

## **Nadzorni in informacijski sistem vodenja Petrol energetika PE Hrastnik**

**Samo Kreže, Denis Potrbin**  
**Rudis d. d. Trbovlje**  
**Trg revolucije 25b; 1420 Trbovlje**  
**[samo.kreze@rudis.si](mailto:samo.kreze@rudis.si); [denis.potrbin@rudis.si](mailto:denis.potrbin@rudis.si)**

### ***Supervisory and information control system in “Petrol energetika PE Hrastnik”***

The Article describes a segment of reconstruction in the Heating Plant Hrastnik, which was performed by RUDIS d.d., Trbovlje in the year 2010. By installing the new supervisory control system, the Investor got a comprehensive overview of the process of production and distribution of heat and electricity. The system was upgraded by the information system representing effective management tool for the analysis of decision-making and monitoring of the production process.

### ***Kratek pregled prispevka***

Prispevek opisuje segment rekonstrukcije v toplarni Hrastnik, katero je RUDIS d.d. Trbovlje izvedel v letu 2010. S postavitvijo novega nadzornega sistema je investitor dobil celovit pregled nad procesom proizvodnje in distribucijo toplotne in električne energije. Nadgradnjo sistema predstavlja poročilni sistem, ki nudi vodstvu učinkovito orodje pri analizi odločanju in upravljanju proizvodnega procesa.

## 1 Uvod

V sklopu rekonstrukcije sistema vodenja toplarne Hrastnik, ki jo je v letu 2010 izvedel RUDIS d.d. Trbovlje, sta bila instalirana nov centralni nadzorni sistem (v nadaljevanju CNS) vodenja proizvodnje in distribucije energije ter informacijski poročilni sistem za podporo vodstvu pri analizi in upravljanju energetskega sistema.

## 2 Proizvodni proces

Toplarna Hrastnik oskrbuje območje mesta Hrastnik s toplotno energijo. Njen proizvodni proces je sestavljen iz dveh vročevodnih kotlov in dveh kogeneracijskih naprav. Kogeneracijska naprava je naprava za sproizvodnjo toplotne in električne energije (SPTE), v obravnavanem primeru pa se za vhodno gorivo uporablja zemeljski plin.

V želji po optimiranju oz. zmanjšanju stroškov, se je investitor odločil, da ne bo zamenjal obstoječih krmilnih in energetskih omar. Vso novo opremo za zajem in povezavo signalov smo tako z manjšimi predelavami integrirali v obstoječa polja teh omar.

Za potrebe CNS smo vgradili programabilno logični krmilnik (v nadaljevanju PLC) serije S7-315 2DP proizvajalca Siemens s potrebnim številom vhodno/izhodnih enot ter komunikacijskim ETHERNET procesorjem CP343-1.

Da bi pridobili najkvalitetnejše informacije o stanju vgrajenih naprav za nadzorni sistem, smo tiste, ki so to omogočale ali pa jih je bilo možno nadgraditi povezali preko ustreznih komunikacijskih vodil. Tako smo dobili vse informacije iz posamezne naprave zgolj z enim podatkovnim kablom. Sistem smo tako optimizirali z vidika kvalitete informacij, stroškov kot tudi z vidika zmanjševanja nastanka napak.

Pri povezavah so bili uporabljeni naslednji komunikacijski protokoli:

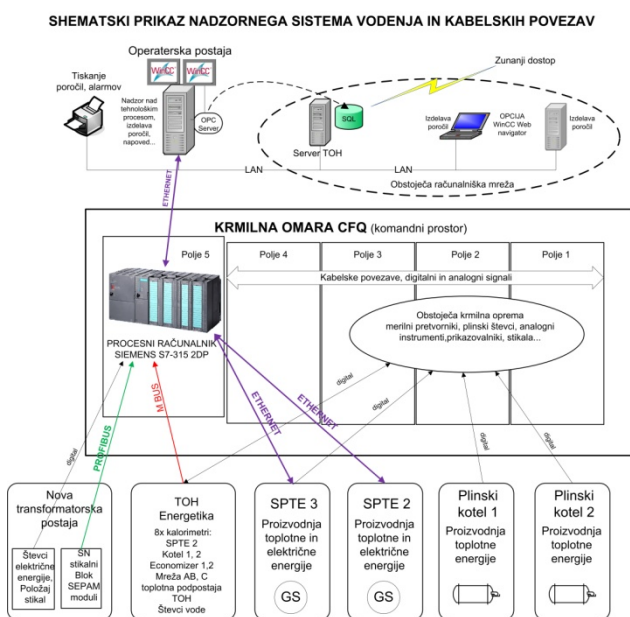
- ETHERNET za povezavo do kogeneracijske naprave MWM,
- PROFIBUS za povezavo MODBUS in M-BUS enot,
- MODBUS za povezavo do srednje napetostnega stikališča,
- M-BUS kot standardni protokol za povezavo do kalorimetrov.

Vse ostale signale smo na procesni računalnik priključili preko analognih ali digitalnih signalov.

Programiranje PLC-ja je bilo izvedeno z orodjem Step7 proizvajalca Siemens. V programu je zajet nadzor nad komunikacijami, vhodno/izhodnimi signali ter interakcije z operaterji. Prav tako so v aplikativno programsko opremo vključeni posamezni izračuni ter programsko varovanje in zapahovanje nove in obstoječe električne opreme.

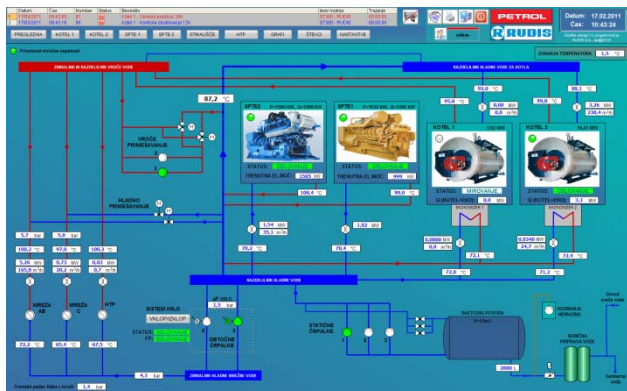
### 2.1 Nadzorni sistem

Jedro nadzornega sistema predstavlja aplikacija, ki je izdelana v okolju WinCC. Omogoča vodenje in spremljanje tehnološkega



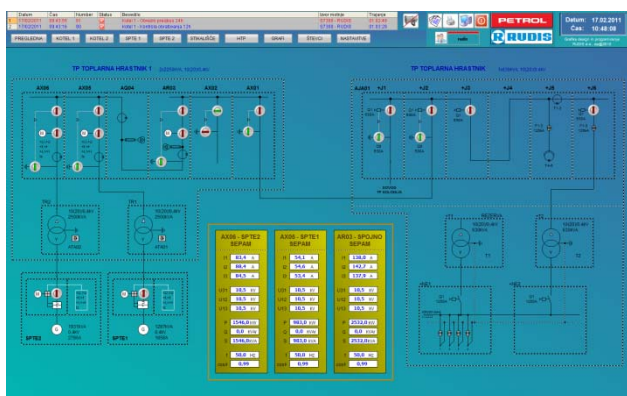
Slika 1: shematski prikaz nadzornega sistema vodenja proizvodnje in kabelskih povezav

procesa s strani operaterjev. Osnovna slika nadzornega sistema je prikazana na sliki 2.



Slika 2: osnovna slika na nadzornem sistemu

Osnovna slika omogoča hitri pregled zbranih najpomembnejših informacij iz vseh tehnoloških procesov. Sistem je sestavljen iz naslednjih šestih tehnoloških podsklopov: vročevodni kotel 1 in 2, kogeneracijskih naprav SPTE 1 in SPTE 2, SN stikališča in hišne toplotne postaje. Za vsak posamezen tehnološki sklop je narejena svoja procesna slika (po potrebi tudi dve), ki uporabniku nudi podroben pregled vseh informacij tega sklopa in omogoča tudi njegovo upravljanje. Na sliki 3 je prikazana procesna slika SN stikališča. Jedro informacij predstavljajo informacije oz. podatki iz zaščitnih relejev SN odklopnikov, ki so na nadzorni sistem priključeni prek Modbus/Profibus vmesnika.



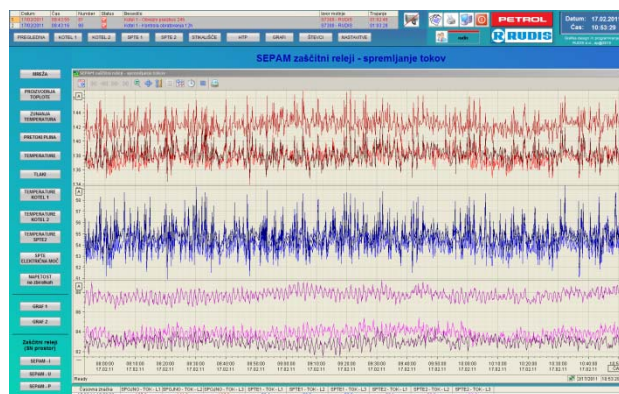
Slika 3: procesna slika SN stikališča

Poleg procesnih slik so v sistem vključeni še naslednji podsistemi:

- grafi,
- števci,
- nastavitve števecv,

- alarmiranje,
- zaščita sistema z gesli,
- daljinski nadzor (WebNavigator),
- prenos v SQL podatkovno bazo,
- arhiviranje baze podatkov.

Grafi omogočajo podrobno spremljanje delovanja naprav ter procesov, in s tem lažjo optimizacijo njihovega delovanja. V osnovi je integriranih 11 pred izdelanih grafov, od katerih vsak predstavlja neko tehnološko celoto. Zelo enostavno je mogoče sestaviti tudi nov graf s poljubnih izborom spremenljivk.



Slika 4: prikaz grafa tokov iz zaščitnega releja SEPAM iz srednje napetostnega stikališča

Preko liste alarmov lahko uporabniki vidijo prisotne alarme, alarme potrjene v preteklosti, opozorila ter tudi interakcije s strani operaterja.

Podsklop nastavitve, ki je zaščiten z geslom, je zasnovan tako, da lahko glavni tehnolog pregleduje in po potrebi popravlja podatke o števnih napravah (ponastavitev števecv). Dostop do centralnega nadzornega sistema je varovan s prijavo v sistem. Vsak uporabnik ima svoje uporabniško ime in geslo, ki omogoča in ureja dostop do sistema in nivo pravic za upravljanje.

Za daljinski pregled procesnih slik znotraj podjetja skrbi web strežnik v sklopu Siemensove programske opreme z imenom WebNavigator. Tako lahko odgovorni kadri brez motenja operaterja daljinsko spremljajo procese preko Internet Explorerja.

Pridobljeni in zbrani podatki, potrebni za kasnejšo obdelavo in pripravo poročil, se preko podatkovnega vmesnika integrirana v

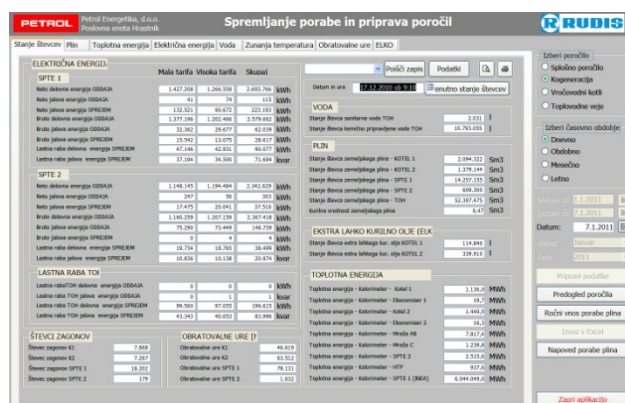
nadzorni SCADI WinCC, avtomatsko prenašajo v podatkovno bazo SQL. V tabelo se vpisujejo enkrat na minuto, kar zadošča za kasnejšo pripravo poročil in analiz.

Za zaščito podatkov je poskrbljeno z dvakratnim varovanjem in sicer z izdelavo varnostne kopije celotne podatkovne baze na trdi disk nadzornega računalnika na vsako uro ter duplikatom le-te na strežniški računalniški sistem v podjetju.

Glede na strukturo IT omrežja bo iz strežniškega mesta v prihodnosti omogočen tudi dostop do podatkov preko intranetne povezave. S tem se bodo prikazani podatki poenotili in bodo na voljo tudi drugim odgovornim znotraj celotnega poslovnega sistema Petrol.

## 2.2 Poročilni sistem

Poročilni sistem je programska aplikacija, ki omogoča podrobno spremljanje in analiziranje proizvedene energije in porabljenih energentov v poljubnih časovnih intervalih. Obdelani podatki se črpajo iz SQL podatkovne baze, kamor se v časovnem razmiku ene minute vpisujejo v prej omenjenem nadzornem sistemu. V osnovi lahko izbiramo med dvema tipoma poročil in sicer glede na proizvodni agregat in/ali glede na izbiro energenta. Za vsako poročilo imamo možnost izbire naslednjih časovnih območij: dan, mesec, obdobje in leto. Pri dnevni poročili je osnovna enota ura, pri mesečnih in obdobjih dan, pri letnem pa mesec. Vsi ti izbrani kriteriji se enostavno izberejo na osnovni maski poročilnega sistema, ki je prikazana na sliki 5.



Slika 5: osnovna maska poročilnega sistema

Glede na proizvodni agregat ločimo naslednja poročila:

- splošno poročilo: predstavlja osnovno poročilo, v katerem so obdelani in prikazani vsi podatki za vse proizvodne agregate in porabe energentov praviloma v časovnem obdobju enega meseca. Vključeni so tudi različni izračuni (npr. izračun izkoristkov, obremenitev, časovne razpoložljivosti, obratovalnih ur...). Specifika tega poročila je tudi to, da so v njem podatki obdelani v izbranem časovnem obdobju od osme do osme ure in ne od 00 – 24, kot je to v ostalih poročilih. To je posledica zahtev pristojnih inštitucij, na osnovi katerih se vodijo uradne evidence porabe plina in proizvedene električne energije, ki so osnova za pridobitev subvencij od proizvedene električne energije.
- kogeneracija, vročevodni kotli: to poročilo prikaže proizvedeno energijo (toplotno in električno), porabljene energente in vse pripadajoče zelene izračune. Primer takšnega mesečnega poročila je prikazan na sliki 6.

Izpis podatkov za kogeneracijo za: 1 - 2011

**PETROL** Petrol Energetika, d.o.o. Poslovna enota Hrastnik

Čas	Strojnik	Zunanja temp. °C	SPTE 1			SPTE 2			
			Poraba plina Sm <sup>3</sup>	Proizvodnja elektrike kWh	Proizvodnja toplote MWh	Poraba plina Sm <sup>3</sup>	Proizvodnja elektrike kWh	Proizvodnja toplote MWh	
01.01.2011	Zdovc	-2,7	6.889	23.997,0	25,92	9.498	37.437,0	36,48	
02.01.2011	Zdovc	-2,1	6.893	23.999,0	25,92	9.500	37.438,0	36,97	
03.01.2011		-4,6	6.897	23.996,0	25,70	9.410	37.038,0	35,10	
04.01.2011		-6,4	6.897	23.996,0	25,15	9.502	37.426,0	34,16	
05.01.2011	Laca	-4,9	6.723	23.324,0	25,03	9.371	36.694,0	34,19	
06.01.2011	Laca	-0,2	6.879	23.997,0	25,54	9.440	37.193,0	34,67	
07.01.2011	Predovnik	7,4	6.881	24.047,0	26,14	9.515	37.492,0	35,38	
08.01.2011	Predovnik	8,4	6.883	24.039,0	26,47	9.503	37.479,0	36,81	
09.01.2011	Predovnik	10,5	6.187	21.579,0	23,74	8.710	34.286,0	33,91	
10.01.2011	Zdovc	9,0	6.877	24.048,0	26,39	9.500	37.488,0	37,45	
11.01.2011		5,5	6.885	24.038,0	26,19	9.500	37.478,0	37,77	
12.01.2011		5,5	6.884	24.038,0	26,91	9.529	37.725,0	21,77	
13.01.2011		6,6	6.892	24.040,0	26,14	9.470	37.362,0	37,56	
14.01.2011	Selič	7,1	6.881	24.052,0	26,97	9.480	37.448,0	37,28	
15.01.2011	Selič	6,3	6.887	24.053,0	26,14	9.482	37.448,0	37,64	
16.01.2011	Selič	3,8	6.898	24.043,0	26,18	9.481	37.433,0	37,58	
17.01.2011	Pajzar	3,3	6.896	24.038,0	25,93	9.440	37.289,0	37,06	
18.01.2011	Pajzar	1,4	6.799	23.612,0	25,66	9.402	37.116,0	36,92	
19.01.2011	Zdovc	1,0	6.898	24.029,0	25,59	9.265	36.656,0	36,49	
20.01.2011	Zdovc	1,5	6.905	24.030,0	25,80	9.302	36.694,0	36,80	
21.01.2011	Selič	1,1	6.908	24.059,0	21,94	9.274	36.594,0	36,55	
22.01.2011	Selič	-1,2	6.871	24.022,0	26,28	9.263	36.621,0	36,62	
23.01.2011	Selič	-3,3	6.874	24.016,0	24,98	9.223	36.351,0	33,79	
24.01.2011	Laca	-1,7	6.870	23.997,0	24,82	9.866	34.942,0	32,23	
25.01.2011	Laca	-0,7	6.871	24.018,0	24,89	9.280	36.594,0	36,28	
26.01.2011	Pajzar	1,5	3.771	13.221,0	13,91	9.311	36.670,0	36,77	
27.01.2011	Pajzar	1,0	6.920	24.026,0	25,05	9.500	37.453,0	37,50	
28.01.2011	Predovnik	-0,8	6.931	24.021,0	25,01	9.461	37.308,0	37,09	
29.01.2011	Predovnik	-1,0	6.935	24.015,0	25,02	9.492	37.444,0	37,14	
30.01.2011	Predovnik	-0,9	6.932	24.014,0	25,02	9.492	37.444,0	36,73	
31.01.2011	Selič	-1,8	6.941	24.014,0	25,09	9.461	37.256,0	37,05	
<b>Povprečje</b>			<b>1,5</b>	<b>208.743</b>	<b>727.207,0</b>	<b>776,1</b>	<b>286.953</b>	<b>1.131.401,0</b>	<b>1.106,6</b>
			<b>Skupaj poraba plina [Sm<sup>3</sup>]</b>	<b>495.696</b>					
			<b>Skupaj proizvedena elektrika [kWh]</b>	<b>1.858.608,0</b>					
			<b>Skupaj proizvedena toplota [MWh]</b>	<b>1.882,7</b>					

	SPTE 1	SPTE 2
Pov. toplotna obrem. SPTE 1 [MW]	2,72	
Pov. toplotna obrem. SPTE 2 [MW]		3,72
Pov. toplotna moč SPTE 1 [MW]	1,07	
Pov. toplotna moč SPTE 2 [MW]		1,51
Pov. električna moč SPTE 1 [kW]	998,91	
Pov. električna moč SPTE 2 [kW]		1.547,74
Izkoristek - elektrika	36,8%	41,6%
Izkoristek - toplota	39,3%	40,7%
Izkoristek skupaj	76,0%	82,4%
Razpoložljivost	97,8%	98,3%
Spec. por. ZP za elek. (Sm <sup>3</sup> /kWh)	0,29	0,25
Obratovalne ure (h)	728,0	731,0

Slika 6: mesečno poročilo za SPTE naprave



- toplovodne veje: poročilo prikazuje oddano energijo toplovodnih vej mesta Hrastnik in hišne toplotne postaje, s pripadajočimi temperaturami in pretoki.

Sistem omogoča tudi izdelavo poročil združeno glede na vrsto porabljenega energenta ali proizvedene energije. Tako imamo na razpolago posamezna poročila za plin, ekstra lahko kurilno olje in vodo ter toplotno in električno energijo. Pri električni energiji so podatki obdelani po vrsti tarife (nizka, visoka), prav tako pa so prikazane tudi 15 minutne konične obremenitve, skladno z obračunom dobavitelja električne energije. Primer poročila proizvedene toplotne energije je prikazan na sliki 7.

Poročilo toplotne energije za: 1 - 2011

Čas	Strojnik	K 1	K 2	E 1	E 2	SPT 1	SPT 2	Veja AB	Veja C	HTP
		MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
01.01.2011	Zlčovec	0,00	81,00	0,00	1,04	25,92	38,48	125,50	15,50	0,68
02.01.2011	Zlčovec	0,00	80,50	0,00	1,07	25,92	38,97	124,80	15,30	0,68
03.01.2011	Zlčovec	0,00	89,40	0,00	1,32	25,70	35,10	131,80	16,20	0,78
04.01.2011	Zlčovec	0,10	103,30	0,00	1,80	25,15	34,10	142,90	16,20	0,52
05.01.2011	Laca	0,00	102,40	0,00	1,73	25,03	34,15	142,20	16,00	0,51
06.01.2011	Laca	0,00	90,50	0,00	1,27	25,54	34,57	124,10	15,40	0,77
07.01.2011	Predovnik	7,40	45,80	0,19	0,59	26,14	35,35	100,20	16,10	0,61
08.01.2011	Predovnik	38,50	0,10	0,76	0,01	26,47	36,81	89,50	11,80	0,51
09.01.2011	Predovnik	33,90	0,00	0,82	0,01	23,74	33,91	80,70	11,30	0,46
10.01.2011	Zlčovec	27,00	0,00	0,47	0,01	26,39	37,45	78,90	12,10	0,47
11.01.2011	Zlčovec	36,50	0,00	0,71	0,00	26,19	37,77	87,30	12,30	0,58
12.01.2011	Zlčovec	28,50	21,70	0,59	0,33	25,91	21,77	84,90	14,30	0,54
13.01.2011	Selič	0,00	0,86	0,00	0,00	26,14	37,58	82,30	13,70	0,61
14.01.2011	Selič	26,90	0,90	0,53	0,00	25,97	37,23	78,10	12,70	0,52
15.01.2011	Selič	32,10	0,90	0,61	0,00	26,14	37,64	82,60	12,50	0,54
16.01.2011	Selič	32,40	7,10	0,30	0,00	26,18	37,59	89,20	13,40	0,59
17.01.2011	Fajar	22,80	24,10	0,22	0,00	25,93	37,06	96,80	14,30	0,62
18.01.2011	Fajar	29,70	23,10	0,27	0,38	25,66	36,92	99,40	16,50	0,56
19.01.2011	Zlčovec	8,80	52,10	0,09	0,43	25,59	36,49	106,50	15,00	0,57
20.01.2011	Zlčovec	0,00	57,90	0,01	0,78	25,80	36,90	105,10	15,30	0,50
21.01.2011	Selič	0,00	86,90	0,01	0,86	21,94	36,55	109,80	16,20	0,59
22.01.2011	Selič	2,30	86,40	0,00	0,87	25,23	35,82	114,40	17,20	0,83
23.01.2011	Selič	2,00	80,40	0,00	0,88	24,96	33,79	124,20	16,80	0,67
24.01.2011	Laca	0,00	86,50	0,00	0,88	24,82	32,23	129,00	17,40	0,66
25.01.2011	Laca	5,50	71,10	0,15	0,48	24,09	30,28	121,40	17,50	0,68
26.01.2011	Fajar	42,30	36,30	1,03	0,22	13,91	30,77	113,20	16,70	0,50
27.01.2011	Fajar	8,50	84,00	0,10	0,38	25,05	36,50	116,40	16,90	0,56
28.01.2011	Predovnik	0,00	76,00	0,00	0,49	25,01	37,09	121,00	15,10	0,74
29.01.2011	Predovnik	0,00	81,90	0,00	0,52	25,02	37,14	126,40	16,30	0,68
30.01.2011	Predovnik	0,00	76,50	0,00	0,49	25,02	36,73	123,30	17,80	0,66
31.01.2011	Selič	0,00	87,90	0,00	0,64	25,09	37,06	131,80	19,00	0,78
<b>Skupaj</b>		<b>418,6</b>	<b>1.969,6</b>	<b>7,3</b>	<b>17,4</b>	<b>776,1</b>	<b>1.106,6</b>	<b>3.395,4</b>	<b>474,8</b>	<b>19,7</b>
Proizvedena toplotna energija		3.886,66		Odsana toplotna energija		3.860,20		Odsano / proizvedeno		99,09%

Slika 7: mesečno poročilo proizvedene toplotne energije

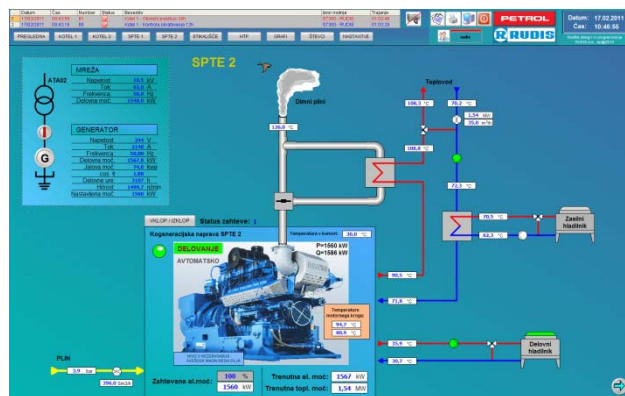
V poročilnem sistemu je vgrajen tudi pripomoček za napoved porabe plina, ki ga mora toplotna tedensko vnaprej najaviti distributerju zemeljskega plina. Podatek o predvideni porabi se izračuna glede na pričakovano zunanjo temperaturo (podatek ARSO) in podatkih o preteklih porabah in obremenitvah v takšnih temperaturnih območjih, ki so zapisana v bazi. Pripomoček se je izkazal za zelo uporabnega, saj njegova natančnost napovedi porabe plina povsem zadosti zahtevam po točnosti napovedi dobavitelja zemeljskega plina.

Poleg omenjenih poročil imamo možnost pregleda kumulativnih stanj vseh števec v poljubno izbranem časovnem trenutku. Tako sedaj ni nobene potrebe več po ročnem zapisovanju teh podatkov v zvezke, kot se je to dnevno izvajalo pred rekonstrukcijo.

Vsa poročila lahko natisnemo na tiskalnik ali v pdf datoteko, lahko pa podatke tudi izvozimo v xls datoteko, če jih želimo še dodatno obdelovati.

Poročilni sistem je izdelan na osnovi naših izkušenj, ob upoštevanju želja in zahtev naročnika. Skupno sodelovanje med izvajalcem in naročnikom v celotni fazi projekta se je še enkrat več potrdilo, kot garant za uspeh za končno zadovoljstvo uporabnika.

Slika 8 prikazuje procesno sliko v uvodu omenjene kogeneracijske naprave za sočasno proizvodnjo električne in toplotne energije proizvajalca MWM z izhodno močjo 1560 kW električne in 1586 kW toplotne energije. To napravo je RUDIS po sistemu "ključ v roke" vgradil v letu 2010. Projekt je obsegal izdelavo celotne projektne dokumentacije (faza PGD, PZI in PID), vgradnjo opreme in povezavo v sistem, spuščanje v pogon, in nudenje pomoči naročniku za pridobitev ustreznih soglasij.



Slika 8: procesna slika kogeneracijske naprave

### 3 Literatura

- [1] RUDIS d.d., Navodila za upravljanje nadzornega sistema, Trbovlje 2010.
- [2] RUDIS d.d., E373 PZI projekt Nadzorni sistem v toplarni Hrastnik, Trbovlje 2010.