



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Žygimantas Bieris

**GARO JĖGAINĖS NEMATUOJAMŲ PARAMETRŲ
ĮVERTINIMAS “OVATION” PASKIRSTYTO VALDYMO
SISTEMOJE**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas: Doc. dr. Leonas Balaševičius

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
AUTOMATIKOS KATEDRA

GARO JĖGAINĖS NEMATUOJAMŲ PARAMETRŲ
ĮVERTINIMAS „OVATION“ PASKIRSTYTO VALDYMO
SISTEMOJE

Baigiamasis magistro projektas

Valdymo technologijos (621H66001)

Vadovas

Doc. dr. Leonas Balaševičius

Recenzentas

Prof. Dr. Vytautas Galvanauskas

Projektą atliko

Žygimantas Bieris

KAUNAS, 2016

Žygimantas Bieris. Garo jėgainės nematuojamų parametrų įvertinimas “Ovation” paskirstyto valdymo sistemoje. Valdymo sistemų magistro baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Leonas Balaševičius; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Automatikos katedra.
Kaunas, 2016. 48 psl.

Santrauka

Šio darbo tikslas: Išanalizuoti paskirstyto valdymo sistemos „Ovation“ ypatybes. Paruošti matematinius fizikinius metodus ir lygtis balansų, srautų, galių skaičiavimams. Pagal paruoštą metodą automatizuoti programas “Ovation” sistemoje. Sudaryti vizualizavimo sistemą. Įvertinti metodo adekvatumą.

Teorinėje dalyje apžvelgta ir išanalizuota paskirstyto valdymo sistema „Ovation“.

Praktinėje dalyje realizuoti skaičiavimai. Atlikti tyrimai ir nustatytas metodo adekvatumas.

Prasmingi žodžiai: garo jėgainės, paskirstyto valdymo sistema, naudingumas, efektyvumas, šilumokaitis, turbina, valdiklis, kondensatas.

Žygimantas Bieris. Final project of Derivation of unmeasured steam power plant parameters in Ovation distributed control system. Control systems master's degree final project/supervisor Assoc. Prof. Dr. Leonas Balaševičius; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Automation.
Kaunas, 2016. 48 pages.

Summary

The aim is to analyze the properties of distributed control system „Ovation“. To prepare mathematical methods for heat and mass balance equations and to program them in system. To create SCADA visualization system. To analyse the accuracy of the method suggested. In the theoretical part the properties of „Ovation“ system are reviewed. In the experimental part the mass, heat and flow equations are realized in control logic, data is analyzed and the accuracy of the system is tested.

Key words: steam power plant, distributed control system, efficiency, heat exchange, turbine, controller, condensate

Turinys

2.	Valdymo sistema „Ovation“	10
2.1.	Operatoriaus darbinė stotis (Operator Workstation)	12
2.2.	Inžinerinė stotis	13
2.3.	Duomenų bazės serveris	14
2.4.	Domeno kontroleris	14
2.5.	Ovation proceso istorija	14
2.6.	Ovation valdiklis	15
2.7.	Ovation OCR 400 valdiklis	15
2.8.	Ovation I/O moduliai	19
2.9.	Ovation tinklas	21
2.10.	Ovation taškų ir logikos pavadinimai	22
2.1.	Garo ir vandens entalpijos radimas	23
3.	Kas yra naudingumo skaičiavimai?.....	25
4.	Elektrinės energijos mazgai ir šilumos balansas	27
5.	Termodinaminiai skaičiavimai.....	31
5.1.	Žemo ir aukšto slėgio šildytuvai	33
5.2.	Deaeratorius.....	34
5.3.	Ekonomaizeris	35
5.4.	Būgnas.....	36
5.5.	Perkaitintuvai	37
5.6.	Turbinos	38
5.7.	Kondensatorius	39
6.	Jėgainės emisijų išskaičiavimai.....	40
6.1.	Metano stochiometrija.....	40
6.2.	Anglies stochiometriniai koeficientai	41
6.3.	Emisijų išskaičiavimas.....	42
7.	Duomenų analizė	44
8.	Išvados.....	46
9.	Naudojamos literatūros ir kitų informacijos šaltinių sąrašas.....	47
10.	Priedai	48

Paveikslėlių sąrašas

- Pav. 1 – “Ovation” sistemos schema [8] 11
- Pav. 2 – “Ovation” Operatoriaus stotis [8] 12
- Pav. 3 – “Ovation Developer studio” 13
- Pav. 4 – “Ovation” valdiklis [8] 16
- Pav. 5 – “Ovation” valdiklio sąsajos [8] 16
- Pav. 6 – “Ovation” IO moduliai [8] 19
- Pav. 7 – “Ovation” IO moduliai ir adresavimas 20
- Pav. 8 – Tipinis “Ovation” skirstytuvas [8] 21
- Pav. 9 – Tipinis “Ovation” tinklas [8] 21
- pav. 10 – “Steamtable” algoritmų šeima 23
- pav. 11 – Funkcinis “Steamtable” simbolis 24
- Pav. 12 – Darbe sukurta proceso diagrama. Vandens – garo ciklas 27
- Pav. 13 – Šiluminiai mazgai 28
- Pav. 14 - Rankino ciklas. T-s diagrama[4] 31
- Pav. 15 – Srautas per šildytuvą 32
- pav. 16 – Ekonomaizerio indikacija 35
- pav. 17 Būgno indikacija 36
- pav. 18 Kondensatoriaus indikacija 39
- Pav. 19 – Logikos pavyzdys stochiometrinių koeficientų reguliavimui. Taip pat sieros kiekiui ir metano kokybei. 41
- Pav. 20 - Logikos pavyzdys stochiometrinių koeficientų reguliavimui. Taip pat sieros, vandenilio kiekiui ir metano kokybei. 42
- Pav. 21 – O₂-CO priklausomybė katile 43

Lentelių sąrašas

lentelė 1 – Tinko sąsajos lizdai 16

lentelė 2 – Valdiklio sąsajos lizdai 17

lentelė 3 – Valdiklio IO status indikacijos 17

lentelė 4 – “Steamtable” sutrumpinimų paaiškinimas 24

lentelė 5 – Energijos taškai 29

lentelė 6 – Energijos balansas 30

lentelė 7 – Stechiometriniai koeficientai 41

lentelė 8 – Duomenų analizė 44

lentelė 9 – Duomenų analizė – srautų palyginimas 44

lentelė 10 – Duomenų analizė – Mann-Whitney analizė 45

1. Įvadas

Tyrinėjama garo jėgainė – 300 MW esanti FUSINA, Italijoje.

Elektrinės naudingumo analizė gaunama iš realaus laiko proceso parametrų, tokių kaip vandens temperatūra, srautas, slėgis ir atitinkamo jų pritaikymo termodinamikos dėsniams (masės balansas ir energijos balansas). Gauti rezultatai gali būti atvaizduojami proceso grafikos languose arba entropijos-temperatūros grafikuose (Ts diagrama). Tokie duomenys padeda personalui spręsti apie proceso eigą, naudingumą tiek bendrai, tiek konkrečiame mazge.

Kadangi dažnai vandens trakte iš katilo išeinančio vandens-garo parametrai yra aukšti, nebeapsimoka dėti jutiklių. Tokiu atveju trūkstanti vandens parametrai gali būti apskaičiuoti iš žinomų vandens parametrų. Gali būti apskaičiuoti tokie nežinomi parametrai:

- Įtekančio/ištekančio vandens masės srautai. Pavyzdžiui į/iš aukšto slėgio šildytuvo.
- Energijos srautai į/iš kiekvieno komponento. Pavyzdžiui kuras sunaudotas boileryje, norint išgarinti vandenį.
- Jėgainės naudingumo savybės. Tokios kaip kalorijos/kWh.
- Išmetamųjų dujų koncentracijos.

Skaičiavimai, programavimas ir grafinis atvaizdavimas buvo atlikti Emerson „Ovation“ programine įranga, „Control Builder“ ir „Graphic Builder“ aplinkoje.

Darbo uždaviniai buvo:

- Išanalizuoti paskirstyto valdymo sistemos „Ovation“ ypatybes.
- Paruošti matematinius fizikinius metodus ir lygtis balansų, srautų, galių skaičiavimams.
- Pagal paruoštą metodą automatizuoti programas „Ovation“ sistemoje.
- Sudaryti vizualizavimo sistemą.
- Įvertinti metodo adekvatumą.

2. Valdymo sistema „Ovation“

Paskirstyto valdymo sistema (DCS – distributed control system) Emerson “Ovation” (žr. pav. 1) yra penkių dešimtmečių darbo rezultatas, energijos gamybos ir vandens pramonėje. “Ovation” teikia saugią, greitą ir patikimą proceso valdymo architektūrą, tuo pačiu neatsilikant nuo šiuolaikinių naujovių. Ši sistema suteikia sąsają su visais populiariais komunikacijų ir duomenų apsikeitimo standartais. Taip pat „Ovation“ integruoti algoritmai užtikrina maksimalų produktyvumą ir naudingumą.

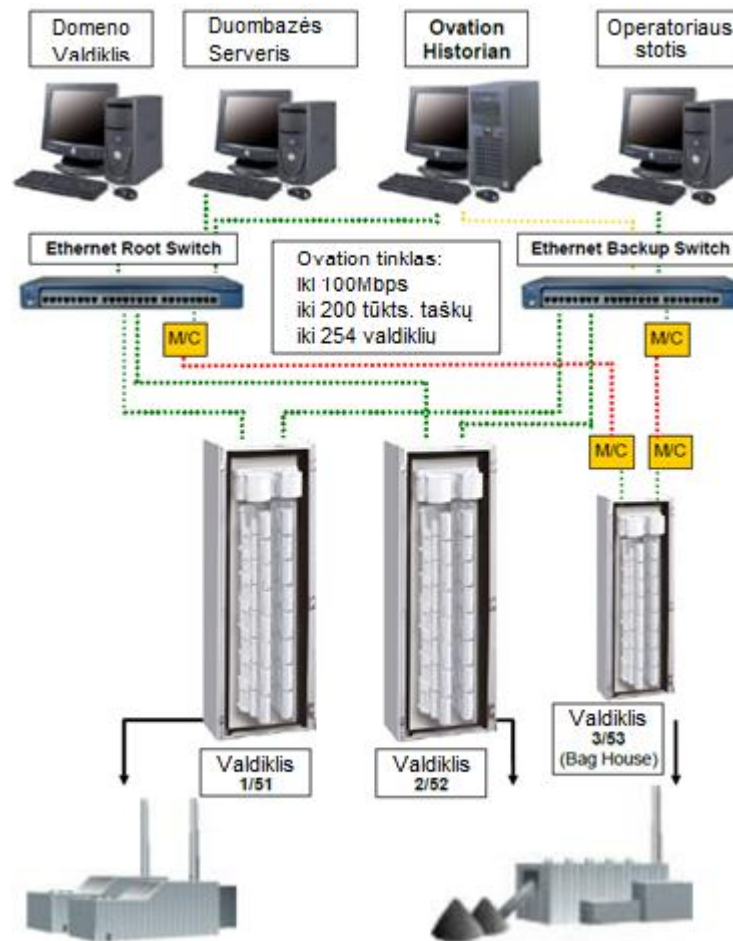
„Ovation“ integruotos aplikacijos:

- Control Builder‘is sukurtas taip, kad rašyti algoritmus būtų patogiau;
- Graphics Builder‘is;
- Integruotas Security Builder‘is;
- OPC sąsaja;
- Specifiniai integruoti algoritmai – tokie kaip *Steamtable* ir *Gasflow*.

Ją sudaro:

- Operatoriaus darbinė stotis (Operator Workstation);
- Inžinerinė stotis;
- Duombazės serveris (Ovation Database Server);
- Domeno kontrolieris (Domain controller);
- Ovation proceso istorija (Ovation Historian);
- Ovation valdikliai.

Tipinė “Ovation” Sistema:



Pav. 1 – “Ovation” sistemos schema [8]

2.1. Operatoriaus darbinė stotis (Operator Workstation)



Pav. 2 – “Ovation” Operatoriaus stotis [8]

Operatoriaus stotis yra modulis, kuris leidžia susisiekti su žemesniais moduliais ir stebėti proceso valdymą.

Stebėjimo funkcijos:

- Aliarmų stebėjimas;
- Proceso grafika;
- Proceso taškų informacija;
- Proceso istorija;
- Proceso grafikai (laiko ašyje);
- Klaidų stebėjimas.

Valdymo funkcijos:

- Rankinio/Automatinio režimo parinkimas;
- “Tiuningas” – algoritmų parametrų keitimas.

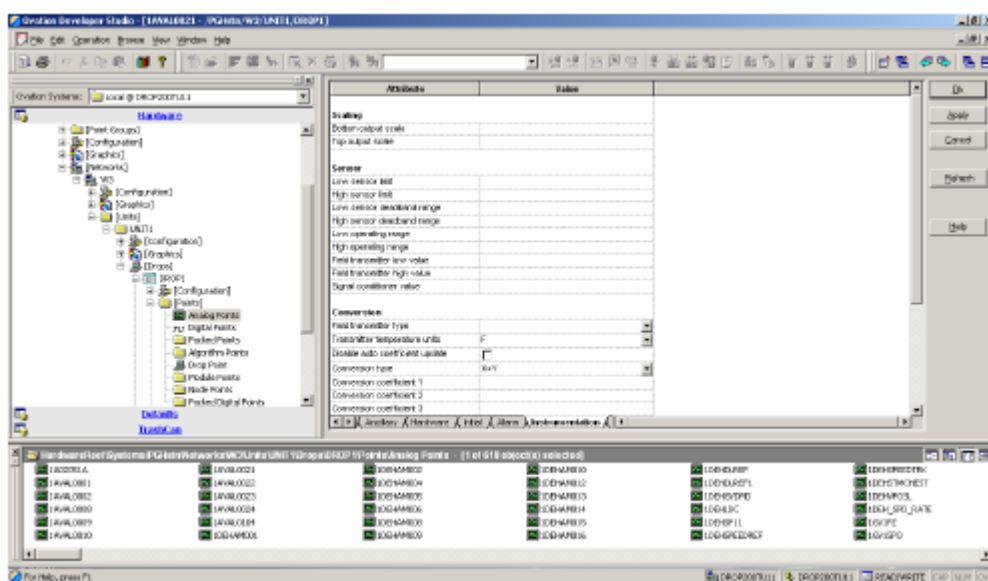
2.2. Inžinerinė stotis

Tai sistemos modulis, kuriame inžinieriai ir technologai gali daryti logikos ir grafikos pakeitimus.

Šiame modulyje yra integruota “Ovation Developer Studio” programinė įranga, kuri leidžia:

- Konfigūruoti žemesnius modulius. Pridėti arba atimti modulius. Keisti aliarmų konfigūracijas.
- Keisti arba pildyti programas: kurti naujus taškus, naują logiką, algoritmus ir grafiką.
- Perduoti programinius pakeitimus į žemesnius modulius: užkrauti, atsisiųsti, suderinti.

„Ovation Developer studio” pavyzdys:



Pav. 3 – “Ovation Developer studio”

Kiekviena inžinerinė stotis kartu turi ir visą operatoriaus stoties funkcionalumą.

2.3. Duomenų bazės serveris

Tai serveris, kuriame yra Oracle duomenų bazė. Šioje duomenų bazėje yra didžioji dalis Ovation sisteminių duomenų:

- Šis serveris sieja Ovation taškus (jų pavadinimus) su sisteminiais ID (SIDs).
- Visa grafika ir logika yra laikoma duomenų bazės serveryje.
- Ovation sistemoje būna tik vienas duomenų bazės serveris.
- Šis serveris turi tiek operatoriaus stoties, tiek inžinerinės stoties funkcionalumą.

2.4. Domeno kontrolieris

Šis įrenginys atsakingas už sistemos saugumą. Domenas – tai rinkinys kompiuterių ir vartotojų, tinkle, kuris dalinasi bendra duomenų baze. Domeno kontrolieris gali būti atskiras įrenginys, arba gali būti integruotas į duomenų bazės serverį.

Svarbiausio domeno kontrolierio funkcijos:

- Tvarkyti Ovation vartotojus;
- Tvarkyti vartotojų slaptažodžius;
- Teikti apsaugą visiems domeno vartotojams;
- Apsaugoti nuo nesankcionuotų prisijungimų.

2.5. Ovation proceso istorija

Funkcijos:

- Tvarkyti realaus-laiko proceso duomenis;
- Online režime kaupti proceso duomenis, offline režime archyvuoti duomenis.

Ovation istorikas saugo tokius duomenis:

- Proceso taškų vertes;
- Aliarmų istorija;
- Operatoriaus istorija;
- Įvykių sekų duomenis (sequence of events);
- Sisteminius pranešimus.

Paprastai Ovation istorikas būna atskiras modulis.

2.6. Ovation valdiklis

Pagrindinės funkcijos:

- Proceso taškų šaltinis;
- Proceso taškų gaviklis;
- Nuskaito I/O modulius ir paverčia analoginius arba diskrečius signalus į inžinerinius vienetus.

- Išsaugo duomenis į „flash“ atmintį;
- Vykdo algoritmus/programas;
- Įrašo duomenis į I/O modulius;
- Leidžia pridėti, ištrinti ir modifikuoti taškus „online“ režime;
- Transliuoja taškų duomenis Ovation tinkle;
- Pats vykdo savo diagnostiką.

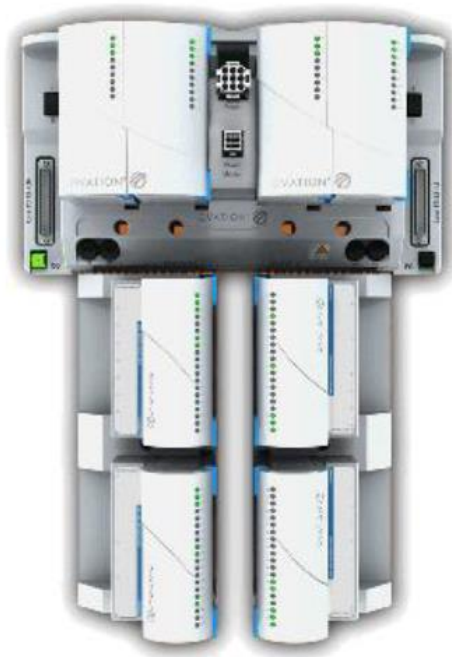
Elektrinėje valdiklis dažniausiai yra vienas ar kelios spintos, turinčios įėjimo/išėjimo modulius sujungtus su elektrinės įrengimais. Šie moduliai stebi kiekvieno įrengimo būsenos pokyčius. Kai tokie pokyčiai aptinkami, valdiklis juos įvertina ir perskaičiuoja atitinkamai išėjimo vertes. Perskaičiavimas vykdomas pagal Ovation Control Builder parašytas logikos programas.

Valdiklio charakteristikos:

- Palaiko iki 16000 taškų, iš kurių iki 4000 I/O taškų;
- „Flash“ atmintis, saugoti OS, logiką ir taškus;
- Automatinis persijungimas į pagalbinį valdiklį, įvykus klaidai.

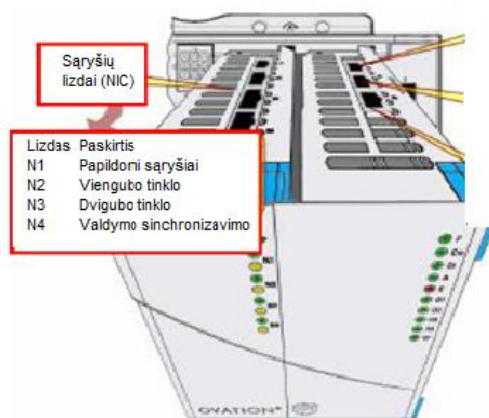
2.7. Ovation OCR 400 valdiklis

Naudojamas nuo Ovation 3.0 versijos. Šis valdiklis turi 400 MHz procesorių ir talpų atminties diską. Paveikslėlyje apačioje galima pamatyti pagrindinį ar pagalbinį valdiklius, su I/O moduliais pajungtais kiekvienam valdikliui.



Pav. 4 – “Ovation” valdiklis [8]

Valdiklio sąsajos lizdai išdėstyti viršuje valdiklio (paveikslėlis apačioje):



Pav. 5 – “Ovation” valdiklio sąsajos [8]

Valdiklio sąsajos lizdai apibūdinami lentelėse žemiau:

lentelė 1 – Tinko sąsajos lizdai

Lizdas	Paskirtis
N1	Trečių šalių įrengimai
N2	SAN sąsaja
N3	Dan sąsaja
N4	Valdymo sinchronizacijai

lentelė 2 – Valdiklio sąsajos lizdai

Lizdas	Paskirtis			
L1	Palaiko iki 8 Ovation I/O modulių			
L2	Palaiko iki 8 Ovation I/O modulių			
Q5	Palaiko vieną I/O mazgą			
	Ovation I/O		Q-Line I/O	
	Vietinis	Nutolęs	Vietinis	Nutolęs
R4	Nepalaiko	Iki 4 mazgų	1 mazgas	Iki 4 mazgų
R3	nepalaiko	Iki 4 mazgų	nepalaiko	Iki 4 mazgų

L1 ir L2 yra I/O modulių šakos.

Dešiniojoje valdiklio pusėje yra I/O būsenų indikacijos:

lentelė 3 – Valdiklio IO status indikacijos

Žymuo	Reikšmė	Statusas		
		Veikia	Neveikia	Mirksi
P	Maitinimas	Valdiklis įjungtas	neįjungtas	N/A
Cm	Komunikacija	Komunikacija pakibusi	Negaunama jokių komandų	Gaunamos komandos
Ct	Valdymas	Valdiklis veikia kaip pagrindinis	Valdiklis neveikia, kraunasi arba persikrauna	Valdiklis veikia kaip antrinis
A	Gyvas	Gyvas	Negyvas	N/A
E	Klaida	Vykdoma diagnostika (boot metu)	Nėra klaidų	Indikuojama klaida. Klaidos kodą galima sužinoti iš LED lempučių(žr. žemiau)

LED				
O1	Vietinis Ovation portas L1	Visi I/O nuskaitymo ciklai praėjo (kai E neveikia)	Valdiklis nebando skanuoti I/O (Kai E neveikia)	Kai kurie I/O skanavimai neveikia/ yra klaidingi (Kai E neveikia)
O2	Vietinis Ovation portas L2	Visi I/O nuskaitymo ciklai praėjo (kai E neveikia)	Valdiklis nebando skanuoti I/O (Kai E neveikia)	Kai kurie I/O skanavimai neveikia/ yra klaidingi (Kai E neveikia)
R3	Portas R3	Visi I/O nuskaitymo ciklai praėjo (kai E neveikia)	Valdiklis nebando skanuoti I/O (Kai E neveikia)	Kai kurie I/O skanavimai neveikia/ yra klaidingi (Kai E neveikia)
R4	Portas R4	Visi I/O nuskaitymo ciklai praėjo (kai E neveikia)	Valdiklis nebando skanuoti I/O (Kai E neveikia)	Kai kurie I/O skanavimai neveikia/ yra klaidingi (Kai E neveikia)
O5	Portas Q5	Visi I/O nuskaitymo ciklai praėjo (kai E neveikia)	Valdiklis nebando skanuoti I/O (Kai E neveikia)	Kai kurie I/O skanavimai neveikia/ yra klaidingi (Kai E neveikia)

2.8.Ovation I/O moduliai



Pav. 6 – “Ovation” IO moduliai [8]

DCS Ovation suteikia analoginio, binarinio, sekinio (sequential) valdymo galimybę su duomenų surinkimo ir atvaizdavimo privalumais. Sistema susideda iš įėjimų-išėjimo modulių mišinio, kurie komunikuoja su valdikliu per I/O sąsają.

I/O moduliai suteikia sąsają tarp valdiklio ir gamyklinio proceso. Ovation I/O moduliai yra lengvai prijungiami ir pakeičiami, jie taip pat turi integruotą klaidų diagnostiką. Šie moduliai geba dirbti su įvairiais signalais ir atlikti įvairias funkcijas.

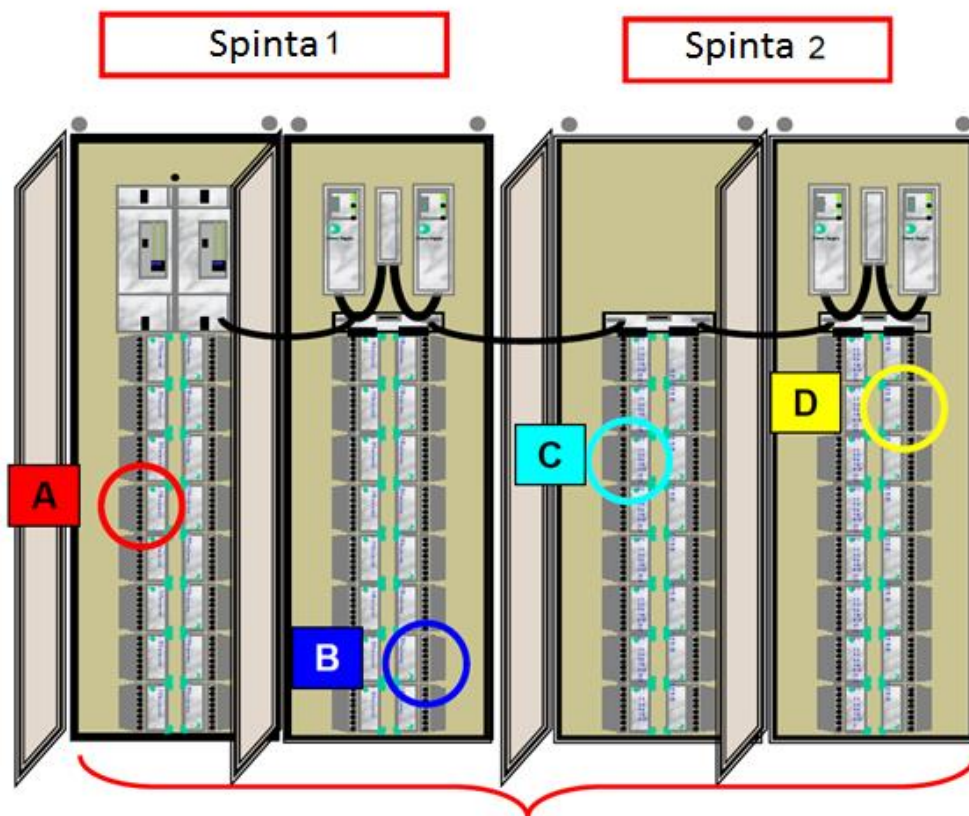
Standartiniai modulių komponentai yra keičiami su galimybe tai padaryti nestabdant sistemos ir tipiškai susideda iš:

- Bazinio vieneto;
- Elektroninio modulio (emod);
- Asmeninio modulio (pmod).

Moduliai su reliniu išėjimu susideda iš:

- Elektroninio modulio (emod);
- Bazinio vieneto.

Vietinio I/O adresavimas:



Pav. 7 – “Ovation” IO moduliai ir adresavimas

„A“ modulio adresas: Įrenginys 1 šaka 1 slot‘as 4

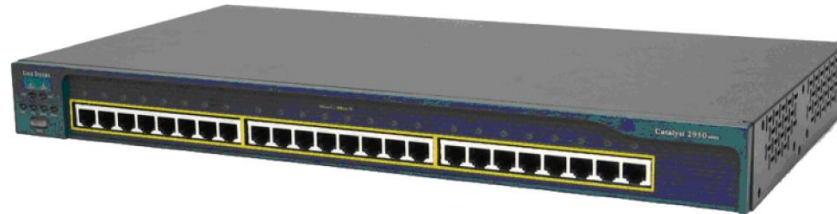
„B“ modulio adresas: Įrenginys 1 šaka 4 slot‘as 2

„C“ modulio adresas: Įrenginys 1 šaka 5 slot‘as 3

Ir tt...

2.9.Ovation tinklas

Ovation tinklas yra 100Mbps duomenų magistralė, leidžianti visiems valdikliams ir įrengimams keistis duomenimis.

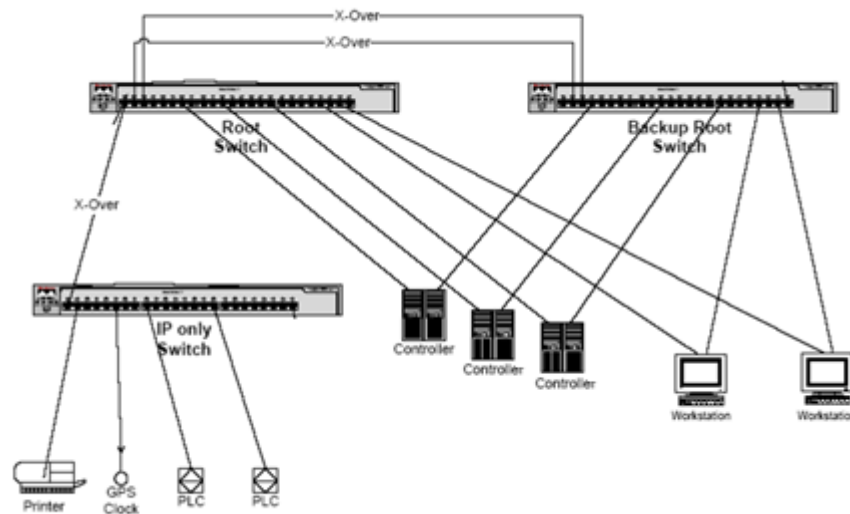


Pav. 8 – Tipinis “Ovation” skirstytuvas [8]

Ovation naudoja Cisco routerius ir skirstytuvus:

- sujungti valdiklius, kitus tinkle įrenginius, printerius, PLV;
- Daug skirtingų konfigūracijų : Root switch, backup root ir tt.;
- Sujungia įrenginius per CAT5e ethernet'o kabelius arba šviesolaidį;
- Diagnostika per LED.

Žemiau pateiktas Ovation tinklo pavyzdys:



Pav. 9 – Tipinis “Ovation” tinklas [8]

2.10. Ovation taškų ir logikos pavadinimai

Visi taškai apskaičiuoti naudingumo skaičiavimų logikoje prasideda su prefiksu "3PR-".

Tipiniai signalai:

- 3PR-UF- Komponento galia [MW];
- 3PR-F- Srautas [t/h];
- 3PR-I- Entalpija [kJ/kg];
- 3PR-S- Entropija [kJ/kg x K];
- 3PR-T- Temperatūra [°C].

Ovation logikos puslapiai:

Visi termodinaminiai skaičiavimai atlikti 34-ame valdiklyje. Logikos puslapių organizavimas pateiktas žemiau:

Vandens padavimo traktas (žr. priede nr.1):

- 800 HEAT FLOW 1 - HPH AND LPH;
- 801 HEAT FLOW 2 – ECONOMISER;
- 802 HEAT FLOW 3 – DRUM;
- 808 HEAT FLOW 9 - DEGASATORE / IP POWER / SPILL 4.

Perkaitintai ir pakartotinai perkaitintas garas (žr. priede nr.1):

- 803 HEAT FLOW 4 – SH;
- 806 HEAT FLOW 7 – RH;
- Įpurškimų srautai:
- 804 HEAT FLOW 5 - SPILL 1/2 FLOW
- 807 HEAT FLOW 8 - SPILL3 FLOW
- 808 HEAT FLOW 9 - DEGASATORE / IP POWER / SPILL 4
- 809 HEAT FLOW 10 - SPILL 5/6/7 FLOW

Turbinų galia (žr. priede nr.1):

- 805 HEAT FLOW 6 - HP POWER
- 808 HEAT FLOW 9 - DEGASATORE / IP POWER / SPILL 4
- 810 HEAT FLOW 11 - LP POWER

Kuro ir boilerio naudingumas (žr. priede nr.1):

- 811 HEAT FLOW 12 – FUEL

- 820 HEAT FLOW 21 – BOILER EFFICIENCY

Išmetamosios dujos (žr. priede nr.1):

- 812 HEAT FLOW 13 - FLUE GAS
- 813 HEAT FLOW 14 - GASFLOW
- 814 HEAT FLOW 15 - FLUE GAS unit conv.

NOx skaičiavimai (žr. priede nr.1):

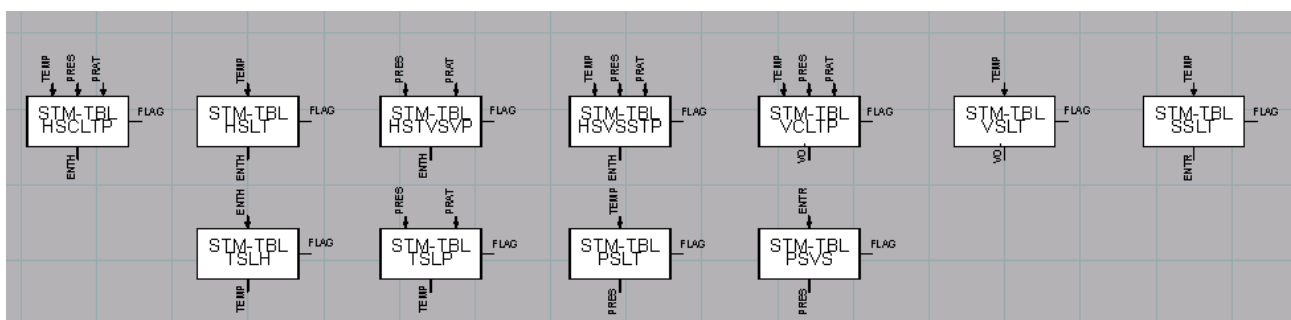
- 816 HEAT FLOW 17 – DENOX
- 817 HEAT FLOW 18 - DENOX 2

Entropijos (žr. priede nr.1):

- 818 HEAT FLOW 19 - ENTHROPIES
- 819 HEAT FLOW 20 - ENTHROPIES 2

2.1.Garo ir vandens entalpijos radimas

Termodinaminiai skaičiavimai skyriuje dažnai naudojama entalpijos sąvoka. Šiame darbe yra svarbi tik vandens-garo entalpijos sąvoka. Tai vandens vidinė energija, priklausanti nuo vandens fazės, temperatūros ir slėgio. „Ovation“ sistemoje yra patogu naudotis specialiais entalpijos paskaičiavimo algoritmais „STEAMTABLE“.



pav. 10 – “Steamtable” algoritmų šeima

„Steamtable“ algoritmų šeimą sudaro (žr. pav. 10 – “Steamtable” algoritmų šeima) 11 algoritmų. Iš kairės į dešinę ir iš viršaus į apačia juos galima išvardinti:

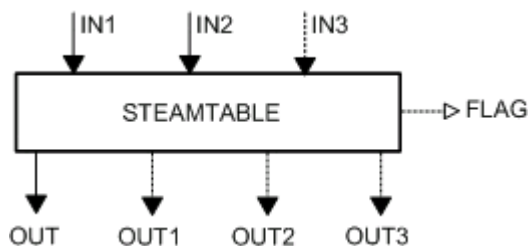
- HSCLTP – Suranda suslėgto vandens entalpiją ir entropiją prie užduotos temperatūros, slėgio.

- HSLT – Suranda sotaus skysčio entalpiją prie užduotos temperatūros.
- HSTVSVP – Suranda sotaus garo entalpiją, entropiją, temperatūrą ir specifinį tūrį prie atitinkamo slėgio.
- HSVSSTP – Suranda perkaitinto garo entalpiją, entropiją ir specifinį tūrį prie užduotos temperatūros, slėgio.
- VCLTP – Suranda suslėgto skysčio specifinį tūrį prie užduotos temperatūros ir slėgio.
- VSLT – Suranda sotaus skysčio specifinį tūrį prie užduotos temperatūros.
- SSLT - Suranda sotaus skysčio entropiją prie užduotos temperatūros.
- TSLH – Suranda sotaus skysčio temperatūrą prie atitinkamos entalpijos.
- TSLP – Suranda sotaus skysčio temperatūrą prie atitinkamo slėgio.
- PSLT – Suranda sotaus skysčio slėgį prie užduotos temperatūros.
- PSVS – Suranda sotaus garo slėgį prie užduotos entropijos.

„Steamtable“ algoritmas apskaičiuoja vandens ir garo termodinamines savybes. Šis algoritmas palaiko tiek angliškuosius, tiek SI sistemos matavimo vienetus. Valdymo įėjimai yra patikrinami ar šie atitinka savo skalę. Esant blogam signalui algoritmas perduoda prasto signalo „vėliavėlę“ į išėjimų logiką.

lentelė 4 – “Steamtable” sutrumpinimų paaiškinimas

Sutrumpinimas	Reikšmė
CL	Suslėgtas skystis
H	Entalpija
P	Slėgis
S	Entropija
SL	Sotus skystis
SS	Perkaitintas garas
SV	Sotus garas
T	Temperatūra
V	Tūris



pav. 11 – Funkcinis “Steamtable” simbolis

3. Kas yra naudingumo skaičiavimai?

Šiame darbe pateiktas elektrinės naudingumo skaičiuotuvus susideda iš šilumos ir masės balanso lygčių įvertinimo realiu laiku. Gauti rezultatai yra grafiškai atvaizduojami proceso diagramose. Tai suteikia informacijos apie:

- Techninę įrangą;
- Pagrindinius garo-vandens ir dujų srautus.

Realaus laiko skaičiavimai yra atliekami taikant masės ir energijos balanso lygtis kiekvienam svarbiam proceso taškui. Rezultatai pateikiami grafiškai proceso diagramose ir Ts diagramoje. Tai leidžia personalui lengviau spręsti apie proceso naudingumą ir būklę, bendrai ir kiekvienam atskiram taškui.

Kadangi nėra tiesioginių garo ir kuro matavimų (tokių kaip masės srautas per laiko vienetą), daugelis svarbių elektrinės charakteristikų turi būti išvesti iš kitų galimai matuojamų parametrų.

Pagal turimą matuojamą informaciją (tokią kaip vandens/garo temperatūra, srautas ir generuojama energija) yra įmanoma išskaičiuoti nežinomas proceso charakteristikas, tokias kaip:

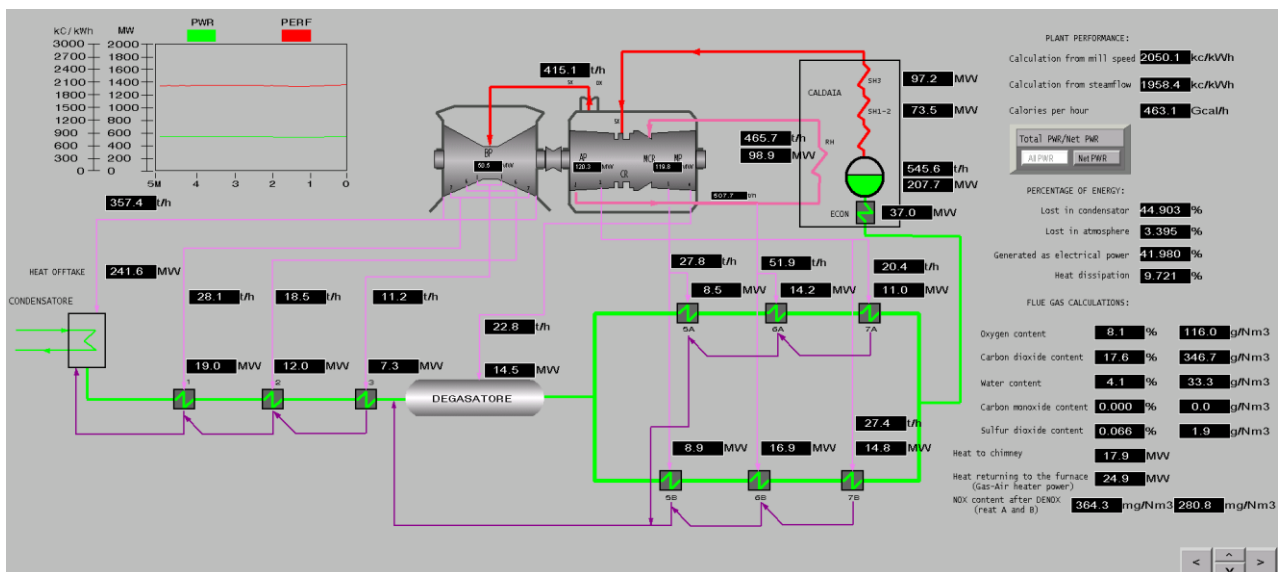
- Masės srautai į ir iš kiekvieno komponento. Pavyzdžiui: garo srautas einantis į ir iš žemo slėgio šildytuvų;
- Energijos srautai į ir iš kiekvieno komponento. Pavyzdžiui: kuro energija sunaudota katile, norint išgarinti vandenį;
- Elektrinės naudingumo ypatybės, tokios kaip kalorijos sunaudotos pagaminti viena kilovatvalandę;
- Išmetamųjų dujų koncentracijos.

Gaunama nauda:

- Informacija apie elektrinę ir jos komponentus yra surenkama, apskaičiuojama ir atvaizduojama realiu laiku;
- Pagrindiniai proceso indikatoriai suteikia operatoriams informacijos apie įrangą, kuri veikia su mažesniu naudingumu;
- Lengva paruošti naudingumo grafikus ir raportus, nes visa logika ir grafika yra toje pačioje valdymo sistemoje;
- Istoriniai įrašai padeda diagnozuoti ir nuspėti įrangos gedimus ir kitas problemas susijusias su naudingumu;
- Periodiniai naudingumo raportai atskiroms proceso dalims gali būti generuojami, jei yra poreikis.

4. Elektrinės energijos mazgai ir šilumos balansas

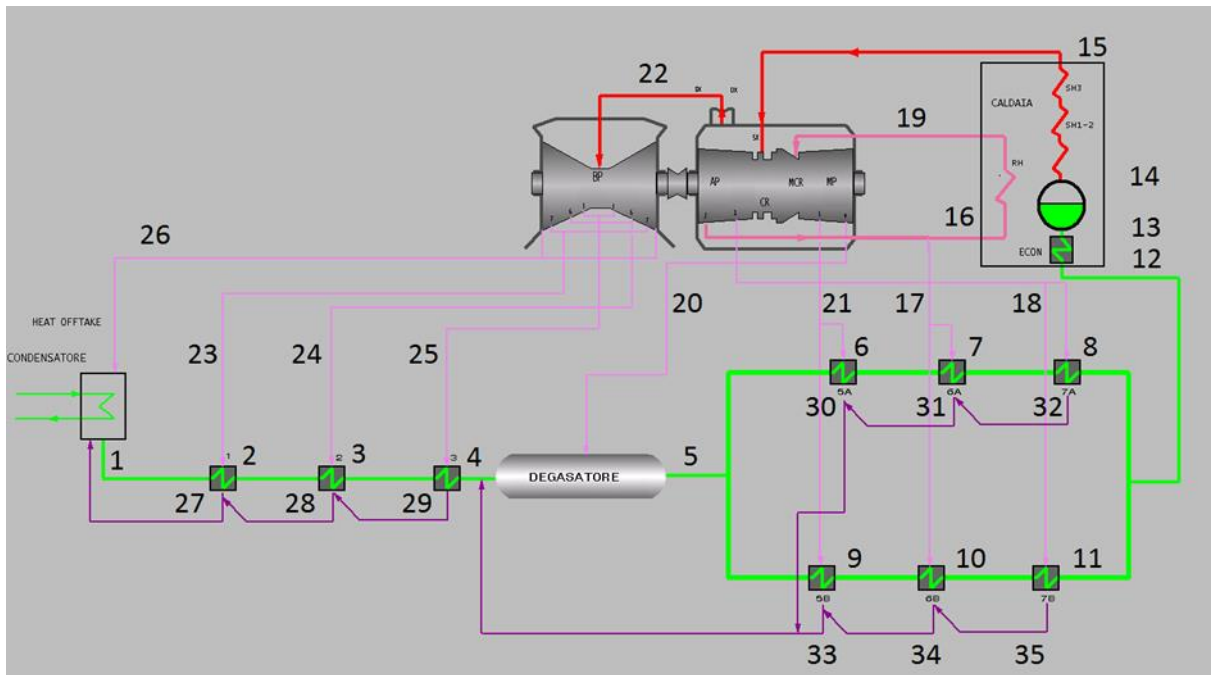
Sotusis garas iš boilerio patenka į perkaitintuvą. Čia garas įgauna darbinę būseną (apie 500 °C ir 200 atm). Po to garas plečiasi aukšto slėgio turbinoje. Nudirbamas darbas – garo parametrai krenta. Išėjęs iš aukšto slėgio turbinos, dalis garo pašildo įeinantį į katilą vandenį, o kita dalis yra antra karta perkaitinama ir toliau plečiasi vidutinio slėgio turbinoje. Iš ten garas papuola į žemo slėgio turbiną ir ten dirba iki kondensato taško. Iš žemo slėgio turbinos, pakopomis garas nuleidinėjamas į šildytuvus, deaeratorių ir pagalbinio garo mazgus skirtus įtaisams. Galutinė stotelė – kondensatorius, kur garas ataušinamas iki skysčio fazės.



Pav. 12 – Darbe sukurta proceso diagrama. Vandens – garo ciklas

Šilumos balansas:

Energijos balansas turi būti atliktas kiekviename elektrinės darbo taške. Galima priimti, kad energija prarandama vamzdyne ir išspinduliuojama į aplinką yra minimali ir į tai nekreipiama dėmesio.



Pav. 13 – Šiluminiai mazgai

Pav. 13 galima pamatyti kiekvieną dėmesio vertą elektrinės šiluminio vandens trakto mazgą. Kiekvienam jų galima užrašyti energijų balanso lygtis.

Masės balansas:

$$\sum_{i=1}^i m_i = \sum_{o=1}^o m_o \quad (1)$$

Kur m yra masės srautas kg/s.

Energijos balansas:

$$\sum_{i=1}^i E_i + Q = \sum_{o=1}^o E_o + W \quad (2)$$

kur E yra energijos srautas, Q šilumos srautas, o W – atliktas darbas kJ/s.

Srauto energija:

$$E = m \times h \quad (3)$$

kur h yra specifinė vandens entalpija, kJ/kg.

Lentelėje 4 pateikiami elektrinės energijos taškai.

lentelė 5 – Energijos taškai

1	Kondensatorius	20	Garas patenkantis į deaeratorių
2	Žemo slėgio šildytuvas (ŽSŠ1)	21	Garas į ASŠ5
3	ŽSŠ2	22	Garas į žemo slėgio turbiną
4	ŽSŠ3	23	Garas į ŽSŠ1
5	Deaeratorius	24	Garas į ŽSŠ2
6	Aukšto slėgio šildytuvas (ASŠ5A)	25	Garas į ŽSŠ3
7	ASŠ6A	26	Garas į kondensatorių
8	ASŠ7A	27-29	Susikondensavęs nuimtas žemo slėgio turbinos garas
9	ASŠ5B	30-35	Susikondensavęs nuimtas aukšto slėgio turbinos garas
10	ASŠ6B		
11	ASŠ7B		
12	Ekonomaizeris		
13	Aukšto slėgio vanduo patenkantis į būgną		
14	Sotusis garas išeinantis iš būgno		
15	Perkaitintas garas		
16	Pakartotinio perkaitinimo garas		
17	Garas į ASŠ6		
18	Garas į ASŠ7		
19	Garas išeinantis iš pakartotinio perkaitintuvo		

Lentelėje 5 pateikiamas energijos balansas kiekvienam komponentui.

lentelė 6 – Energijos balansas

Komponentas	Balanso lygtis
Būgnas	$E_{14} - E_{13} = E_{\text{drum}}$
AS turbina	$E_{15} - E_{18} - E_{17} - E_{16} = W_{\text{HP}}$
Vid. Slėg. Turbina	$E_{19} - E_{20} - E_{21} - E_{22} = W_{\text{IP}}$
ŽS turbina	$E_{22} - E_{23} - E_{24} - E_{25} - E_{26} = W_{\text{LP}}$
Kondensatorius	$E_{26} - E_1 = E_{\text{cond}}$
ŽSŠ1	$E_{23} + E_1 = E_2 + E_{27}$
ŽSŠ2	$E_{24} + E_2 = E_3 + E_{28}$
ŽSŠ3	$E_{25} + E_3 = E_4 + E_{29}$
Deaeratorius	$E_4 + E_{20} + E_{30} + E_{31} + E_{32} + E_{33} + E_{34} + E_{35} = E_5$
ASŠ5A	$E_5 + E_{21a} = E_6 + E_{30}$
ASŠ 5B	$E_5 + E_{21b} = E_9 + E_{33}$
ASŠ 6A	$E_6 + E_{17a} = E_7 + E_{31}$
ASŠ 6B	$E_9 + E_{17b} = E_{10} + E_{34}$
ASŠ 7A	$E_7 + E_{18a} = E_8 + E_{32}$
ASŠ 7B	$E_{10} + E_{18b} = E_{11} + E_{35}$
ekonomaizeris	$E_{12} + E_{\text{econ}} = E_{13}$
Perkaitintuvas	$E_{14} + E_{\text{SH}} = E_{15}$
Pakart. perkaitinimas	$E_{16} + E_{\text{RH}} = E_{19}$
Būgnas	$E_{12} + E_{16} + E_{\text{air}} + E_{\text{fuel}} = E_{\text{flue_gas}} + E_{15} + E_{19}$

E_{drum} – Energija pridėta būgne;

W_{HP} – AS turbinos darbas;

W_{IP} – Vidut.slėgio turbinos darbas;

W_{LP} – ŽS turbinos darbas;

E_{cond} – Kondensatoriaus energija;

E_{econ} – Ekonomaizerio energija;

E_{SH} – Perkaitintuvo energija;

E_{RH} – Pakartotinio perkaitinimo energija;

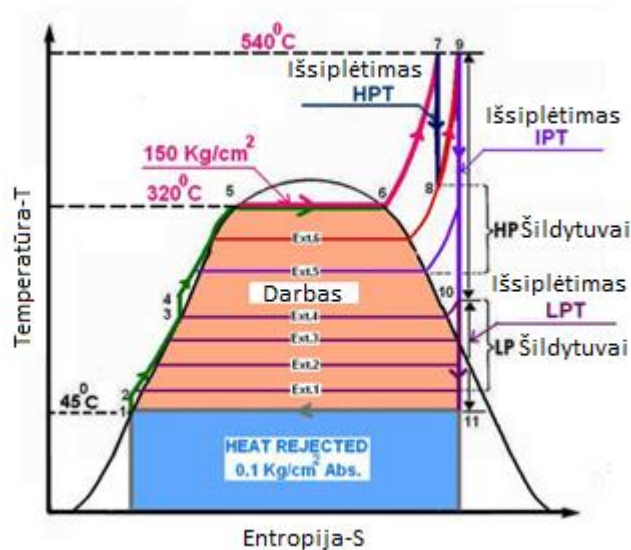
E_{fuel} – Kuro energija;

$E_{\text{flue_gas}}$ - Išmetamųjų dujų energija.

5. Termodinaminiai skaičiavimai

Skaičiavimai yra pagrįsti pirmu termodinamikos dėsniu – energija gauta ir išleista (naudingai arba nenaudingai) yra lygios.

Temperatūros-entropijos diagrama elektrinėje (žr. Pav. 14) atvaizduoja tipinį Rankino ciklą, kur 1-susikondensavęs skystis, procesas 1-2 – vandens pumpavimas, 2-3 žemo slėgio šildytuvų kaitinimas, 3-4 vandens pumpavimas, 4-5 aukšto slėgio šildytuvų kaitinimas, 5-6 virimo procesas, 6-7 perkaitinimas, 7-8 garo plėtimasis AS turbinoje, 8-9 pakartotinis perkaitinimas, 9-10 garo plėtimasis vid. slėgio turbinoje, 10-11 garo plėtimasis žemo slėgio turbinoje, 11-12 kondensavimas.



Pav. 14 - Rankino ciklas. T-s diagrama[4]

Teoriškai darbas atliktas šilumos mazge yra T-s kreivės integralas. Savo skaičiavimams darbą galime rasti sekančiais metodais.

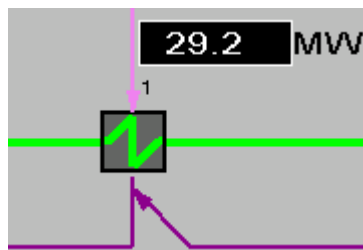
Vandens šildytuve vandens absorbuota energija (galia) priklauso nuo srauto ir temperatūrų skirtumo sandaugos:

$$Cp * (T' - T'') \times F = GALIA \quad (4)$$

Kur Cp yra specifinė vandens šiluminė talpa, normaliomis sąlygomis lygi 4.18kJ/kg*K.

Tarkime vandens srautas(F) į žemo slėgio šildytuvą lygus 863t/h. ΔT – temperatūrų skirtumas (išeinančio-įeinančio vandens) yra 29 °C. Tada mūsų pavyzdžio galia:

$$29 \times 4.18 \times 863 \times \frac{1}{3600} = 29.2MW \quad (5)$$



Pav. 15 – Srautas per šildytuvą

5.1. Žemo ir aukšto slėgio šildytuvai

Visiems devyniems šildytuvams buvo apskaičiuota:

Šildytuvų galia:

$$Enth_{l(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{l(in)} \times SRAUTAS_{(IN)} = GALIA(W) \quad (6)$$

Kur:

- $Enth_{l(in)}$ (J/kg) – įeinančio vandens entalpija
- $Enth_{l(out)}$ (J/kg) – išeinančio vandens entalpija
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas

Šildytuvų srautas:

$$\frac{GALIA}{\Delta U} = SRAUTAS(kg/s) \quad (7)$$

$GALIA(W)$ – apskaičiuota galia

$\Delta U(J/kg)$ – Entalpijų skirtumai tarp įeinančio ir išeinančio skysčio

5.2. Deaeratorius

Deaeratoriaus logiką galima rasti 32/2/808 (žr. Priede nr.1).

Principai, pagal kuriuos skaičiuojama deaeratoriaus galia, yra tokie pat kaip ir taikomi šildytuvams – reikia rasti ir apskaičiuoti skirtumus tarp įeinančių ir išeinančių šilumos srautų.

Matematinė išraiška:

$$Enth_{l(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{l(in)} \times SRAUTAS_{in} = GALIA(W) \quad (8)$$

Kur:

- $Enth_{l(out)}$ (J/kg) – išeinančio vandens entalpija
- $Enth_{l(in)}$ (J/kg) – įeinančio vandens entalpija
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas

Perkaitinto garo srautas ateinantis į deaeratorių:

$$\frac{GALIA}{\Delta U} = SRAUTAS(kg/s) \quad (9)$$

Kur:

- $GALIA$ (W) – deaeratoriaus galia
- ΔU (J/kg) – Entalpijų skirtumas tarp įeinančio garo ir išeinančio

5.3. Ekonomaizeris

Ekonomaizerio logiką galima rasti 32/2/801 (žr. priede nr.1).

Principai, pagal kuriuos skaičiuojama ekonomaizerio galia, yra tokie pat kaip ir taikomi šildytuvams – reikia rasti ir apskaičiuoti skirtumus tarp įeinančių ir išeinančių šilumos srautų. Vienintelis skirtumas yra tas, kad nėra žinoma išeinančio vandens fazė – sotusis garas ar suslėgtas skystis.

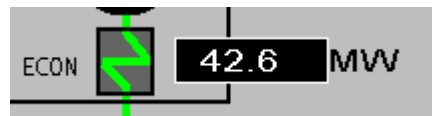
Norint spręsti apie vandens fazę, tam taikoma speciali logika.

Matematinė išraiška:

$$Enth_{l(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{l(in)} \times SRAUTAS_{in} = GALIA(W) \quad (10)$$

Kur:

- $Enth_{l(out)}$ (J/kg) – išeinančio vandens-garo entalpija
- $Enth_{l(in)}$ (J/kg) – įeinančio vandens entalpija
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas



pav. 16 – Ekonomaizerio indikacija

5.4. Būgnas

Logiką būgnui galima rasti 32/2/802 (žr. priede nr.1).

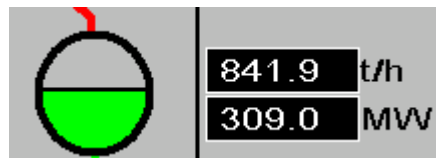
Matematiniai principai, pagal kuriuos atliekami skaičiavimai, yra panašūs į anksčiau minėtus atvejus.

Matematinė išraiška:

$$Enth_{l(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{l(in)} \times SRAUTAS_{in} = GALIA(W) \quad (11)$$

Kur:

- $Enth_{l(out)}$ (J/kg) – išeinančio garo entalpija
- $Enth_{l(in)}$ (J/kg) – įeinančio vandens entalpija
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas



pav. 17 Būgno indikacija

5.5. Perkaitintuvai

Logiką perkaitintuvams galima rasti:

32/2/803 – SH (Perkaitintuvas) (žr. priede nr.1).

32/2/806 – RH (Pakartotinis perkaitinimas) (žr. priede nr.1).

Apskaičiuojama garo entalpija ir srautas, kuris eina per perkaitintuvus. Gautos vertės yra sudauginamos. Tas pats yra daroma su išeinančiu garu. Gautas skirtumas yra vertinamas kaip perkaitintuvų galia.

Matematinė išraiška:

$$Enth_{st(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{st(in)} \times SRAUTAS_{in} = GALIA(W) \quad (12)$$

Kur:

- $Enth_{st(out)}$ (J/kg) – išeinančio garo entalpija
- $Enth_{st(in)}$ (J/kg) – įeinančio garo entalpija
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas

5.6. Turbinos

Turbinų logiką galima rasti:

32/2/805 – HP POWER (aukšto slėgio turbina) (žr. priede nr.1).

32/2/808 – IP POWER (vidutinio slėgio turbina) ; 32/2/810 – LP POWER (žemo slėgio turbina) (žr. priede nr.1).

Apskaičiuojant įeinančio – išeinančio garo srautų galių skirtumą galime išmatuoti kiek galios perduodama į turbinas.

Matematinė išraiška:

$$Enth_{st(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{st(in)} \times SRAUTAS_{in} = GALIA(W) \quad (13)$$

Kur:

- $Enth_{st(out)}$ (J/kg) – išeinančio garo entalpija
- $Enth_{st(in)}$ (J/kg) – įeinančio garo entalpija
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas

5.7.Kondensatorius

Logiką kondensatoriui galima rasti:

32/2/810 – LP POWER (žr. priede nr.1).

Kondensatoriuje išsiskiria daugiausiai energijos. Taip yra todėl, kad čia vyksta vandens fazės virsmas.

Norint rasti galią prarandamą kondensatoriuje: Kondensato srautas ir entalpijos sudauginamos. Įeinančio garo srautas ir entalpijos sudauginamos. Abejais atvejais gaunamos vienodos temperatūros. Entalpijų skirtumas egzistuoja vien dėl fazių virsmo.

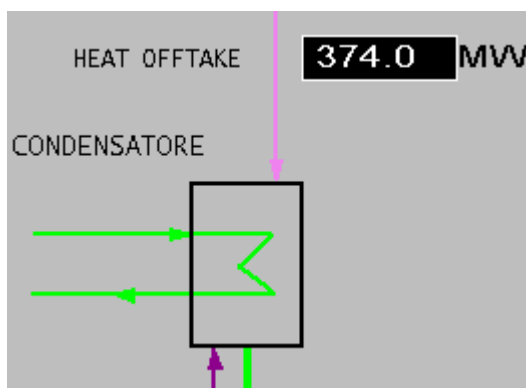
Apskaičiuojamas įėjimo – išėjimo galių skirtumas.

Matematinė išraiška nekreipiant dėmesio į matavimo vienetus:

$$Enth_{l(out)} \times SRAUTAS_{out} - Enth_{st(in)} \times SRAUTAS_{in} = GALIA(W) \quad (14)$$

Kur:

- $Enth_{l(out)}$ (J/kg) – kondensato entalpija
- $Enth_{st(in)}$ (J/kg) – įeinančio garo entalpija
- $SRAUTAS_{out}$ (kg/s) – išeinantis srautas
- $SRAUTAS_{in}$ (kg/s) – įeinantis srautas



pav. 18 Kondensatoriaus indikacija

6. Jėgainės emisijų išskaičiavimai

Jėgainių išmetamųjų dujų koncentracijos yra matuojamos ir stebimos nuolatos. Įprastai tokių emisijų monitoringe naudojami instrumentiniai įvertinimo metodai.

Yra išskiriami keli emisijų matavimo metodai:

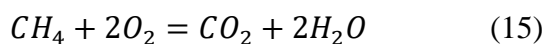
- Cheminiai
- Instrumentiniai
- Pėdsakinių elementų analizė

Darbe pasiūlytas išskaičiuojamų parametrų įvertinimas taip pat gali suteikti informacijos apie išmetamąsias dujas. Gauta informacija gali būti naudinga lyginant su duomenimis gautais iš jutiklių.

6.1. Metano stochiometrija

Dūmų dujų koncentracija gali būti apibendrinta pagal reagentų stochiometrinius koeficientus.

Pvz. Metano oksidacijos:



Reiškia, kad vienas kilogramas metano sudaro $\frac{1000g}{16g/mol} = 62.5 \text{ mol}$ kuro.

Norint oksiduoti 62.5 molius metano reikia 2×62.5 molių deguonies.

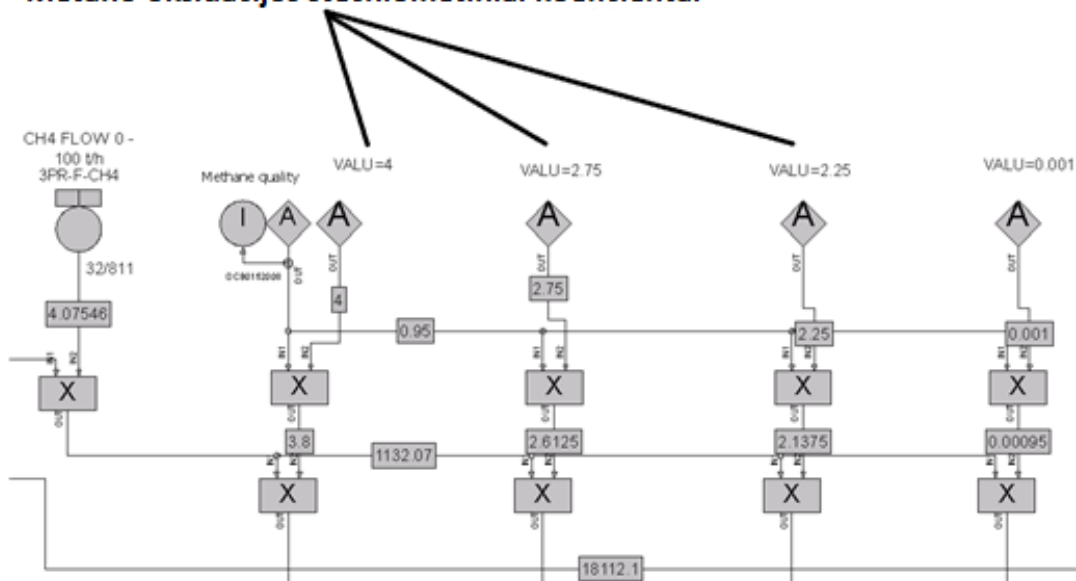
Reakcijos rezultate gaunami 125 moliai vandens ir 62.5 moliai anglies dvideginio.

Dabar galima spręsti apie masės kiekius:

- Deguonis: $32g/mol \times 125mol = 4000g$.
- Anglies dvideginis: $44g/mol \times 62.5mol = 2750g$.
- Vanduo: $18g/mol \times 125mol = 2250g$.

Vadinasi norint sudeginti vieną kg metano reikia 4 kilogramų deguonies, kas rezultate sudaro 2.75 kg anglies dvideginio ir 2.25 kg vandens.

Metano oksidacijos stochiometriniai koeficientai



Pav. 19 – Logikos pavyzdys stochiometrinių koeficientų reguliavimui. Taip pat sieros kiekiui ir metano kokybei.

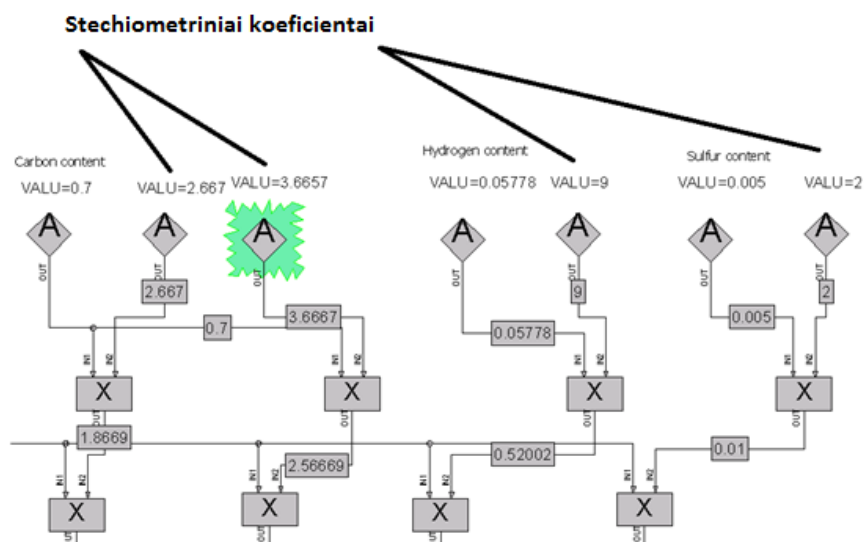
6.2. Anglies stochiometriniai koeficientai

Akmens anglis yra kombinacinis kuras, sudarytas iš kelių elementų kurie dalyvauja oksidacijų reakcijose. Pritaikant aukščiau metanui taikytą metodą galima sudaryti tokią lentelę (parengta pagal šaltinį [2]):

lentelė 7 – Stochiometriniai koeficientai

Skaičiavimai vienam kg. akmens anglies:			
*	Masė vienam kg	O2 kiekis (kg)	Produktai (kg)
Elementinė anglis	0.9	$0.9 \times 32 / 12 = 2.4$	$0.9 \times 44 / 12 = 3.3$
Vandenilis	0.03	$0.03 \times 16 / 2 = 0.24$	$0.03 \times 18 / 2 = 0.27$
Siera	0.005	$0.005 \times 32 / 32 = 0.005$	$0.005 \times 64 / 32 = 0.01$
Deguonis	0.025	-0.025	*
Azotas	0.01	-	0.01
pelenai	0.03	-	-

Ta pati idėja yra pritaikoma „Ovation“ sistemoje (žr. žemiau).



Pav. 20 - Logikos pavyzdys stochiometrinių koeficientų reguliavimui. Taip pat sieros, vandenilio kiekiui ir metano kokybei.

6.3. Emisijų išskaičiavimas

Žinant reagentus, produktus ir apytiksles sąlygas galima sudaryti teorinį išmetamųjų dujų koncentracijų modelį.

Pvz. Deguonies koncentracija dūmuose:

$$\frac{A_F \times 0.2314 - C_F \times ST_COEFF_{methane} - M_F \times ST_COEFF_{coal}}{TOT_F} \quad (16)$$

Kur:

0.2314 deguonies dalis lauko ore

ST_COEFF – metano ir akmens anglies stochiometriniai koef.

A_F – oro srautas

C_F – anglies srautas

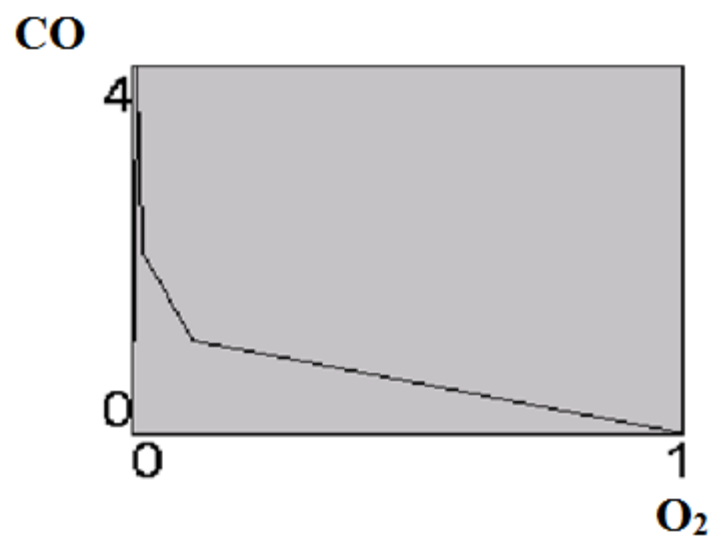
M_F – metano srautas

TOT_F – anglies ir metano srautas

Tas pats principas taikomas sieros, vandens garui ir anglies dvideginiui.

Anglies monoksidui susidaryti yra priimta, kad turi būti išpildytos tam tikros sąlygos – deguonies trūkumas.

Apksimuoti CO emisijas pasitelkta CO-O₂ kreivė [7].



Pav. 21 – O₂-CO priklausomybė katilė

7. Duomenų analizė

Norint apžvelgti duomenis buvo pasitelkti nominalūs konkrečios garo jėgainės parametrai paimti iš:

Priedas nr.2 - Garo jėgainė – FUSINA, Italija.

Priedas nr.3 – Garo jėgainė Jeddah, Saudo Arabija.

lentelė 8 – Duomenų analizė

	FUS sildytuvas1	FUS sildytuvas2	FUS sildytuvas3	FUS sildytuvas 7A	FUS sildytuvas 7b	jeddah 4HRT	jeddah 7HRT
fw_temp_in °C	43.9	65.79	90.28	242.05	242.39	115.9	208.4
fw_temp_out °C	65.79	90.28	125.33	288.85	290.3	134.3	243.1
fw_enth_in Kcal/kg	44.126	65.954	90.47	250.53	250.91	116.1	213.8
fw_enth_out Kcal/kg	65.954	90.47	125.83	303.75	306.54	134.9	251.6
fw_q kg/h	717301	717301	717301	500771	495207	684271	814297
sp_temp_in °C	67.956	91.88	205.37	425.37	425.37	238.8	361.6
sp_temp_out °C	55.19	67.311	91.291	246.95	248.92	121.5	214
sp_q kg/h	28875	29398	42538	52879	53878	22105	58156
sp_enth_in Kcal/kg	597.37	630.61	687.58	769.14	769.24	703	748.2
sp_enth_out Kcal/kg	55.129	67.25	91.314	255.67	257.93	121.8	218.8
naud. galia KW	18.20937736	20.45176358	29.49805679	30.99515094	32.03874897	14.96117485	35.79763614
įpurskimu galia KW	18.20933392	19.26120742	29.49828909	31.57752029	32.03874289	14.94155644	35.80619558
eff	1.000002386	1.061811087	0.999992125	0.98155747	1.00000019	1.00131301	0.999760951
įpurskimu srautas kg/h	28875.07	31215.12	42537.67	51903.78	53878.01	22134.02	58142.10
delta(q)	0.068886344	1817.12233	0.334998138	975.2225252	0.010228628	29.02408809	13.90215338
%	0.000238567	6.181108682	0.000787527	1.844252965	1.89848E-05	0.131301009	0.023904934

Norint palyginti nominalius duomenis su apskaičiuotais, buvo pasitelkti įpurskimų matavimai (kg/h):

lentelė 9 – Duomenų analizė – srautų palyginimas

Nominalūs	28875	29398	42538	52879	53878	22105	58156
Paskaičiuoti	28875,07	31215,12	42537,67	51903,78	53878,01	22134,02	58142,10

lentelė 9 Vaizduoja vandens srautus per šilumokaičius esant nominaliems ir paskaičiuotiems srautams. Norint statistiškai įvertinti „Ovation“ sistemos adekvatumą, buvo pasitelkta Mann-Whitney statistinė analizė [9] ir SSPS statistikos įrankių paketas:

lentelė 10 – Duomenų analizė – Mann-Whitney analizė

Mann-Whitney Test

Ranks				
	VAR00002	N	Mean Rank	Sum of Ranks
VAR00001	1	7	7.43	52.00
	2	7	7.57	53.00
	Total	14		

Test Statistics^b	
	VAR00001
Mann-Whitney U	24.000
Wilcoxon W	52.000
Z	-.064
Asymp. Sig. (2-tailed)	.949

Rezultatai rodo, kad palyginus nominalius su paskaičiuotais duomenimis, galima teigti, kad abidvi grupės sutampa 94,9%. Galima teigti, kad abidvi populiacijos yra panašios, o “Ovation” metodas tiksliai atlieka savo funkciją.

8. Išvados

Vandens parametrų matavimas, kai kuriais atvejais gali būti nepraktiškas ir neekonomiškas. Vis dėl to šie parametrai gali suteikti informacijos apie procesą. Vietoje realių jutiklių-matuoklių galima gauti išvestus-išskaičiuotus parametrus. Tokie duomenys pateikia esminės informacijos apie procesą, tokios kaip: vandens-garo energijos, temperatūros ir srautai išeinantys iš būgno, įeinantys į pašildytuvus, perkaitintuvus, kondensatorių, deaeratorių ir tt. Gaunant visą informaciją apie vandens traktą galima nustatyti kiekvieno mazgo efektyvumą bei katilo naudingumą. Iš gautos informacijos personalas galėtų tinkamai parinkti atnaujinimus, bei prognozuoti problematiškus taškus.

Remiantis atlikta analize, galima daryti tokias išvadas:

1. „Ovation“ apžvalga parodė, kad ši sistema yra galingas įrankis tinkantis realizuoti skaičiavimus, algoritmų logiką ir proceso vizualizaciją. Specialūs algoritmai, tokie kaip *Steamtable* leidžia rasti vandens entalpijas prie pasirinktų temperatūrų, slėgių.

2. „Ovation“ platformoje sukurta SCADA duomenų atvaizdavimo sistema leidžia stebėti duomenis realiu laiku ir kaupti istorinę informaciją.

3. Pasiūlytas parametrų įvertinimo metodas, realizuotas „Ovation“ platformoje, gali būti naudojamas:

- Rasti nežinomus įpurškimų srautus, turint pagrindinių srautų ir temperatūrų pokyčių per komponentą duomenis.
- Rasti komponentų naudingą galią turint garo-vandens entalpijų pokyčių duomenis.
- Spręsti apie elektrinės naudingumo ypatybes, tokias kaip sudegintos kalorijos norint pagaminti vieną kilovatvalandę.

4. Gauti rezultatai palyginti su nominaliais duomenimis. Remiantis analizės išvadomis galima teigti, kad paskaičiuotos vertės statistiškai sutampa su nominaliomis vertėmis (P – kriterijus 94.7 proc.), metodas yra adekvatus ir gaunamos proceso vertės statistiškai nesiskiria nuo realių matavimų.

9. Naudojamos literatūros ir kitų informacijos šaltinių sąrašas

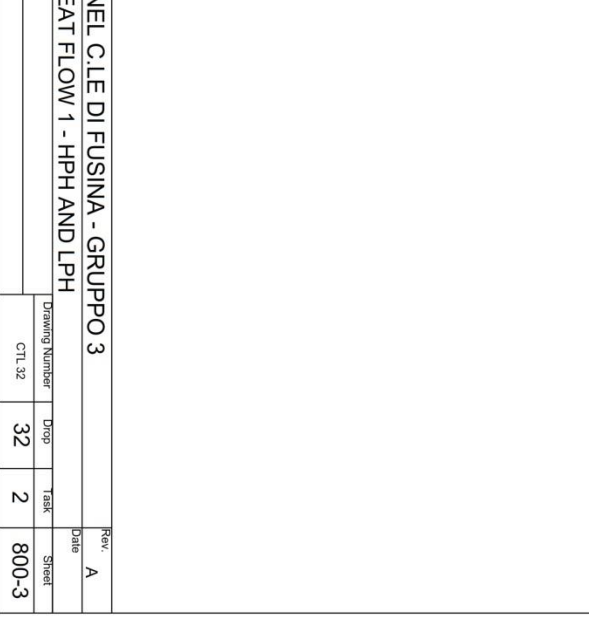
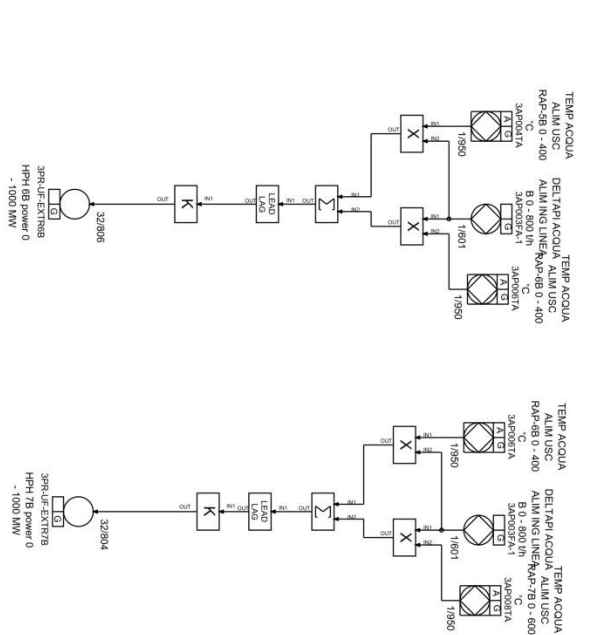
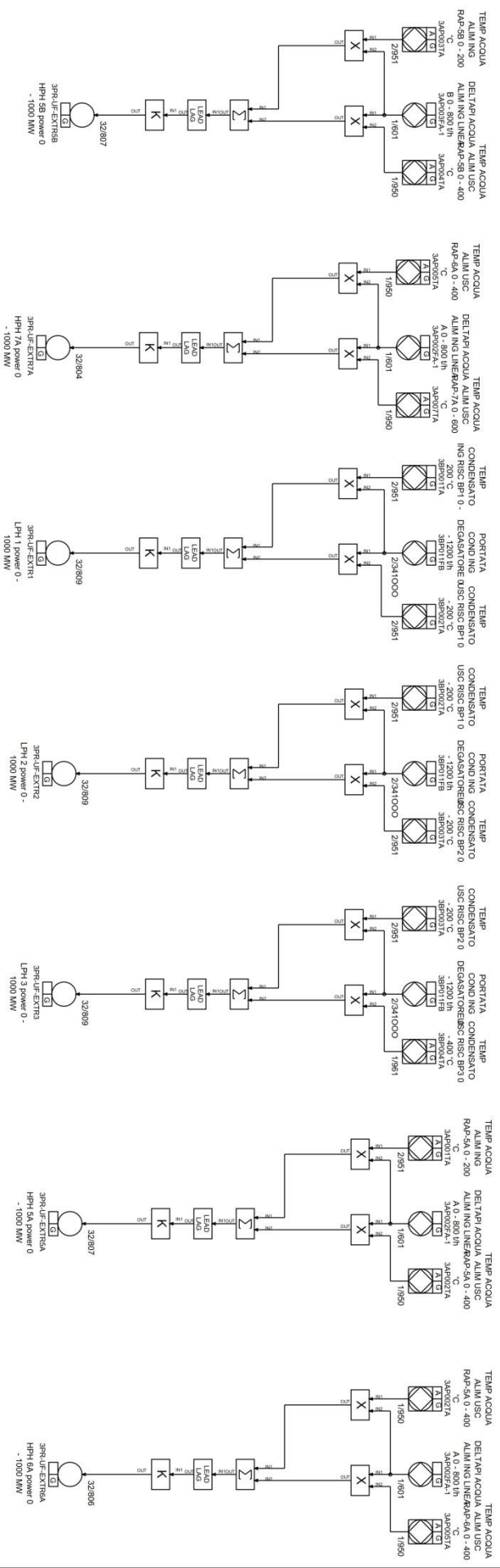
1. Exergy Analysis and Efficiency Improvement of a Coal Fired Thermal Power Plant in Queensland. *R. Mahamud, M.M.K. Khan, M.G. Rasul and M.G. Leinster*
2. Stoichiometric Calculations. *Hsin Chu Professor Dept. of Environmental Engineering National Cheng Kung University*
3. Application of System Analysis for Thermal Power Plant Heat Rate Improvement. *M.N. Lakhoua, M. Harrabi and M. Lakhoua*
4. Condenser in thermal power plants. *Shivaji Choudhury*
5. Energy performance assessment of boilers. *Bureau of Energy Efficiency, India*
6. Method of calculation of theoretical so2 content in the exhaust gases from combustion of diesel oil. *RB Bertomeu, S.L.*
7. Anthropogenic Air Pollution Sources. *Francisc Popescu and Ioana Ionel. University "Politehnica" from Timisoara, Romania*
8. Planning Your Ovation System OW350_R1005. *March 2013. Emerson.*
9. <https://statistics.laerd.com/spss-tutorials/mann-whitney-u-test-using-spss-statistics.php>
[žiūr. 2016 04 20]

10. Priedai

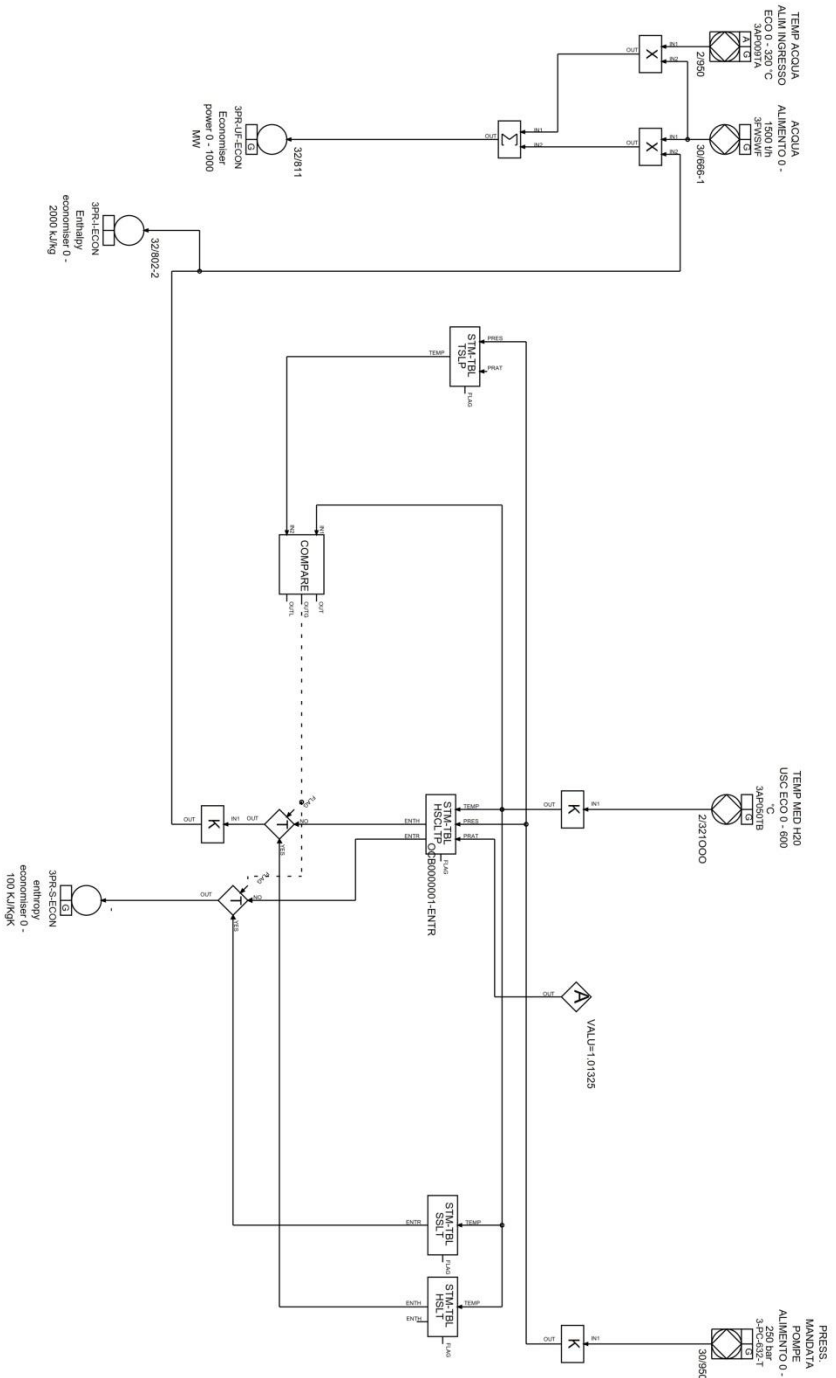
NR.1 Šiame darbe sukurta „Ovation“ skaičiavimų logika.

NR.2 „Fusina“ jėgainės nominalūs parametrai.

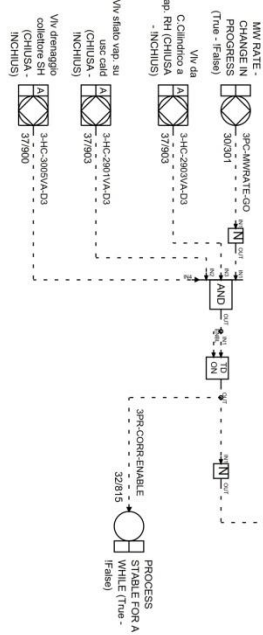
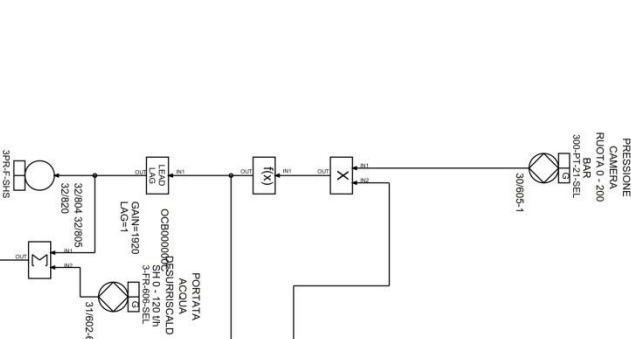
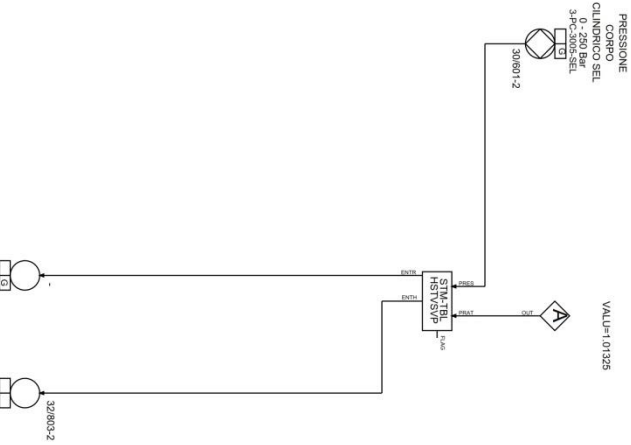
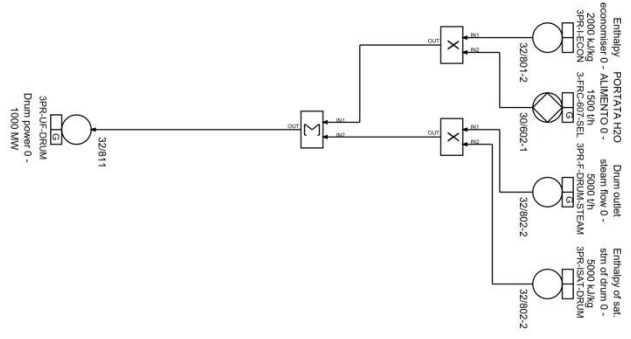
NR.3 „Jeddah“ jėgainės nominalūs parametrai.



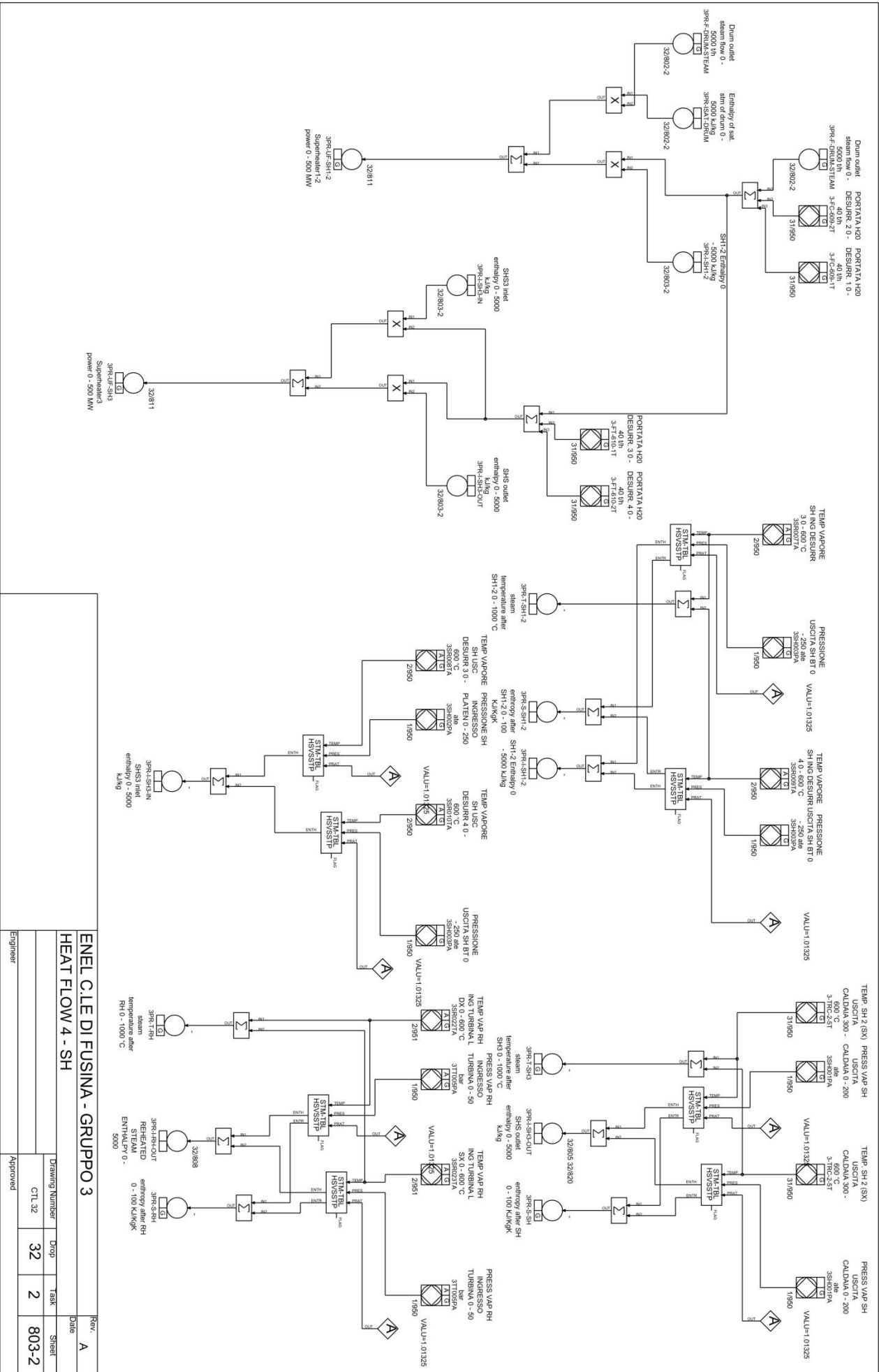
ENEL CLE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 1 - HPH AND LPH		Date	
Engineering	Approved	Sheet	800-3
Engineering	Approved	Task	2
Engineering	Approved	Drop	32
Engineering	Approved	Drawing Number	CTL 32



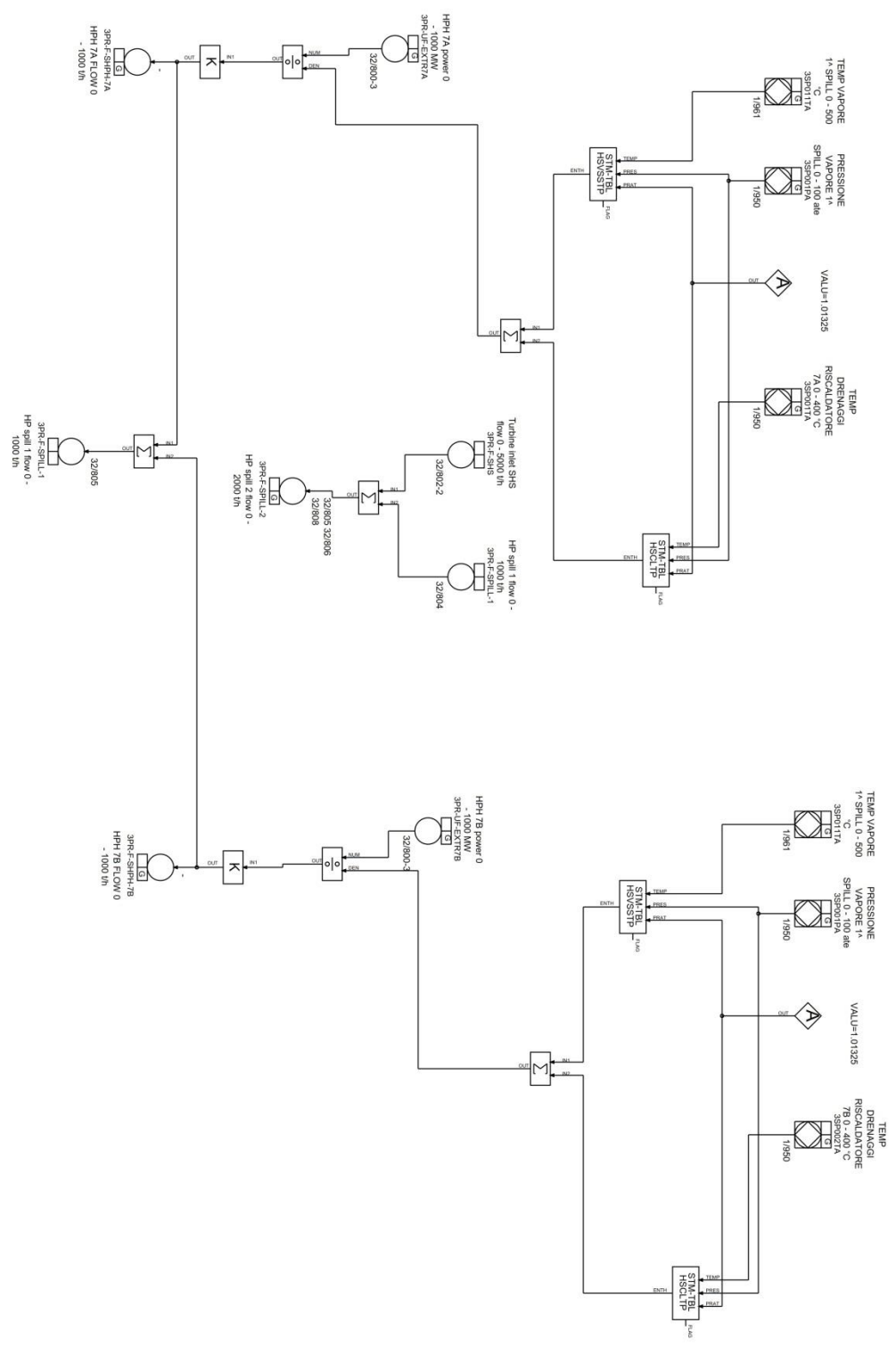
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 2 - ECONOMISER		Date	
Drawing Number	Disp	Task	Sheet
CTL 32	32	2	801-2
Engineer		Approved	



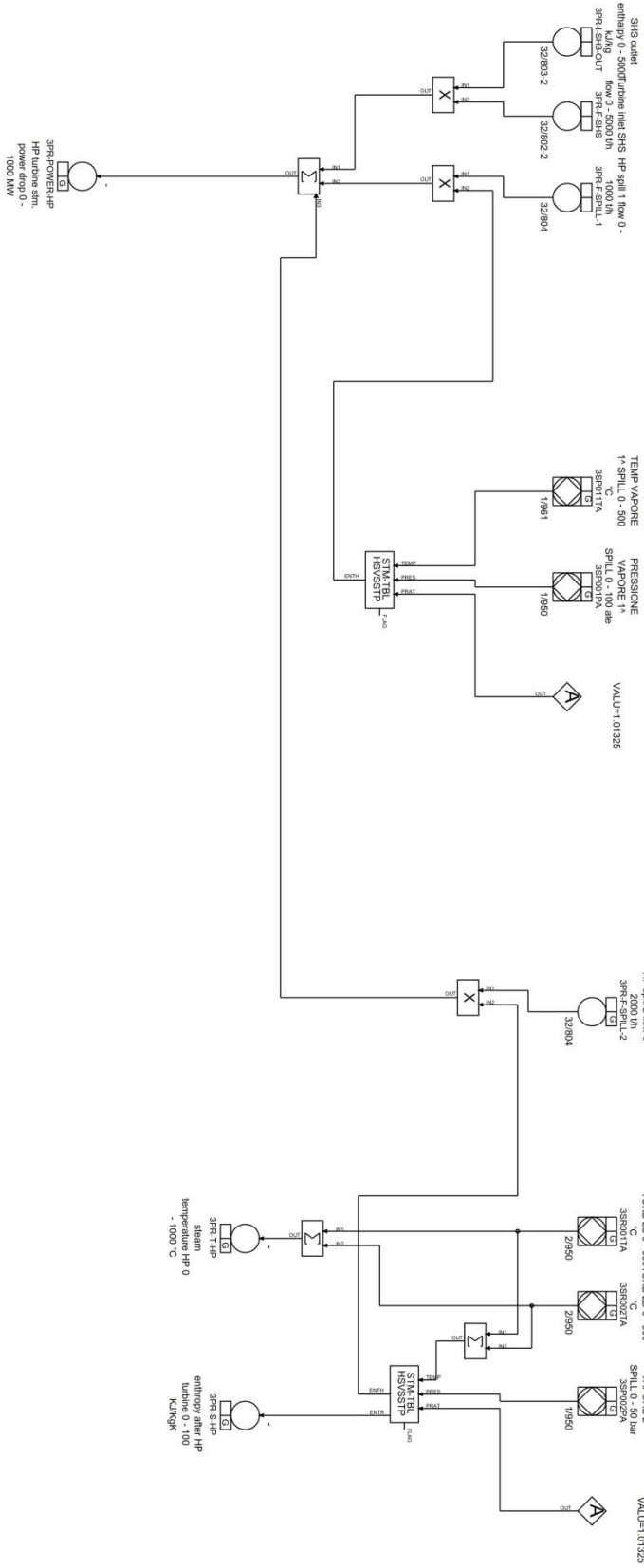
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 3 - DRUM		Date	
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	802-2
Engineer	Approved		



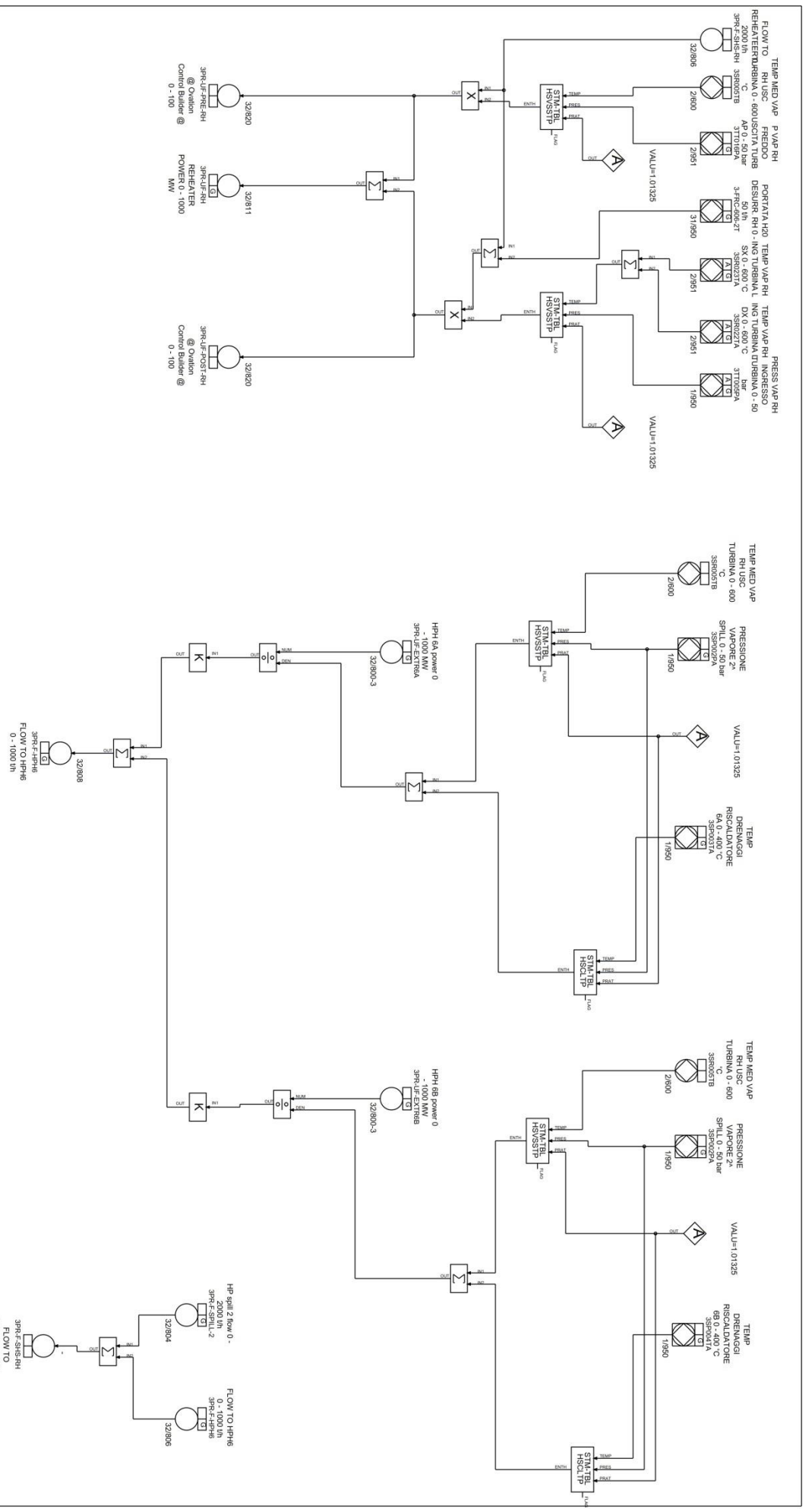
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 4 - SH		Date	
Drawing Number	32	Task	Sheet
CTL 32	32	2	803-2
Engineer		Approved	



ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 5 - SPILL 1/2 FLOW		Date	
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	804
Engineer		Approved	



ENEL C.I.E DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 6 - HP POWER		Date	
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	805
Engineer	Approved		

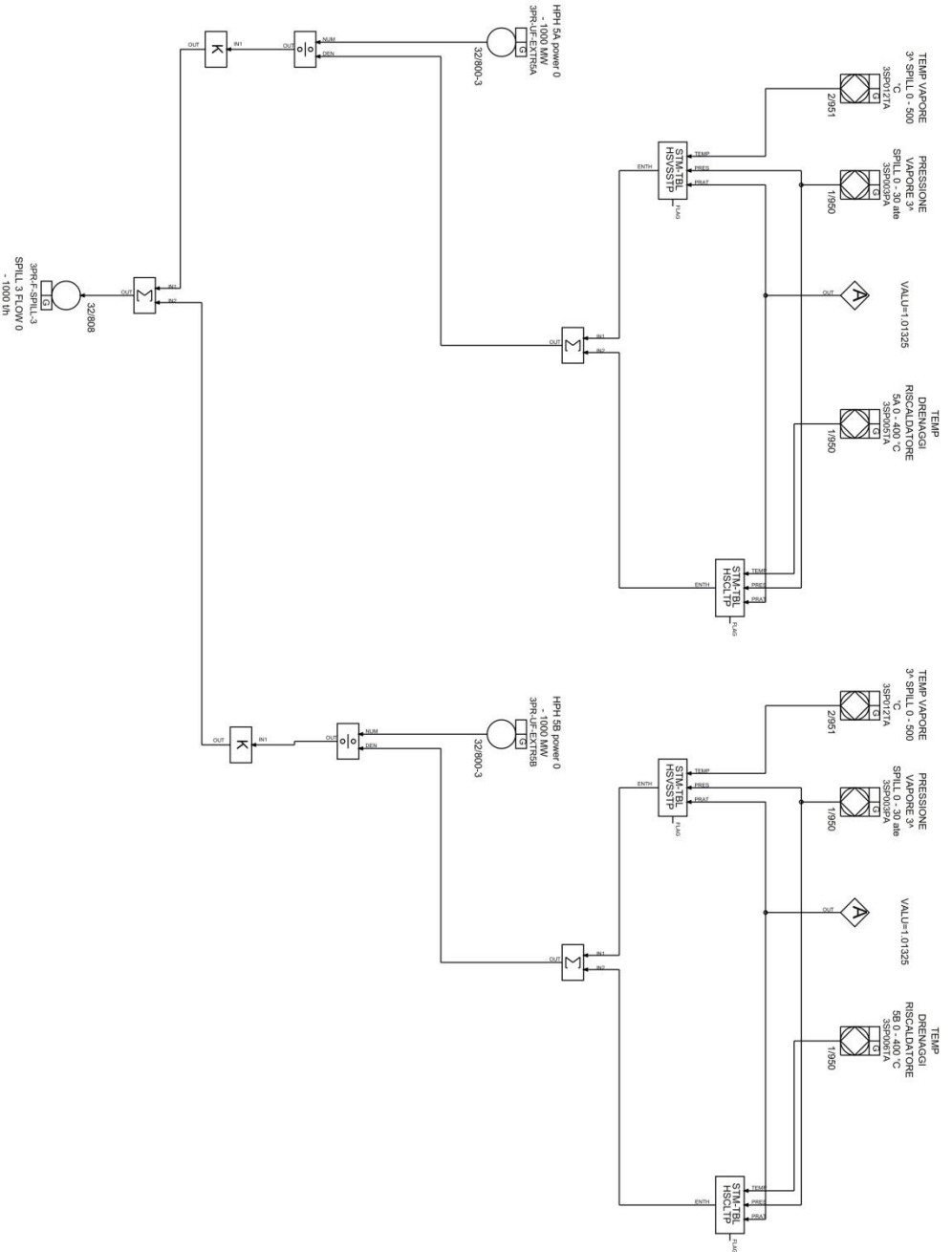


ENEL C.L.E DI FUSINA - GRUPPO 3

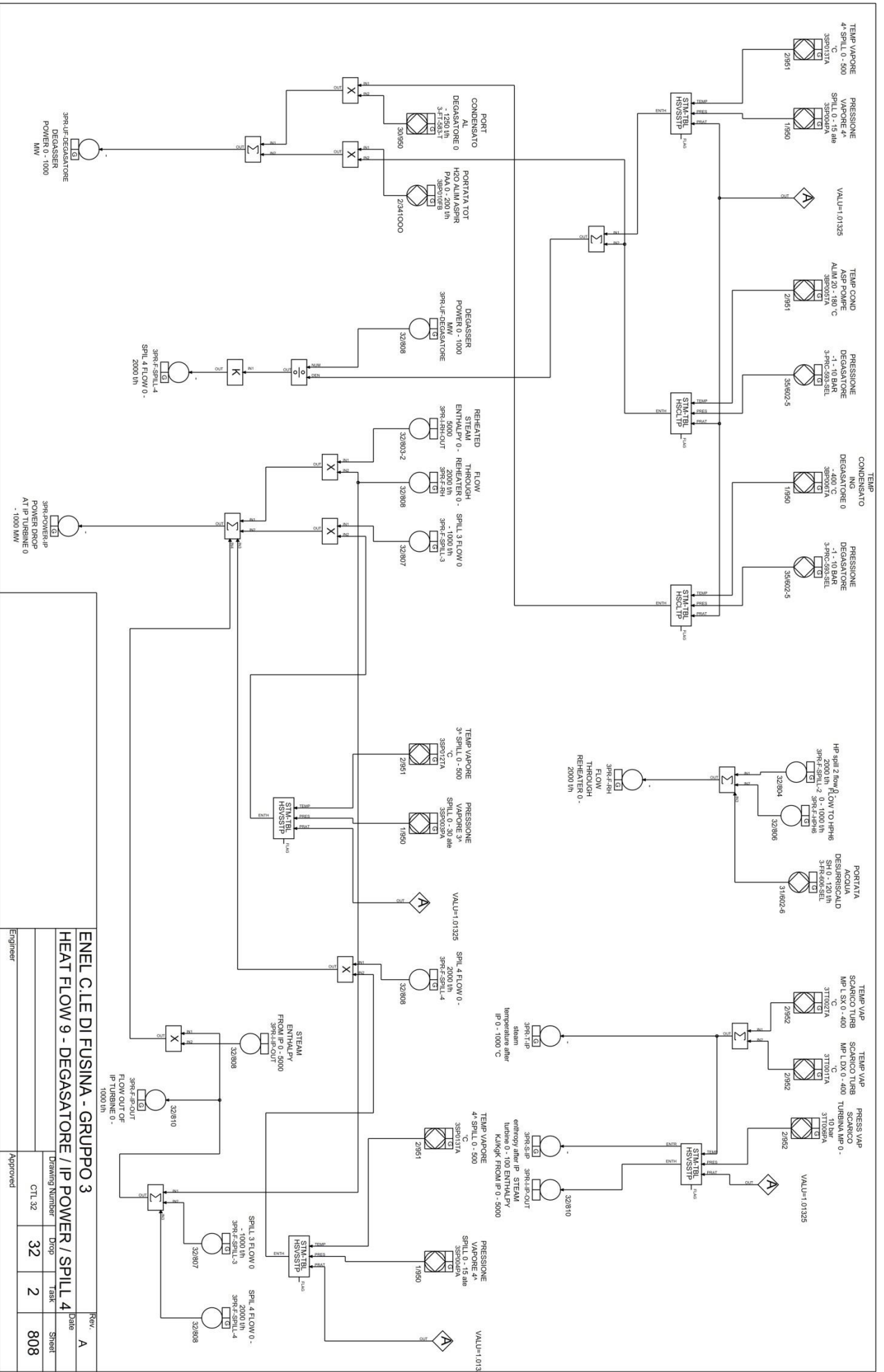
HEAT FLOW 7 - RH

Drawing Number	Disp	Task	Sheet
CTL 32	32	2	806

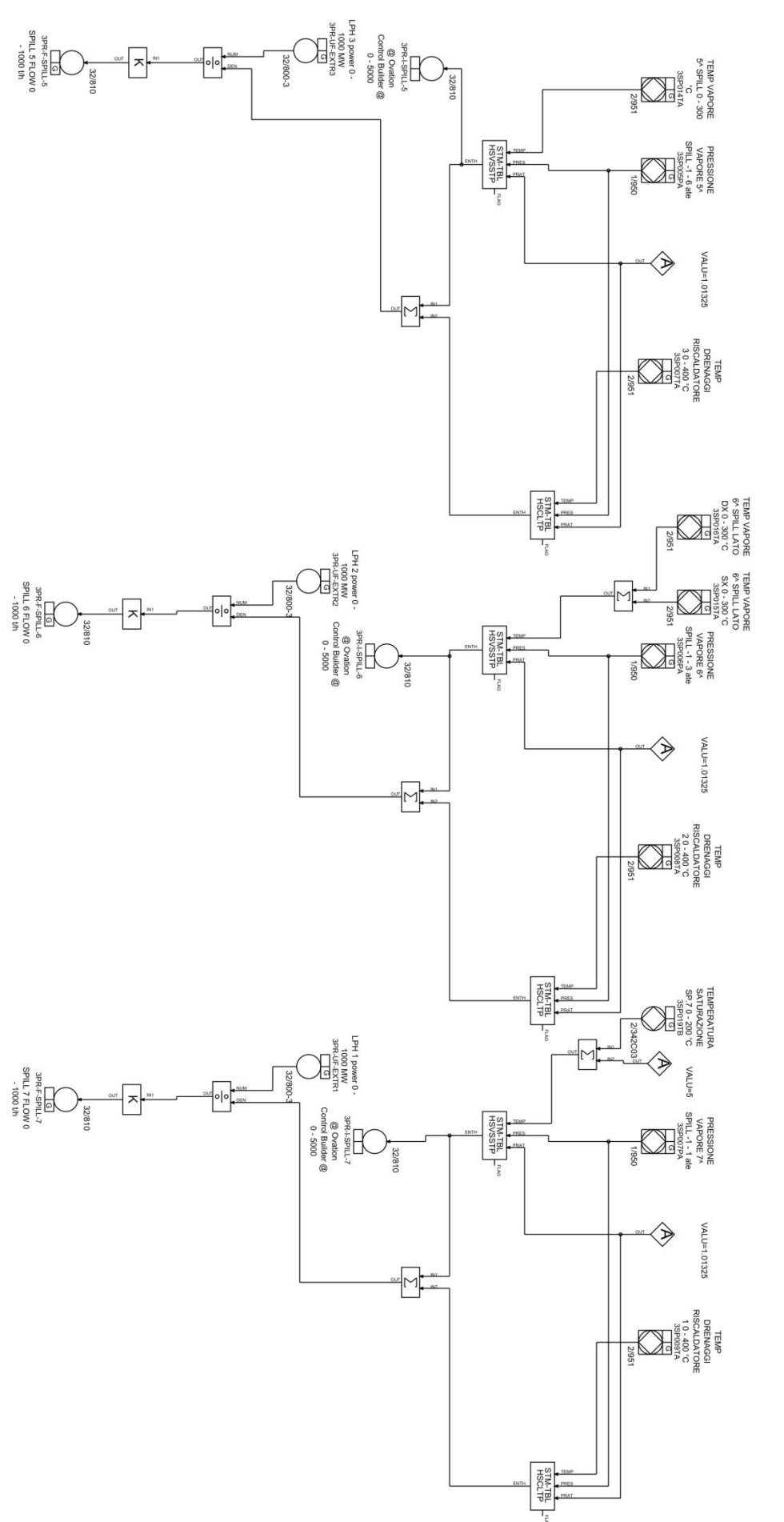
Approved



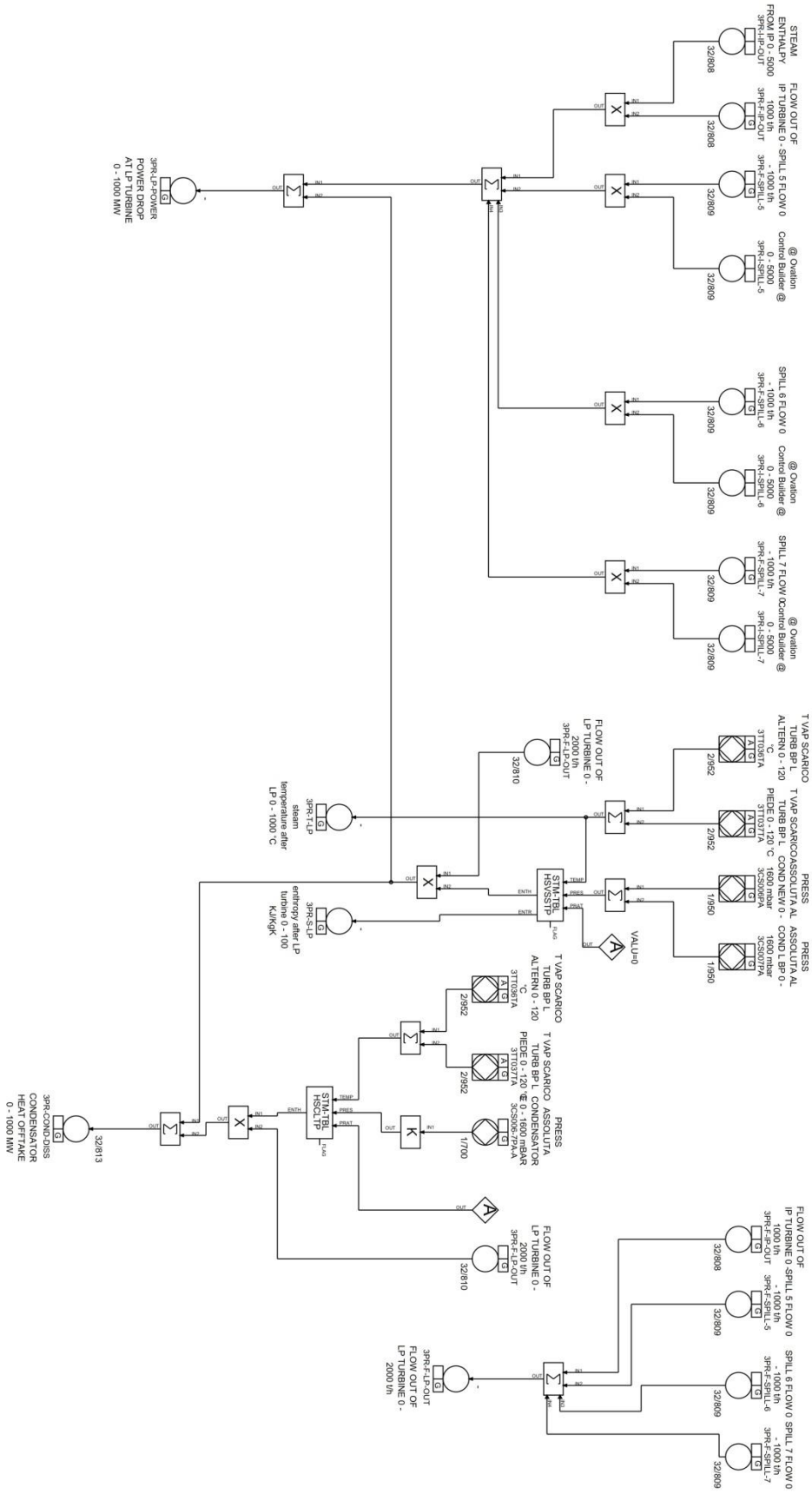
ENEL C.I.E DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 8 - SPILL3 FLOW		Date	
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	807
Engineer	Approved		



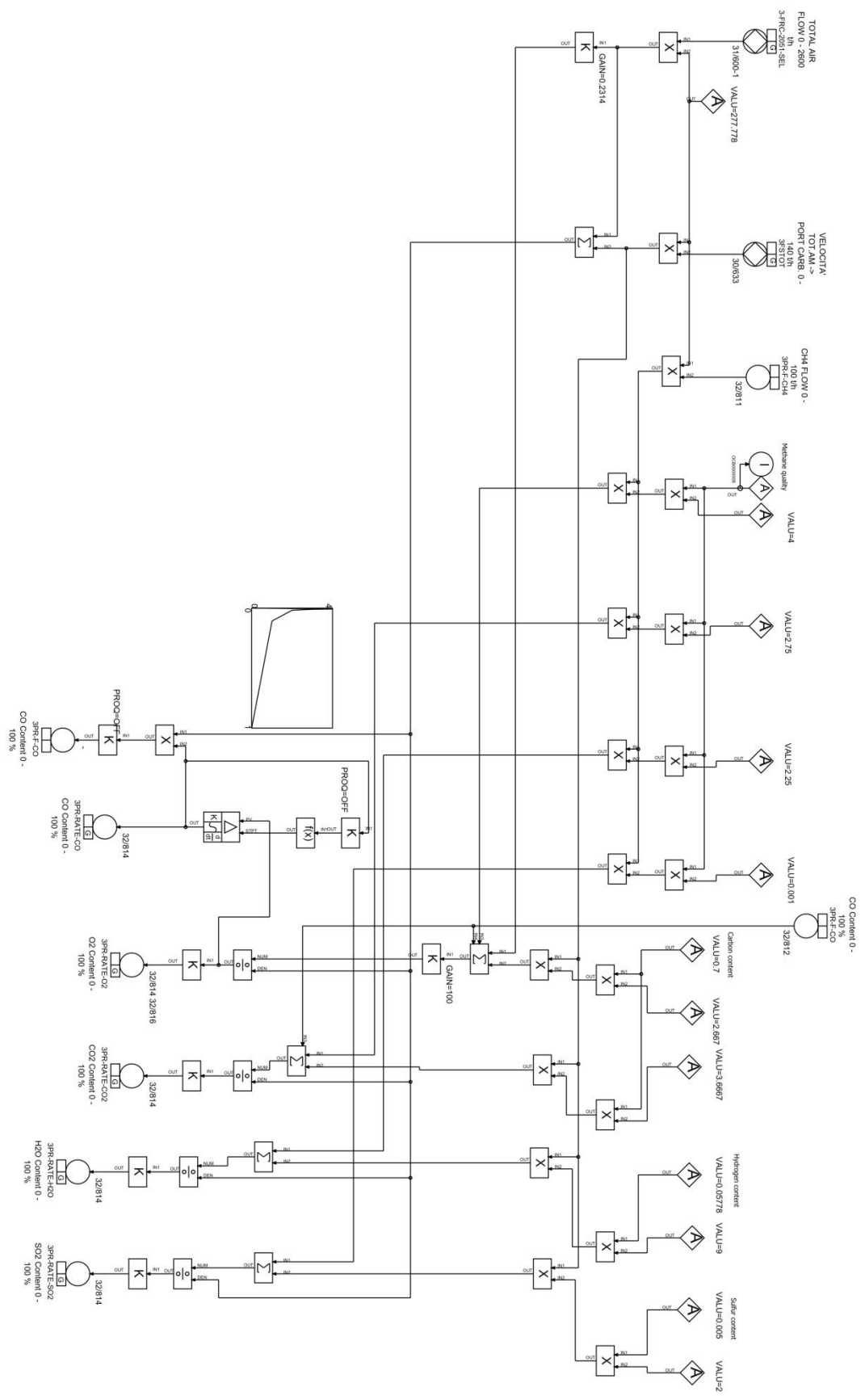
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev	A
HEAT FLOW 9 - DEGASATORE / IP POWER / SPILL 4		Date	
Drawing Number	DTOP	Task	Sheet
CTL 32	32	2	808
Engineer		Approved	



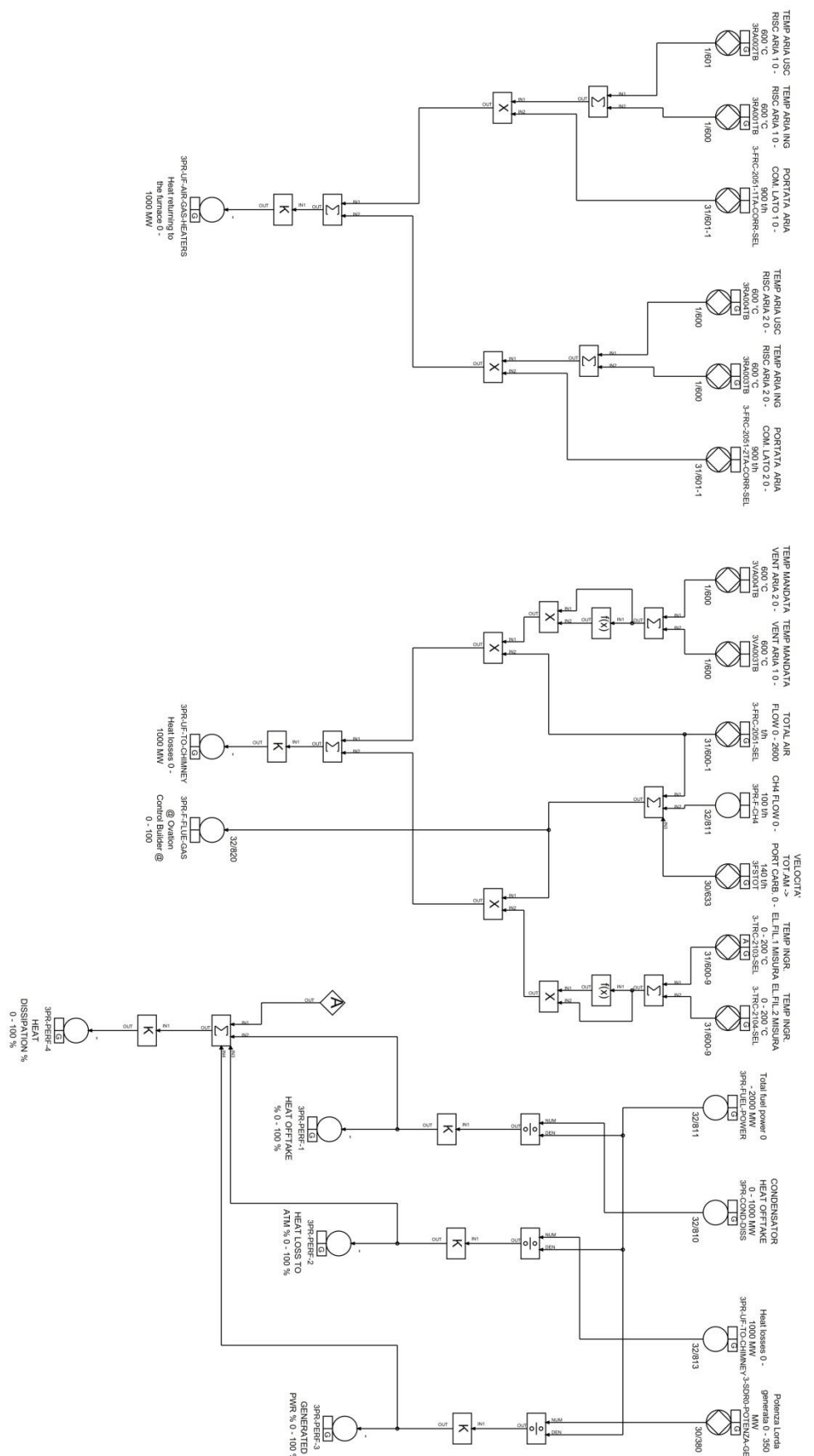
ENEL C.I.E DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 10 - SPILL 5/6/7 FLOW		Date	
Drawing Number	32	Drop	2
Task	CTL 32	Task	809
Engineer	Approved	Sheet	



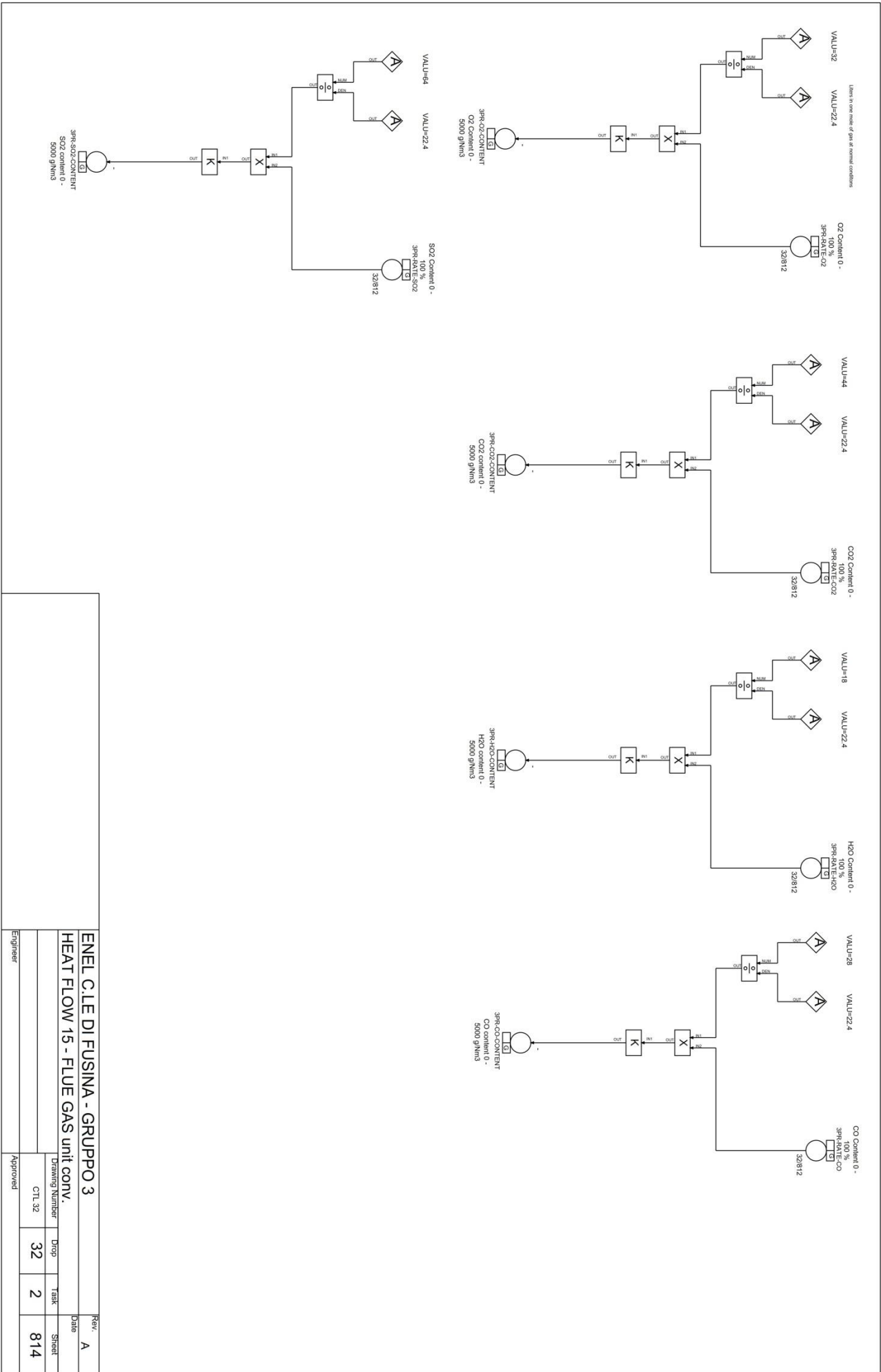
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 11 - LP POWER		Date	
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	810
Engineer	Approved		



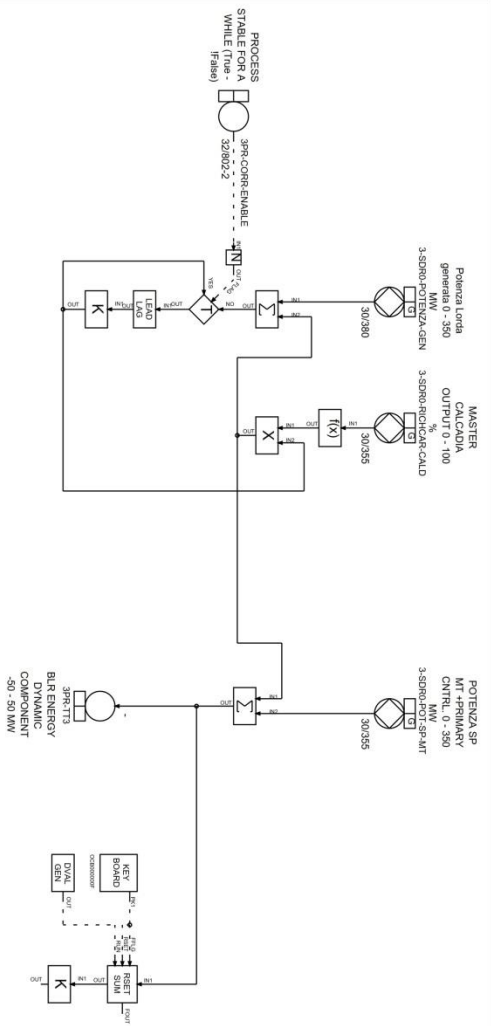
ENEL CLE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 13 - FLUE GAS		Date	
Drawing Number	Disp	Task	Sheet
CTL 32	32	2	812
Engineer	Approved		



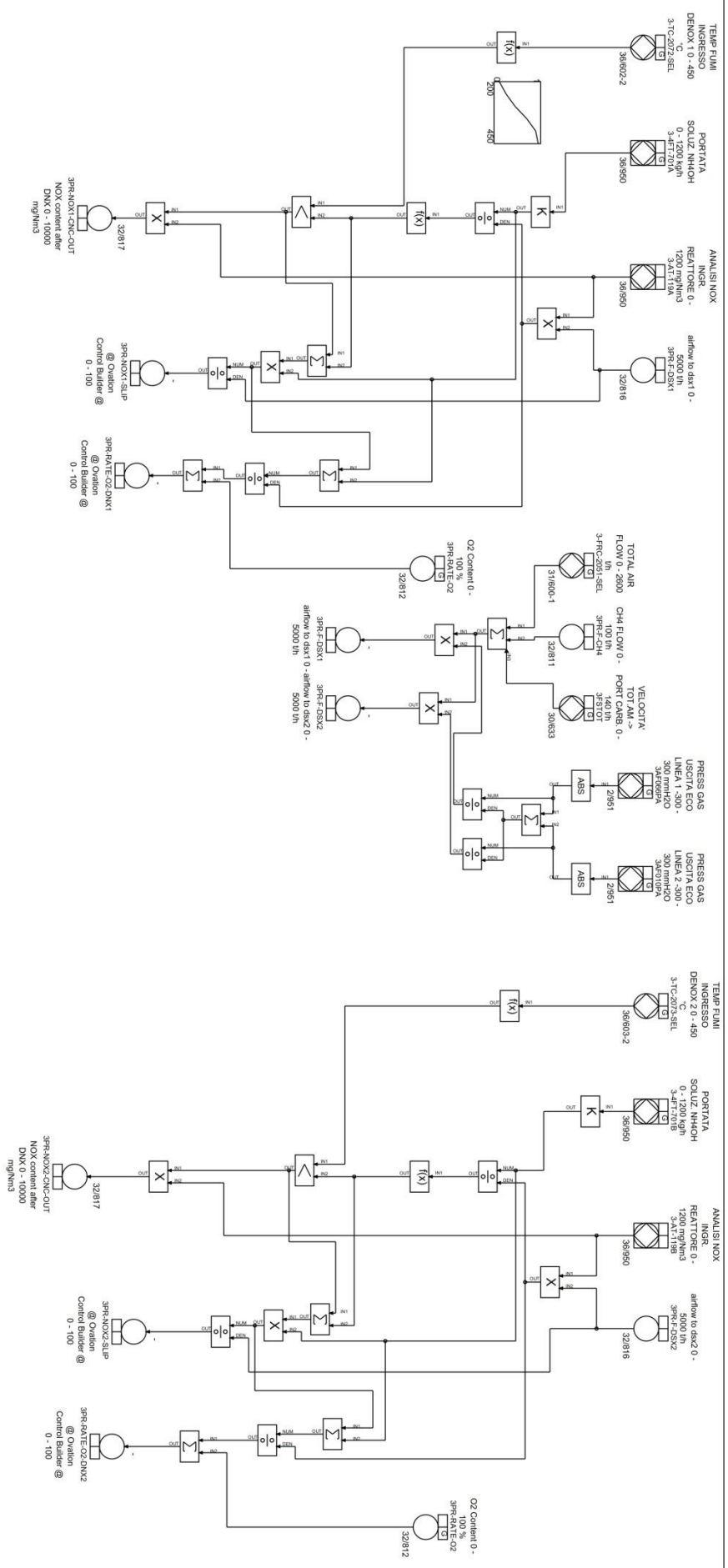
REV. A		Date	
ENEL CLE DI FUSINA - GRUPPO 3		Drawing Number	
HEAT FLOW 14 - GASFLOW		CTL 32	Drop
		32	Task
		2	Sheet
		813	
Engineer		Approved	



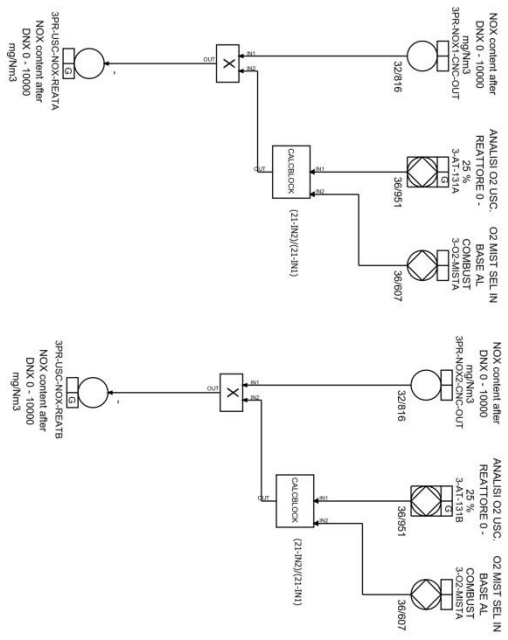
ENEL C.I.E DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 15 - FLUE GAS unit CONV.		Date	
Drawing Number	Dirig	Task	Sheet
CTL 32	32	2	814
Engineer		Approved	



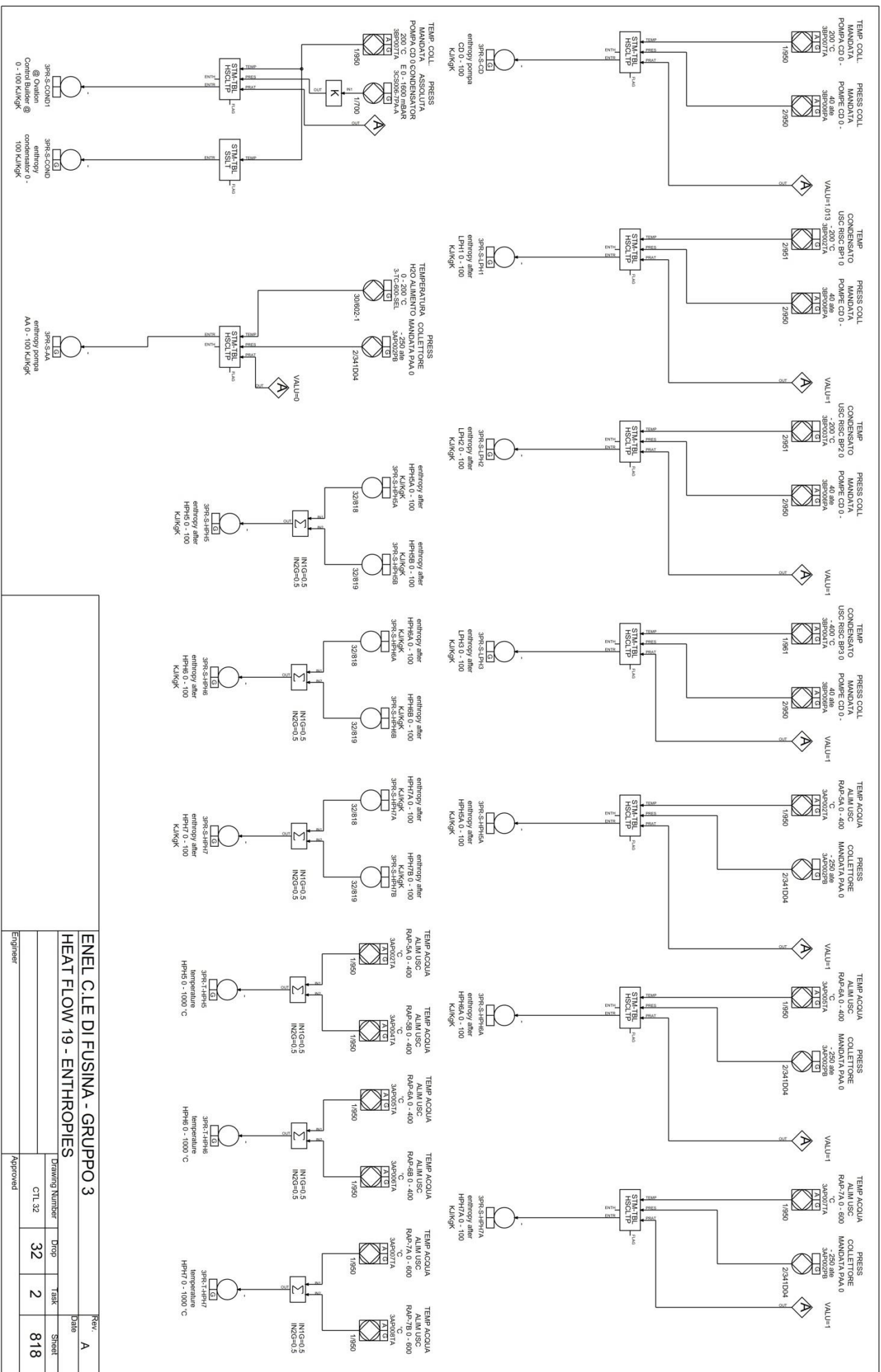
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 16 - dynamic anticipation		Date	
Drawing Number	Disp	Task	Sheet
CTL 32	32	2	815
Engineer	Approved		



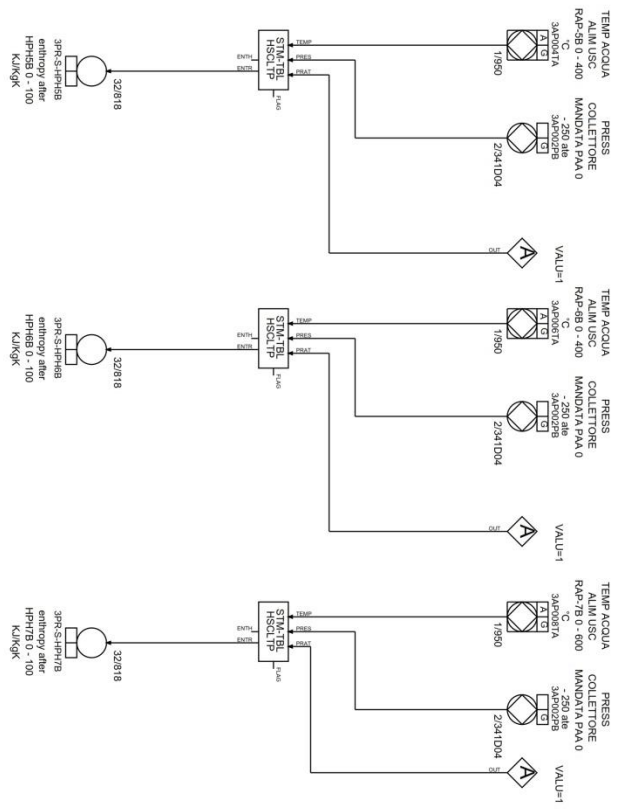
ENEL C.I.E DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 17 - DENOX		Date	
Drawing Number	Dwg	Task	Sheet
CTL 32	32	2	816
Engineer	Approved		



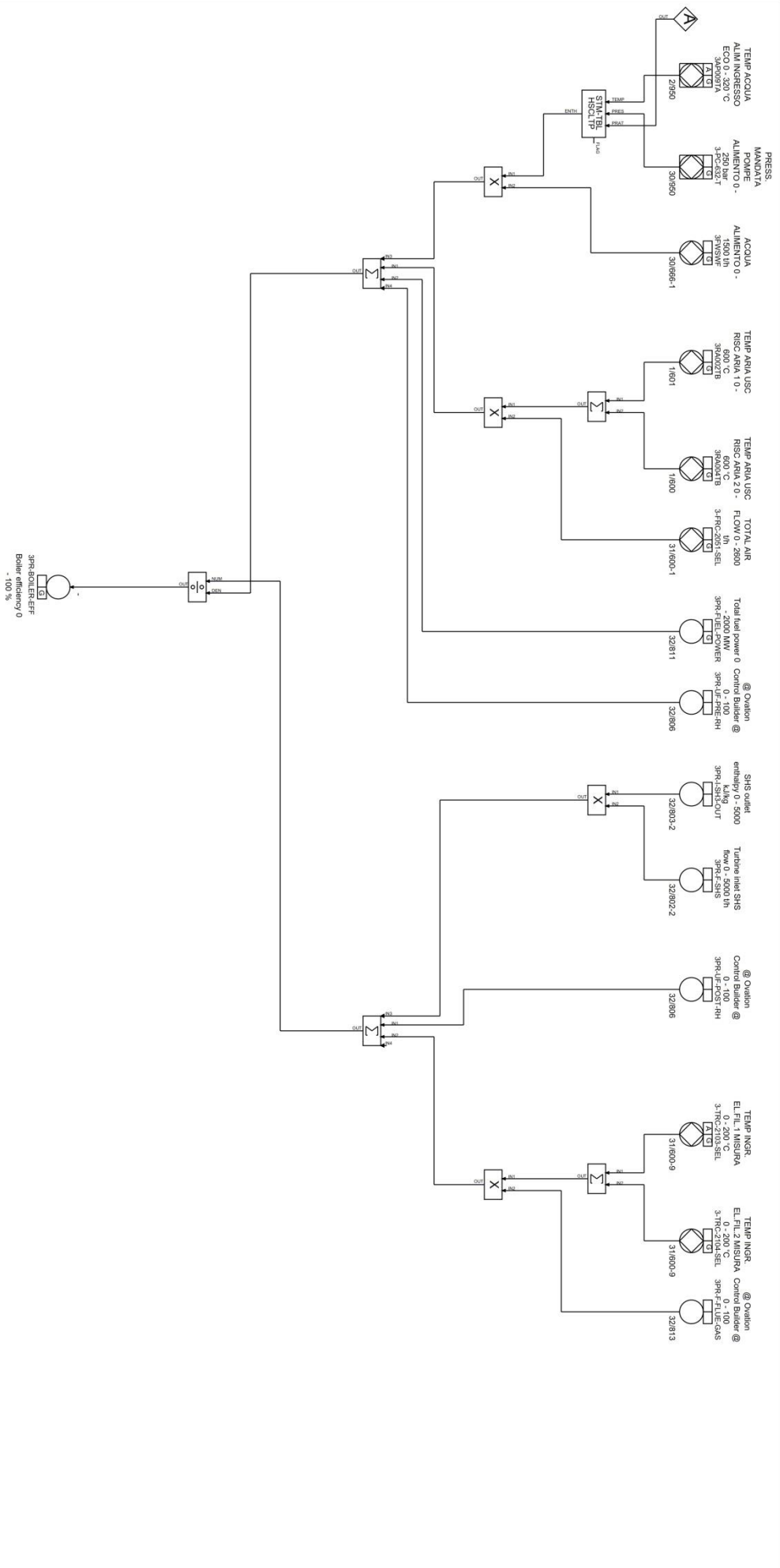
ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 18 - DENOX 2		Date	
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	817
Engineer	Approved		



ENEL C.I.E. DI FUSINA - GRUPPO 3		REV.	A
HEAT FLOW 19 - ENTROPIES		DATE	
Drawing Number	DWG	TASK	Sheet
CTL 32	32	2	818
Engineer	Approved		

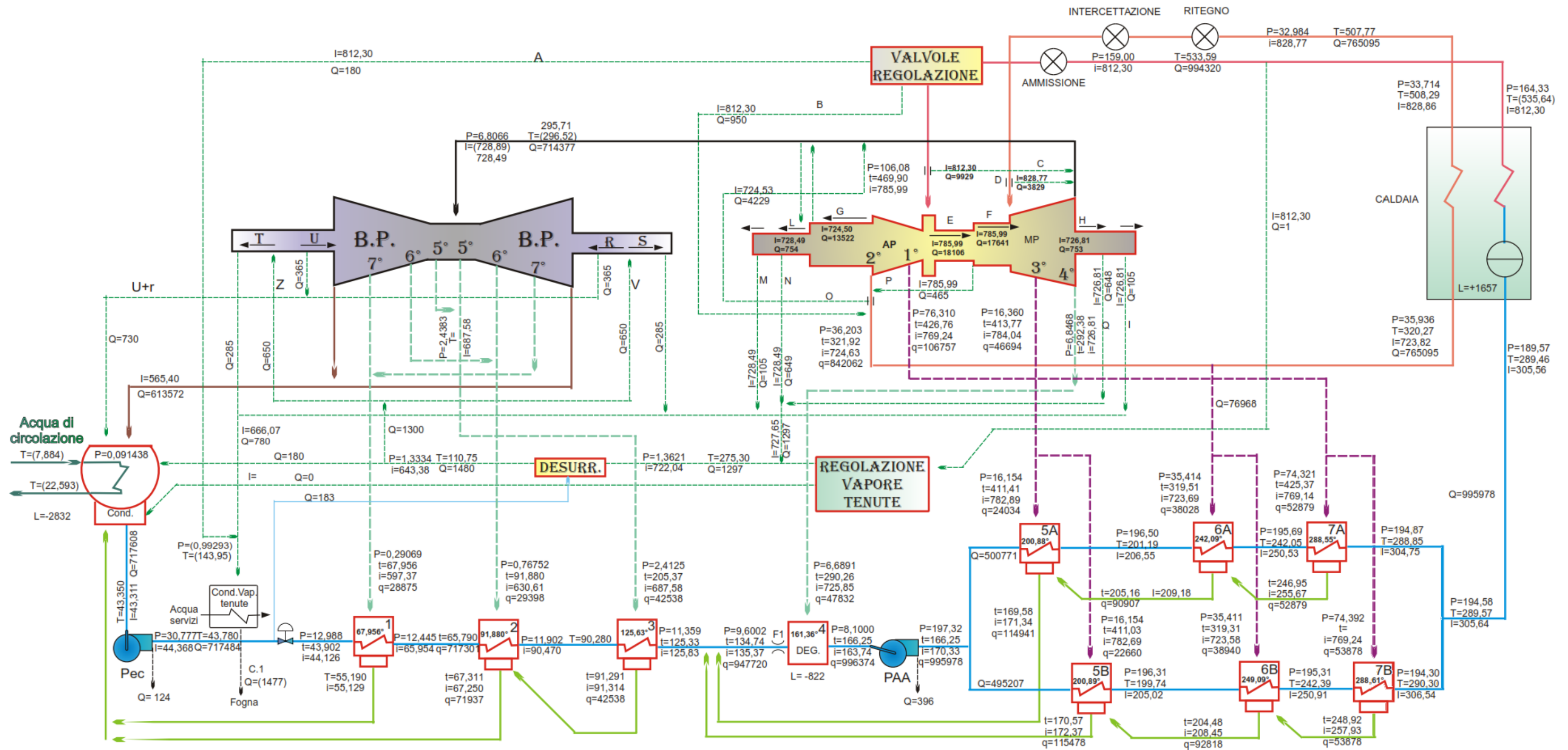


ENEL C.LE DI FUSINA - GRUPPO 3		Rev.	A
HEAT FLOW 20 - ENTROPIES 2		Date	
Drawing Number	Disp	Task	Sheet
CTL 32	32	2	819
Engineer	Approved		



ENEL C.L.E DI FUSINA - GRUPPO 3		REV:	A
HEAT FLOW 821 - BOILER EFFICIENCY		Date	820
Drawing Number	Drop	Task	Sheet
CTL 32	32	2	820
Engineer	Approved		

BILANCIO TERMICO A 304840 KW GR. 3



CARICO DI PROVA 304840 KW

N° VALVOLE DI REGOLAZIONE APERTE 8

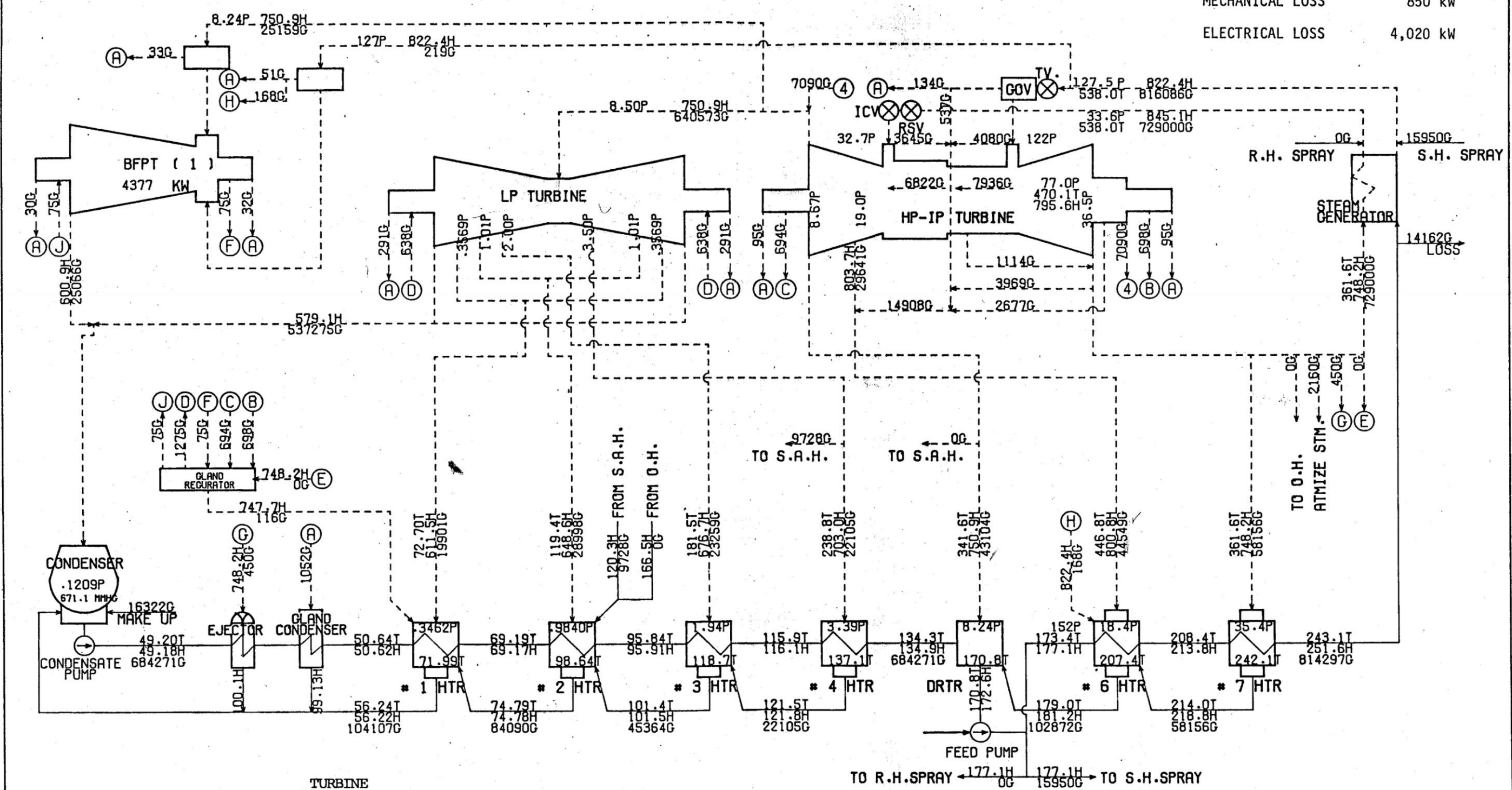
PRESSIONE BAROMETRICA 1,0435 ATA

DATA 25/02/1975

— ACQUA DI DESSURRISCALDAMENTO
 - - - VAPORE DI TENUTA
 - - - SPILLAMENTI DI ALTA PRESSIONE
 - - - SPILLAMENTI DI BASSA PRESSIONE
 — DRENAGGI
 — CONDENSATO- ACQUA ALIMENTO
 — VAPORE PRINCIPALE
 — VAPORE RISURRISCALDATO

() MISURA DI PORTATA
 L= VARIAZIONE DI LIVELLO IN Kg/h
 P= PRESSIONI ASSOLUTE IN Kg/cm²
 q= PORTATE IN Kg/h
 i= ENTALPIA IN Cal/Kg
 t= TEMPERATURE IN °C
 () VALORI MISURATI E NON UTILIZZATI NEL PROGRAMMA DI CALCOLO

GENERATOR OUTPUT 260,550 kW
 MECHANICAL LOSS 850 kW
 ELECTRICAL LOSS 4,020 kW



TURBINE
 HEAT RATE = $\{816086 \times 822.4 - 814297 \times 251.6 + 729000 \times (845.1 - 748.2) - 15950 \times 177.1 - 9728 \times (703.0 - 120.3) - 2160 \times 748.2\} / 260550$
 = 2022 kcal/kWh (8464 kJ/kWh)

P: PRESSURE (KG/CM2 ABS)
 H: ENTHALPY (KCAL/KG)
 G: FLOW (KG/H)
 T: TEMPERATURE (DEG. C.)

NOTE: CALCULATIONS ARE BASED ON 1967 IFC. FORMULATIONS OF STEAM TABLE.
 NOTE: CALCULATIONS ARE BASED ON NO RADIATION LOSSES FROM HEATERS OR EXTRACTION PIPINGS LOCATED IN THE CONDENSER NECK.
 NOTE: HEAT RATES ARE BASED ON LOCUS OF FULL VALVE POINT

STEAM TURBINE RATING		SAUDI NATIONAL CO. LTD.	
TYPE OF STEAM TURBINE TC2F-28.5		JEDDAH NO.4 250MWX4	
STEAM CONDITIONS		HEAT BALANCE DIAGRAM	
EXHAUST PRESSURE 671.1 MM HG		260,550 KW ** CRUDE OIL FIRING **	
GENERATOR RATING 345000KVA		100% GCGR	
POWER FACTOR 0.8		APRV'D <i>[Signature]</i> 10/81	ORDER NO 81019E
HYDROGEN PRESSURE 3.2		CHK'D <i>[Signature]</i>	DWG. NO COS-2537-A
TURBINE SPEED 3600RPM		CALC'D <i>[Signature]</i>	REV.
COOLING WATER TEMP. 35 C			