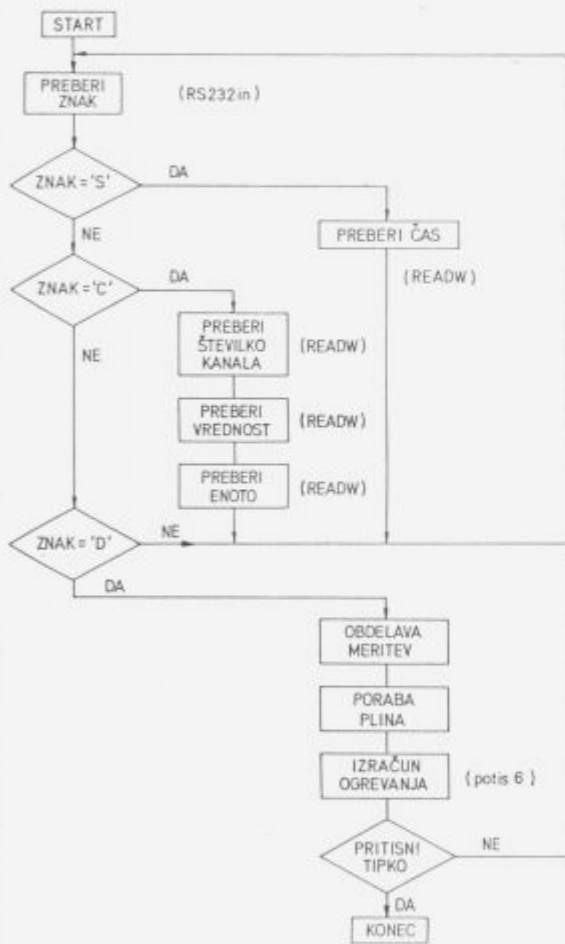
Slika 2. Program "DATALOG" za pisanje znakov na serijski izhod  
Figure 2. Program "DATALOG" for writing characters on the serial port

Tabela 1. Tipični zapis podatkov o obratovalnih parametrih s sistemom za akvizicijo podatkov  
Table 1. Typical data record of process parameters by the use of data acquisition system

S	T 1	08:04:23.8	C 001	1253.83	STC	C 002	1251.22	STC	C 003	01311.6	STC	
C	004	01320.6	STC	C 005	01310.0	STC	C 006	01309.9	STC	C 007	04.4869	mAd
C	008	04.7289	mAd	C 009	05.1241	mAd	C 010	05.6239	mAd	C 011	04.2012	mAd
C	012	04.3756	mAd	C 013	04.4339	mAd	C 014	04.7129	mAd	C 015	04.0674	mAd
C	016	04.1985	mAd	C 017	04.7355	mAd	C 018	05.0876	mAd	C 019	11.0479	mAd
C	020	05.0870	mAd	C 021	0052.40	dgC	C 022	0088.45	dgC	C 023	0055.23	dgC
C	024	0054.70	dgC	C 025	0065.33	dgC	D	T 1				

Za branje posameznih besed smo napisali podprogram "readw", ki ustreza formatu prejetih podatkov (slika 1). Podprogram prebere s pomočjo funkcije za branje znak na serijskem vhodu in ga doda nizu. To ponavlja toliko časa, dokler ni znak enak presledku. V nizu zbrani znaki predstavljajo besedo.

Podatke beremo iz datoteke na disku prvega računalnika znak za znakom in jih pišemo na serijski izhod s pomočjo ustreznega programa (slika 2). Obenem razbiramo posamezne skupine znakov in jih izpisujemo na zaslon zaradi kontrole. Ko je odposlana skupina znakov, ki jih prikazuje tabela 1, je programiran zastoj pošiljanja nekaj sekund, da drugi računalnik lahko prispele podatke razbere v posamezne veličine in izvede račun ogrevanja (slika 3).



Slika 3. Program "ANAL19" za branje znakov na serijskem vhodu in izračun ogrevanja.

Figure 3. Program "ANAL19" for reading characters on the serial port and heating calculation.

Na drugem računalniku uporabimo program ("ANAL19"), s katerim razbiramo podatke prebrane na serijskem vhodu (Slika 3).

V primeru, da je prebrani znak "S", razberemo s podprogramom "readw" nadaljnje znake, ki prispejo na serijski

vhod, kot čas začetka meritev na kanalih sistema za akvizicijo meritev. V primeru, da je prebrani znak "C", razberemo s podprogramom "readw" znake do prvega presledka, ki jih shranimo v spremenljivko številka kanala. Naslednji niz znakov shranimo v spremenljivko vrednost. Zadnji niz znakov shranimo v spremenljivko enota. Ko je prispel znak enak "D" zaključimo z dešifracijo podatkov, in začnemo z njihovo obdelavo. Podatke na kanalih 8, 10, 12, 14, 16 in 18 npr. preračunamo v "m<sup>3</sup>/h", seštejemo in kot skupno porabo plina prenesemo v podprogram za izračun ogrevanja vseh plošč v peči in trenutnega termičnega izkoristka.

#### 4 Rezultati raziskave

Rezultat raziskave je programska oprema za spremljanje procesa ogrevanja plošč v potisni peči s staljšča neoporečnosti ogrevanja in gospodarnosti porabe goriva za ogrevanje v realnem času. V programski opremi smo povezali avtomatsko akvizicijo signalov merilnih pretvornikov, njihovo nadaljnjo obdelavo v ustrezne fizikalne veličine in matematični model ogrevanja. Podatki meritev in rezultati matematičnega modela omogočajo izračunavanje trenutnega termičnega izkoristka t.j. deleža akumulirane toplote v ploščah v razmerju do kemijske toplote goriva. Na koncu članka je prikazan izsek iz obširnega računalniškega izpisa simulacije ogrevanja v realnem času. Meritve potekajo na vsaki dve minuti. Račun ogrevanja poteka vedno od začetka zadnjih dveh minut. V izpisu je številka kanala, enota fizikalne veličine in vrednost. Ob vsakem pomiku izpišemo zgodovino ogrevanja plošče, ki je prišla iz peči. Za vsako polje peči je v prvi vrsti izpisano za ploščo:

- čas bivanja plošče v polju,
- povprečna temperatura plošče,
- največja temperaturna diferenca v plošči,
- toplotna prevodnost in specifična toplota,
- temperatura sten peči,
- temperatura na spodnjem in zgornjem površju plošče,
- izračunana toplotna prestopnost in temperatura dimnih plinov nad ploščami,
- izračunana toplotna prestopnost in temperatura dimnih plinov pod ploščami,

in v drugi vrsti:

- akumulacija toplote v plošči v posameznem polju,
- vsota akumulirane toplote v plošči,
- akumulacija toplote v vseh ploščah, ki so v peči, ko se opazovana plošča nahaja v posameznem polju,
- poraba plina v času bivanja plošče v posameznem polju in ustrezna kemijska toplota,
- termični izkoristek kemijske toplote.

Porabo plina v m<sup>3</sup>/h prenesemo v podprogram za račun ogrevanja, kjer poteka računanje temperaturnega profila in akumulirane toplote na 5 sek vedno od začetka do konca zadnjih dveh minut. Porabo plina vsakih 5 sek seštevamo od pomika do pomika. Po vsakem pomiku jo postavimo zopet na 0.

V prikazanem izpisu lahko preverimo pravilnost časovnega izpisovanja. Ko so bili izpisani rezultati 50. pomika, je ostalo do konca zadnjih dveh minut še 30 sekund. Nato so sledile 4 meritve na 2 minuti. Zadnji dve minuti sta v intervalu od 30 + 3×120 = 390 do 510 sekund od predhodnega pomika. V tem

intervalu je nastopil po 420 sekundah, kot je razvidno iz podatka o trajanju bivanja plošče v 21. polju, 51. pomik. Do konca zadnjih dveh minut, do koder poteka račun ogrevanja, je torej minilo od 51. pomika še 90 sekund, kar se ujema s podatkom na koncu izpisa.

## 5 Sklep

Razvoj programske opreme za nadzor ogrevanja plošč in gospodarnosti porabe goriva v potisni peči temelji na meritvah signalov merilnih pretvornikov, ki so bili posneti s sistemom za akvizicijo meritvenih podatkov na peči v realni velikosti. Pri razvoju je bil povdarek na pripravi programa za delo v realnem času. V ta namen smo sestavili simulator testnih signalov merilnih pretvornikov, ki aproksimirajo realne obratovalne razmere. Simulacijo nadzora sestavljata dva osebna računalnika povezana preko serijskega vmesnika RS-232. Sistem za akvizicijo merilnih signalov, osebni računalnik in programsko opremo je možno uporabiti na peči v realnem času ali tudi za naknadne analize procesa ogrevanja.

## 6 Literatura

- <sup>1</sup> Kostowski: Minimaler Brennstoffverbrauch beim Erwärmen von Metallen, Gas wärme international, Band 27 (1978), Heft 10, 558-563
- <sup>2</sup> Brod H., G. Thiemann, H. Voigt in D. Wick: Optimierung der Wiedererwärmungsöfen des Warmbreitbandwalzwerkes der Krupp Stahl AG, Stahl und Eisen 112 (1992) Nr. 8, 41-52
- <sup>3</sup> Kolenko T., B. Sicherl, B. Glogovac, A. Mandelc, B. Brudar: A Simulation of Heating Process in the Pusher Furnace for the Determination of the Furnace Throughput, 1<sup>st</sup> European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, Lizbona, 1988
- <sup>4</sup> Kolenko T., M. Hodošček, B. Glogovac, A. Mandelc, P. Sekloča: Računalniški model ogrevanja plošč v potisni peči, Zbornik 39. posveta o metalurgiji in kovinskih gradivih, Ljubljana 1988
- <sup>5</sup> Kolenko T., B. Glogovac, D. Novak, D. Žagar, B. Omejc: Konceptualna rešitev procesnega vodenja ogrevanja vložka v potisni peči, Kovine zlitine tehnologije, 26, (1992) št. 1-2
- <sup>6</sup> Kolenko T., M. Debelak, B. Glogovac: Ugotavljanje začetnega temperaturnega stanja vročih plošč pri zalaganju v potisno peč, ŽEZB, 25 (1991) 2

## IZSEK IZPISA ZGODOVINE OGREVANJA PLOŠČ IN OBDELAVE MERILNIH SIGNALOV

Izpisal za 50.-ti pomik

časovni interval od pomika 30.000 sek

poraba: 13.7 m<sup>3</sup>

Meritev: 274 12:37:39.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h
1230	1243	1310	1317	1309	1310	2618	325	6453	800	1367	193	2687
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Kanali
O2	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	% O2	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C
314	279	42	568	76	9	8	1327	1252	1332	1288	1293	

Konec meritev 274, Časovni interval od pomika: 150.0 sek, poraba: 72.0 m<sup>3</sup>

Meritev: 275 12:39:39.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h
1228	1245	1306	1316	1310	1310	2616	337	6610	817	1408	195	2717
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Kanali
m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	Pa	% O2	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C
342	266	41	580	75	8	8	1359	1265	1348	1328	1295	

Konec meritev: 275, Časovni interval od pomika: 270.0 sek, poraba: 132.3 m<sup>3</sup>

Meritev: 276 12:41:39.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h
1228	1245	1306	1316	1310	1310	2616	337	6610	817	1408	195	2717
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Kanali
m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	Pa	% O2	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C
342	266	41	580	75	8	8	1359	1265	1348	1328	1295	

Konec meritev: 276, Časovni interval od pomika: 390.0 sek, poraba: 192.5 m<sup>3</sup>

Meritev: 277 12:43:39.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h
1228	1245	1306	1316	1310	1310	2616	337	6610	817	1408	195	2717
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Kanali
m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	m3/h	Pa	% O2	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C	st.C
342	266	41	580	75	8	8	1359	1265	1348	1328	1295	

Konec meritev: 277

51. interval oz. slab:

čas = 539 min 0 s

odsek	min	s	t-	dif	lam	cp	pec	temperature	alfaz	tdplz	alfas	tdpls
1	21	0	130	38	50.3	497	760	141 158	51	833	43	742
			akumulacija	40	40	1351	kJ/kg	441 m <sup>3</sup>	2110	kJ/kg	eta:	64.1
2	13	0	190	40	48.9	523	762	201 219	56	838	47	746
			akumulacija	26	66	762	kJ/kg	243 m <sup>3</sup>	1164	kJ/kg	eta:	65.4
3	13	0	247	42	47.3	544	765	259 278	62	843	53	750
			akumulacija	26	93	753	kJ/kg	279 m <sup>3</sup>	1333	kJ/kg	eta:	56.5
4	11	0	299	42	45.8	560	768	318 328	68	847	64	812
			akumulacija	24	117	701	kJ/kg	248 m <sup>3</sup>	1184	kJ/kg	eta:	59.2
5	12	0	354	42	44.2	575	771	374 383	75	851	71	815
			akumulacija	27	144	776	kJ/kg	295 m <sup>3</sup>	1412	kJ/kg	eta:	55.0
6	12	0	407	43	42.6	591	775	428 437	83	854	78	819
			akumulacija	27	171	767	kJ/kg	317 m <sup>3</sup>	1516	kJ/kg	eta:	50.6

T. Kolenko: Uvajanje programske opreme za procesno vodenje na potisno peč

7	11	0	452	44	41.0	625	780	473	483	91	857	85	821
			akumulacija	24	195	700	kJ/kg	287	m3	1372	kJ/kg	eta:	51.0
8	12	0	501	47	39.3	671	800	526	533	102	874	98	850
			akumulacija	28	223	763	kJ/kg	325	m3	1554	kJ/kg	eta:	49.1
9	11	0	554	66	37.4	724	880	581	601	127	964	116	904
			akumulacija	31	254	698	kJ/kg	288	m3	1379	kJ/kg	eta:	50.6
10	12	0	623	95	34.7	827	970	659	690	162	1067	145	994
			akumulacija	43	297	761	kJ/kg	314	m3	1503	kJ/kg	eta:	50.6
11	34	0	810	166	26.3	784	1120	847	933	262	1224	212	1077
			akumulacija	154	451	1835	kJ/kg	727	m3	3475	kJ/kg	eta:	52.8
12	6	0	866	191	25.8	628	1180	926	1005	300	1291	257	1184
			akumulacija	31	482	294	kJ/kg	111	m3	532	kJ/kg	eta:	55.3
13	17	0	1039	142	28.0	652	1240	1094	1137	349	1319	324	1261
			akumulacija	103	585	885	kJ/kg	341	m3	1633	kJ/kg	eta:	54.2
14	12	0	1139	106	29.2	665	1280	1205	1208	379	1345	379	1348
			akumulacija	61	646	626	kJ/kg	242	m3	1158	kJ/kg	eta:	54.0
15	17	0	1215	50	30.1	672	1280	1247	1247	382	1317	382	1317
			akumulacija	53	699	892	kJ/kg	347	m3	1662	kJ/kg	eta:	53.7
16	12	0	1246	31	30.3	677	1280	1266	1266	287	1323	287	1323
			akumulacija	23	722	629	kJ/kg	253	m3	1209	kJ/kg	eta:	52.0
17	11	0	1254	24	30.3	678	1280	1247	1272	355	1298	0	0
			akumulacija	10	731	599	kJ/kg	243	m3	1162	kJ/kg	eta:	51.6
18	12	0	1259	24	30.3	679	1280	1251	1274	344	1294	0	0
			akumulacija	8	739	676	kJ/kg	284	m3	1357	kJ/kg	eta:	49.8
19	11	0	1262	21	30.4	679	1280	1255	1276	333	1291	0	0
			akumulacija	6	745	635	kJ/kg	292	m3	1398	kJ/kg	eta:	45.5
20	11	0	1265	17	30.4	680	1280	1259	1276	324	1290	0	0
			akumulacija	6	751	653	kJ/kg	307	m3	1470	kJ/kg	eta:	44.4
21	7	0	1267	16	30.4	680	1280	1261	1277	314	1290	0	0
			akumulacija	4	754	436	kJ/kg	208	m3	993	kJ/kg	eta:	43.9

časovnih korakov = 6, 651

Izpisal za 51.-ti pomik

časovni interval od pomika 90.000sek

poraba: 45.2 m3