



DOCUMENTAȚIE

PRIVIND AUDITUL
ENERGETIC AL SISTEMULUI DE ALIMENTARE
CU ENERGIE TERMICĂ DIN SURSA
GEOTERMALĂ – UNIVERSITATEA DIN ORADEA

Oradea, martie 2020

CUPRINS

I. INTRODUCERE	4
1.1 Elementele de identificare.....	4
1.1.1 Elemente de identificare ale beneficiarului lucrării.....	4
1.1.2 Elemente de identificare ale partenerului la elaborarea lucrării.....	4
1.1.3 Elemente de identificare ale auditorului energetic	4
1.2 Obiectul lucrării. Conturul	5
1.3 Structura CCETSG și echipamentele aferente	10
1.3.1 EC din stația sondei de extracție	10
1.3.2 Punctul termic principal (PT1)	11
1.3.3 Punctul termic secundar (PT2)	12
1.3.4 Detalii privind schimbătoarele de căldură (SC)	13
1.3.5 Succintă descriere a dubletului în care este integrată SGE din incinta UO	15
1.3.6 Elemente de caracterizare a RT, RD și a clădirilor încălzite	18
1.4 Unitatea de referință asociată BE.....	20
1.5 Aparatele de măsură utilizate.....	20
II. MODELUL MATEMATIC AL BILANȚULUI ENERGETIC ELABORAT	22
2.1 Bilanțul de energie (BE).....	22
2.2 Bilanțul masic (de debit)	23
2.3 Modul de calcul al componentelor de BE	24
2.3.1 Energia intrată	24
2.3.2 Pierderile de energie	24
2.3.3 Energia utilă	25
2.4 Indicatori de performanță energetică.....	26
2.5 Estimarea impactului de mediu	27
2.6 Evaluarea eficienței economice.....	27
III. REZULTATELE MĂSURĂTORILOR EFECTUATE	30
3.1 Mărimi preluate din BD-UO.....	30
3.2 Mărimi obținute prin măsurători efectuate de către executantul AE.....	35
3.2.1 Înregistrările cu AR	35
3.2.2 Măsurători cu termocamera.....	39
3.2.3 Sinteza mărimilor măsurate.....	59
IV. REZULTATE OBȚINUTE CU REFERIRE LA BEC REAL	62

4.1 BE la sarcină momentană (orar)	62
4.1.1 Precizări privind valorile mărimilor de calcul.....	62
4.1.2 Valorile mărimilor fundamentale	64
4.1.2.1 Valorile entalpiei în PT	64
4.1.2.2 Valori de debit în PT	65
4.1.2.3 Evaluarea sistemică a energiei utile	66
4.1.2.4 Bilanțul energetic real orar	67
4.2 BE pe intervale medii și mari.....	72
4.3 Valorile indicatorilor de performanță energetică (IPE)	76
4.4 Estimarea impactului de mediu	78
V. CONCLUZII. BE OPTIMIZAT	79
5.1 Concluzii.....	79
5.2 Măsuri propuse pentru îmbunătățirea eficienței energetice.....	82
5.3 BE optimizat.....	85
BIBLIOGRAFIE	90

I. INTRODUCERE

1.1 Elementele de identificare

1.1.1 Elemente de identificare ale beneficiarului lucrării

Denumire companie:	Universitatea din Oradea
Adresa:	Str. Universității nr. 1
Contract:	0259/408105
Persoana de contact:	Prof. dr. ing. Marcela PRADA – prorector
E-mail:	mprada@uoradea.ro

1.1.2 Elemente de identificare ale partenerului la elaborarea lucrării

Denumire companie:	S.C.TERMOLINE S.R.L.
Adresa:	Str.Fabricilor nr.2F,ORADEA
Contract:	0259/306035
Persoana de contact:	Ing.Horia BAN
E-mail:	horiaban@termoline.ro

1.1.3 Elemente de identificare ale auditorului energetic

Denumire auditor:	S.C. Energy Performant Systems S.R.L.
Adresa:	Str. Anatole France, nr. 87, ORADEA
Telefon:	+40 724 258 087
Documentul de atestare:	Autorizație nr.: 18 din 03/05/2017
E-mail:	ioanfelea@gmail.com

Întocmit

Auditor energetic Complex Clasa II

Denumire auditor Dr. ing. Ioan FELEA

S.C. Energy Performant Systems S.R.L.

Ștampila și semnătura:

1.2 Obiectul lucrării. Conturul

Universitatea din Oradea (UO) este o instituție de învățământ superior de interes public, atestată de educație și cercetare științifică, înființată prin HGR nr. 460/1990. UO utilizează, în principal, energie electrică (EE) și energie termică (ET). Energia combustibililor și carburanților utilizați de către UO este mult mai mică decât EE și ET.

Prezentul raport conține rezultatele Auditului Energetic (AE) efectuat asupra conturului de consum de energie termică din sursă geotermală (CCETSG) din campusul central (I, II) al UO, în conformitate cu contractul de prestare de serviciu nr. 260/2020.

În cadrul CCETSG există o serie de pompe care pompează apa în rețeaua aferentă. Prin urmare, avem de-a face cu AE complex (AEC), cu toate că, consumul de EE în acest contur este mult mai mic decât ET. Conturul de AEC, schițat în fig. 1.1 include conductele de transport a apei geotermale (AGT), schimbătoarele de căldură din punctele termice și rețeaua de distribuție de la punctul termic principal (PT1) la clădiri.

AE s-a elaborat în conformitate cu „Ghidul de Elaborare și Analiză a Bilanțurilor Energetice” [1], parte integrantă a ordinului ARCE nr. 245, confirmat prin Ordinul nr. 85/2014 al președintelui ANRE. S-au utilizat, de asemenea, celelalte surse bibliografice fundamentale pentru AEC, înscrise în lista inclusă în prezentul raport [2 ÷ 6].

Pe baza măsurărilor și a caracteristicilor echipamentelor și instalațiilor cuprinse în contur, s-a efectuat bilanțul energetic complex (BEC) real, iar prin identificarea unor măsuri de reducere a consumului de energie s-a elaborat BEC optimizat.

Documentația cuprinde, de asemenea, evaluări privind eficiența energetică a proceselor de distribuție, utilizare și conversie a energiei din CCETSG, calculul de eficiență economică pentru principalele măsuri de optimizare identificate și evaluarea impactului asupra mediului prin emisiile de GES.

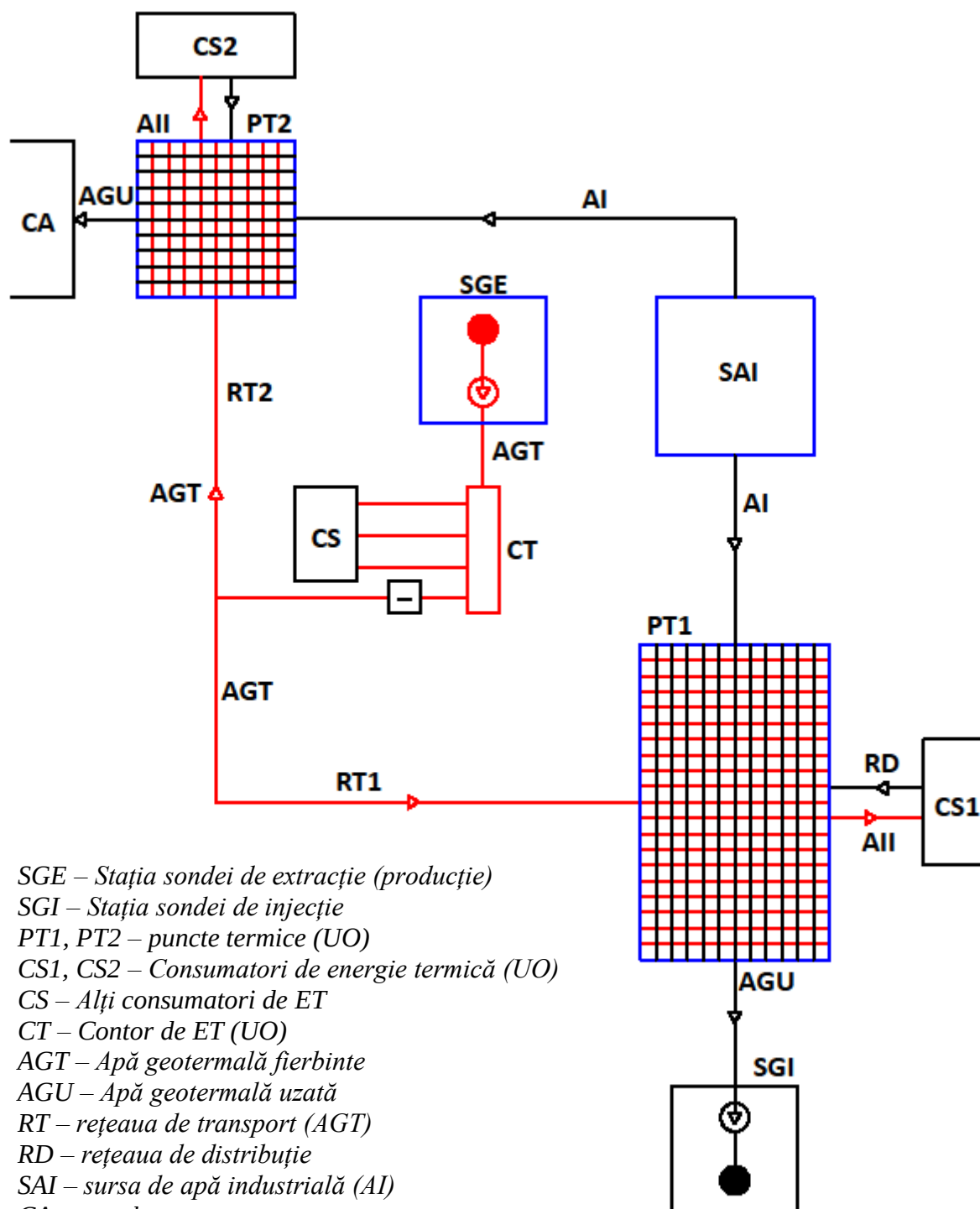
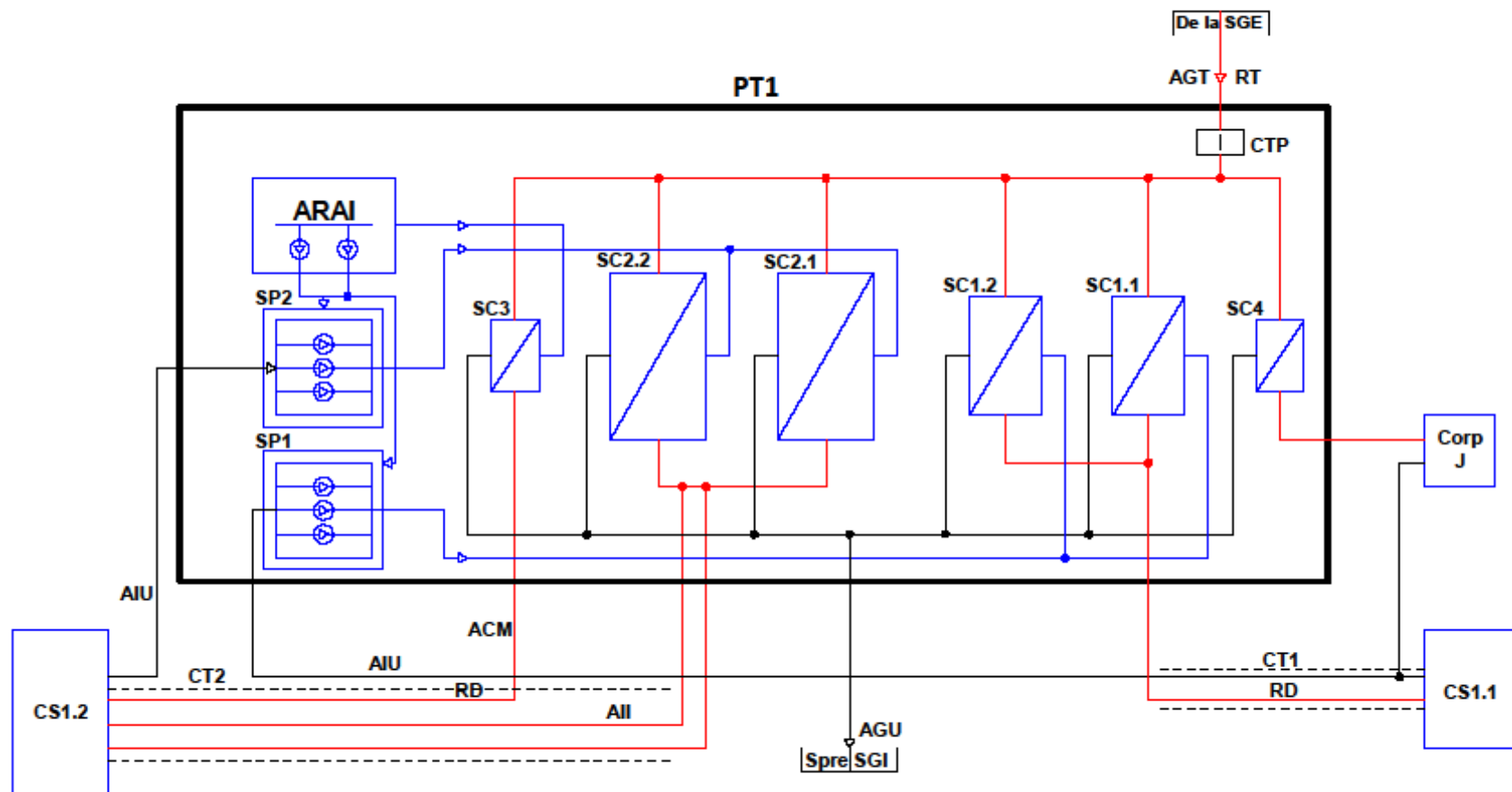


Fig. 1.1 – Schema conturului de AE



ACM – Apă caldă menajeră;
 SP1, SP2 – Stații de pompare;
 ARAI – Sistem de asigurare a rezervei de apă industrială (pentru pierderi și ACM)
 AII, AIU – Apă industrială încălzită și uzată;

CTP – Contor propriu;
 SCi, SCi,j – Schimbătoare de căldură;
 CTi – Canal termic;
 CS1.1, CS1.2 – Consumatori de ET din PT1

Fig. 1.2 – Schemă punct termic principal (PT1)

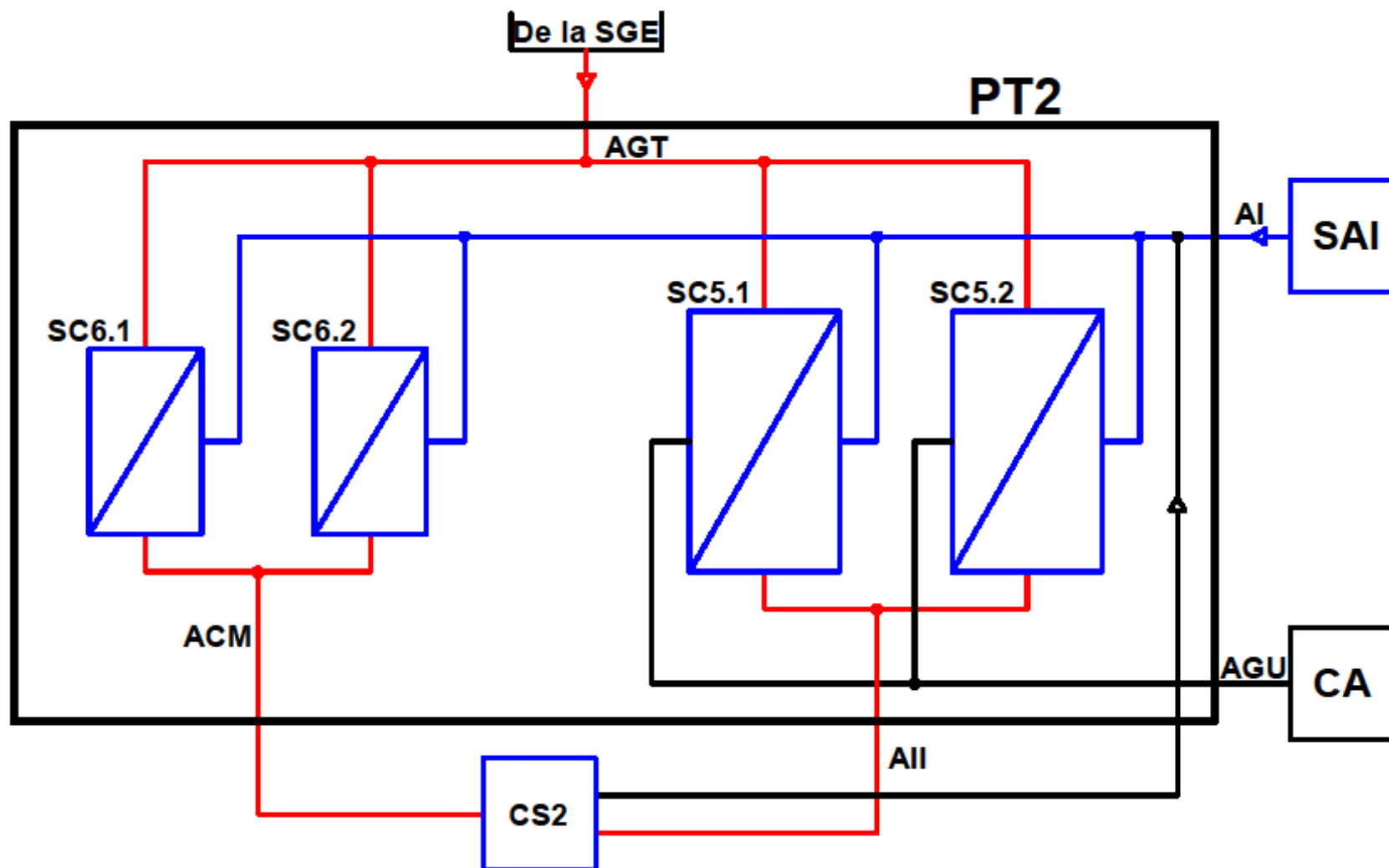


Fig. 1.3 – Schemă punct termic cămin nou (PT2)

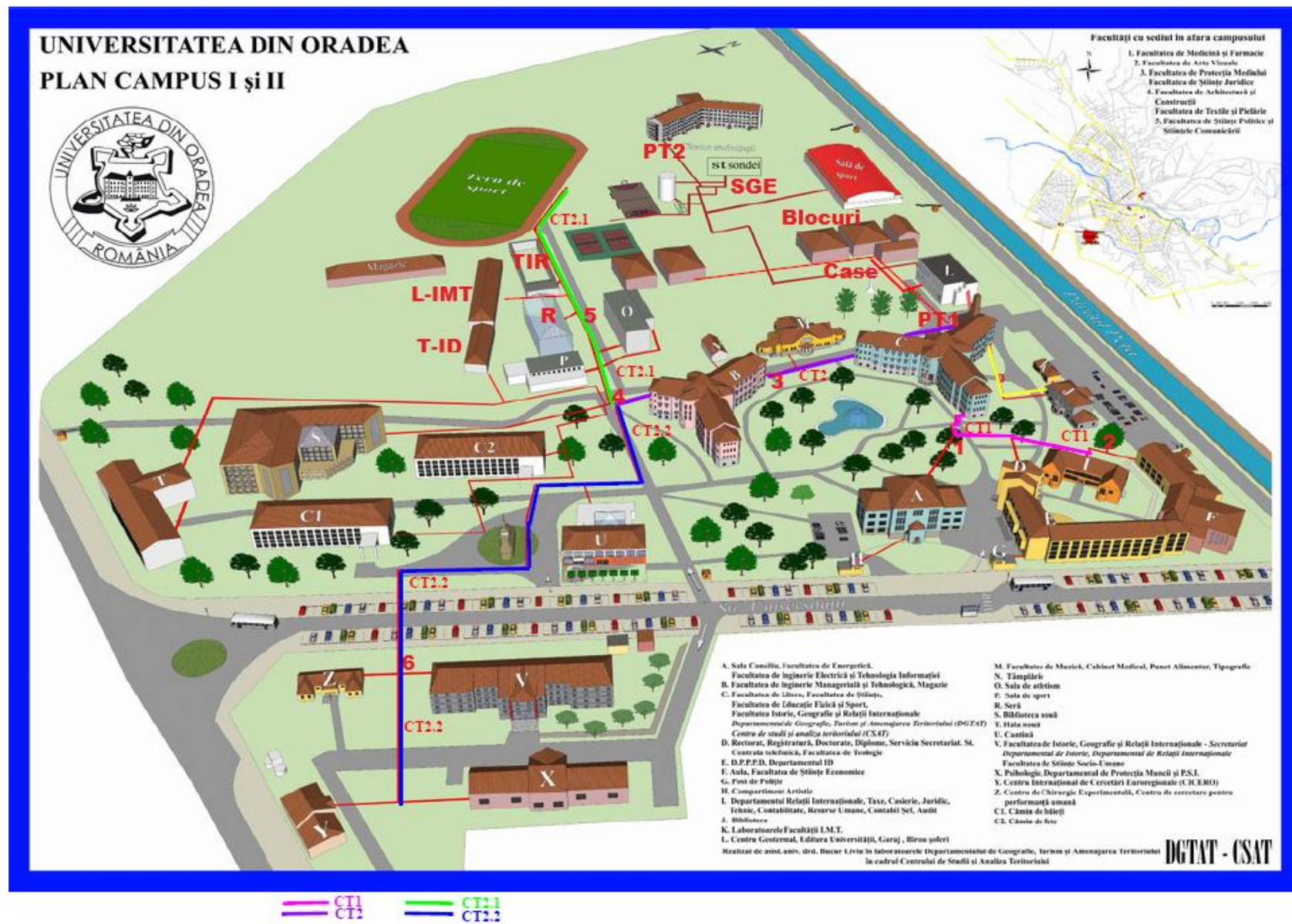


Fig. 1.4 – Plan campus central UO cu elementele CCETSG

1.3 Structura CCETSG și echipamentele aferente

În fig. 1.4 este redat planul de amplasare al clădirilor din campusul central (I+II) al UO, în cadrul căruia s-au poziționat și componentele CCETSG.

Echipamentele care realizează extracția, circulația și transferul energiei AGT sunt amplasate în stația sondei geotermale de extracție (SGE) și punctele termice (PT1, PT2). Echipamentele care realizează circulația agentului termic secundar sunt amplasate în PT. Conductele rețelei de distribuție (RD) a apei industriale (AI) care preia căldura de la AGT sunt, în cea mai mare parte, din oțel, izolate cu vată minerală sau preizolate și sunt amplasate în pământ la 60 – 80 cm adâncime. Apa geotermală cu potențial energetic redus (AGU), după ce trece prin schimbătoarele de căldură (SC) amplasate în PT, este transmisă, actualmente [după implementarea proiectului pe programul RONDINE], la sonde de injecție (SGI). AGU de la PT2 (după SC5 și SC6) este aruncată la canal.

Principalele echipamente și componente (EC) din contur sunt:

1.3.1 EC din stația sondei de extracție

- Pompă submersibilă amplasată la o adâncime de 90 m, 1buc;
- Motor de acționare a pompei (90 ÷ 110) kW, 1 buc;
- Instalația de ungere a pompei, 1 buc;
- Convertizor de frecvență 150 kW, (5 – 50) Hz, 1 buc;
- Robinet de reglare antrenat de un electromotor, 1 buc;
- Traductor de presiune 6 bar, 2 buc;
- Traductor de temperatură (20 – 100) °C, 1 buc;
- Traductor de debit, 1 buc;
- Senzor de umiditate, 1 buc;
- Senzor de temperatură interioară, 1 buc;
- Ventilator, 1 buc;
- Tablou electric, 1 buc.



Fig. 1.5 – Imagine din SGE

1.3.2 Punctul termic principal (PT1)

Acest PT este amplasat în spatele pavilionul „C” (fig. 1.4) și are următoarele EC:

- Schimbătoare de căldură cu plăci:
 - Tip DANFOSS, 1400 kW, 2 buc;
 - Tip SONDEX, 2400 kW, 2 buc;
 - Tip DANFOSS, 500 kW, 1 buc;
 - Tip DANFOSS, 400 kW, 1 buc;
- Pompe de circulație AIU:
 - Tip Caprari, 15 kW, 3 buc;
 - Pompe de circulație AIU de tip Wilo, 7,5 kW, 3 buc;
- Pompe de circulație pentru completare AI, de tip Grundfos, 1,44 kW, 2 buc;
- Vas de expansiune, 2 mc, 4 buc;
- Robinet de reglare antrenat de un electromotor, 6 buc;
- Electrovalvă tip Danfoss, 2 buc;
- Traductor de presiune, 6 bar, 6 buc;
- Traductor de temperatură (20 – 100) °C, 10 buc;
- Traductor de debit, 4 buc;

- Senzor de umiditate, 1 buc;
- Senzor de temperatură interioară, 1 buc;
- Ventilator, 1 buc;
- Contor AGT, 1 buc;
- Contor AI, 1 buc;
- Tablou electric, 1 buc.



Fig. 1.6 – Imagine din PT1

1.3.3 Punctul termic secundar (PT2)

Este amplasat la subsolul căminului nou (C3, fig. 1.4) și are EC:

- Schimbătoare de căldură cu plăci:
 - Tip SONDEX, 580 kW, 2 buc;
 - Tip SONDEX, 227 kW, 1 buc;
 - Tip SONDEX, 96 kW, 1 buc;
- Pompă de circulație AIU, tip Grundfos, 390W, 1 buc;
- Vas expansiune AII, 300 l, 1 buc;
- Vas expansiune ACM, 100 l, 2 buc;
- Robinet de reglare, 8 buc;
- Electroventile, 2 buc;
- Traductoare și senzori, 2 buc;
- Tablou electric, 1 buc.

1.3.4 Detalii privind schimbătoarele de căldură (SC)

În cele două PT-UO sunt montate 10 SC cu plăci, având caracteristicile înscrise în tabelele 1.1 și 1.2, având destinația (fig. 1.2 ÷ 1.4):

a) Producere apă industrială încălzită (AII), pentru încălzirea spațiilor din campusul central al UO, astfel:

- SC1.1 și SC1.2 (2x100%) – pentru clădirile: A, C, D, E, F, G, H, I, L, K, Case, Blocuri;
- SC2.1 și SC2.2 (2x100%) – pentru clădirile: B, N, M, O, P, R, C1, C2, S, T, U, V, X, Y, Z, Sală tir (TIR), laborator cercetare IMT (L-IMT), tipografie ID (T-ID), teren sport, biserica de lemn;
- SC4 – pentru clădirea J (încălzire în pardoseală);
- SC5.1 și SC5.2 (2x100%) – pentru cămin nou (C3);

b) Producere de ACM, astfel:

- SC3 – pentru clădirile: C1, C2, O, R, L-IMT, D, E, F, S, U, L, B, C, sală tir și vestiare teren sport;
- SC6.1 și SC6.2 (2x100%) – pentru căminul nou (C3)

Tabelul 1.1 – Caracteristicile SC cu plăci din PT1-UO

SC		SC1.1 SC1.2	SC2.1 SC2.2	SC3	SC4
Caracteristici					
Tip		SONDEX	DANFOSS	DANFOSS	DANFOSS
Capacitate nominală [kW]		2400	1400	580	500
Debit primar [m ³ /h]		63,27	37,23	16	10
Debit secundar [m ³ /h]		175,09	121,94	25	16
Suprafața de transfer [m ²]		69,92	40,8	17	14,6
Presiunea maximă de lucru [bar]		10	16	25	25
Volumul de lichid în circuitul primar [l]		79	29,5	16	20,54
Volumul de lichid în circuitul secundar [l]		79	29,5	15,8	20,8
Temperatura de lucru [°C]	Max	110	150	180	180
	Min	0	-10	-10	-10

Pe durata de efectuare a măsurătorilor detaliate, SC2.2 avea doar 29 plăci, un număr de 40 plăci fiind defecte.

Tabelul 1.2 – Caracteristicile SC cu plăci din PT2-UO

SC		SC5.1 SC5.2	SC6.1	SC6.2
Caracteristici				
Tip		SONDEX	SONDEX	SONDEX
Capacitate nominală [kW]		580	227	96
Debit primar [m ³ /h]		15,69	6	2,1
Debit secundar [m ³ /h]		25,33	7	7
Suprafața de transfer [m ²]		13,59	4,95	4,35
Presiunea maximă de lucru [bar]		13	13	13
Volumul de lichid în circuitul primar [l]		18,5	6	5
Volumul de lichid în circuitul secundar [l]		18,5	6	5
Temperatura de lucru [°C]	Max	120	120	120
	Min	5	5	5

Detalii privind construcția SC utilizate în PT-UO se dau în fig. 1.7.

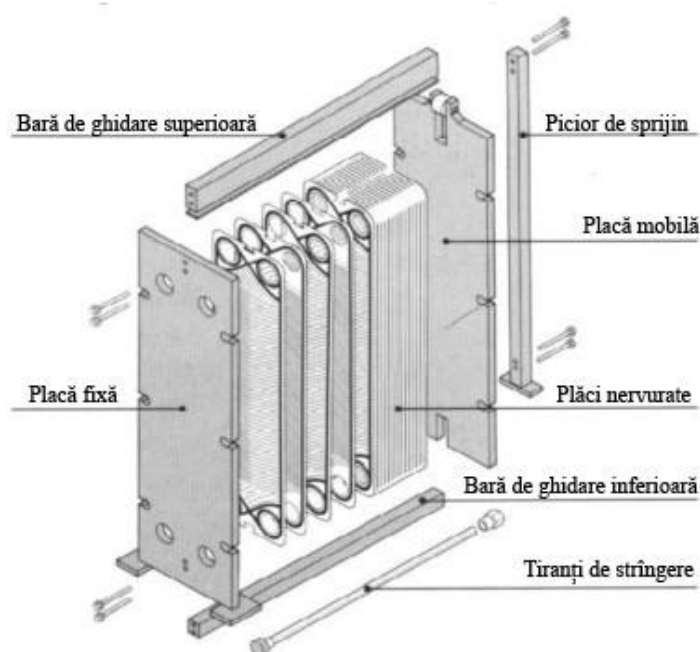


Fig. 1.7 – Detalii privind construcția SC din PT-UO

Batiul schimbătorului de căldură constă dintr-o placă fixă, o placă mobilă, câte o bară de ghidare superioară, inferioară și un picior de sprijin. Tiranții de strângere sunt folosiți pentru a strânge pachetul de plăci. Dimensiunea și numărul tiranților depinde de tipul de schimbător de căldură.

Pachetul de plăci este compus din plăci nervurate, cu un canal de garnitură pe margine și de jur împrejurul orificiilor. Numărul plăcilor depinde, ca și dimensiunea, de rezultatul termic necesar. În funcție de aplicație, se pot folosi plăci de oțel inoxidabil, de titan, Hastelloy sau alte materiale speciale.

În canalul de garnitură cu care sunt prevăzute plăcile, se află garnitura specială. Scopul garniturii este să împiedice amestecarea lichidelor și scurgerea în exterior. Garniturile sunt alese astfel încât să se potrivească combinației reale de temperaturi, mediu chimic și alte condiții posibile care trebuie avute în vedere. La SC cu plăci de tip SONDEX se folosesc:

- Garnituri lipite de tip „G”;
- Garnituri cu sistem de prindere mecanică tip „SONDER SNAP”;
- Garnituri cu sistem de prindere mecanică tip „SONDER LOCK”;
- Garnituri cu sistem de prindere mecanică tip „HANG ON”.

1.3.5 Succintă descriere a dubletului în care este integrată SGE din incinta UO

SGE extrage AGT din forajul 4796 din incinta UO, care poate fi caracterizat astfel:

- Este un foraj echipat cu pompă cu ax vertical, producând un debit maxim de 45 l/s în pompaj, la o temperatură a apei geotermale de 86 °C;
- În prezent forajul alimentează PT din cadrul UO, acesta fiind principalul consumator. Consumul PT – UO este de max. 30 l/s;
- Adâncimea forajului este de 2900 ml.

Recent Primăria Municipiului Oradea a implementat proiectul „Valorificarea energiei geotermale, pentru producerea agentului termic de încălzire pentru consumatorii punctului termic PT 902 cu reinjectarea apei geotermale uzate termic în zăcământ”. Necesarul actual al punctului termic 902 prin trecerea pe agent geotermal este de 15 l/s, la o temperatură de calcul de 85 °C.

Prin acest proiect s-au realizat următoarele lucrări:

- Utilarea punctului termic PT 902 cu 2 module termice complet automatizate cu funcționare în paralel, atât pe sistem geotermal cât și pe agent termic primar din CET. Modulele sunt prevăzute în 2 trepte (schimbătoare de căldură cu plăci, pompe de circulație agent termic n circuitul secundar, stație de umplere – adaos). Puterea instalată în punctul termic este d 1815 kW încălzire și 491 kW la apa caldă; Substația geotermală din PT 902 va produce o energie de 3000 Gcal/sezon încălzire (172 zile = 4128 ore) + 150 Gcal/sezon încălzire pentru prepararea apei calde de consum;
- Executarea conductei de transport apă geotermală de la sonda 4796 la PT 902 cu Dn 150/250 și o lungime totală de 1222 ml;
- Executarea conductei de transport apă geotermală uzată termic de la PT 902 la sonda de reinjecție din polietilenă PE 160/200 cu o lungime totală de 2214 ml;

- Pentru a se putea injecta toată cantitatea de AGT extrasă a fost necesar executarea unei sonde noi de injecție. Adâncimea forajului este $Ad = 2900$ ml. AGT uzată termic de la punctul termic PT 902 și de la punctul termic al UO se transportă prin intermediul unei conducte de polietilenă PE 200 până la sonda de injecție;
- Achiziționare și montaj rezervor 50 mc;
- Achiziționare și montaj grup pompare.

În acest mod, s-a realizat un dublet (fig. 1.8) ceea ce crește semnificativ eficiența și durabilitatea utilizării AGT.

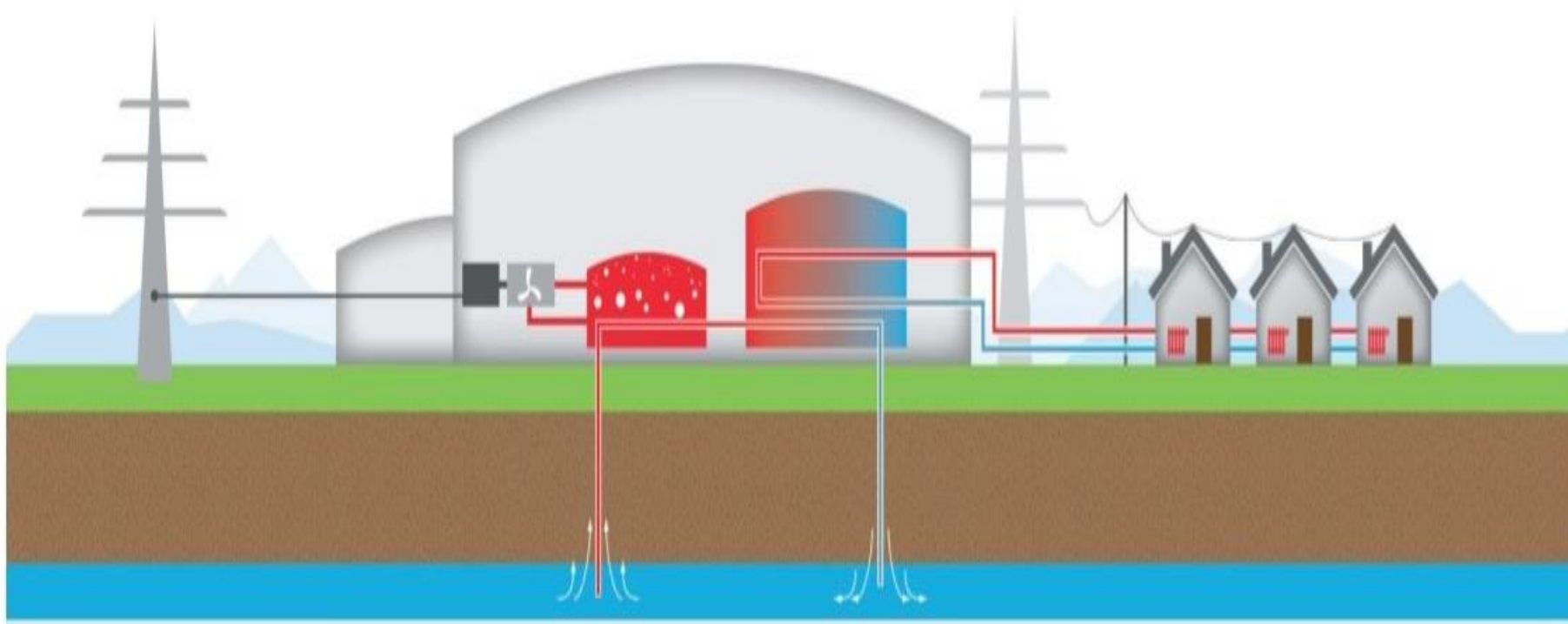


Fig. 1.8 – Reprezentarea schematică a dubletului în care funcționează SGE din incinta UO

1.3.6 Elemente de caracterizare a RT, RD și a clădirilor încălzite

RT a AGT se constituie din cele două conducte (fig. 1.1) prin care AGT este transportată de la SGE, la PT1 și PT2. Conducta RT1 are lungimea de 150 ml, este din oțel cu $\Phi = 250$ mm, izolată cu vată minerală consolidată, protejată la suprafață cu tablă din oțel și este amplasată aerian pe suporturi metalici. Conducta RT2, are lungimea de 135 ml, este din oțel cu $\Phi = 114$ mm, preizolată, îngropată în proporție de 80%.

RD este de tip radial [6]. Circulația AI (încălzită și uzată) prin RD și corpurile de încălzire este asigurată de către pompele din PT.

AII din SC1 este transmisă printr-o conductă principală din oțel, izolată cu vată minerală (250 mm), amplasată în canal termic (CT1). Din CT1 se ramifică tronsoanele de racord ale RD către clădirile menționate la pct. 1.2.4. AII prin SC1 este transmisă și direct la clădirile C și L. AII din SC2 este transmisă printr-o conductă principală din oțel, izolată cu vată minerală (278 mm), amplasată într-un canal termic principal (CT2), din care se ramifică două canale termice secundare (CT2.1, CT2.2) și brașamentele clădirilor enumerate la pct. 1.2.4. AII prin SC4 este transmisă direct prin conductă din oțel izolată cu vată minerală, îngropată în pământ, la clădirea J. AII prin SC5 este transmisă direct în instalația de încălzire a clădirii C3.

ACM de la SC3 este transmisă prin conducte amplasate în CT2, către cămine (C1, C2) și respectiv, prin conducte îngropate, către ceilalți consumatori (pct. 1.2.4). ACM produsă prin SC6, este transmisă direct în instalația de utilizare din C3.

Cea mai mare parte a RD este realizată din conductă de oțel, izolată cu vată minerală. O parte din RD și brașamente s-au realizat mai recent, din conductă de oțel preizolată. Câteva brașamente sunt din conductă PPR (polipropilenă). Corpurile de încălzire sunt amplasate aparent, cu excepția clădirii J, unde încălzirea este în pardoseală. Marea majoritate a corpurilor de încălzire sunt din fontă (90%), celelalte fiind din tablă de Al sau Ol.

Principalele caracteristici tehnice ale RD și ale clădirilor încălzite, utilizate în cadrul documentației de AE, sunt sintetizate în tabelul 1.3.

Tabelul 1.3 – Elemente de caracterizare a RD și clădirilor implicate în CCETSG

Nr. Crt.	Tronson RD					Clădirea încălzită		
	de la	la	l [m]	d [țoli]	Material izolație	Cod	S _d [mii mp]	V [mii mc]
1	PT1/SC1	C	25	4	Ol/VM	C	4,3	16,13
2	PT1/SC1	L	25	4	Ol/VM	L	1,31	4,22
3	PT1/SC1	CT1	80	8	Ol/FI	-	-	-
4	CT1	A	55	3	Ol/VM	A	2,13	8,3
5	CT1	D+E	38	4	Ol/VM	D+E	4,7	21,9
6	CT1	F	21	3	Ol/VM	F	1,77	8,04
7	CT1	I	2	2	Ol/FI	I	0,73	2,65
8	A	H	4	1,5	Ol/FI	H	0,061	0,15
9	E	G	4	1,5	Ol/VM	G	0,053	0,11
10	PT1/SC2	CT2	180	8	Ol/VM	-	-	-
11	CT2.1	CT2.1	110	1,5	Ol/FI	-	-	-
12	CT2.2	CT2.2	285	4	Ol/FI	-	-	-
13	CT2	B	7	4	Ol/FI	B	3,52	13,04
14	CT2	M	9	1,5	Ol/FI	M	0,96	3,1
15	CT2	N	10	1,5	Ol/VM	N	0,11	0,41
16	CT2.1	O	13	2	Ol/FI	O	0,86	3,29
17	CT2.1	P	5	2	Ol/FI	P	0,74	4,46
18	CT2.1	R	7	2	Ol/VM	R	0,15	0,42
19	CT2.1	Sală tir	2	1,5	Ol/FI	Sală tir	0,12	0,37
20	CT2.1	Teren sport	57	1,25	PPR	Teren sport	0,04	0,04
21	CT2.1	L-IMT	38	1,5	Ol/PI	L-IMT	0,59	2,01
22	CT2.1	T-ID	37	2	PPR	T-ID	0,27	0,78
23	CT2	T	239	3	Ol/PI	T	2,73	9,69
24	CT2	S	95	8	Ol/PI	S	5,87	31,6
25	CT2	C2	55	4	Ol/VM	C2	3,88	10,11
26	CT2-C2	C1	151	4	Ol/VM	C1	3,88	10,11
27	CT2.2	U	12	4	Ol/VM	U	1,04	3,77
28	CT2.2	V	9	2	Ol/PI	V	2,87	9,98
29	CT2.2	X	18	2	Ol/PI	X	0,67	2,54
30	CT2.2	Y	24	2	Ol/PI	Y	0,23	0,68
31	CT2.2	Z	16	2	Ol/PI	Z	0,39	1,48
32	C1	Bisericuță	106	1,5	Ol/VM	Bisericuță	0,05	0,18
33	PT1/SC4	J	65	2	PPR	J	0,54	1,92
34	PT1/SC1	K	64	2	PPR	K	0,10	0,39
35	PT2/SC5	C3	4	3	PPR	C3	2,68	7,22

Unde:

1 țol = 25,4 mm;

CT1, CT2 (CT2.1, CT2.2) – canale termice;

(d, l) – diametrul și lungimea tronsonului;

(S_d, V) – suprafața desfășurată și volumul clădirii încălzite;

Ol/VM – țeavă din oțel, izolată cu vată minerală;

Ol/FI – țeavă din oțel, fără izolație;

Ol/PI – țeavă din oțel, preizolată;

PPR – țeavă din polipropilenă.

După parcurgerea corpurilor de încălzire din clădiri, apa industrială uzată (AIU) se întoarce în PT și este reintrodusă în circuit, prin pompele din SP1 și SP2, completându-se pierderile cu AI preluată din rețeaua urbană (doar în PT1, în PT2 nu sunt pierderi).

1.4 Unitatea de referință asociată BE

În conformitate cu modelele de Bilanț Termoeenergetic [1 ÷ 8], unitatea de referință asociată este „secunda”, evaluându-se, de obicei, componentele energiei în $\text{kJ/s} \equiv \text{kW}$.

Având în vedere specificul activității desfășurate de către UO și informațiile de care putem dispune – din înregistrările beneficiarului și din măsurătorile executantului – vom elabora BE anual, lunar și orar – pentru perioada de efectuare a măsurătorilor detaliate. Nivelul de încărcare al echipamentelor și instalațiilor din cadrul conturului de BE a fost cel normal, în funcție de momentul din perioada de analiză: un an, lunile anului și respectiv, intervalul în care s-au efectuat măsurătorile.

1.5 Aparatele de măsură utilizate

Valorile mărimilor din modelul BE s-au obținut, în bună parte, din baza de date a UO, fiind preluate ca înregistrări existente. Pe lângă consumurile de energie geotermală obținute în acest mod, s-au făcut măsurători de mărimi electrice, debit și temperatură, utilizând următoarele instrumente:

a) Analizorul de rețea (AR), Chauvin Arnoux C.A 8334 cu caracteristicile:

- Afișaj: LCD full - grafic, color, cu iluminare
- Mod afișare: numeric, forme de undă, armonici, diagrame, grafic, tabel, histograme
- Armonici tensiune, curent: 0-50;
- THD pentru 3 curenți de intrare;
- Traductori de curent clești, AMP – flex;
- Măsurare puteri: Activă, reactivă, aparentă, sumă [0...9999 unități putere];
- Măsurare energie activă, reactivă, aparentă, sumă, sens +/- [0...9999 mega unități putere];

- Factor de putere ($\cos \varphi$), PF, DPF, Tangentă, sumă;
- Frecvența de eșantionare 12,8 kHz pe canal;
- Selecție interval de măsură 1/5/20s, 1/2/5/10/15 min. 1h, 2h;
- Software specializat Qualistar, DataViewer;
- Interfață comunicație RS-232 – optic;
- Perioadă de înregistrare 165 zile cu interval de măsurare de 10 min. (cu 4 MB);
- Frecvența 40...69 Hz;
- Intrări de tensiuni 830 V [faza - faza]; 480 V [faza - nul];
- Impedanța de intrare 340 k Ω între fază și nul;
- Tensiuni de vârf singulare: 6 V...680 V;
- Câmp magnetic până la 0...400 A/m;
- Câmp electric 0...3 V/m.

Amplasarea AR s-a făcut pe tablourile electrice din PT1 și SGE.

b) Termocamera (TM) tip Fluke Ti20; cu caracteristicile:

- Temperatură - Gamă de măsurare temperatură (nu este calibrată sub -10 °C)
-20 °C până la +250 °C (-4 °F până la + 482 °F);
- Precizie ± 2 °C sau 2 % (oricare este mai mare);
- Câmp de vizualizare 23° x 17°;
- Rezoluție spațială (IFOV) 2,5 mRad;
- Distanță minimă de focalizare Lentilă termică: 15 cm (6 in);
- Lentilă lumină vizibilă (vizuală): 46 cm (18 in);
- Tip lentilă infraroșu 20 mm F = lentilă 0,8;
- Sensibilitate termică (NETD) $\leq 0,13$ °C la 30 °C (130 mK);
- Bandă spectrală infraroșu 7,5 μ m până la 14 μ m;
- Cameră vizuală Rezoluție 640 x 480;
- Interval minim (în modul manual) 5 °C (9 °F);
- Interval minim (în modul automat) 10 °C (18 °F);
- Imagine în imagine (PIP) 100 % IR afișat central 320 x 240 pixeli;

c) Aparatele de măsură existente în CCETSG:

- Contor AGT tip SONTEx, EN1434, $\theta \in [20$ °C – 200 °C], $\Delta\theta = [3 - 150]$ K;
- Contor AI (apă rece), tip SENSUS, HRI-Mei-B3, Q3, 25 m³/h.

II. MODELUL MATEMATIC AL BILANȚULUI ENERGETIC ELABORAT

În conformitate cu practica uzuală [1 ÷ 8], în cazul agentului energetic de tip apă fierbinte (AF) utilizat în CCETSG, se pretează bilanțul de energie și bilanțul de masă.

2.1 Bilanțul de energie (BE)

Ecuția generală a BE este, în acest caz:

$$W_I = W_U + W_p + W_{CPT} \quad (2.1)$$

W_I – energia intrată în contur;

W_U – energia utilă;

W_p – pierderile de energie;

W_{CPT} – consumul propriu tehnologic.

a) Energia intră în conturul analizat (CCETSG) pe două căi:

Din sursa geotermală (SG) – sub formă de căldură (ET) a apei geotermale (AGT), înregistrată la contorul general (W_{AGT}).

Din SEE – sub formă de EE, consumată pentru acționarea pompelor utilizate în cadrul CCETSG (W_{EE}).

Prin urmare, avem:

$$W_I = W_{AGT} + W_{EE} \quad (2.2)$$

b) Energia utilă este energia termică furnizată utilizatorilor din cadrul UO și terți, se calculează astfel:

$$W_U = \sum_{i=1}^n W_{Ui} = W_{UIC} + W_{UACM} \quad (2.3)$$

$i = \overline{1, n}$ - pavilioanele UO alimentate din această sursă, conform codificării din tabelul 1.3

W_{UIC} – componenta utilizată pentru încălzire;

W_{UACM} – componenta utilizată pentru producere apă caldă menajeră (ACM)

c) Consumul propriu tehnologic (W_{CPT}) se constituie, în acest caz, din energia consumată de către pompele din cadrul CCETSG
deci,

$$W_{CPT} = W_{EE} \quad (2.4)$$

d) Pierderile de energie (W_P) se exprimă în acest caz, astfel:

$$W_P = W_{pRT} + W_{pPT} + W_{pRD} \quad (2.5)$$

unde:

W_{pRT} - pierderile de energie pe rețeaua de transport (sondă - puncte termice);

W_{pPT} - pierderile de energie în punctele termice;

W_{pRD} - pierderile de energie pe rețeaua de distribuție (schimbătoare de căldură - clădiri)

2.2 Bilanțul masic (de debit)

Poate fi scris pentru fiecare circuit astfel:

- În circuitul primar (SGE-SC), AGT parcurge rețeaua (conductele) de transport și SC.

Se poate scrie relația:

$$D_{AGT} = D_{ESC} + D_{P1} \quad (2.6)$$

unde:

D_{AGT} – debitul de intrare în contur a apei geotermale [kg/s]

D_{ESC} – debitul de ieșire din SC a AGT [kg/s]

D_{P1} – pierderile de debit al AGT pe RT și SC [kg/s]

- În circuitul secundar (RD), agentul termic secundar (ATS-AI) parcurge tronsoanele RD.

Se poate scrie relația:

$$D_{IRD} = D_{RRD} + D_{P2} \quad (2.7)$$

unde:

D_{IRD}, D_{RRD} – debit de intrare în RD și retur, RD [kg/s]

D_{P2} – pierderile de debit în RD și SC al ATS

În general, debitele (D_{AGT} , D_{ESC} , D_{IRD} , D_{RRD}) se obțin prin măsurare directă, iar pierderile de debit (D_{P1} , D_{P2}) se obțin prin calcul.

2.3 Modul de calcul al componentelor de BE

2.3.1 Energia intrată

Apa geotermală (AGT) este principalul agent energetic prin care intră energia în contor, în conformitate cu [1 ÷ 8], în acest caz se poate scrie:

$$W_{AGT} = D_{AGT}(i_{SG} - i_{IU}) \tau \quad (2.8)$$

i_{SG} - entalpia AGT la ieșirea din SGE (la intrare în contor) [kJ/kg]

i_{IU} - entalpia AGT uzată, la ieșirea din CCETSG [kJ/kg]

τ - durata de analiză [h]

Energia electrică intrată în contor se va calcula astfel:

$$W_{EE} = \sum_{i=1}^m P_{medi} \tau \quad (2.9)$$

unde:

P_{medi} - puterea medie absorbită de receptorul „i” din contorul analizat [kW]

2.3.2 Pierderile de energie

a) **Pierderile pe rețeaua de transport AGT** se vor calcula astfel:

$$W_{PRT} = W_{AGT} - W_{ISC} \quad (2.10)$$

$$W_{IGS} = D_{IGS}(i_{IGS} - i_{IU})\tau \quad (2.11)$$

unde:

D_{IGS} - debitul AGT la intrarea în PT/SC [kg/s]

i_{ISC} - entalpia AGT la intrarea în PT/SC [kJ/kg]

b) **Pierderile de energie pe PT**

Au două subcomponente: pierderi de energie pe SC și pierderi de energie pe conductele de legătură din PT.

b1) Pierderile de energie pe SC

Se determină pe baza BTE al SC.

Energia AGT la ieșire din SC:

$$W_{EGS} = D_{ESG}(i_{EGS} - i_{IU})\tau \quad (2.12)$$

Energia cedată de AGT (preluată prin SC):

$$W_{1SC} = W_{IGS} - W_{ESC} \quad (2.13)$$

Energia ATS la intrarea (W_{IAS}) în SC și ieșirea (W_{EAS}) din SC:

$$W_{IAS} = D_{IAS} i_{IAS} \tau \quad (2.14)$$

$$W_{EAS} = D_{IRD} i_{EAS} \tau \quad (2.15)$$

unde:

D_{IAS} - debitul de intrare în SC a ATS [kg/s]

(i_{IAS} , i_{EAS}) - entalpia ATS la intrarea și ieșirea din SC

Energia preluată de ATS în SC:

$$W_{2SC} = W_{EAS} - W_{IAS} \quad (2.16)$$

Pierderile de energie pe SC:

$$W_{pSC} = W_{1SC} - W_{2SC} \quad (2.17)$$

b2) Pierderile de energie pe conductele din PT, se vor calcula cu relația:

$$W_{PCD} = \sum_{j=1}^n D_{CDj} \cdot c_a \cdot \Delta\theta_j \quad (2.18)$$

D_{CDj} , $\Delta\theta_j$ – debitul agentului termic și căderea de temperatură pe tronsonul de conductă „j” [kg/s, °C];

c_a – căldura specifică a apei [kJ/kg · °C].

Deci,

$$W_{pPT} = W_{pSC} + W_{PCD} \quad (2.19)$$

c) Pierderile de energie pe rețeaua de distribuție (RD)

Se calculează cu relația:

$$W_{PRD} = \sum_{i=1}^n W_{PTi} \quad (2.20)$$

$$W_{PTi} = [(D_{ITi}^1 i_{ITi}^1 - D_{ETi}^1 i_{ETi}^1) + (D_{ITi}^2 i_{ITi}^2 - D_{ETi}^2 i_{ETi}^2)] \tau \quad (2.21)$$

(D_{ITi}^1 , D_{ETi}^1) - debitul ATS la intrarea și respectiv ieșirea tronsonului (T) de RD „i”, sensul de dus [kg/s];

(i_{ITi}^1 , i_{ETi}^1) - entalpia ATS la intrarea și ieșirea tronsonului de RD „i”, sensul de dus [kJ/kg];

(D_{ITi}^2 , D_{ETi}^2) - debitul ATS uzată la intrarea și respective ieșirea tronsonului de RD „i”, sensul de întoarcere [kg/s];

(i_{ITi}^2 , i_{ETi}^2) - entalpia ATS uzată la intrarea și respectiv ieșirea tronsonului de RD „i”, sensul de întoarcere [kJ/kg].

2.3.3 Energia utilă

Se va determina pentru fiecare clădire (W_{Ui}) și pentru CCETSG, astfel:

$$W_{Ui} = (D_{ETi}^1 i_{ETi}^1 - D_{ITi}^2 i_{ITi}^2) \tau \quad (2.22)$$

$$W_U = W_I - (W_P + W_{CPT} + W_{RES}) = \sum_{i=1}^n W_{Ui} \quad (2.23)$$

Pentru determinarea valorilor entalpiei (i) în funcție de valorile mărimilor de stare, temperatură, presiune ale agenților energetici (AGT, ATS), se va utiliza tabelele în care se dau proprietățile apei [7].

2.4 Indicatori de performanță energetică

Se exprimă în conformitate cu [1, 2, 4, 5, 6, 8, 13, 14]:

- Randamentul energetic brut al conturului:

$$\eta_b = \frac{W_U + W_{CPT}}{W_I} 100 \quad [\%] \quad (2.24)$$

- Randamentul energetic net al conturului:

$$\eta_n = \frac{W_U}{W_I} 100 \quad [\%] \quad (2.25)$$

- Randamentul SC:

$$\eta_{SC} = \frac{W_{2SC}}{W_{1SC}} 100 \quad [\%] \quad (2.26)$$

- Pierdere procentuală de temperatură (căldură) pe conducte:

$$p_{Ti} = \frac{\theta_{ITi} - \theta_{ETi}}{\theta_{ITi}} 100 \quad [\%] \quad (2.27)$$

- Pierdere specifică de temperatură pe conducte:

$$p_{Si} = \frac{\theta_{ITi} - \theta_{ETi}}{l_i} \quad [^{\circ}\text{C}/\text{m}] \quad (2.28)$$

θ_{ITi} , θ_{ETi} – temperatura măsurată la intrarea (θ_{ITi}) și respectiv, ieșirea (θ_{ETi}) tronsonului „i” [$^{\circ}\text{C}$]

l_i – lungimea tronsonului „i” [m]

- Consumul specific de energie termică al clădirilor (pe unitatea de suprafață sau de volum):

$$C_{Wi}^S = \frac{W_{Ui}}{S_{di}} \quad [\text{kWh}/\text{mp}], \quad C_{Wi}^V = \frac{W_{Ui}}{V_i} \quad [\text{kWh}/\text{mc}] \quad (2.29)$$

Acest indicator poate fi calculat și pentru ansamblul conturului analizat:

$$C_W^S = \frac{W_U}{\sum_{i=1}^n S_{di}} \quad [\text{kWh}/\text{mp}], \quad C_W^V = \frac{W_U}{\sum_{i=1}^n V_i} \quad [\text{kWh}/\text{mc}] \quad (2.30)$$

2.5 Estimarea impactului de mediu

Se face prin determinarea cantității de poluant evacuat în atmosferă la producerea EE consumată [1]:

Conform cu [1], aceste cantități se calculează cu relația:

$$E = B \cdot Q_i \cdot \varepsilon \quad (2.31)$$

unde:

B - cantitatea de combustibil consumată în perioada de analiză [kg];

Q_i - puterea calorifică interioară a combustibilului [kJ/kg];

ε - factor de emisie

O posibilitate de evaluare mai exactă este pe baza mixtului energetic din care provine EE consumată. Vom evalua impactul asupra mediului admițând faptul că energia consumată la FMW este produsă într-un mix energetic specific României, fiind caracterizat de următoarele cantități specifice ale GES[12]:

- $\text{CO}_2 = 314,52 \text{ g/kWh}$;
- $\text{SO}_2 = 34,74 \text{ g /kWh}$;
- $\text{NO}_x = 0,64 \text{ g/kWh}$.

2.6 Evaluarea eficienței economice

Un aspect important al auditului energetic este cuantificarea costurilor pentru economia de energie respectiv, investițiile necesare pentru implementarea măsurilor de economisire. Analiza cea mai rapidă este aceea în care se au în vedere doar componentele fundamentale de costuri. O analiză mai laborioasă dar mai exactă ia în considerare toate costurile pe ciclu de VNA și preconizata evoluție a acestora, pe baza ratei de actualizare [1].

Cel mai simplu indicator economic de decizie privind ierarhizarea unor variante concurente este reprezentat de Perioada Simplă de Recuperare (PSR) care reprezintă timpul, în ani, în care costurile de investiții se recuperează din valoarea economiilor la costurile de funcționare [1]:

$$PSR = \frac{I}{R} \quad (2.32)$$

unde:

I - investițiile suplimentare necesare pentru implementarea măsurii de economisire considerând că lucrările de realizare a investițiilor se realizează într-un singur an;

R - valoarea economiilor la costurile de funcționare (considerate egale în fiecare an);

PSR are avantajul de a fi ușor de calculat, dar rezultatele obținute sunt mai puțin precise.

Un indicator financiar de decizie care are în vedere și variația valorii banilor în timp este Venitul Net Actualizat (VNA), Indicatorul reprezintă valoarea rămasă după ce au fost recuperate costurile de investiții din valoarea economiilor de funcționare în valori actualizate la momentul inițial [1].

Acest indicator se calculează pentru fiecare variantă în parte și se alege cea variantă care prezintă cea mai mare valoare a VNA [1].

VNA se calculează cu următoarea formulă [1]:

$$VNA = -I + P \quad (2.33)$$

unde:

P - reprezintă valoarea actuală (în prezent) care poate fi plătită prin plăți anuale egale (R) cu o rată anuală de actualizare de a procente în decurs de T ani și se calculează astfel:

$$P = R \cdot F \quad (2.34)$$

în care:

F - factorul de actualizare se calculează astfel:

$$F = \frac{1}{(1+a)^t} \quad (2.35)$$

în care:

a - rata anuală de actualizare;

T - numărul de ani (ciclul de viață);

t – anul curent.

O altă relație pentru calcul VNA este [4]:

$$VNA = \sum_{t=0}^T \frac{H_t - G_t}{(1+a)^t} \quad (2.36)$$

(H_t, G_t) - efectul și efortul economic în anul " t ".

Valorile factorului de actualizare sunt determinate prin programe simple de calculator și sunt prezentate în literatura de specialitate sub formă tabelară funcție de numărul de ani ai ciclului de viață n și de rata de actualizare a [1].

În cazul în care durata de realizare a investiției este mai mare de un an și deci economiile anuale nu sunt egale pe toată durata ciclului de viață, VNA se calculează prin actualizarea anuală a tuturor fluxurilor monetare (investiții, costuri, venituri, profit) în fiecare an și

însumarea valorilor anuale, Se creează astfel un tabel care indică fluxurile monetare pe toată perioada analizată compusă din durata de realizare și durata ciclului de viață al obiectului investiției așa numitul “cash flow”.

Alți indicatori utilizați sunt [1]:

- Rata internă de recuperare a investiției (RIR);
- Indicele de profitabilitate (IP);

III. REZULTATELE MĂSURĂTORILOR EFECTUATE

Cea mai mare parte dintre mărimile necesare evaluării componentelor din BE conform modelului prezentat în cap. II, s-au măsurat cu aparatele menționate la par. 1.4. Celelalte mărimi s-au preluat din baza de date a beneficiarului (BD-UO).

3.1 Mărimi preluate din BD-UO

Pentru efectuarea AE pe bază de AGT, la mai multe nivele ale sarcinii, vom utiliza înregistrările offline preluate din BD-UO completate cu înregistrările efectuate cu aparatele suplimentare menționate la par. 1.4.

În tabelul 3.1 sunt redată valorile intrărilor de AGT în conturul analizat, în ultimii 4 ani.

Tabelul 3.1 – Intrări ale AGT în CCETSG-UO

Anul	Luna	Cantitatea [mc]	Anul	Luna	Cantitatea [mc]
2016	01	42710	2018	01	52350
	02	39870		02	42580
	03	43440		03	42650
	04	15220		04	12530
	05	13770		05	9820
	06	6120		06	8170
	07	6860		07	9330
	08	7510		08	7750
	09	3190		09	8050
	10	31270		10	16708
	11	48281,2		11	38934
	12	67240		12	23730
2017	01	60820	2019	01	41554
	02	57370		02	39174
	03	49550		03	30790
	04	41450		04	17311
	05	11450		05	14735
	06	9310		06	7855
	07	9040		07	9540
	08	1008		08	8550
	09	8720		09	10170
	10	38610		10	12025
	11	54540		11	26257
	12	55520		12	41844

În tabelul 3.1 nu este inclus consumul aferent consumatorilor privați (case, blocuri).

În fig. 3.1 se reprezintă curba de sarcină pentru AGT în anul 2018 și 2019, iar în fig. 3.2 se reprezintă evoluția prețului AGT pe durata de analiză.

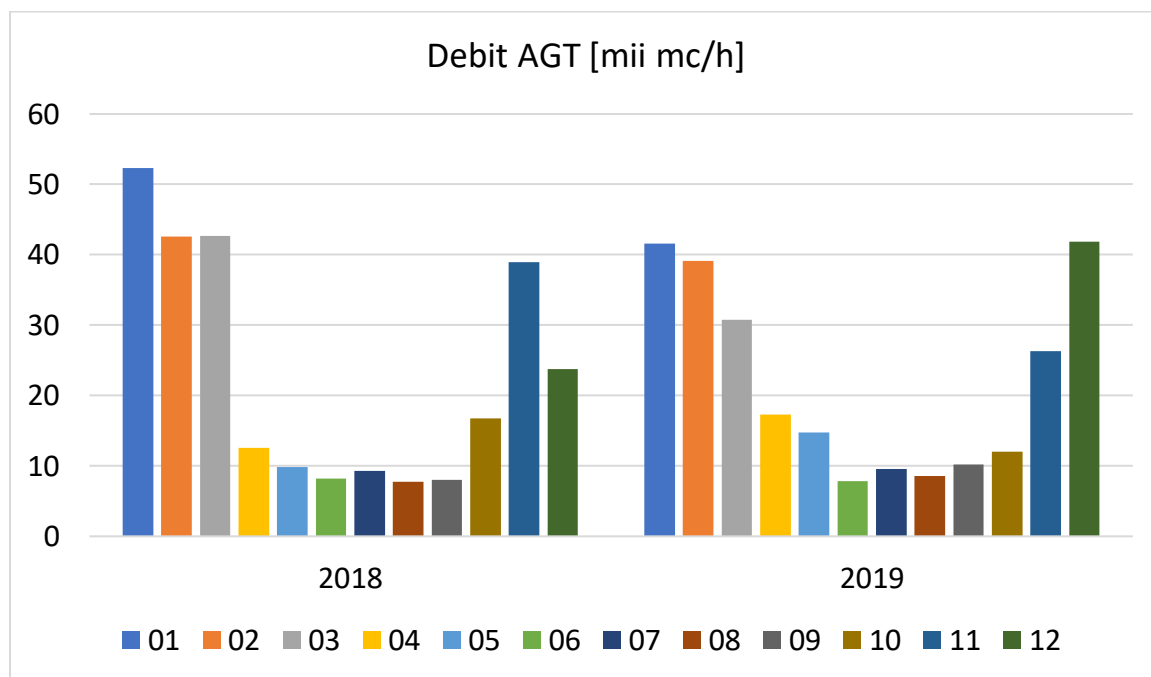


Fig. 3.1 – Curba recentă de sarcină [consum AGT] la nivelul CCETSG-UO

Analizând curba de sarcină a AGT, constatăm că în perioada de iarnă consumul de AGT este mult mai mare decât în restul anului, ceea ce înseamnă că cea mai mare parte din AGT este folosită pentru încălzire.

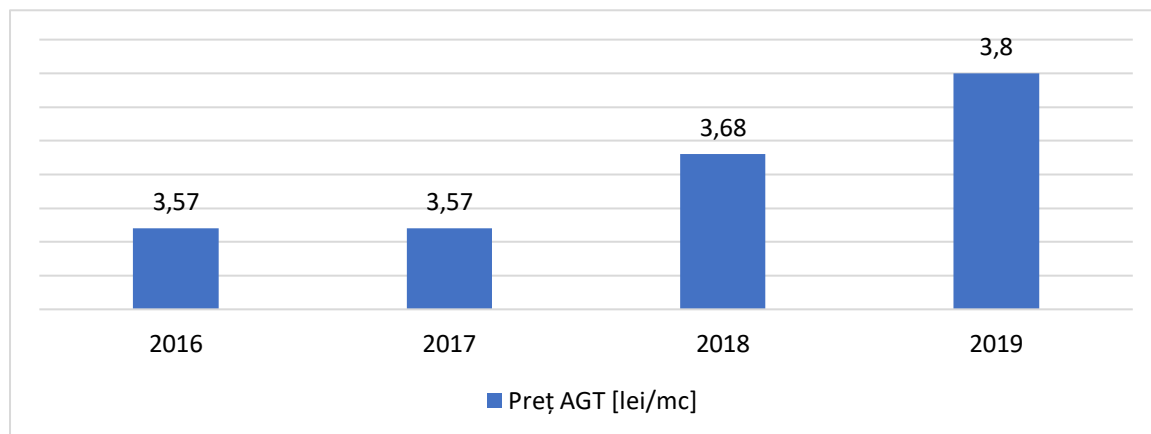


Fig. 3.2 – Evoluția prețului AGT furnizată de TRANGEX

Din fig. 3.2 constatăm că prețul AGT furnizată de TRANGEX are o ușoară creștere, urmând, practic, rata inflației monedei naționale.

Pentru a crește acuratețea analizei, redăm în tabelele 3.2 și 3.3, respectiv în fig. 3.3 și 3.4, elemente de caracterizare a consumurilor zilnice, pentru o lună de iarnă și o lună de vară.

Informațiile au fost preluate din BD-UO (registru existent la PT1) și se referă la consumatorii alimentați din acest PT, fiind obținute pe baza citirilor zilnice (la ora 07:00) a contoarelor din PT1.

Tabelul 3.2 – Elemente de caracterizare a consumurilor zilnice de ET din PT1 [ianuarie 2019]

Data	θ_{IGS1} [°C]	θ_{EGS1} [°C]	D_{IGS1} [mc/h]	θ_{IAS1} [°C]	θ_{EAS1} [°C]	D_{AI1} [mc/h]
01	84,2	45,6	50,4	47	39	9,7
02	84,2	45,6	50,4	47	39	9,7
03	84,2	45,6	50,4	47	39	9,7
04	84,2	45,6	50,4	47	39	9,7
05	84,2	45,6	50,4	47	39	9,7
06	84,2	45,6	50,4	47	39	9,7
07	84,4	45,6	50,4	47	39	9,7
08	84,4	46,6	52,2	46	39	11,96
09	84,5	46,6	59,4	52	43	12,3
10	84,3	47,5	55,8	50	40	12,3
11	84,8	49,8	64,8	50	42	12,2
12	84,7	53,3	73,8	51	44	11,8
13	84,7	53,3	73,8	51	44	11,8
14	84,7	53,3	73,8	51	44	11,8
15	84,7	51,6	68,4	51	44	12,2
16	84,6	51,1	66,6	51	44	12,2
17	84,4	49,4	61,2	51	42	12,1
18	84,3	49,3	59,4	51	43	12
19	84,5	51,4	63	51	42	11,6
20	84,5	51,4	63	51	42	11,6
21	84,5	51,4	63	51	42	11,6
22	84,5	50,7	63	51	43	12
23	84,6	52,4	68,4	52	43	12
24	84,7	53	72	52	44	11,9
25	84,7	53	72	52	44	11,9
26	84,5	51,2	63	50	42	11,6
27	84,5	51,2	63	50	42	11,6
28	84,5	51,2	63	50	42	11,6
29	84,4	51,6	63	50	42	11,9
30	84,3	49,7	55,8	49	40	11,9
31	84,3	49	57,6	50	42	12
Valoarea medie	84,5	49,6	57,53	49,8	41,7	11,33

Tabelul 3.3 – Elemente de caracterizare a consumurilor zilnice de ET din PT1 [iulie 2019]

Data	θ_{IGS1} [°C]	θ_{EGS1} [°C]	D_{IGS1} [mc/h]	D_{AI1} [mc/h]
01	76,8	41,8	10,8	9,9
02	77,1	42,4	9	10,1
03	76,9	42	10,8	10,4
04	77	43,3	10,8	10
05	76,9	42,4	9	10
06	76,9	46,9	10,8	9,96
07	76,9	46,9	10,8	9,96
08	76,9	46,9	10,8	9,96
09	76,5	44,5	10,8	10,2
10	76,7	42,2	9	11,1
11	76,7	41,9	9	10,2
12	76,7	43,1	10,8	10,3
13	77	44,3	12,6	10,3
14	77	44,3	12,6	10,3
15	77	44,3	12,6	10,3
16	77	42,7	10,8	10,7
17	76,9	42,8	10,8	10,7
18	76,9	42,3	10,8	10,7
19	77	42,4	10,8	10,8
20	76,9	43,3	10,8	10,6
21	76,9	43,3	10,8	10,6
22	76,9	43,3	10,8	10,6
23	77	42,9	10,8	10,96
24	77,1	42,7	10,8	10,92
25	77	41	9	8,92
26	77,1	42,5	9	11,13
27	77,4	43,9	10,8	10,94
28	77,4	43,9	10,8	10,94
29	77,4	43,9	10,8	10,94
30	77,4	44,3	12,6	11,12
31	77,3	44,8	10,8	11,2
Valoarea medie	77	43,5	10,5	10,9

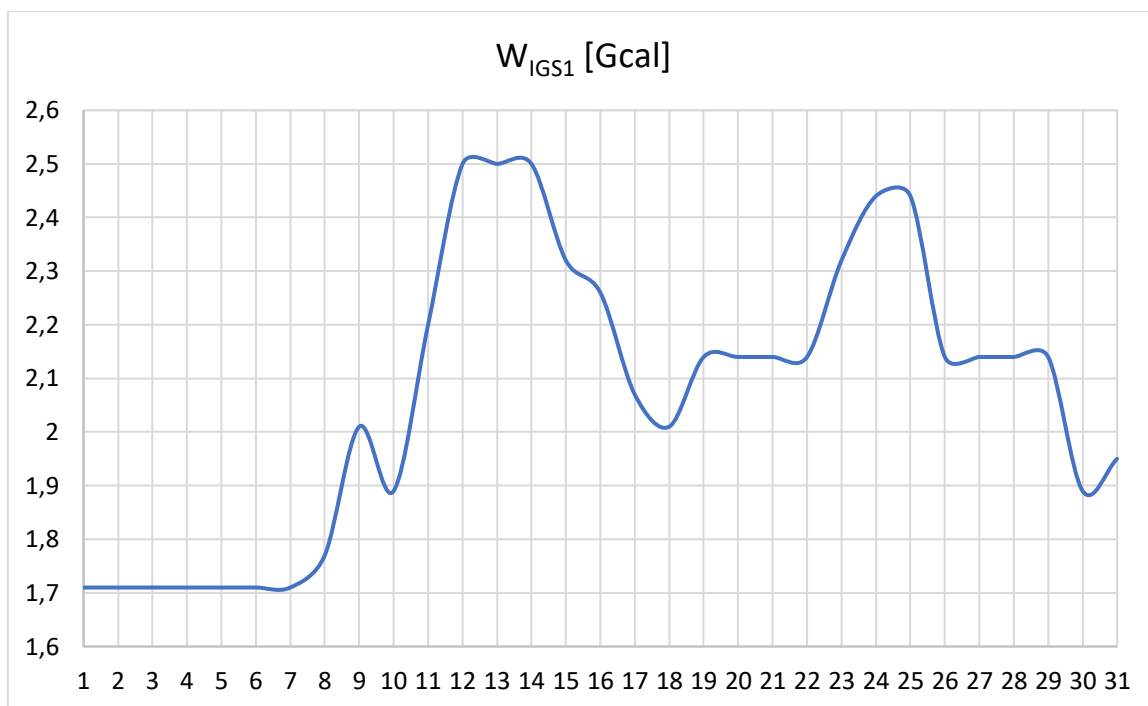


Fig. 3.3 – Curba de sarcină zilnică a ET pentru PT1 [ianuarie 2019]

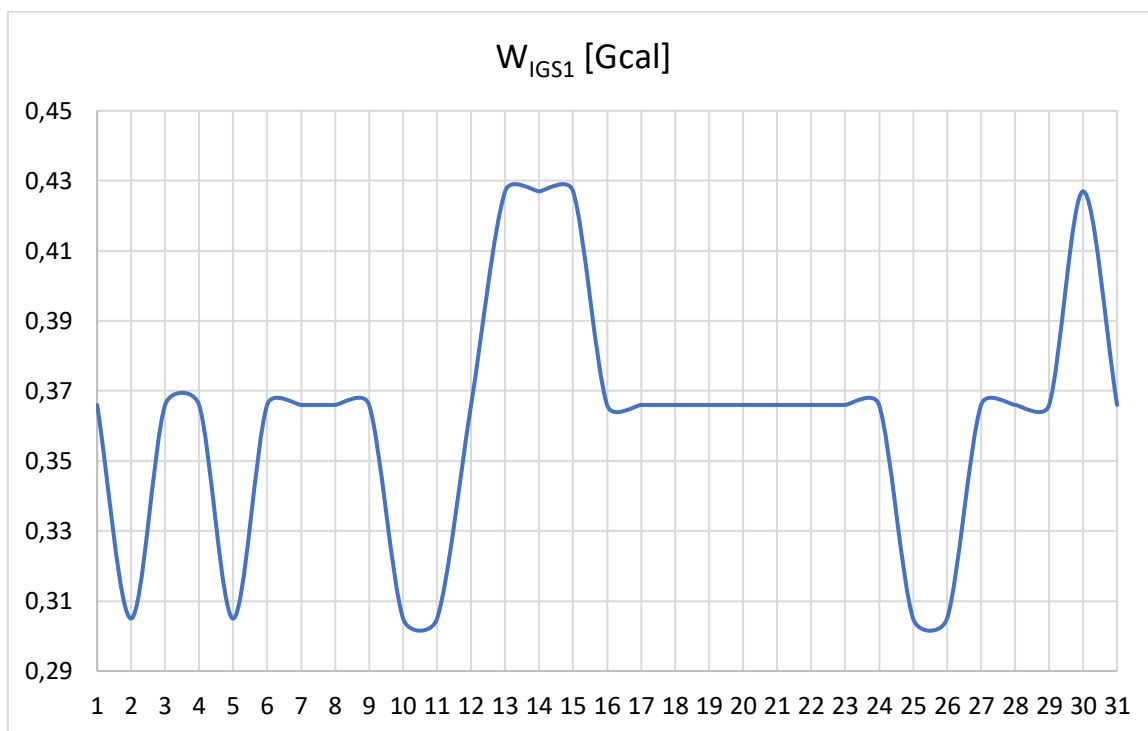


Fig. 3.4 – Curba de sarcină zilnică a ET pentru PT1 [iulie 2019]

3.2 Mărimi obținute prin măsurători efectuate de către executantul AE

Măsurătorile directe și detaliate asupra echipamentelor și componentelor CCETSG s-au efectuat în intervalul [20 ÷ 22].01.2020.

3.2.1 Înregistrările cu AR

S-au efectuat cu scopul determinării cantității de EE intrată în CCETSG, componenta asimilata CPT. Din mulțimea mărimilor pe care le poate înregistra AR, redăm în fig. 3.5 ÷ 3.8 cele privind curbele de sarcină și elementele de caracterizare a calității EE pe receptoarele din PT1 și SGE.

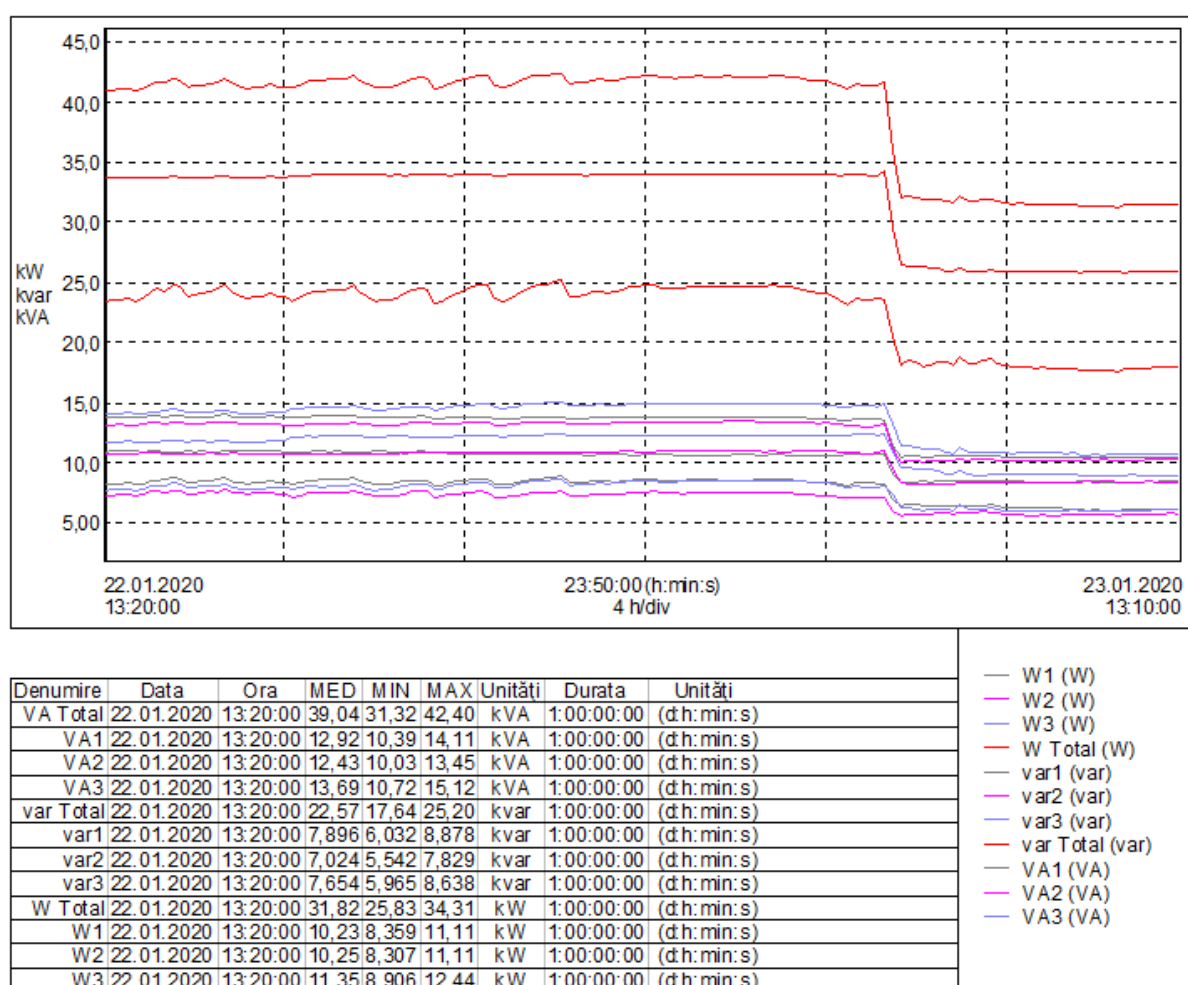
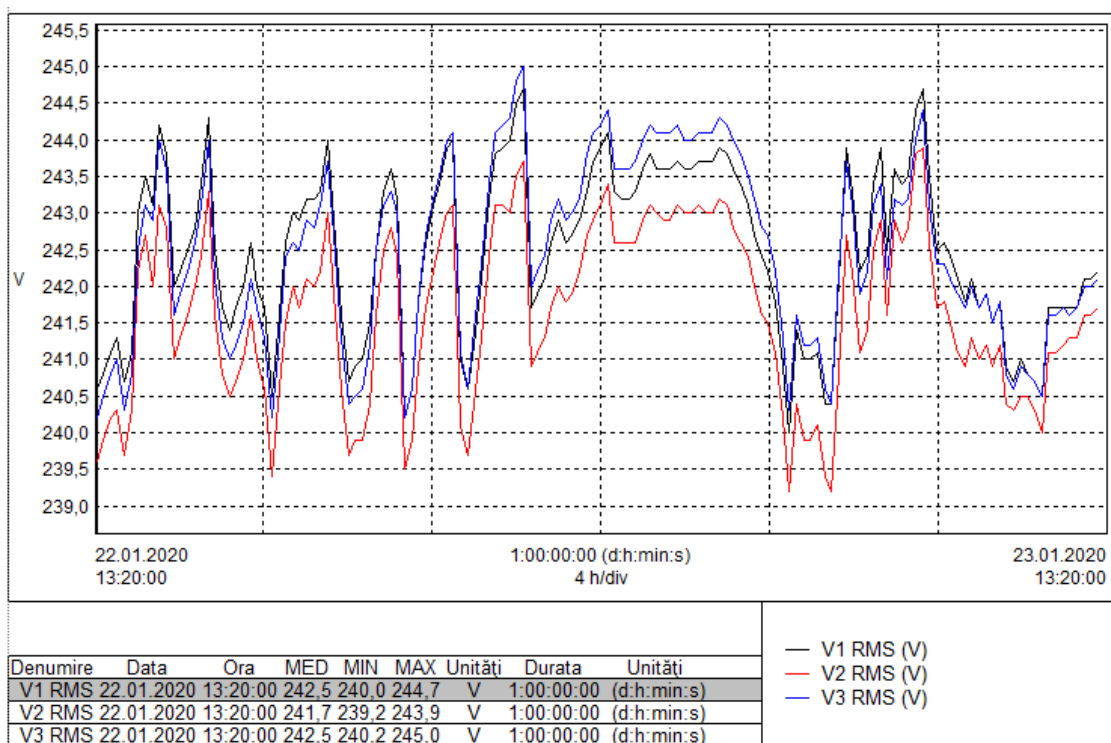
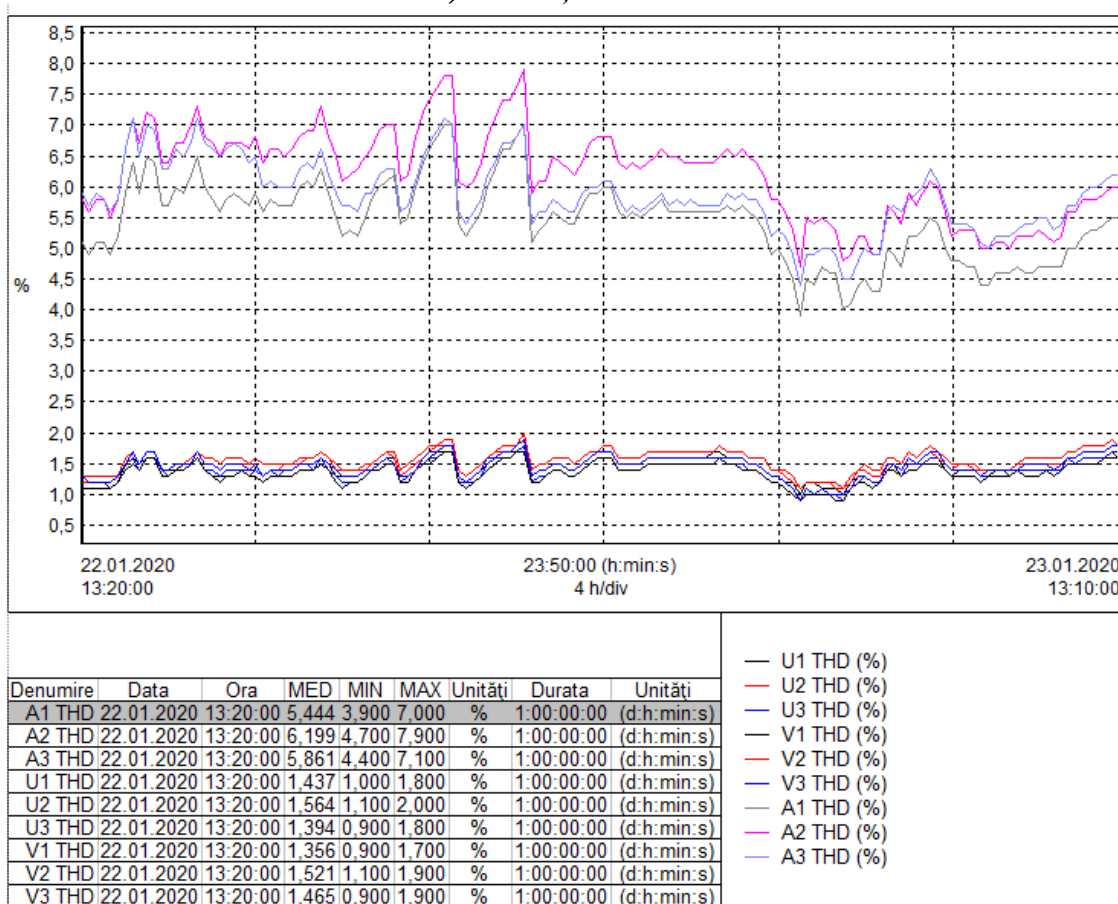


Fig. 3.5 – Curba de sarcină pentru EE consumată în PT1



a) – Variația tensiunii



b) – Variația THD

Fig. 3.6 – Elemente de caracterizare a calității EE pe PT1

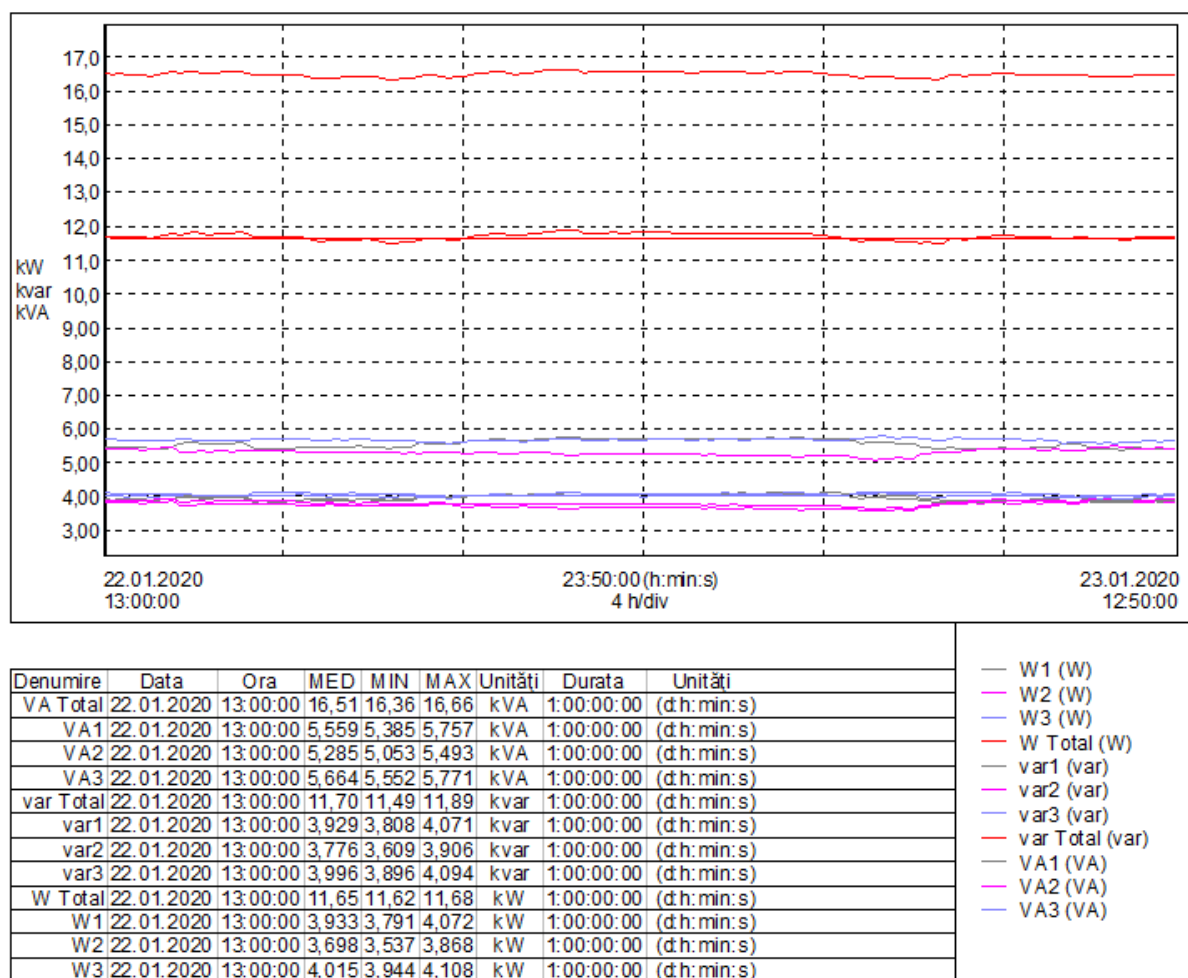
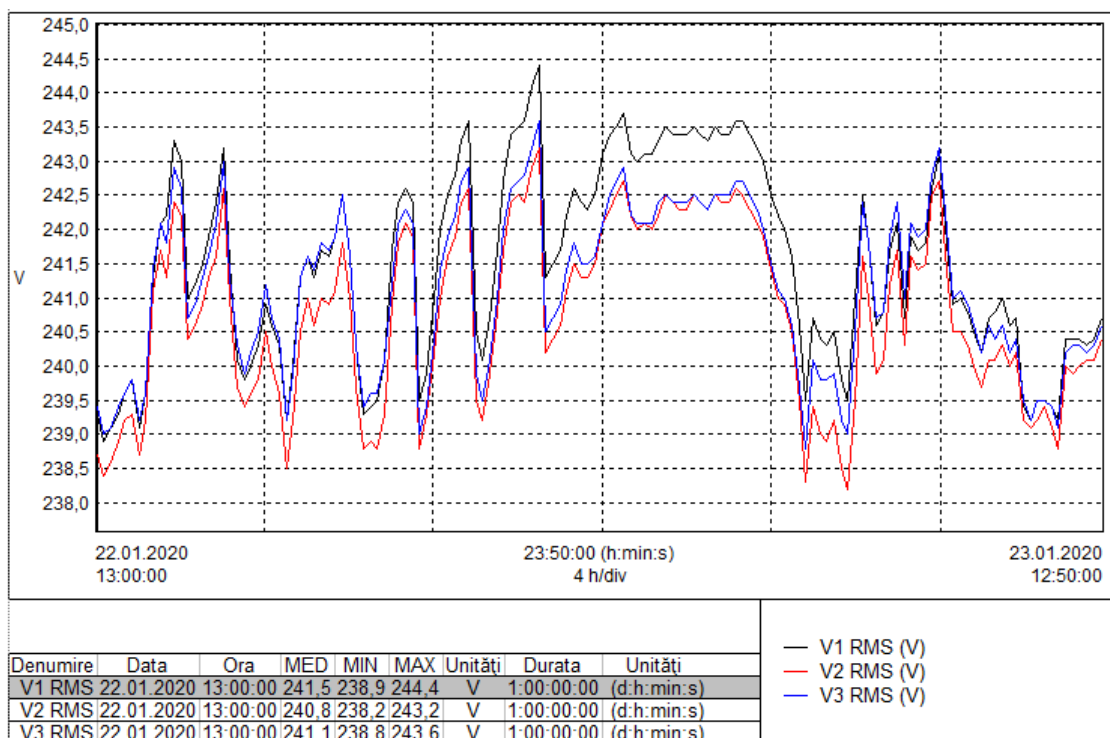
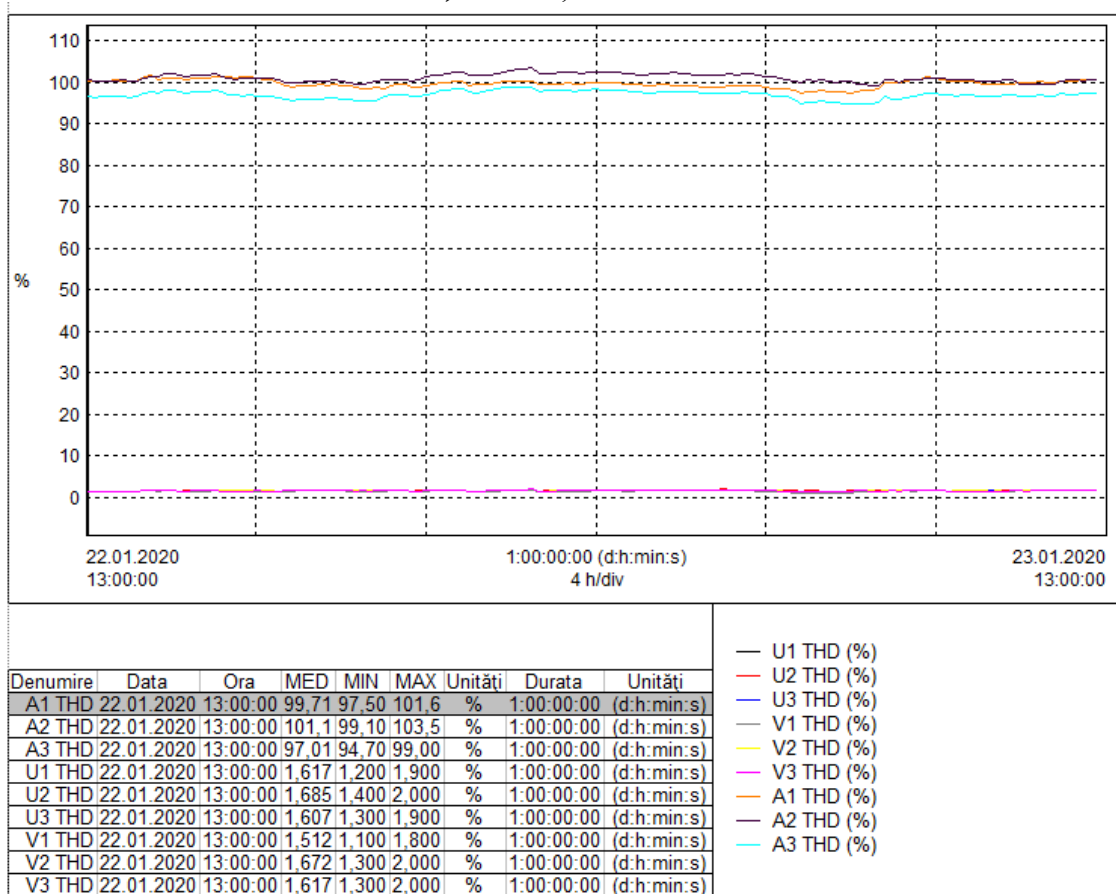


Fig. 3.7 – Curba de sarcină pentru EE consumată în SGE



a) – Variația tensiunii



b) – Variația THD

Fig. 3.8 – Elemente de caracterizare a calității EE pe SGE

3.2.2 Măsurători cu termocamera

Utilizând termometru în infraroșu tip Ti20 – Fluke (par. 1.4), s-au făcut măsurători ale temperaturii în puncte ale echipamentelor și instalațiilor din CCETSG, în care temperaturile sunt necesare pentru caracterizarea stării CCETSG, a consumurilor parțiale și a pierderilor, precum și pentru identificarea unor măsuri de reducere a pierderilor de energie. Redăm în fig. 3.9 ÷ 3.49, imaginile preluate cu camera de termoviziune în infraroșu în punctele de interes.

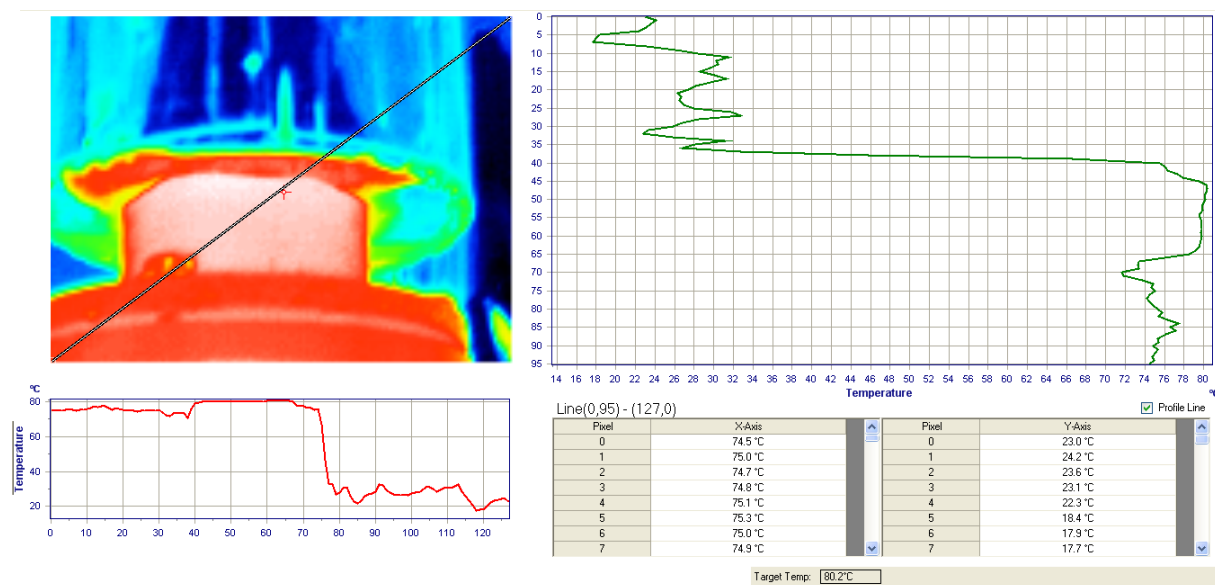


Fig. 3.9 – Conductă de intrare AGT în SC1

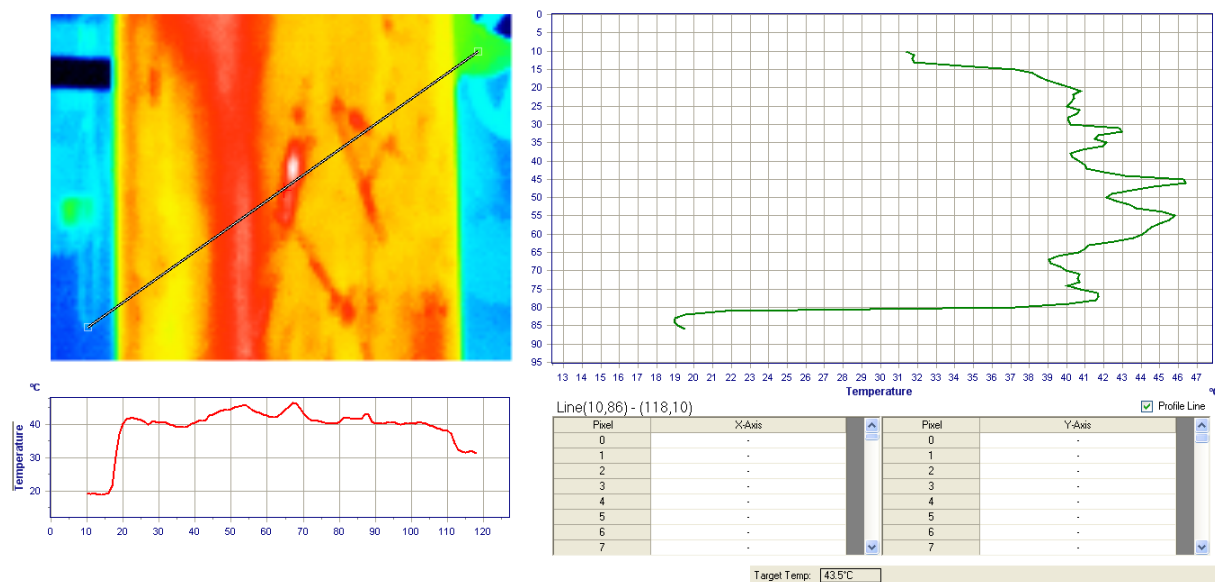


Fig. 3.10 – Conductă de ieșire AGT din SC1

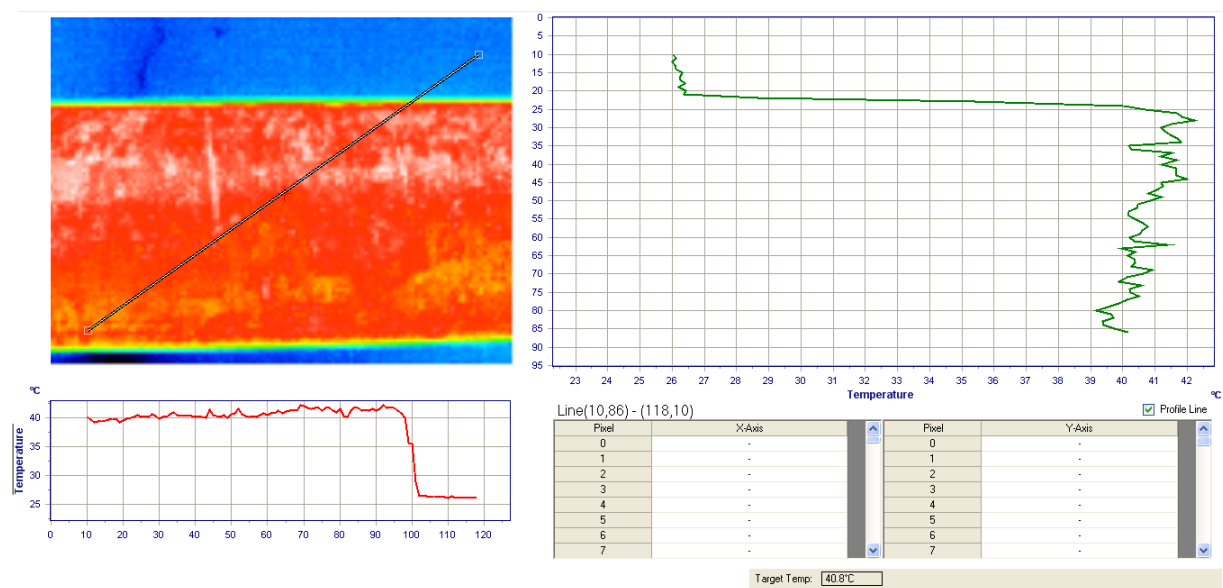


Fig. 3.11 – Conductă întoarcere AIU din RD în PT1-SC1

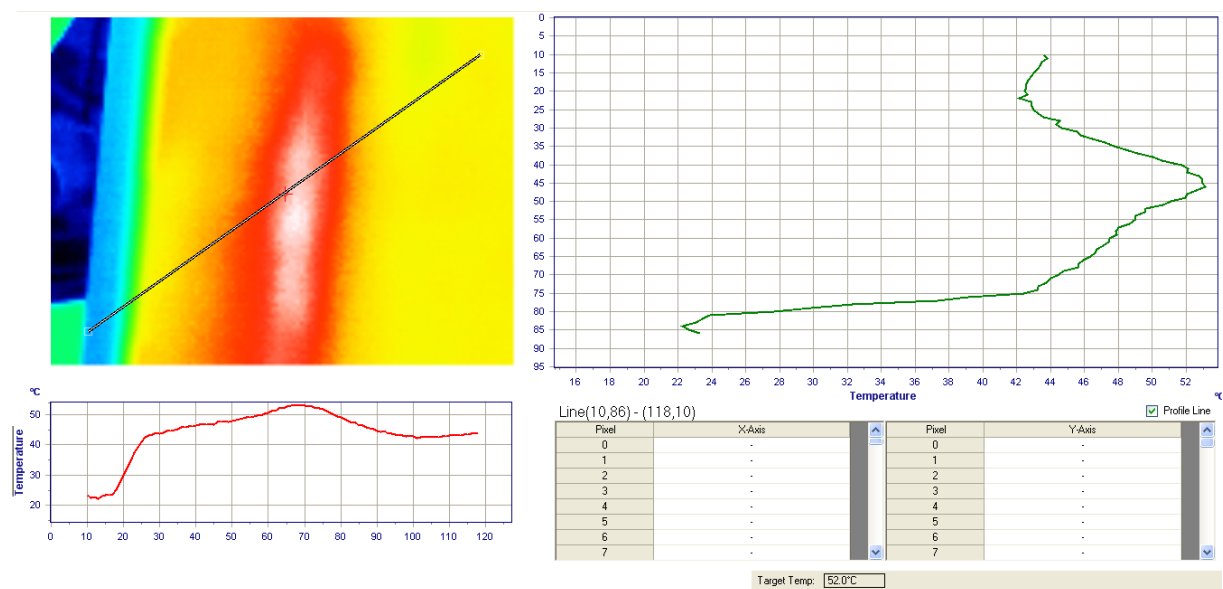


Fig. 3.12 – Conductă ieșire AII din SC1 și intrare în RD

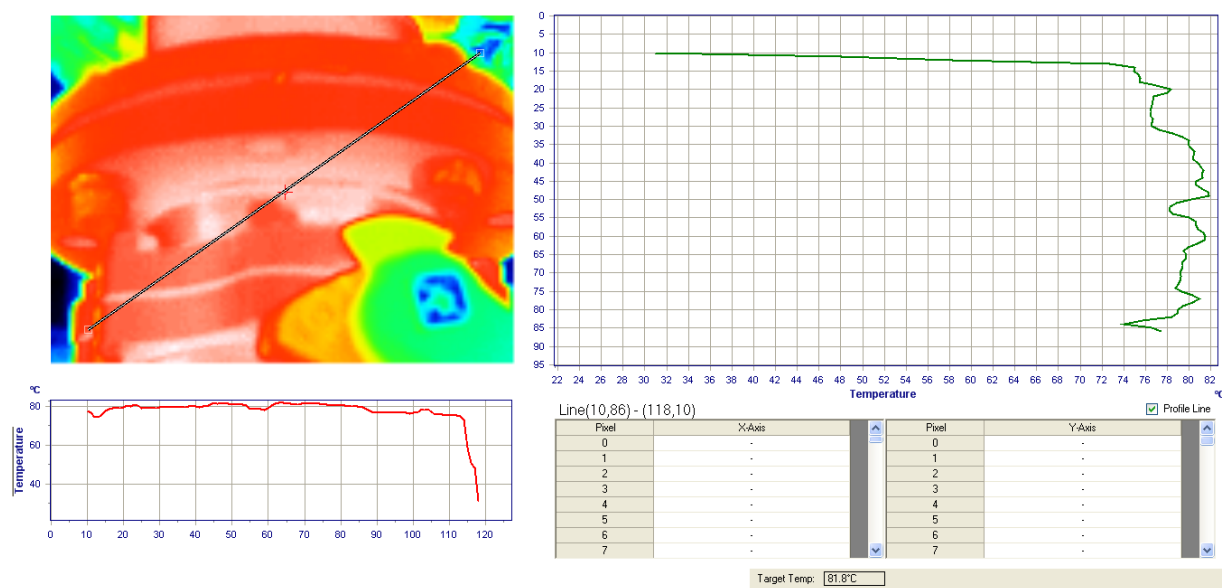


Fig. 3.13 – Conductă de intrare AGT în SC2

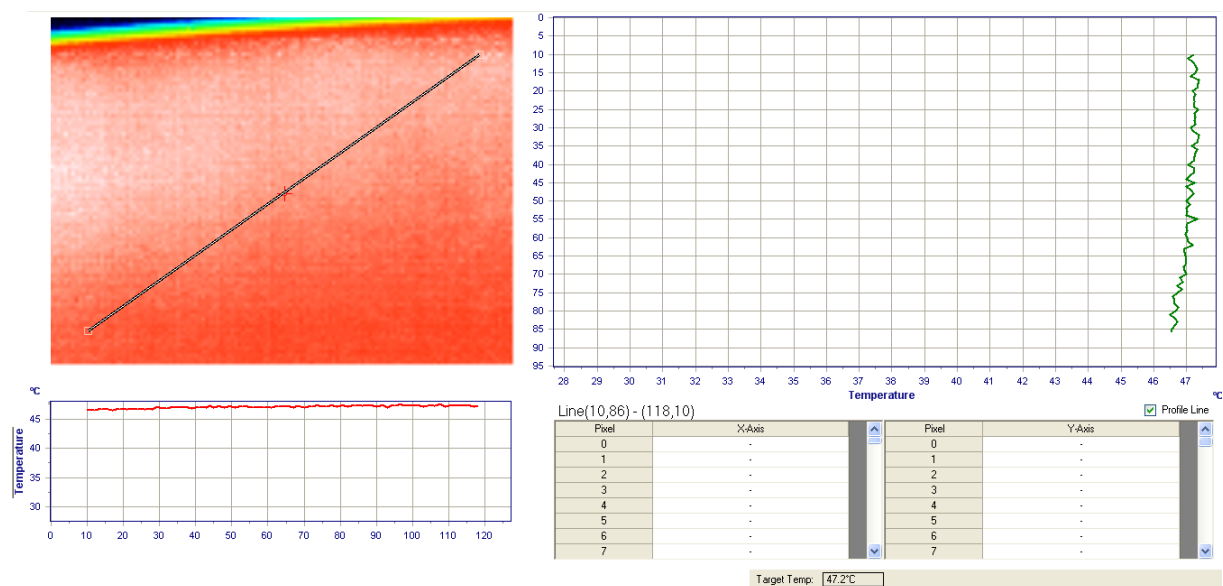


Fig. 3.14 – Conductă de ieșire AGT din SC2

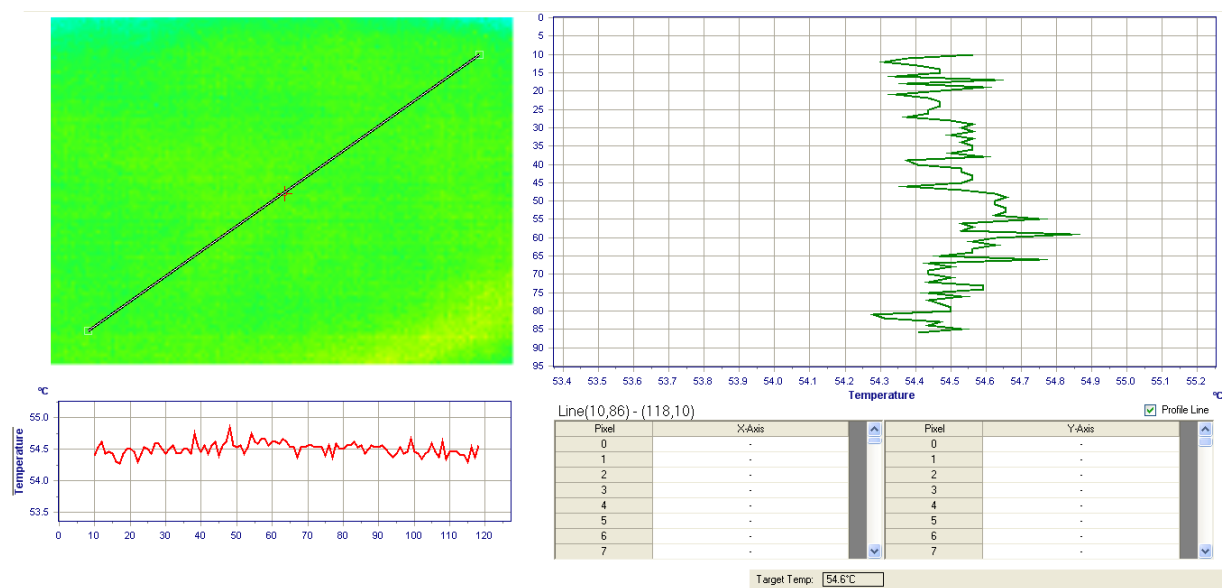


Fig. 3.15 – Conductă ieșire AII din SC2 și intrare în RD

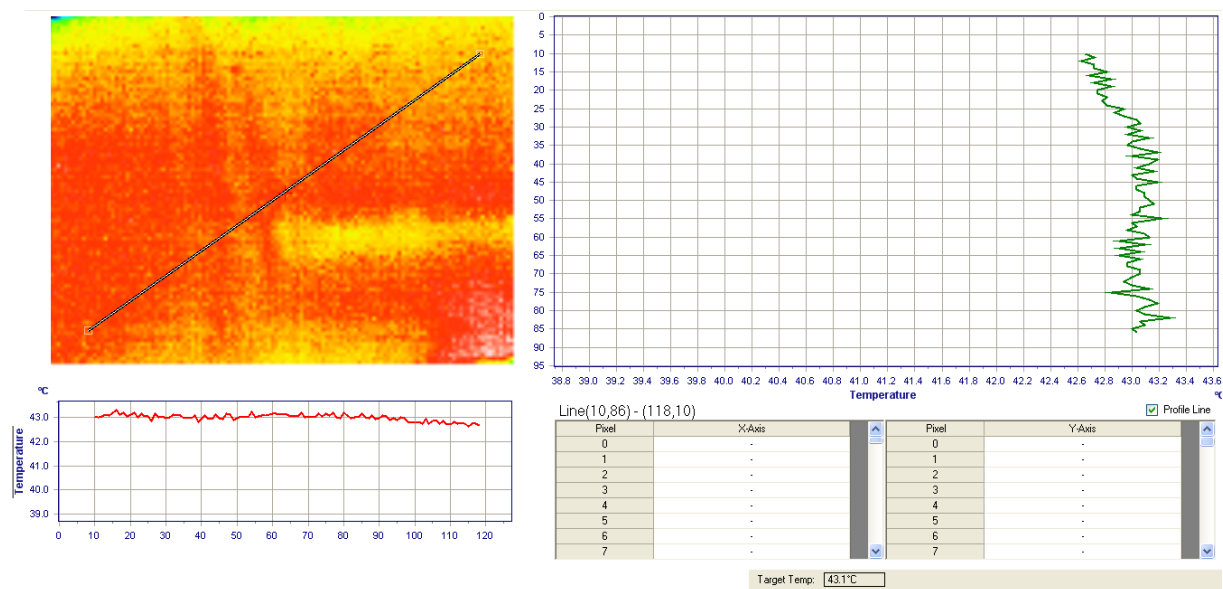


Fig. 3.16 – Conductă întoarcere AIU din RD, în PT1-SC2

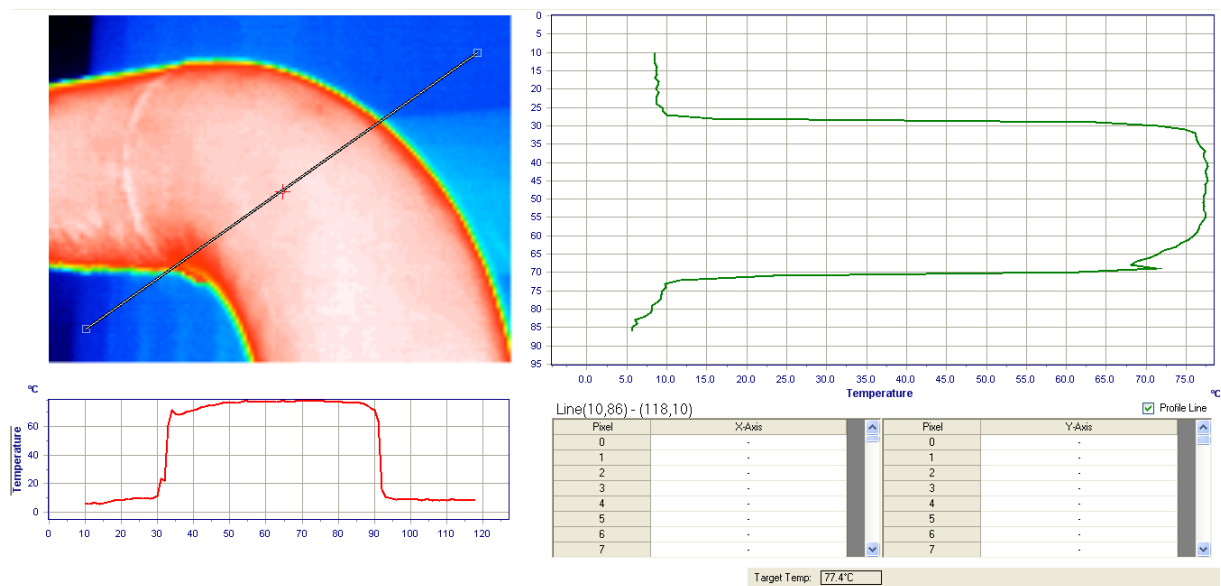


Fig. 3.17 – Conductă de plecare AGT de la SGE (1)

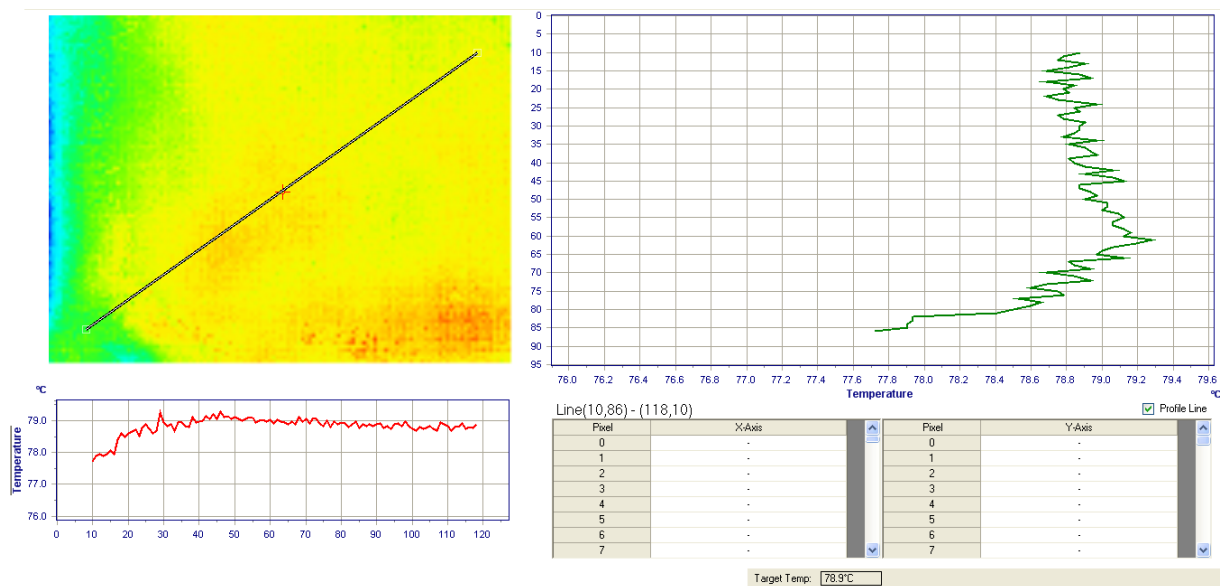


Fig. 3.18 – Conductă de plecare AGT de la SGE (2)

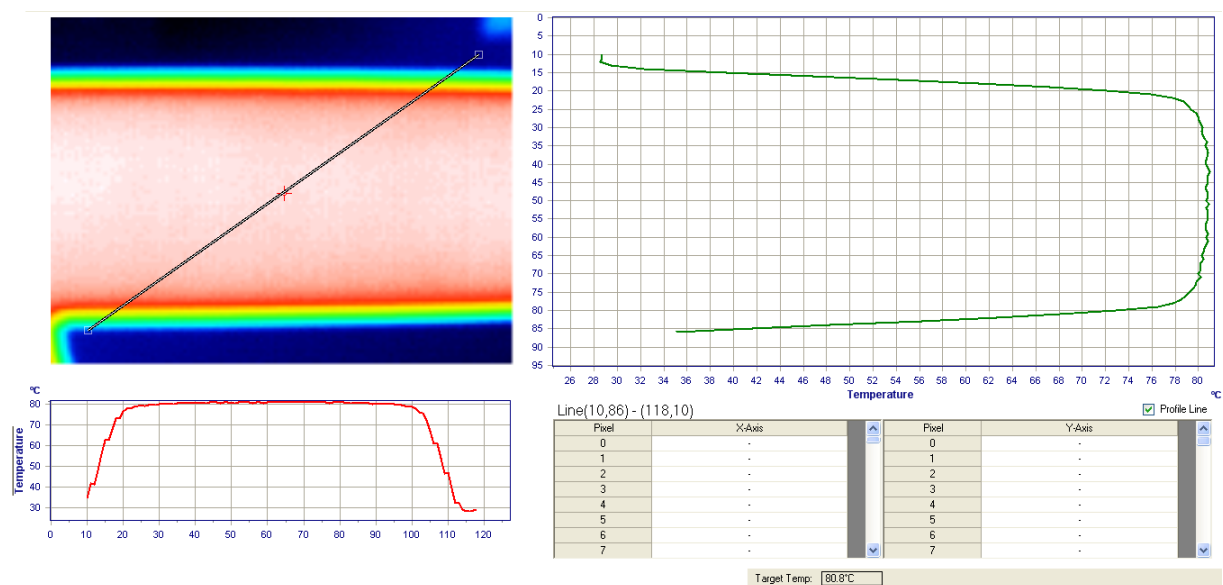


Fig. 3.19 – Conductă de plecare AGT de la SGE (3)

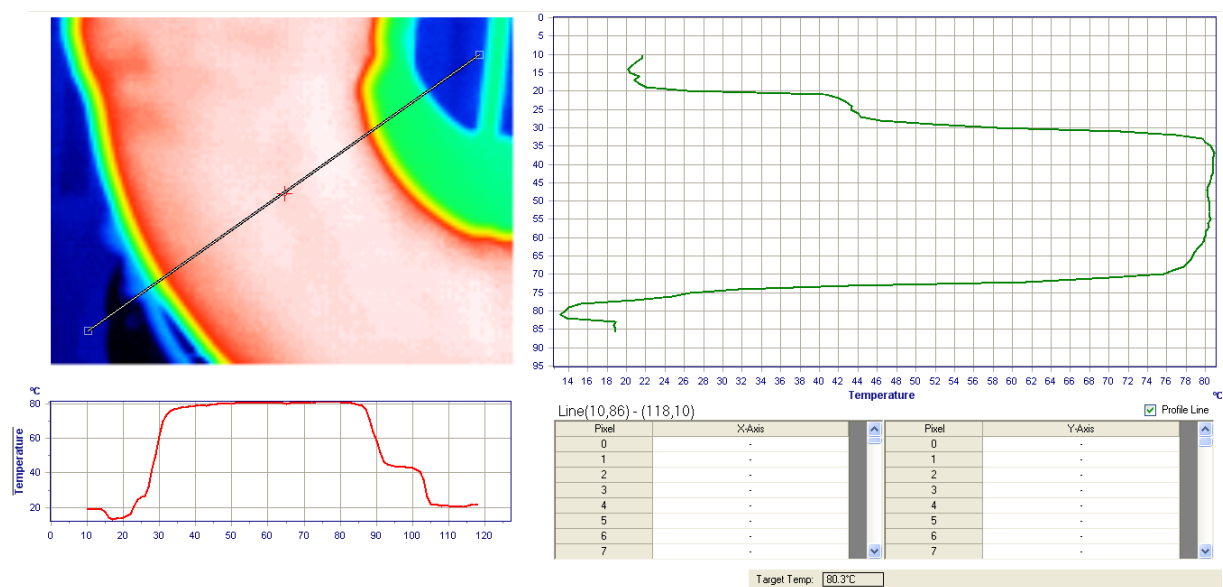


Fig. 3.20 – Conductă de intrare AGT în SC3

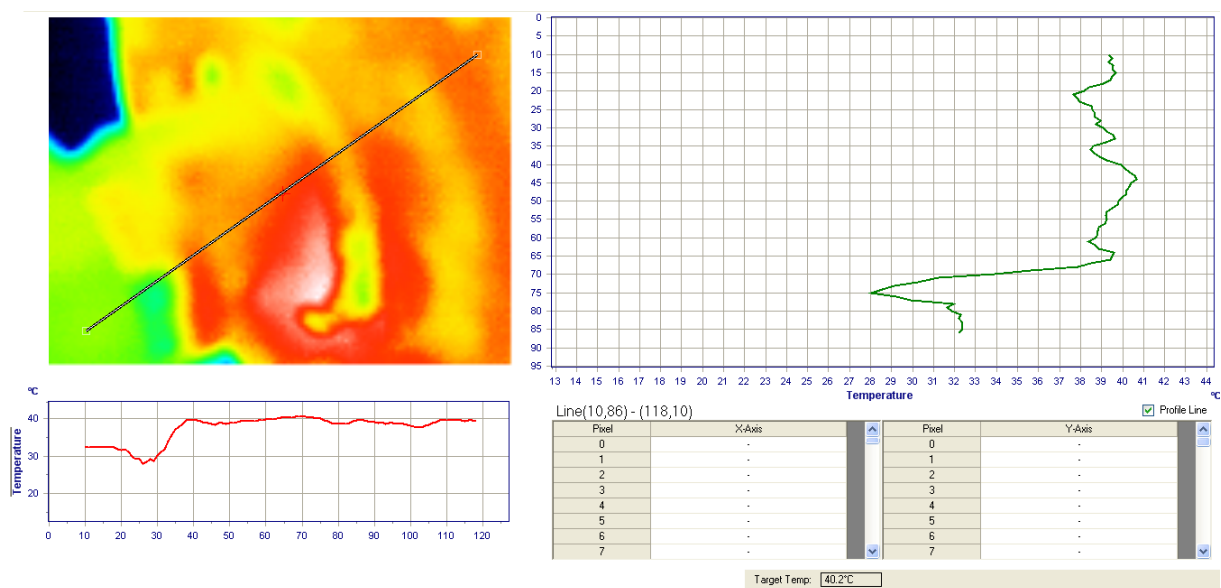


Fig. 3.21 – Conductă de ieșire AGT din SC3

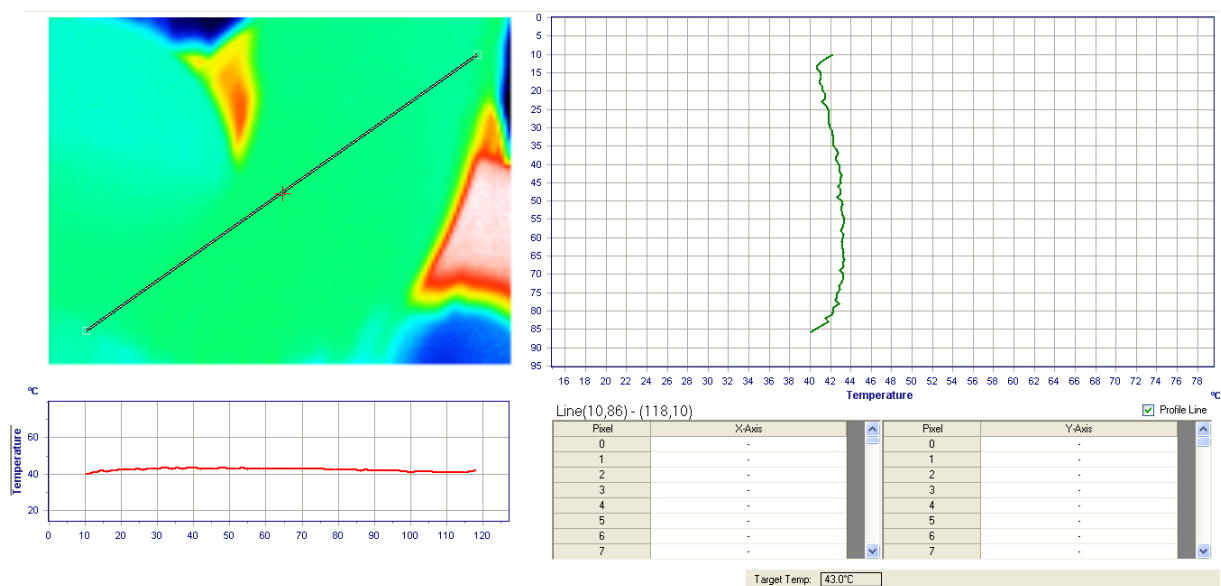


Fig. 3.22 – Conductă de plecare din PT1 ACM

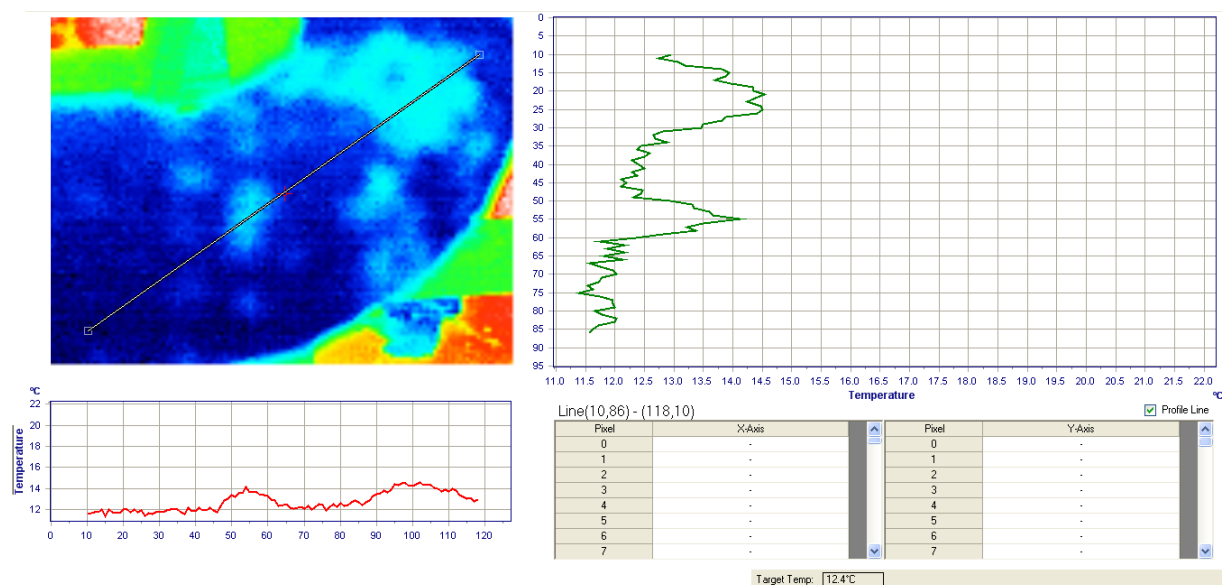


Fig. 3.23 – Conductă de intrare AI în PT1

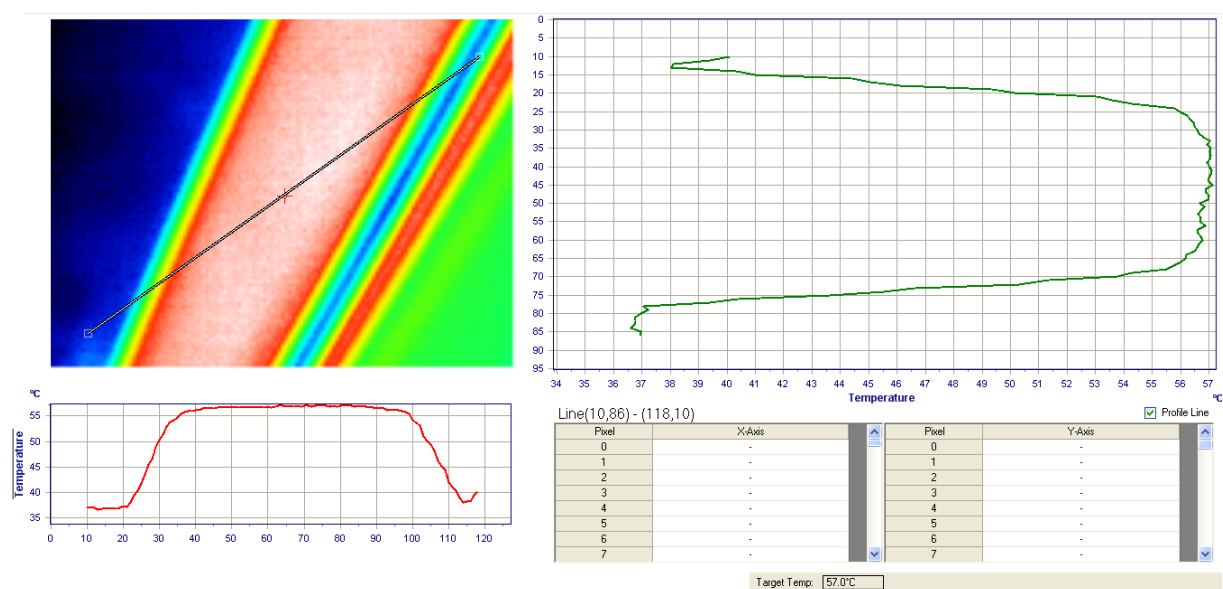


Fig. 3.24 – Conductă intrare AII în corp C

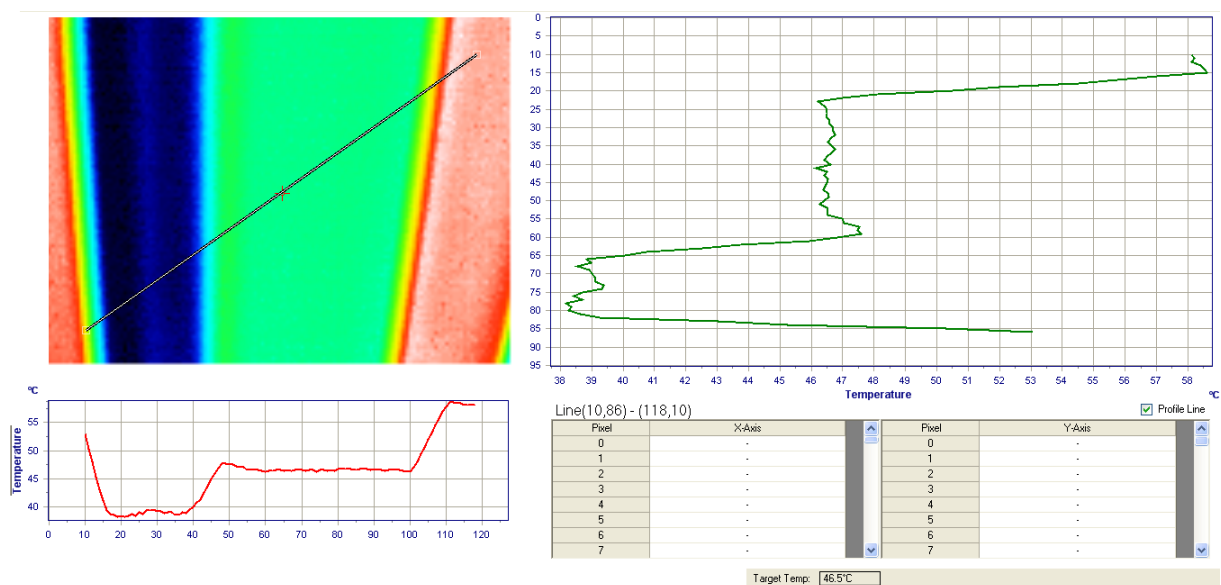


Fig. 3.25 – Conductă ieșire AIU din corp C

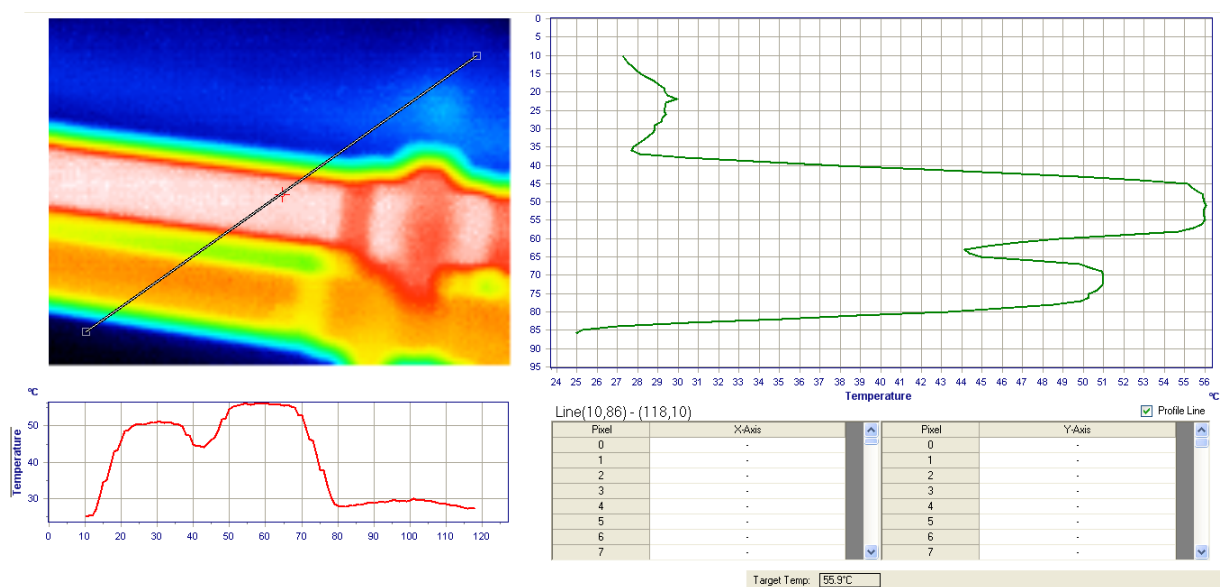


Fig. 3.26 – Conducte ATS corp K (1)

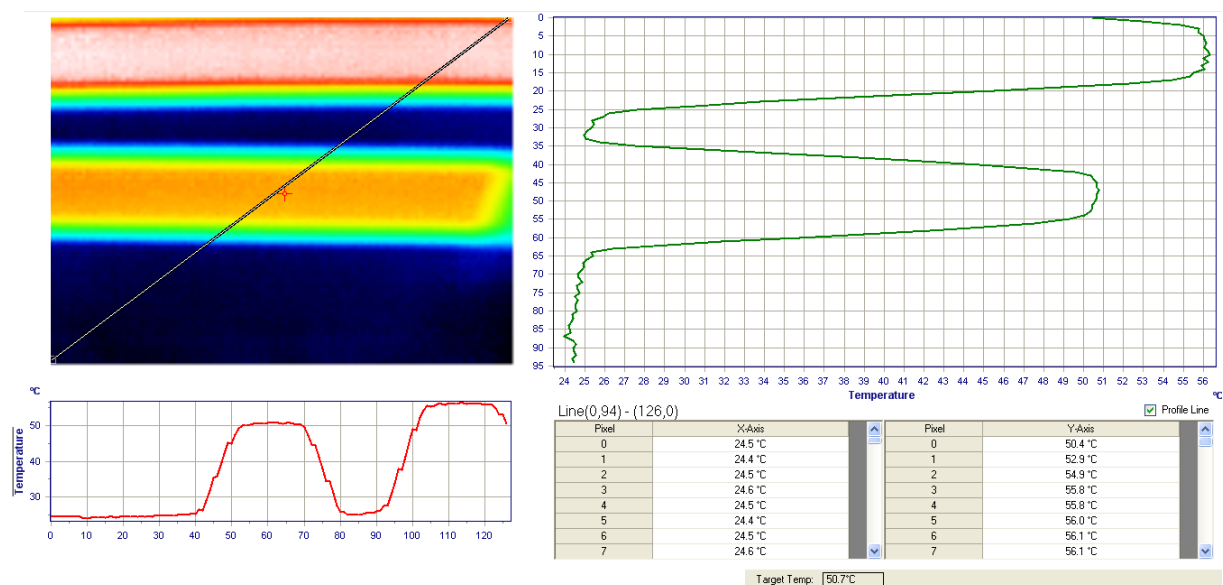


Fig. 3.27 – Conducte ATS corp K (2)

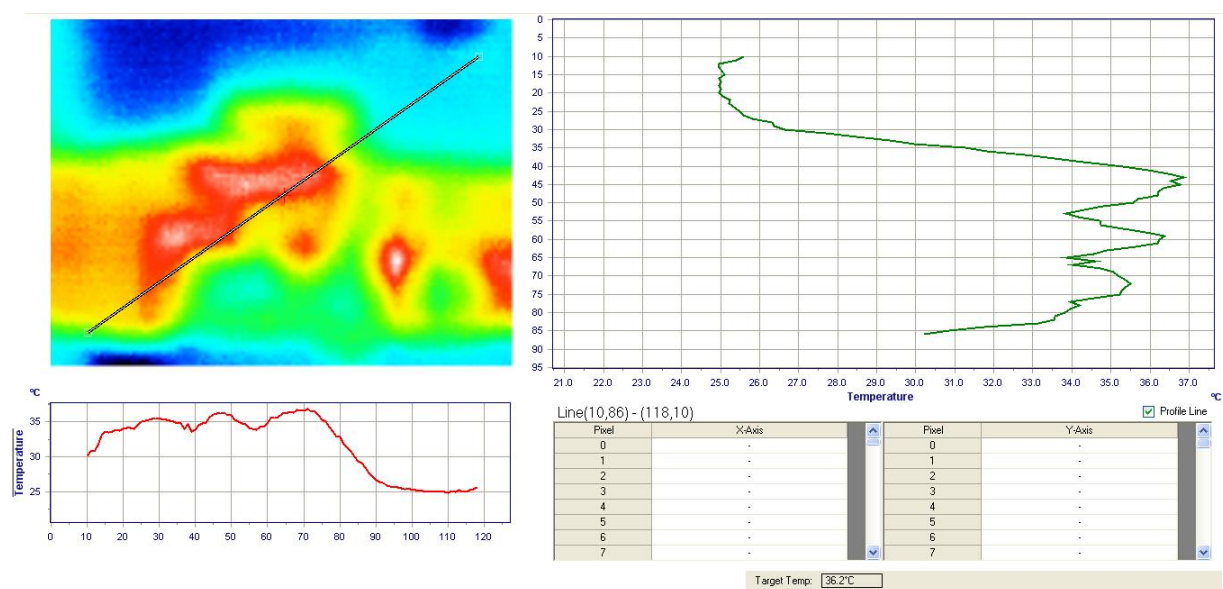


Fig. 3.28 – Conducte ATS corp J

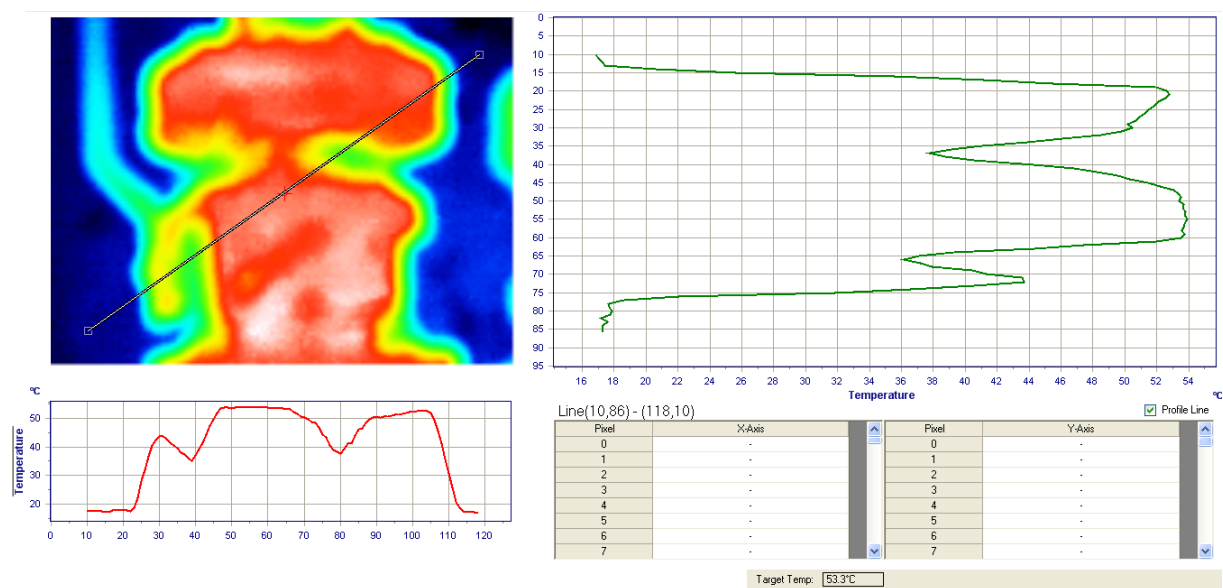


Fig. 3.29 – Conducte ATS corp I

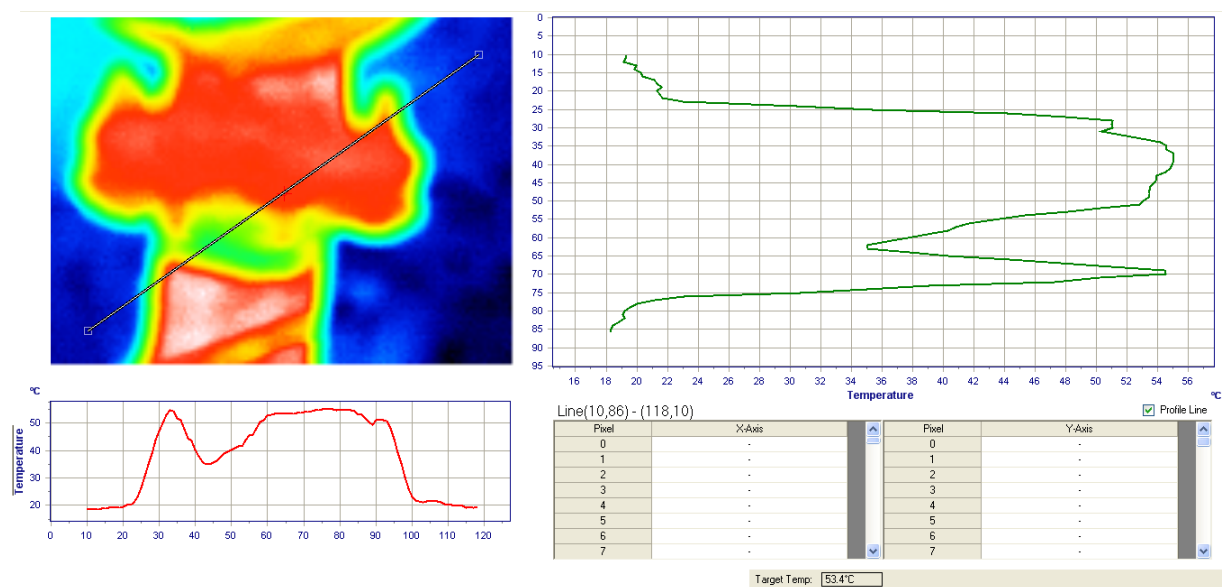


Fig. 3.30 – Conducte ATS corp F

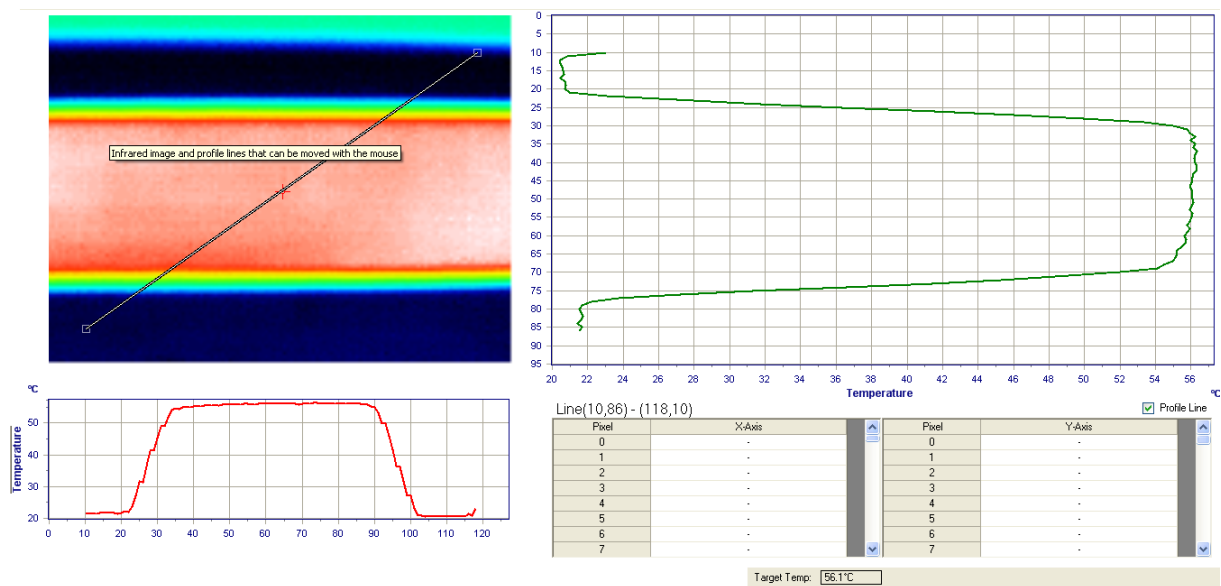


Fig. 3.31 – Conducte ATS corpurile D+E

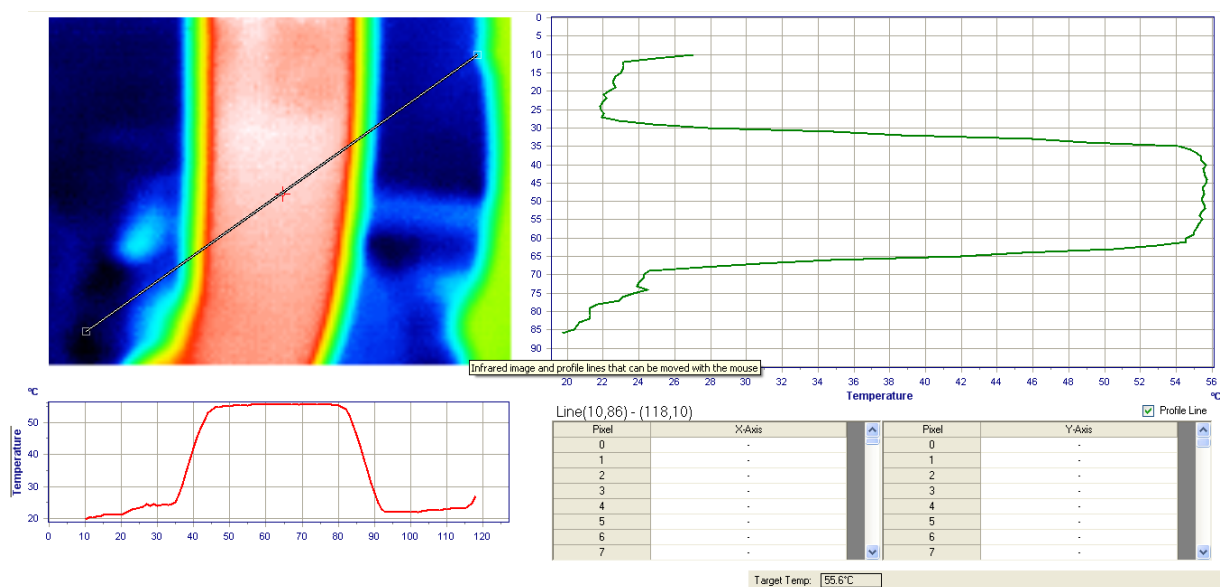


Fig. 3.32 – Conducte ATS corp A

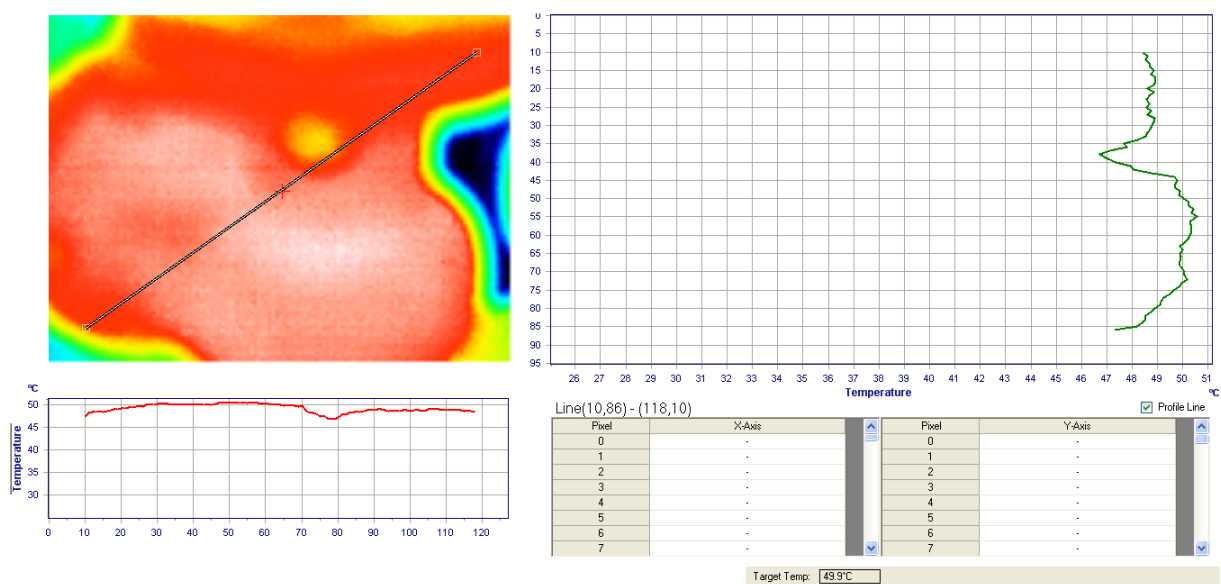


Fig. 3.33 – Conductă intrare AII în corp B

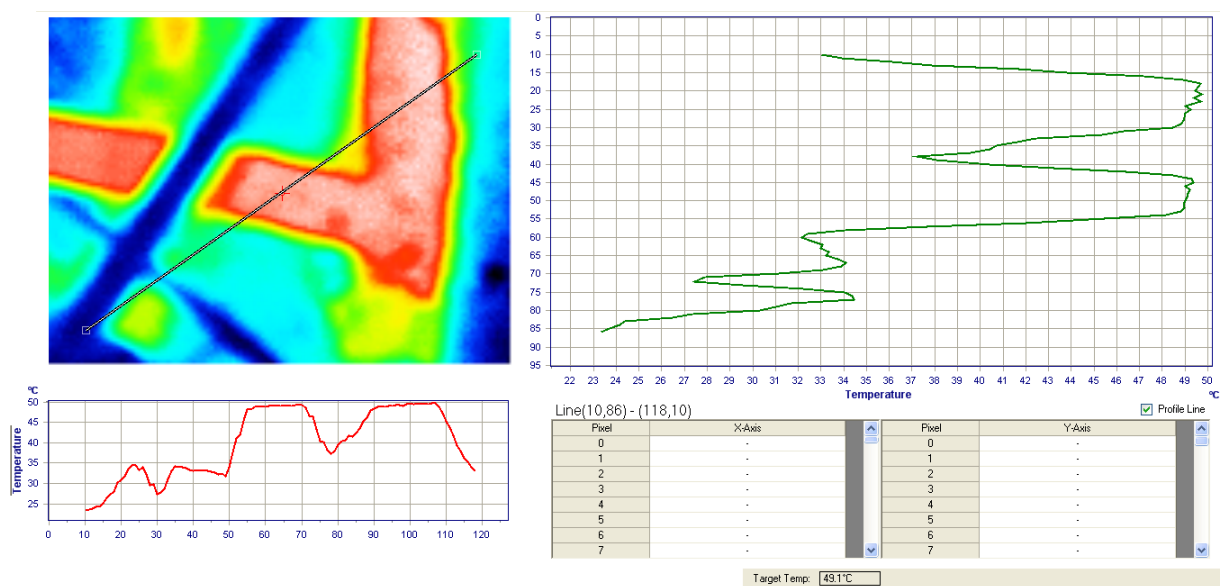


Fig. 3.34 – Conducte ATS corp P

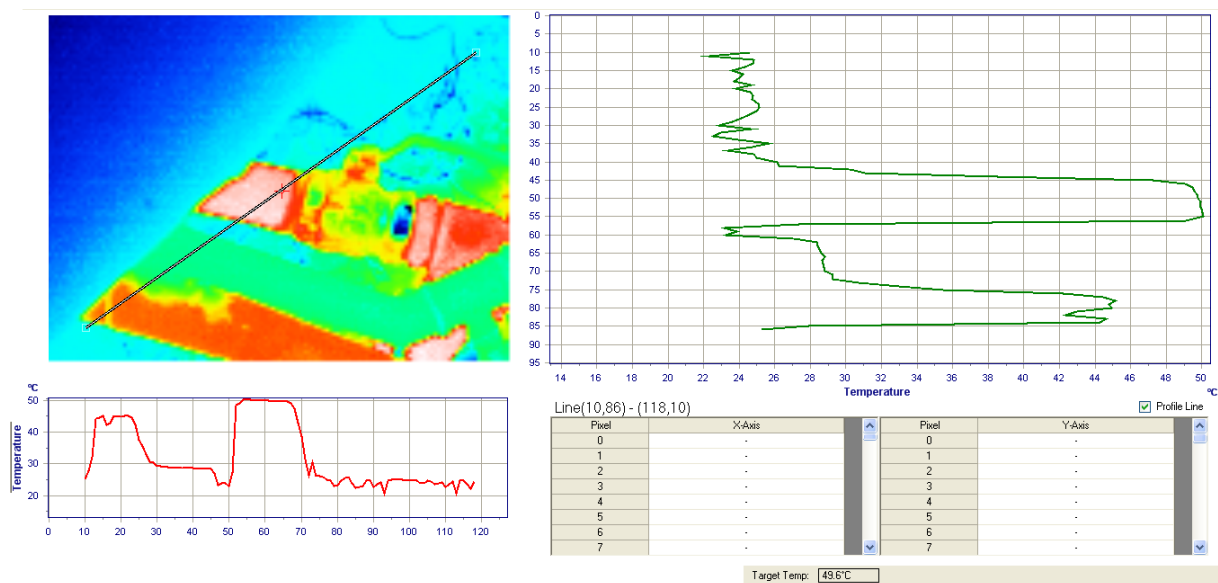


Fig. 3.35 – Conducte ATS corp O

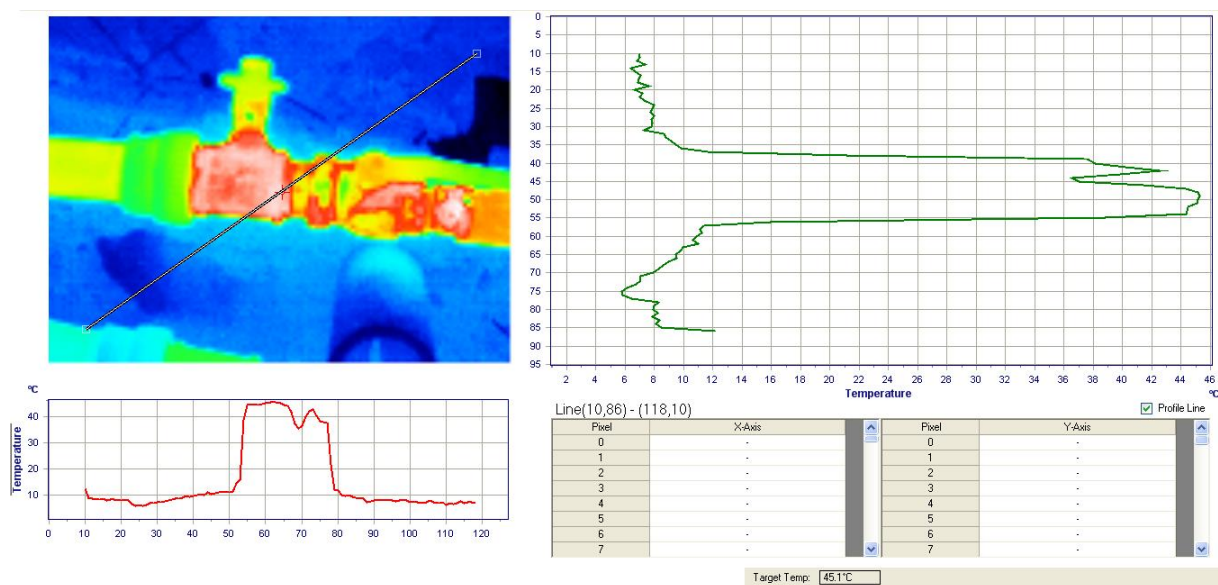


Fig. 3.36 – Conducte ATS corp L-IMT

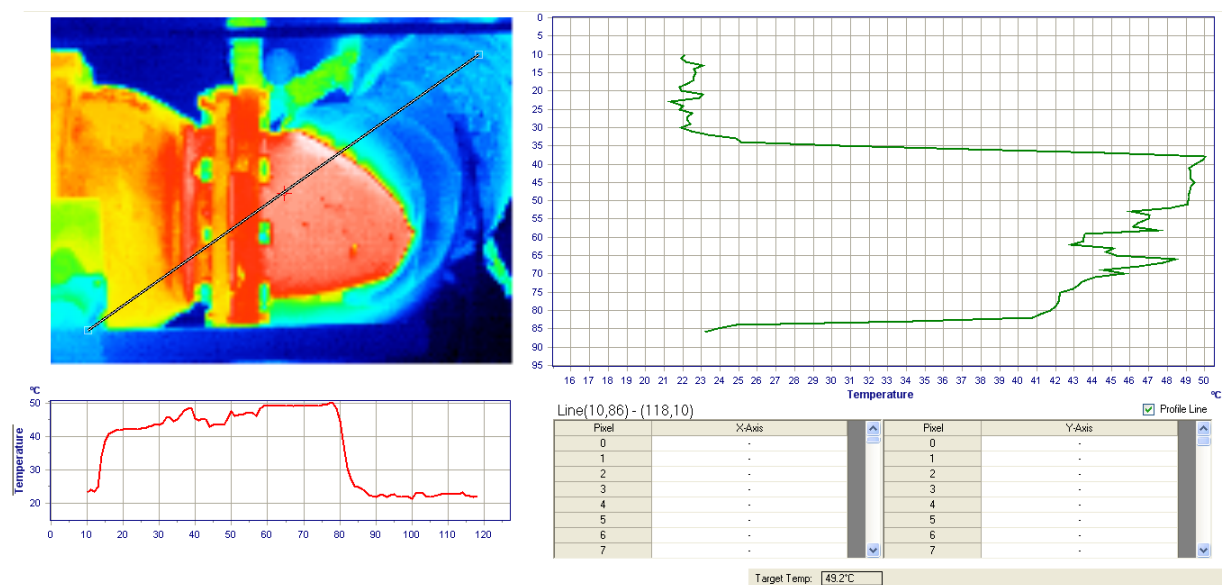


Fig. 3.37 – Conducte ATS corp S

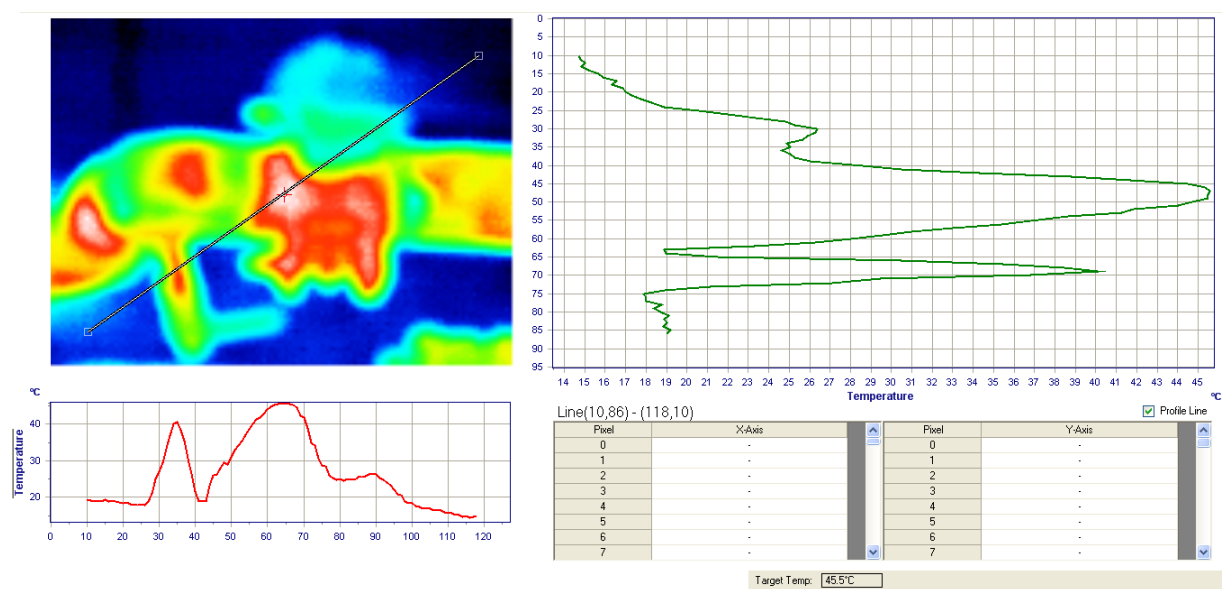


Fig. 3.38 – Conducte ATS corp T

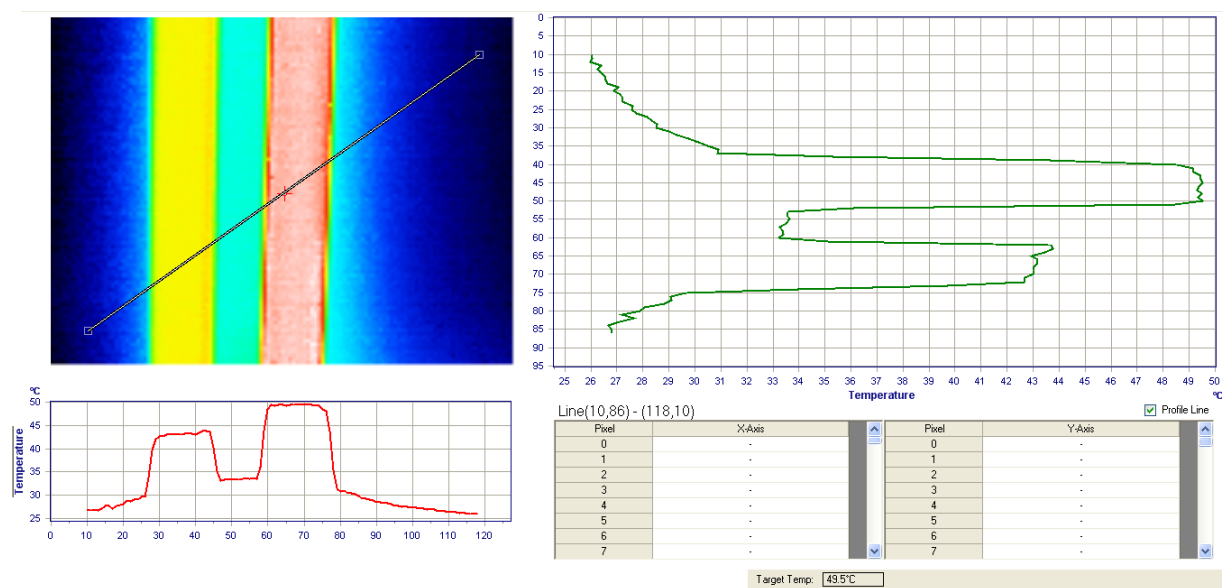


Fig. 3.39 – Conducte ATS cămin C2

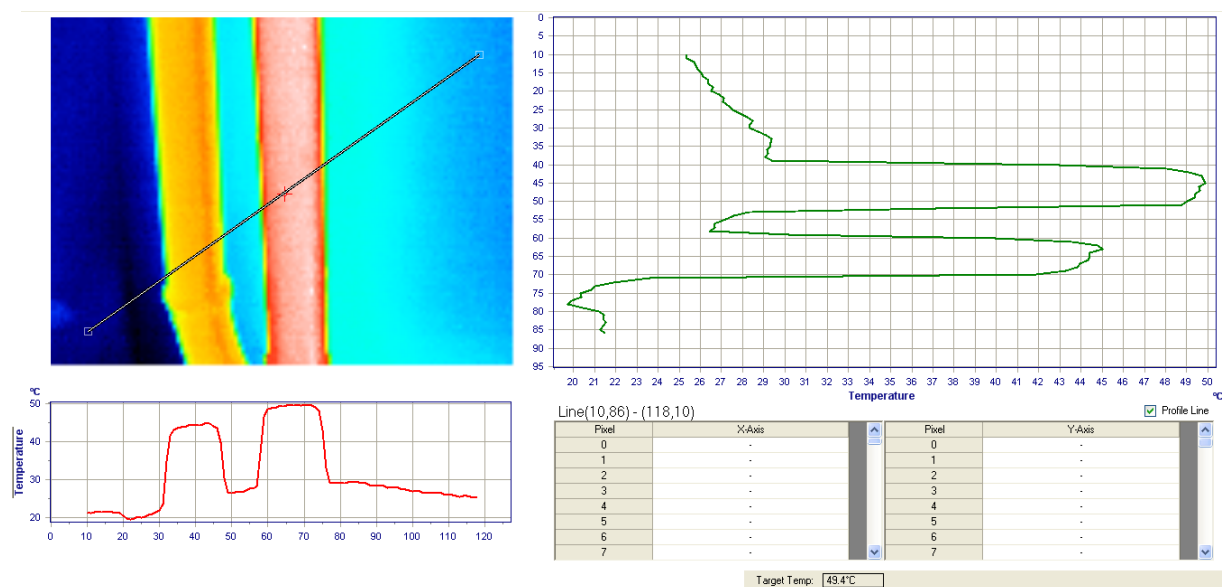


Fig. 3.40 – Conducte ATS cămin C1

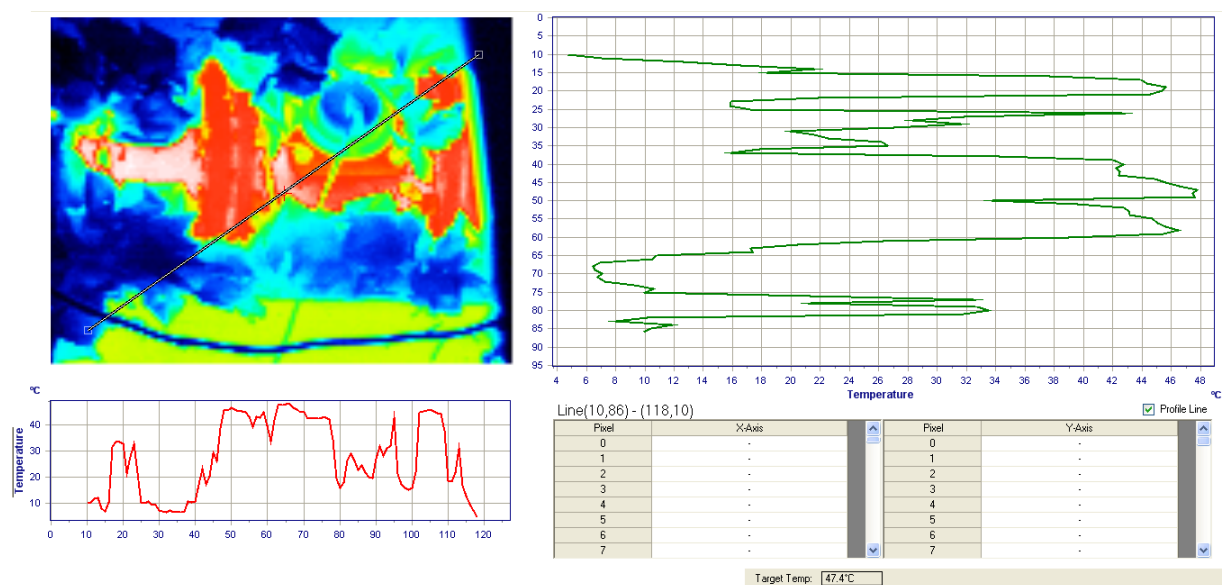


Fig. 3.41 – Conducte ATS corp U

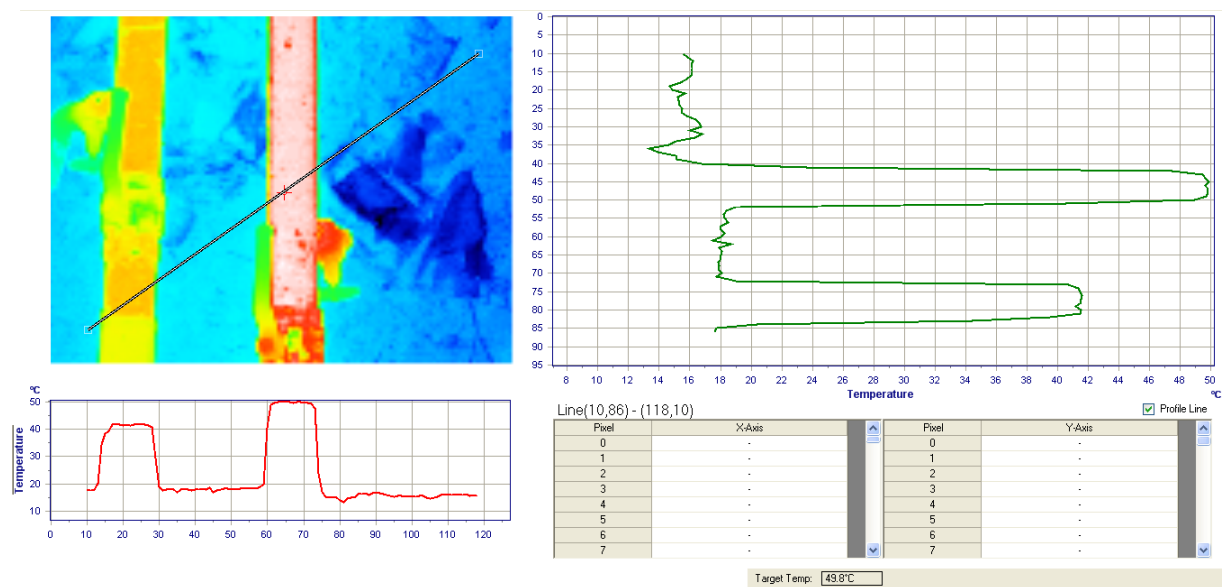


Fig. 3.42 – Conducte ATS corp V

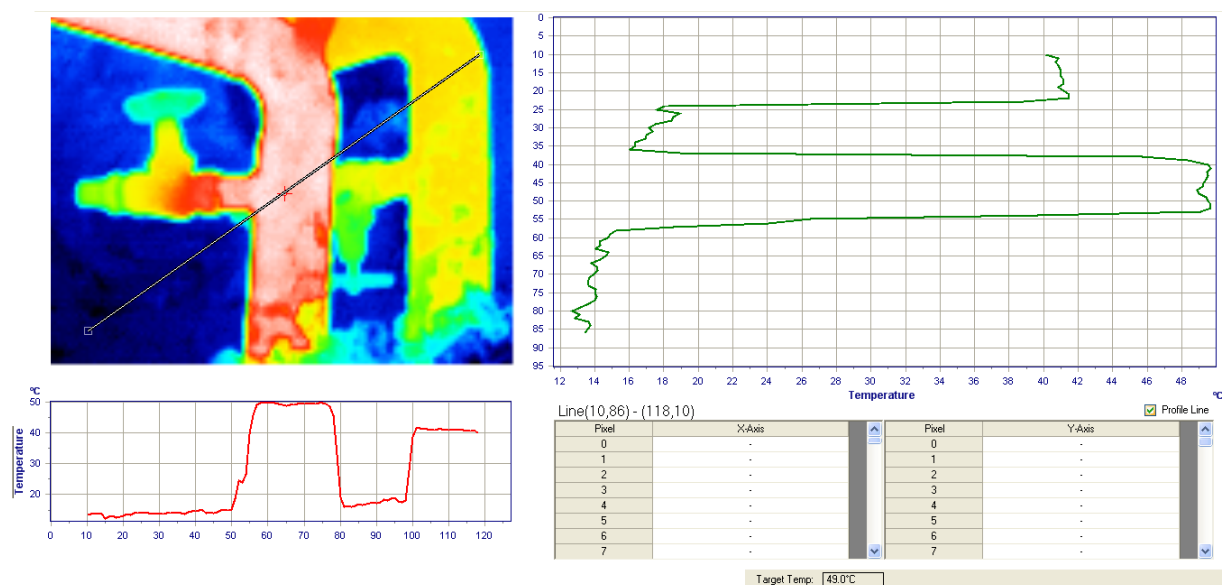


Fig. 3.43 – Conducte ATS corp Z

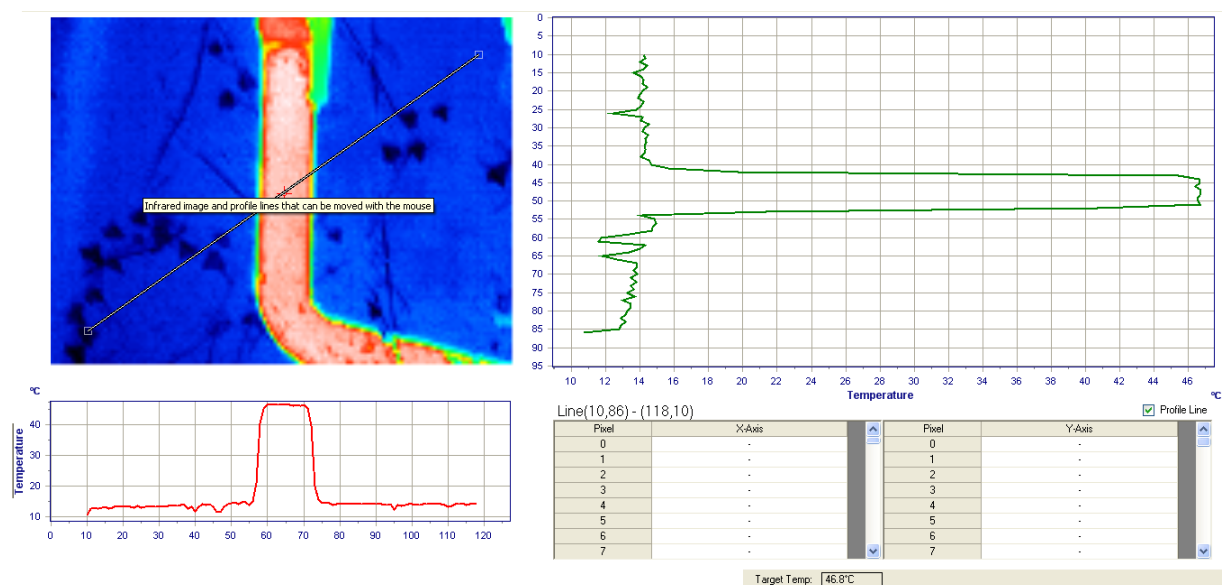


Fig. 3.44 – Conductă intrare AII în corp Y

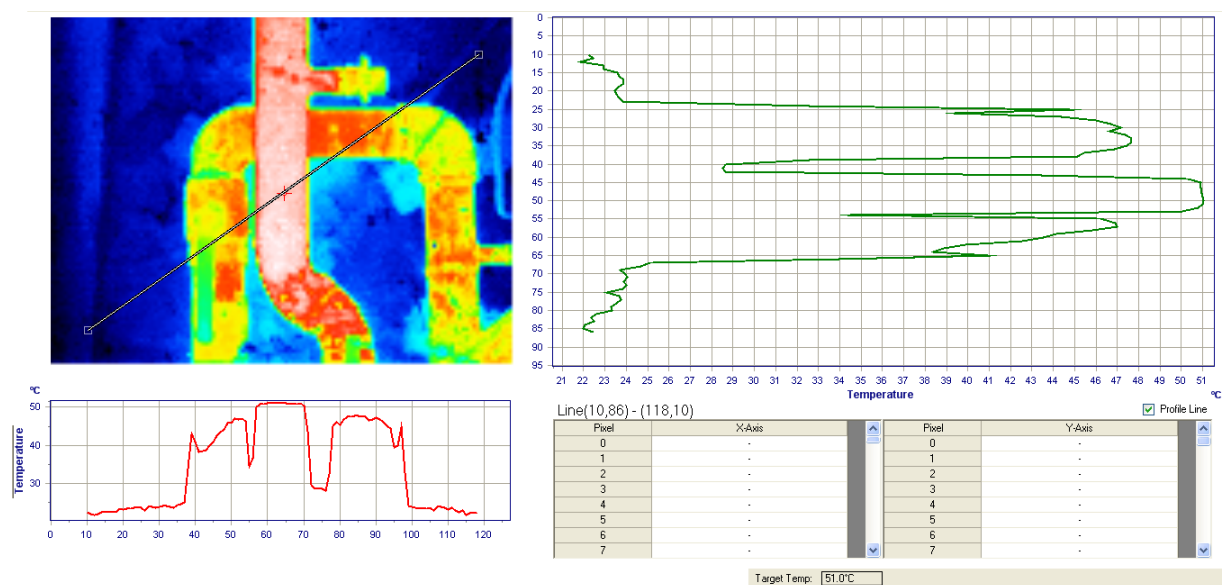


Fig. 3.45 – Conducte ATS corp X

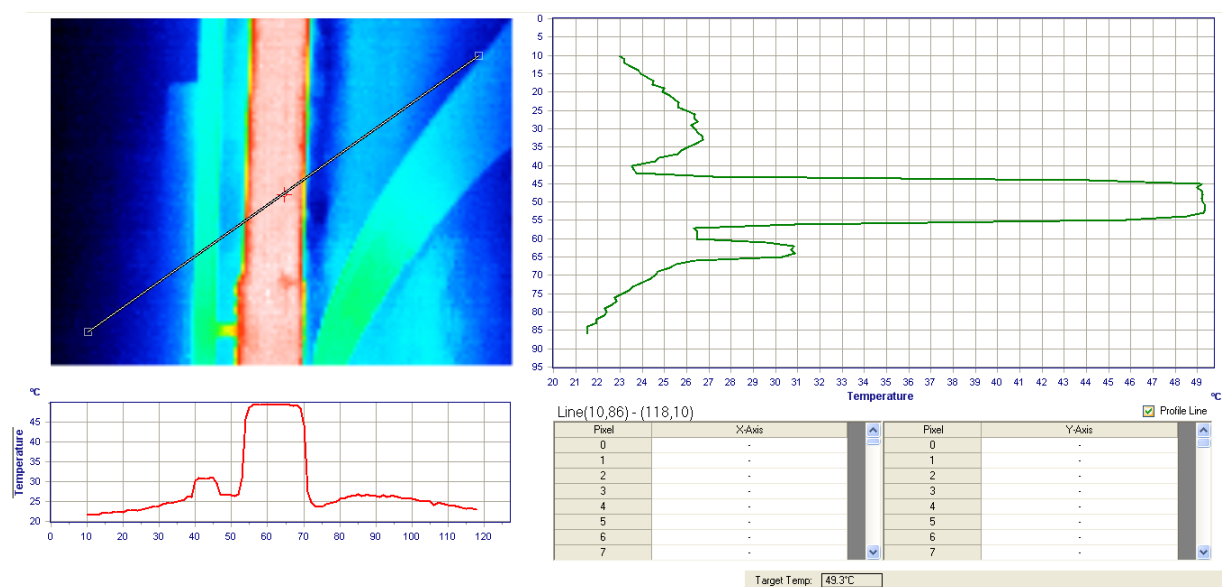


Fig. 3.46 – Conducte ATS corp R

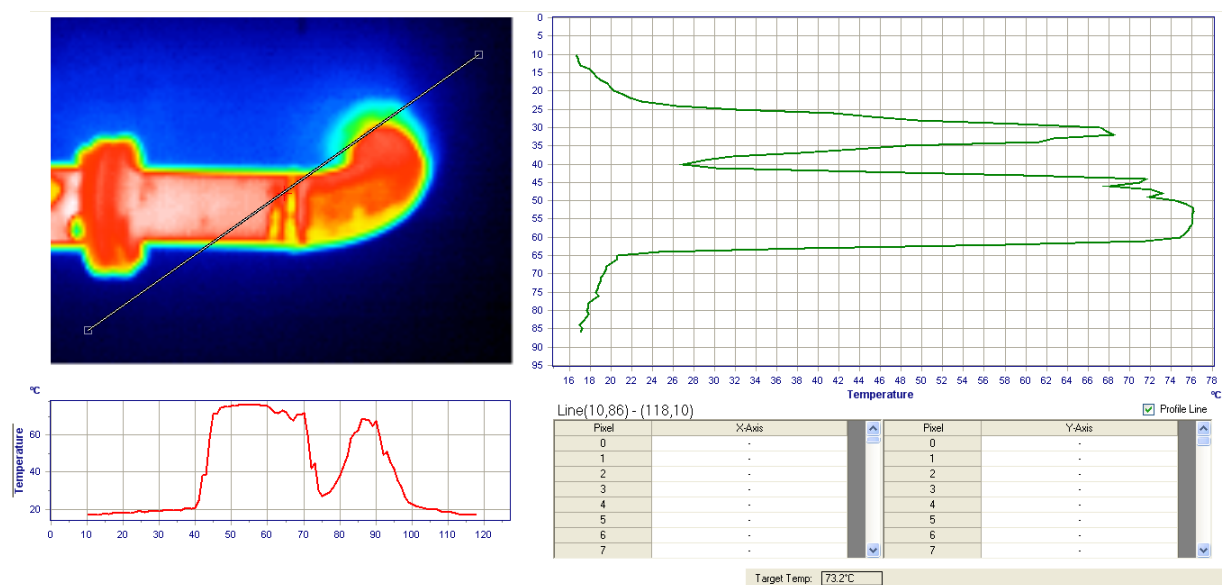


Fig. 3.47 – Conductă de intrare AGT în PT2

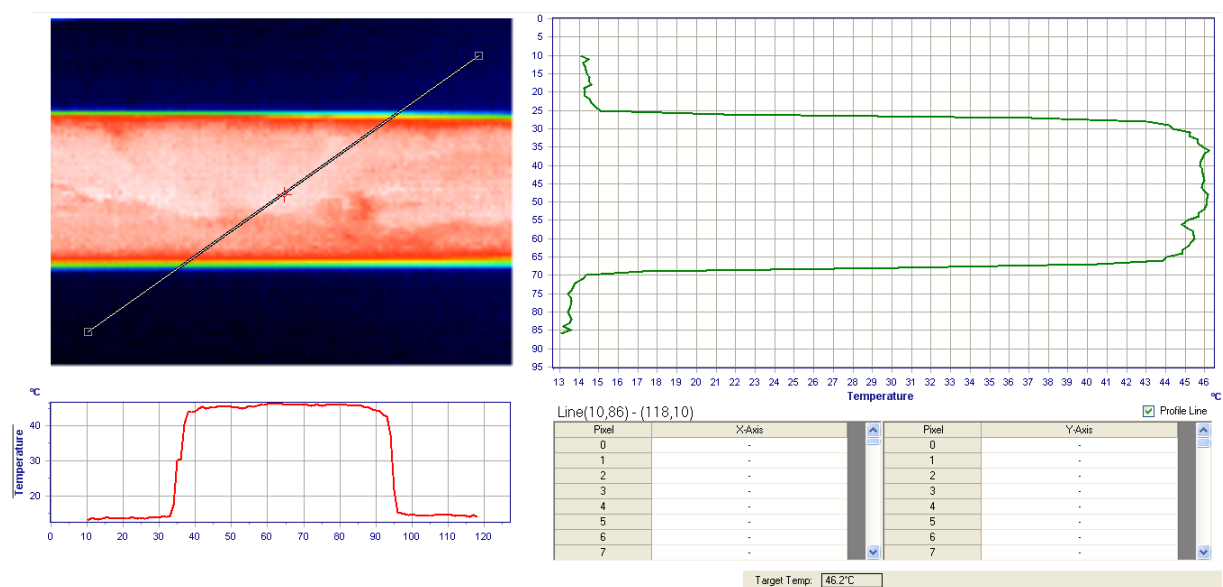


Fig. 3.48 – Conductă AII în PT2

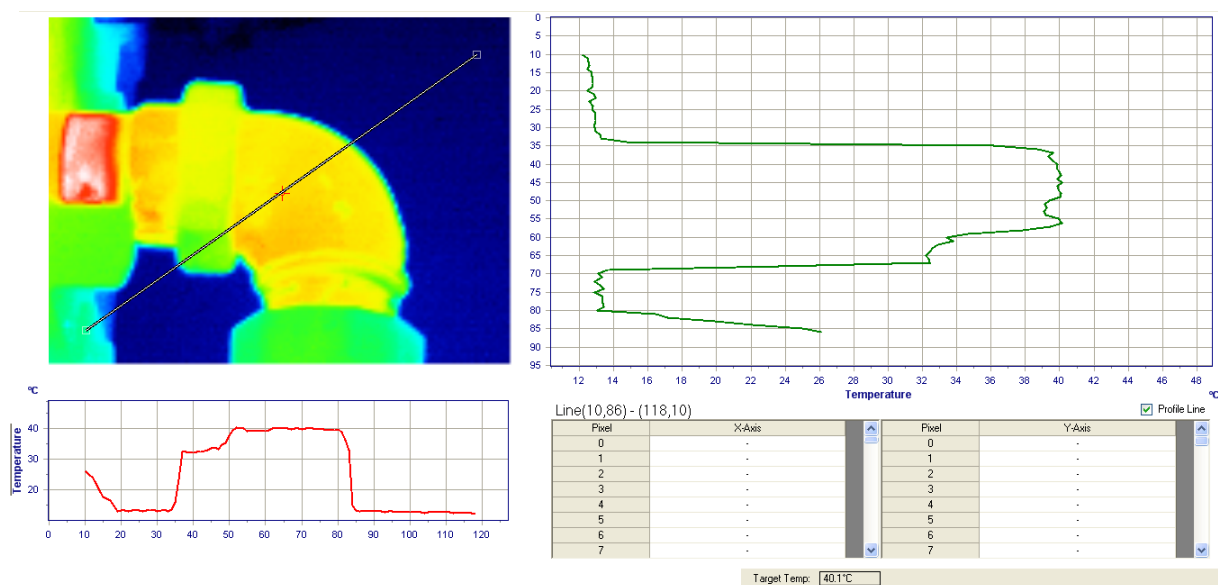


Fig. 3.49 – Conductă de ieșire AGT din SC-PT2

3.2.3 Sinteza mărimilor măsurate

Din măsurătorile directe efectuate asupra echipamentelor și componentelor CCETSG, utilizând AR, Ti20 și aparatele de măsură existente în CCETSG, s-au obținut valorile mărimilor de stare consemnate în tabelele 3.4 și 3.5.

Tabelul 3.4 – Temperaturi măsurate în CCETSG-UO

Nr. crt.	Punctul de măsură	Valoarea [°C]	Nr. crt.	Punctul de măsură	Valoarea [°C]
1	Conductă intrare AGT, SC1	81,1	25	Conductă intrare/ieșire/ambiant sală tir	49,2/44,3/17
2	Conductă intrare AGT, SC2	81,5	26	Conductă intrare/ieșire/ambiant L-IMT	45,2/35/25,2
3	Conductă intrare AGT, SC3	80,4	27	Conductă intrare/ieșire/ambiant T-ID	48,6/36,2/20,6
4	Conductă ieșire AGT, SC4	44,7	28	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp T	45,2/35,2/23,7
5	Conductă ieșire AGT, SC2	47,2	29	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp S	49,2/34/21
6	Conductă plecare AII din SC1	56,7	30	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp C1	49,4/45/26,7

Nr. crt.	Punctul de măsură	Valoarea [°C]	Nr. crt.	Punctul de măsură	Valoarea [°C]
7	Conductă plecare AII din SC2	57,2	31	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp C2	49,5/43/26,1
8	Conductă întoarcere din RD AIU, la SC1	39,7	32	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp U	47,7/33,8/20
9	Conductă întoarcere din RD AIU, la SC2	41,1	33	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp V	49,7/41,1/24
10	Conductă ieșire AGT, SC3	40,1	34	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp X	51,1/43,8/22,7
11	Conductă intrare AI în SC3 (PT1)	12,4	35	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp Y	46,9/34,4/21,6
12	Conductă plecare ACM din SC3	43,2	36	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp Z	49,2/40,7/22,8
13	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp C	57/46,6/25,6	37	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp C3	46/41/25
14	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp J	36,6/26,6/20	38	Conductă intrare/ieșire/ambiant Blocuri	47,7/42,8/25
15	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp K	55,9/50,6/22	39	Conductă intrare/ieșire/ambiant Case	47,7/42,1/25
16	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp I	53,5/39,2/27	40	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp M	47,5/40/19,2
17	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp D+E	56,1/42,2/23	41	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp L	50,4/37,9/25
18	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp F	53,4/40,6/25,8	42	Conducta AGT în SGE	80,8
19	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp A	55,6/42,9/24,7	43	Conductă intrare AGT, SC5 și SC6	81
20	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp B	50,1/44,2/25,1	44	Conductă ieșire AGT, SC5 și SC6	44,1
21	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp N	47,2/42,5/17,5	45	Conductă plecare/ieșire/ambiant AII din SC5 în C3	50/41/25

Nr. crt.	Punctul de măsură	Valoarea [°C]	Nr. crt.	Punctul de măsură	Valoarea [°C]
22	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp O	49,7/45,2/23,3	46	Conductă plecare ACM din SC6	40,1
23	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp P	49,2/40,5/23	47	Conductă intrare ACM în (C1+C2)	35,6
24	Conductă intrare/ieșire/ambiant corp R	49,2/44,3/17,1			

Tabelul 3.5 – Alte mărimi măsurate în intervalul [20 – 22].01.2020 (valori medii)

Nr. crt.	Denumirea/simbol	UM	Valoare
1	Debitul AGT la SEG [D_{AGT}]	mc/h	72
2	Debitul AGT la intrare în PT1 [D_{IGS1}]	mc/h	64,44
3	Temperatură AGT la intrare în PT1 [θ_{IGS1}]	°C	84
4	Temperatură AGT la ieșire din PT1 (uzată) [$\theta_{EGS1} \equiv \theta_{ESC}$]	°C	52
5	Temperatură ATS (AI) de pe circuitele de încălzire alimentate din PT1 - Intrare în RD [θ_{IAS1}] - Ieșire din RD [θ_{EAS1}]	°C	54 42
6	Debitul AI la intrare în PT1 [D_{AI1}]	mc/h	13,35
7	Temperatură AI la intrare în PT1 [θ_{AI1}]	°C	12,4
8	Presiune AGT la intrare în PT1 [P_{IGS1}]	bar	3
9	Presiune AII la: - Intrare în RD, după SC [P_{IAS1}] - Extragere din RD, înainte de SC [P_{EAS1}]	bar	3,2 3,6
10	Temperatura exterioară (mediul ambiant) [θ_a]	°C	1,5

IV. REZULTATE OBȚINUTE CU REFERIRE LA BEC REAL

Pe baza măsurătorilor efectuate, a mărimilor de calcul preluate din baza de date pusă la dispoziție de către beneficiar (cap. III), utilizând modelul de BEC prezent în cap. II, s-au determinat valorile numerice ale componentelor de BEC. Prezentăm în acest capitol, rezultatele obținute, structurate astfel:

- BE la sarcină momentană (orar);
- BE la sarcină maximă (lună de iarnă cu solicitare maximă);
- BE la sarcină minimă (lună de vară cu solicitare minimă);
- BE anual.

După evaluarea componentelor de BEC, acestea sunt redate – cu referire la fiecare tip de BEC și nivel de sarcină – în tabelele și diagramele de tip Sankey. În ultima parte a acestui capitol se dau valorile obținute pentru indicatorii de performanță energetică.

4.1 BE la sarcină momentană (orar)

Acest BE poate fi numit și „pe termen scurt”. Se realizează pe baza rezultatelor obținute din măsurătorile directe (tabelele 3.2 ÷ 3.5), aplicând modelul de BE prezentat în cap. II. Redăm, în acest cadru, un exemplu de calcul detaliat.

4.1.1 Precizări privind valorile mărimilor de calcul

Înainte de efectuarea evaluărilor se cuvine să precizăm faptul că:

a) Debitul ATS prin conductele RD și la intrare în clădiri nu s-a măsurat din cauza imposibilității accesului la punctele de măsură. Ca urmare, pentru evaluarea valorilor acestei mărimi se va proceda astfel:

- Debitul de ATS prin SC se va determina pe baza datelor nominale ale acestora, având în vedere și debitul de AGT;
- Debitul de ATS (AII/AIU) în clădiri (D_i) se va estima ca și cotă parte din debitul total (D_t) aplicând relația:

$$D_i = k_i \cdot D_t; \quad k_i = \frac{d_i \sqrt{S_{di}}}{\sum d_i \sqrt{S_{di}}} \quad (4.1)$$

Unde:

d_i – diametrul conductei de alimentare a clădirii [mm];

S_{di} – suprafața desfășurată a clădirii [mp];

l_i – lungimea traseului parcurs de ATS [m];

k_i – constantă de calcul.

Întrucât pe CT2.2 există o pompă de forțare a circulației ATS, nu se ia în calcul lungimea acestui traseu. Debitul total util al ATS (care intră în clădiri) se determină având în vedere pierderile de debit în RD. La efectuarea lucrărilor specifice AE (identificare, măsurători) nu s-au sesizat pierderi de ATS în clădiri.

b) Temperatura ATS nu s-a măsurat direct. Măsurătorile de temperatură (tabelul 3.4 și fig. 3.9 – 3.49) s-au făcut la suprafața (fără izolație) conductelor care sunt în CT și sunt racordate către clădiri. Comparând rezultatele obținute la măsurarea directă a temperaturii AGT și ATS și măsurarea temperaturii conductelor, constatăm abateri neglijabile în cazul ATS și abateri de $[2 - 4]^{\circ}\text{C}$ – în cazul AGT.

c) Distribuția debitului de AGT

- Între PT1 și PT2, pentru o lună de iarnă, o facem pe baza măsurătorilor (tabelul 3.5 – ianuarie 2020), din care se obține:

$$D_{AGT} = D_{IGS1} + D_{IGS2} \quad (4.2)$$

Deci,

$$72 = 64,44 + D_{IGS2}$$

$$D_{IGS1} = 64,44 \text{ mc/h (89,5\%)}$$

$$D_{IGS2} = 7,56 \text{ mc/h (10,5\%)}$$

- Între PT1 și PT2, pentru o lună de vară (producere ACM), se face pe baza înregistrărilor din luna iulie 2019 (tabelul 3.1 – total AGT, tabelul 3.3 – AGT în PT1). Se obține:

$$D_{AGT} = 12,82 \text{ mc/h;}$$

$$D_{IGS1} = 10,5 \text{ mc/h;}$$

$$D_{IGS2} = 2,32 \text{ mc/h.}$$

- În PT1, distribuția între AII și ACM. Se face pe baza rezultatelor din tabelele 3.2 și 3.3. Se obține:

$$\text{În ianuarie: } D_{IGS1} = 57,53 \text{ mc/h;}$$

$$\text{În iulie: } D_{IGS1} = 10,5 \text{ mc/h – pentru prepararea ACM (18,2\%).}$$

Deci, debitul de AGT utilizat pentru încălzire prin PT1 este de circa 81,8% - din total debit, adică 47,03 mc/h – în ianuarie 2019.

- În PT1, între SC1, SC2 și SC4

- 1% - pentru SC4 (intrarea AGT în acest SC este controlată);
- Între SC1 și SC2 – funcție de capacitatea acestora, respectiv: 63,2% - SC2 și 36,8% - în SC1.
- În PT2, între SC5 și SC6, distribuția debitului AGT în luna reprezentativă de iarnă (ianuarie) se face în funcție de rezultatele obținute mai sus, respectiv:
 - SC5 (ACM): 2,32 mc/h, adică 30,7%;
 - SC6 (AII): $7,56 - 2,32 = 5,24$ mc/h, adică 69,3%.

d) Temperatura AGT la plecarea de la SGE (intrarea în CCETSG) se consideră 85°C, în conformitate cu documentațiile de prezentare a forajului 4796 [20, 22].

e) Pierderile de debit de AI din RD racordate la PT1 se calculează pe baza valorilor medii din tabelele 3.2 și 3.3:

$$D_{P2} = 11,33 - 10,9 = 0,43 \text{ mc/h;}$$

$$D_{P2} = 10,32 \text{ mc/zi, adică 3,8\%}.$$

Nu s-au sesizat pierderi de debit pe RT, RD-PT2 și în clădiri. Deci, pierderea de ATS este pe RD și – pentru evaluări – o considerăm ca fiind proporțională cu debitul de ATS pe cele două trasee (canale) termice, ceea ce înseamnă:

- Pe CT1: 0,16 mc/h, 1,4%;
- Pe CT2: 0,27 mc/h, 2,4%.

4.1.2 Valorile mărimilor fundamentale

4.1.2.1 Valorile entalpiei în PT

O mărime cheie în BTE este entalpia. Pe baza valorilor măsurate pentru temperatură (tabelele 3.4 și 3.5), utilizând tabelele specifice [2, 7], s-au determinat valorile entalpiei pentru agenții energetici implicați (AEI), în PT (tabelul 4.1).

Tabelul 4.1 – Valoarea entalpiei AEI în PT, la sarcină momentană

Nr. Crt.	AEI/Punct de măsură/zonă de calcul	i [kJ/kg]	Δi [kJ/kg]	Nr. Crt.	Punct de măsură zonă de calcul	i [kJ/kg]	Δi [kJ/kg]
1	AGT - SGE	356,83	-	14	AIU - întoarcere în SC2	171,6	
2	AGT - intrare PT1	352,63	-	15	ATS pe CT2 și CS1.2		67,5
3	AGT - intrare PT2	352,63	-	16	AGT - ieșire SC3	167,4	
4	AGT pe RT1	-	4,2	17	AGT - ieșire SC4	187,9	
5	AGT pe RT2	-	21,31	18	AI-intrare SC3	52	

Nr. Crt.	AEI/Punct de măsură/zonă de calcul	i [kJ/kg]	Δi [kJ/kg]	Nr. Crt.	Punct de măsură zonă de calcul	i [kJ/kg]	Δi [kJ/kg]
6	AGT - ieșire PT1 – (SC1+SC2)	217,26		19	ACM-plecare SC3	180,4	
7	AGT - ieșire PT2	179,53		20	ACM-intrare la utilizatori (C1+C2)	148,6	
8	AGT pe PT1 – (SC1+SC2)		135,37	21	AGT pe SC3		185,23
9	AGT pe PT2		173,1	22	AGT pe SC4		164,73
10	AII - ieșire din SC1	234		23	AII (ACM) pe SC3		128,4
11	AIU - întoarcere în SC1	165,7		24	ACM la utilizatori (C1+C2) între 35,6 °C și 25 °C		44,23
12	ATS pe CT1 și CS1.1		68,3	25	ACM la utilizator C3, între 40,1 °C și 25 °C		63
13	AII - ieșire din SC2	239,1					

4.1.2.2 Valori de debit în PT

Pe baza considerațiilor și rezultatelor redade mai sus, se obține următoarele valori de debit pentru perioada de analiză detaliată, respectiv, [20 ÷ 22].01.2020:

a) Debitul AGT

- AGT care intră în PT1:

$$D_{AGS1} = 64,44 \text{ mc/h}$$

$$SC1: 19,2 \text{ mc/h}$$

$$SC2: 33 \text{ mc/h}$$

$$SC3: 11,7 \text{ mc/h}$$

$$SC4: 0,54 \text{ mc/h}$$

- AGT care intră în PT2:

$$D_{AGS2} = 7,56 \text{ mc/h}$$

$$SC5: 5,24 \text{ mc/h}$$

$$SC6: 2,32 \text{ mc/h}$$

Schimbătoarele de căldură de capacitate mare utilizate (SC1, SC2) au eficiență energetică foarte bună. În [9] se specifică o valoare de 98% pentru acest indicator, la sarcină nominală. Având în vedere nivelul de încărcare al SC, pe perioada de analiză detaliată,

coroborat cu caracteristica randamentului pentru un astfel de echipament energetic [2, 9, 19], vom lucra cu următoarele valori ale randamentului (SC + conducte de legătură (CD) din PT).

- SC1, SC2 și SC3: 95%;
- SC5, SC6: 65%;
- SC4: 50%.

b) Debitul ATS se va calcula pe baza relației de BE în SC și CDL:

$$\eta_{SCD} \times W_{ISC} = W_{ESC} \quad (4.3)$$

Unde:

W_{ISC} – energia intrată în SC (energia AGT);

W_{ESC} – energia ieșită din SC (energia ATS);

η_{SCD} – randamentul SC+CDL.

De exemplu, pentru SC1 avem:

$$\eta_{SCD1} \times D_{AGSC1} \times \Delta i_{PT1} = D_{AIISC1} \times \Delta i_{AIISC1} \quad (4.4)$$

Deci,

$$0,95 \cdot 19,2 \text{ mc/h} \cdot 980 \text{ kg/mc} \cdot 135,37 \text{ kJ/kg} = D_{AIISC1} \cdot 988 \text{ kg/mc} \cdot 68,3 \text{ kJ/kg}$$

Se obține:

$$D_{AIISC1} = 35,86 \text{ mc/h.}$$

Similar, se obțin valorile din tabelul 4.2.

Tabelul 4.2 – Valori medii ale debitului ATS în perioada [20 ÷ 22].01.2020

Nr. Crt.	Schimbător de căldură	Valoarea [mc/h]
1	SC2	62,36
2	SC3	15,87
3	SC4	0,64
4	SC5	14
5	SC6	3,7

4.1.2.3 Evaluarea sistemică a energiei utile

Pe baza valorilor înscrise în tabelele 1.3 și 3.4, aplicând relațiile de calcul dedicate (pct. 2.3.3 și pct. 4.1.1), s-a evaluat valoarea energiei utile pentru fiecare clădire, pe baza mărimilor fundamentale (debit și cădere de entalpie). Reamintim că, în cadrul acestui AE, energia utilă este energia care este absorbită (rămâne) în clădiri.

Rezultatele obținute se dau în tabelul 4.3.

Tabelul 4.3 – Valorile orare ale componentelor energiei utile în perioada [20 ÷ 22].01.2020

Nr. Crt.	Clădirea/ATS	D [mc/h]	Δi [kJ/kg]	W_u [10⁶ kJ]
1	C/AII	12	43,6	0,523
2	J/AII	0,64	41,7	0,026
3	K/AII	0,5	22,1	0,011
4	I/AII	1,04	60,6	0,06
5	(D+E+G)/AII	5,12	54,7	0,277
6	F/AII	2	56	0,11
7	(A+H)/AII	2,67	53	0,14
8	B/AII	13,06	24,6	0,315
9	M/AII	2,02	31,3	0,062
10	N/AII	0,59	19,6	0,011
11	O/AII	1,54	18,8	0,029
12	P/AII	3,78	36,3	0,136
13	R/AII	1,24	20,5	0,025
14	Sală tir/AII	0,42	20,5	0,008
15	Teren sport/AII	0,048	20,5	0,001
16	L-IMT/AII	0,3	42,6	0,013
17	T-ID/AII	0,3	51,8	0,015
18	T/AII	4,74	41,7	0,155
19	S/AII	13,06	63,4	0,813
20	C2/AII	5,33	27,3	0,142
21	C1/AII	4,45	18,4	0,081
22	U/AII	2,96	58	0,17
23	V/AII	3,55	35,5	0,126
24	X/AII	1,54	30,5	0,047
25	Y/AII	0,81	52,2	0,043
26	Z/AII	1,15	35,5	0,043
27	L/AII	3,77	52,3	0,156
28	Total AII-SC1			1,277
29	Total AII-SC2			2,235
30	Total AII-SC4			0,026
31	(C1+C2)/ACM (SC3)	15,87	97	1,532
32	Total PT1			5,07
33	C3/AII	14	37,6	0,521
34	C3/ACM	3,7	63	0,23
35	Total PT2			0,751
36	Total PT1+PT2			5,821

4.1.2.4 Bilanțul energetic real orar

- a) Energia intrată în CCETSG** se calculează în conformitate cu modelul de BE (pct. 2.3.1), având în vedere valorile mărimilor fundamentale (debit, cădere de entalpie), evaluate la pct. 4.1.2. Pentru a evalua EE intrată se utilizează valorile puterii medii (fig. 3.4 și 3.6). Rezultatele obținute sunt înscrise în tabelul 4.4.

Tabelul 4.4 – Valoarea medie orară a W_I – în perioada [20 ÷ 22].01.2020 / CCETSG-UO

Nr. Crt.	Denumire/echipament	Simbol	UM	Valoare
1	Energie AGT pe subcontur 1 (PT1)	W_{AGT1}	GJ	9,136
1.1	Prin (SC1+SC2)	$W_{AGT1,2}$	GJ	6,925
1.2	Prin SC3	W_{AGTSC3}	GJ	2,124
1.3	Prin SC4	W_{AGTSC4}	GJ	0,087
2	Energie AGT pe subcontur 2 (PT2)	W_{AGT2}	GJ	1,282
3	Energia electrică	W_{EE}	kWh	43,47
3.1	În stația SGE	W_{EESGE}	kWh	11,65
3.2	În PT1	W_{EEPT1}	kWh	31,82
4	Pierderile de energie pe RT	W_{pRT}	GJ	0,324
4.1	De la SGE, la PT1 (RT1)	W_{pRT1}	GJ	0,265
4.2	De la SGE, la PT2 (RT2)	W_{pRT2}	GJ	0,059

b) Pierderile de energie pe SC și conductele de legătură din PT

Se calculează pe baza randamentului estimat al acestora (pct. 4.1.2), aplicând relația:

$$W_{pSCD} = (1 - \eta_{SCD}) \cdot W_{AGTSC} \quad (4.5)$$

Deci,

$$W_{pSCD1} = 0,05 \cdot 2,547 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 0,127 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pSCD2} = 0,05 \cdot 4,378 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 0,219 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pSCD3} = 0,05 \cdot 2,124 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 0,106 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pSCD4} = 0,5 \cdot 0,087 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 0,0435 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pSCD5} = 0,35 \cdot 0,887 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 0,31 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pSCD6} = 0,35 \cdot 0,395 \cdot 10^6 \text{ kJ} = 0,138 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pPT} = \sum_{i=1}^6 W_{pSCDi} = 0,9435 \cdot 10^6 \text{ kJ} \quad (4.6)$$

$$W_{pPT1} = 0,4955 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

$$W_{pPT2} = 0,448 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

Pierderile în PT se distribuie în proporție de 2/3 – pe SC și 1/3 pe CD

c) Energia intrată în RD

Se calculează pe baza energiei intrate în PT/SC și a pierderilor de energie pe PT/SC.

Deci,

- Energia intrată în RD prin SC1 este:

$$W_{IRDSC1} = (2,547 - 0,127) \cdot 10^6 \text{ kJ} = 2,42 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

- Energia intrată în RD prin SC2 este:

$$W_{IRDSC2} = (4,378 - 0,219) \cdot 10^6 \text{ kJ} = 4,159 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

Similar:

- Energia intrată în RD prin SC3 este:

$$W_{IRDSC3} = 2,018 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

- Energia intrată în RD prin SC4 este:

$$W_{IRDSC4} = 0,0435 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

- Energia intrată în RD prin SC5 este:

$$W_{IRDSC5} = 0,577 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

- Energia intrată în RD prin SC6 este:

$$W_{IRDSC6} = 0,257 \cdot 10^6 \text{ kJ}$$

d) Pierderile de energie pe RD

Se calculează pe baza ecuației de BE:

$$W_{IRD} = W_U + W_{pRD} \quad (4.7)$$

Valorile obținute sunt redată în tabelul 4.5.

Tabelul 4.5 – Valoarea medie orară a pierderilor de energie pe RD din CCETSG, în perioada [20 ÷ 22].01.2020

Nr. Crt.	Componenta RD energie termică	Simbol	UM	Valoare
1	RD-AII din PT1-SC1, la CS1.1	$W_{pRD1.1}$	10^6 kJ	1,143
2	RD-AII din PT1-SC2, la CS1.2	$W_{pRD1.2}$	10^6 kJ	1,924
3	Tronson RD-AII din PT1-SC4, la corp J	W_{pRDJ}	10^6 kJ	0,0175
4	RD-ACM din PT1-SC3, la CS1.2	$W_{pRDACM1}$	10^6 kJ	0,486
5	RD-ATS din PT2 la C3	W_{pRDC3}	10^6 kJ	0,083

Pierderile de energie termică în RD-AII care alimentează CS1.1 și CS1.2, au două componente, respectiv:

- Pierderi de energie datorate pierderilor de debit. Conform rezultatelor exprimate la pct. 4.1.1, având în vedere valorile căderilor de entalpie pe cele două CT (tabelul 4.1), se obține:

➤ Pe RD către CS1.1:

$$W_{pRD1.1} = 0,16 \cdot 68,3 \cdot 988 = 0,0108 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$$

➤ Pe RD către CS1.2

$$W_{pRD1.2} = 0,27 \cdot 67,5 \cdot 988 = 0,018 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$$

- Pierderile de energie prin transfer termic (în principal, conducție), de la AII, la sol, datorate izolației precare sau chiar inexistenței izolației termice (tabelul 1.3). Acestea sunt preponderente, respectiv:

$$W_{pRD1.1}^{IZ} = 1,143 - 0,0108 = 1,1322 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$$

$$W_{pRD1.2}^{IZ} = 1,924 - 0,018 = 1,906 \cdot 10^6 \text{ kJ/h}$$

e) Sinteza componentelor de BE

Pe baza rezultatelor obținute și redate anterior, prezentăm (tabelul 4.6 și fig. 4.1) sinteza componentelor de BE

Tabelul 4.6 – Rezultate privind BE real, orar, la nivelul CCETSG-UO, perioada [20 ÷ 22].01.2020

Mărimi caracteristice	Valoarea	
	10 ⁶ kJ	%
1. Energia intrată (W _I)	10,898	100
1.1. Prin AGT (W _{AGT})	10,742	98,57
1.2. Prin EE (W _{EE})	0,156	1,43
2. Energia ieșită (W _E)	10,898	100
2.1. Energia utilă (W _U)	5,821	53,41
a) De la PT1 (W _{UPT1})	5,07	46,5
b) De la PT2 (W _{UPT2})	0,751	6,9
2.2. Pierderile de energie (W _p)	4,921	45,16
a) În RT (W _{pRT})	0,324	2,97
b) În PT (SC și conducte de legătură) [W _{pPT}]	0,9435	8,66
c) În RD (W _{pRD})	3,6535	33,53
3. Consumul propriu tehnologic (W _{CPT})	0,156	1,43

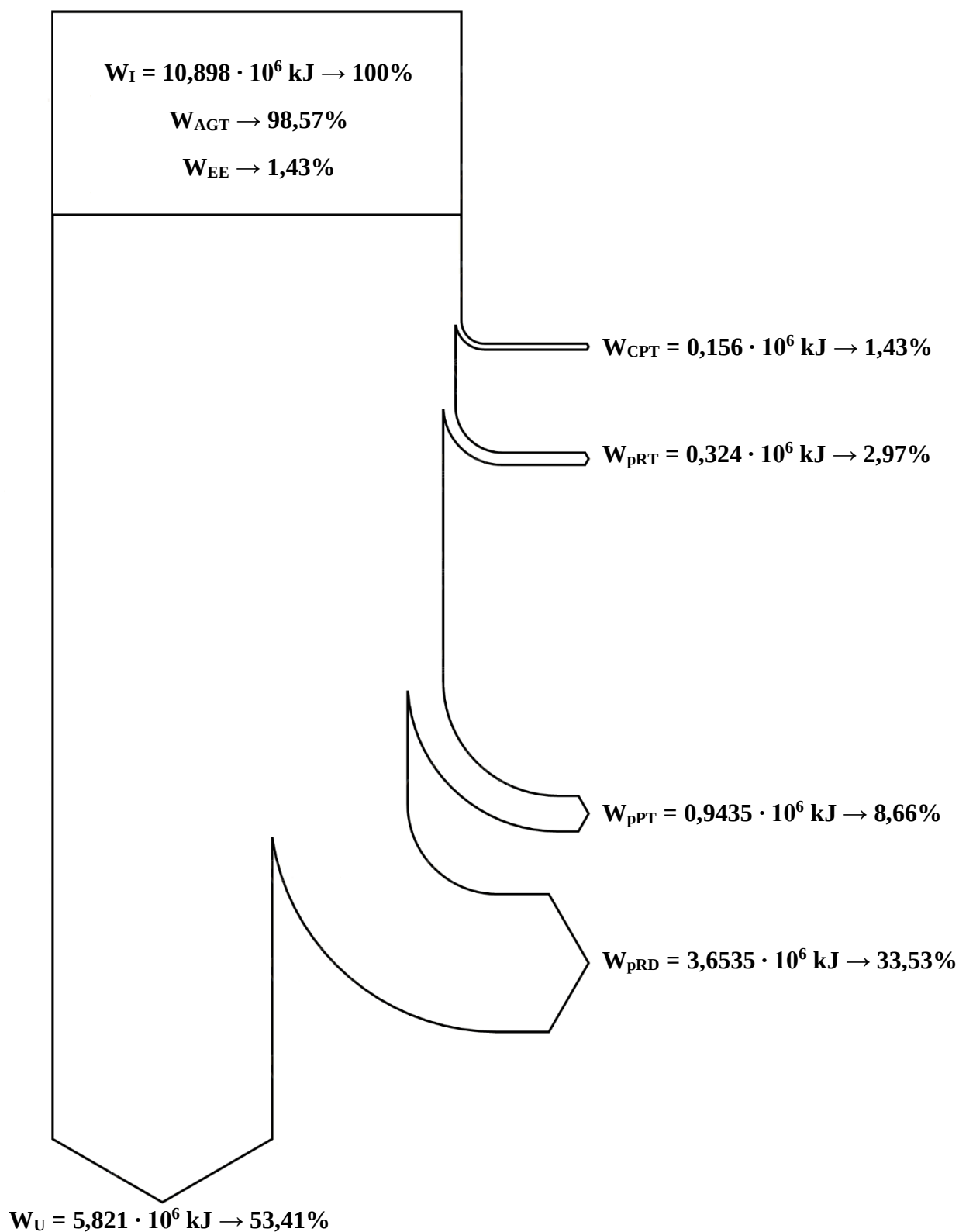


Fig. 4.1 – Diagrama Sankey a BE real, orar, la nivelul CCETSG-UO [20 ÷ 22].01.2020

4.2 BE pe intervale medii și mari

Pentru evaluarea numerică a componentelor de BE, s-au utilizat datele din 2019, întrucât acesta este anul cel mai recent în care există măsurători și cel mai relevant sub aspectul stadiului actual al performanței CCETSG-UO. După cum se poate constata (tabelul 3.1), consumul anual de AGT/ET s-a redus substanțial în 2019, față de 2017, ceea ce se explică – pe de o parte – prin creșterea temperaturii exterioare (în lunile de iarnă) și – pe de altă parte – prin îmbunătățirile vizând eficientizarea energetică, făcute în PT și clădiri. Consumul de EE în cadrul conturului analizat, este mult mai mic decât consumul de ET și se consideră proporțional cu cantitățile de agenți energetici manevrate.

Rezultatele obținute pentru perioade semnificative sunt prezentate în tabelul 4.7, iar în fig. 4.2 ÷ 4.4 sunt reprezentate diagramele de BE.

*Tabelul 4.7 – Rezultate privind BE real al CCETSG-UO,
la nivele semnificative ale sarcinii [2019]*

Nivel sarcină	Mărimea caracteristică [Gcal]									
	W_I	W_{AGT}	$W_{EE} = W_{CPT}$	W_U	W_{UI}	W_{UACM}	W_p	W_{pRT}	W_{pPT}	W_{pRD}
Maximă (luna decembrie)	1440,2	1418,5	21,7	761,6	563	198,6	656,9	45	131	480,9
Minimă (luna iunie)	270,4	266,3	4,1	192,2	-	192,2	74,1	8,4	24,6	41,1
Medie (anul 2019)	8941,9	8807,4	134,5	5020,1	3500,5	1519,6	3787,3	279,4	813,7	2694,2

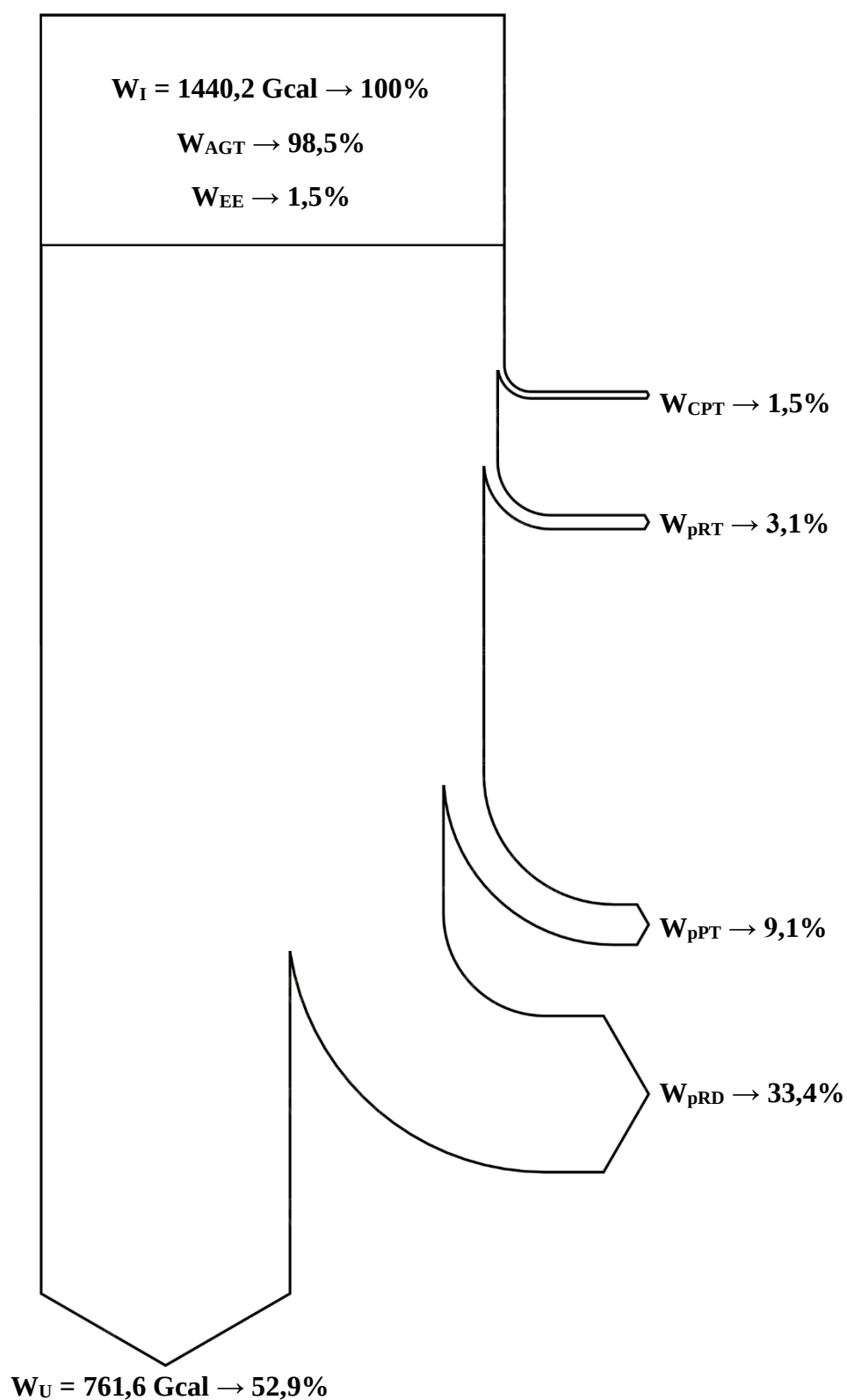


Fig. 4.2 – Diagrama Sankey a BE real la nivelul CCETSG-UO – sarcină maximă
[decembrie 2019]

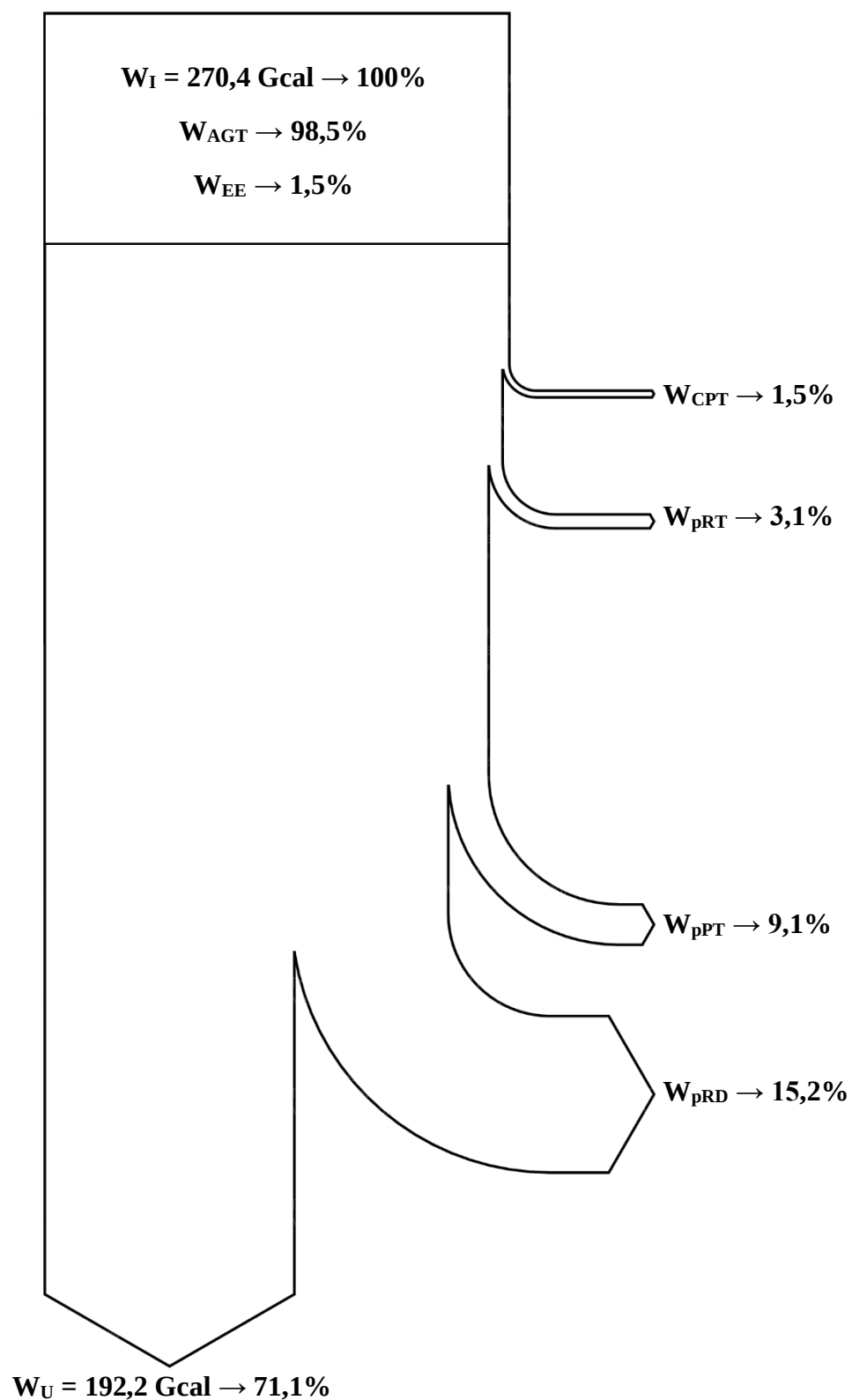


Fig. 4.3 – Diagrama Sankey a BE real la nivelul CCETSG-UO – sarcină minimă
[iunie 2019]

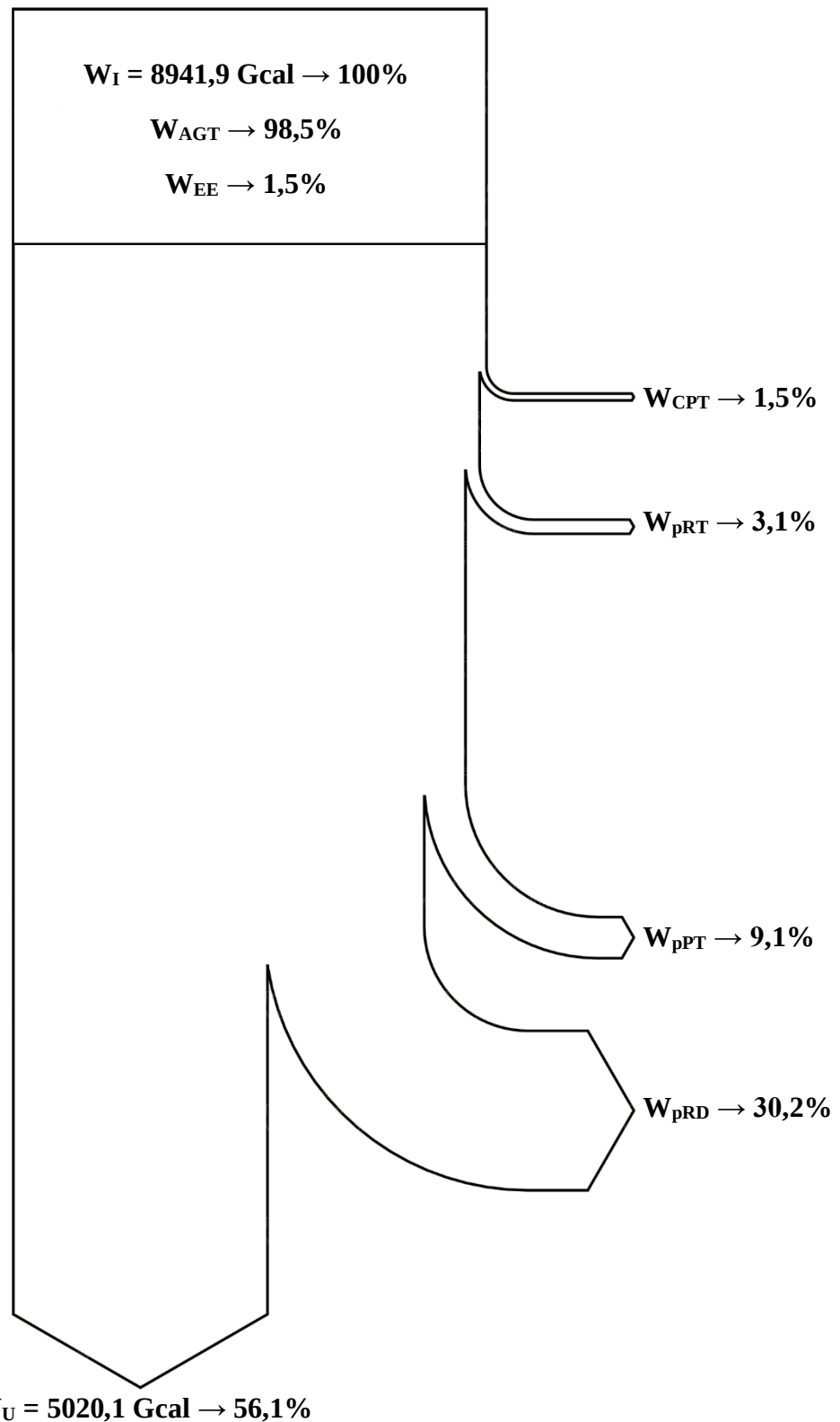


Fig. 4.4 – Diagrama Sankey a BE real la nivelul CCETSG-UO [anul 2019]

4.3 Valorile indicatorilor de performanță energetică (IPE)

Se calculează aplicând modelul redat la pct. 2.4, pe baza rezultatelor obținute și prezentate în cap. 3 respectiv subcap. 4.1 și 4.2. Rezultatele obținute sunt prezentate în tabelele 4.8 ÷ 4.11.

Tabelul 4.8 – Valorile randamentelor la nivelul CCETSG

IPE Nivel sarcină	η_b [%]	η_n [%]
Momentană (20-22.01.2020)	54,8	53,4
Maximă (decembrie 2019)	54,4	52,9
Minimă (iunie 2019)	72,6	71,1
Anuală (anul 2019)	57,6	56,1

*Tabelul 4.9 – Pierderea de temperatură pe conductele „de dus”
[sarcină momentană (20-22.01.2020)]*

Nr. Crt.	Tronsonul (punctele de delimitare)	p_T [%]	p_s [°C/m]
1	RT între SGE și PT1	1,18	0,007
2	RT între SGE și PT2	1,18	0,007
3	RD-CT1, între PT1 pct 1	0,35	0,005
4	RD-CT1, între pct 1-2	5,31	0,075
5	RD-CT2, între PT1 și pct 3	12,4	0,071
6	RD-CT2, între pct 3-4	0,6	0,004
7	RD-CT2.1, între pct. 4-5	0,8	0,007
8	RD-CT2 (pct. 4-6)	0,4	0,0008
9	Tronson CT1 – corp (A+H)	2,1	0,022
10	Tronson CT1 – corp (D+E+G)	0,35	0,005
11	Tronson CT1 – corp F	0,19	0,005
12	PT1 – corp K	1,4	0,0125
13	CT2 – corp B	0,2	0,014
14	CT2 – corp M	5,2	0,29
15	CT2 – corp N	5,8	0,29
16	CT2.1 – corp O	0,2	0,008
17	CT2.1 – corp P	0,8	0,08
18	CT2.1 – corp R	0,4	0,029
19	CT2.1 – Sală tir	0,2	0,05
20	CT2.1 – corp L-IMT	8,5	0,11
21	CT2.1 – corp T-ID	1,62	0,022
22	CT2 – corp T	9,24	0,02
23	CT2 – corp S	1,2	0,006
24	CT2 – cămin C2	0,6	0,005
25	CT2 – cămin C1	0,8	0,003
26	CT2.2 – corp U	3,25	0,13
27	CT2.2 – corp Y	4,7	0,096
28	PT1 – corp L	11,1	0,252

*Tabelul 4.10 – Consumul specific orar de energie termică pentru încălzirea clădirilor
[sarcină momentană, (20-22.01.2020)]*

Nr. Crt.	Cod clădire	c_W^S [Wh/mp]	c_W^V [Wh/mc]
1	A+H	17,76	4,6
2	D+E+G	16,2	3,5
3	F	17,26	3,8
4	I	22,83	6,29
5	J	13,37	3,76
6	K	30,56	7,84
7	C	33,78	9
8	L	33,1	10,27
9	B	24,86	6,71
10	M	17,94	5,56
11	N	27,78	7,45
12	O	9,37	2,45
13	P	51,05	8,47
14	R	46,3	16,53
15	Sală tir	18,5	6
16	Teren sport	6,9	6,9
17	T	15,77	4,44
18	S	38,47	7,15
19	C2	10,17	3,9
20	C1	5,8	2,23
21	L-IMT	6,12	1,8
22	T-ID	15,4	5,34
23	U	4,54	1,25
24	V	12,2	3,5
25	X	19,5	5,14
26	Y	51,9	17,57
27	Z	39,8	8,07
28	C3	54	20
29	Total	23,88	6,35

Valorile estimate ale consumului specific pentru perioada de analiză se dau în tabelul 4.11.

Tabelul 4.11 – Valorile anuale ale consumului specific în perioada de analiză

IPE \ Anul	2016	2017	2018	2019
c_W^S [kWh/mp · an]	105	127,9	71	62,2
c_W^V [kWh/mc · an]	27,86	34,2	18,9	16,6

4.4 Estimarea impactului de mediu

Se face conform precizărilor de la pct. 2.5. Actuala sursă de energie termică utilizată în conturul analizat – AGT – nu emană GES, cu atât mai mult cu cât circulă prin conducte. Întrucât marea majoritate a consumatorilor de ET din România primesc această energie din surse care utilizează combustibili fosili, ceea ce se preconizează și în cazul UO, vom evalua impactul de mediu în ipoteza că UO este alimentată din sursa Municipiului Oradea – o sursă în cogenerare care utilizează gaz natural (GN). Menționăm că, SGE din incinta UO nu este proprietatea UO și că, în celelalte puncte din Oradea unde există SGE, ET produsă de acestea intră în rețeaua de termoficare municipală.

Prin urmare, în ipoteza alimentării din rețeaua municipală, circa 90% din ET va fi produsă prin arderea GN, caracterizat prin emisii de CO₂ și NO_x, cu următoarele valori ale factorului de emisie [1]:

$$\epsilon_{\text{CO}_2} = 50 \cdot 10^3 \text{ g/GJ};$$

$$\epsilon_{\text{NO}_x} = 150 \text{ g/GJ}.$$

Având în vedere și impactul de mediu al EE care se consumă (pct. 3.7), se obțin rezultatele din tabelul 4.12.

Tabelul 4.12 – Cantitățile de poluanți estimate a fi emenate la producerea energiei consumată în CCETSG-UO (ET – din rețeaua MO) [tone]

Anul C. En Substanța poluantă	2019				2020 (estimare)			
	EE	ET			EE	ET		
		Consumată	Pierderi totale	Pierderi pe RD		Consumată	Pierderi totale	Pierderi pe RD
CO ₂	49,2	1840,7	791,5	563	63,9	2392,9	1029	731,9
NO _x	0,1	5,5	2,4	1,7	0,13	7,1	3,1	2,2
SO ₂	5,4	-	-	-	7	-	-	-

C. En – componenta energetică

Evaluarea cantităților de poluanți s-a făcut în ipoteza menținerii punctelor termice actuale, unde ar intra AII din rețeaua de termoficare a MO, în calitate de agent energetic primar.

V. CONCLUZII. BE OPTIMIZAT

Eficiența energetică a Sistemelor de Alimentare cu Energie Termică (SAET) este un subiect de mare actualitate, prin prisma anvergurii pe care o au acestea în orașe și în parcuri/platforme industriale/economice, precum și prin prisma cantităților mari de energie termică (ET) care se vehiculează. Măsurătorile și evaluările efectuate asupra CCETSG-UO, ne permit să formulăm concluzii privind starea echipamentelor și instalațiilor aferente, nivelul eficienței energetice și să recomandăm măsuri de îmbunătățire a eficienței energetice și economice a acestora, concomitent cu reducerea impactului negativ asupra mediului. Concluziile se referă atât la Rețeaua Termică (RT+PT+RD) cât și la clădiri, iar propunerile vizează doar rețeaua termică întrucât clădirile nu au fost analizate în detaliu, nefiind obiectul contractului de AE.

5.1 Concluzii

1. Sub aspect conceptual, SAET din campus I, II, Universitatea din Oradea (SAET-UO) este unul compatibil cu principiile dezvoltării durabile, sursa de ET fiind una regenerabilă (apă geotermală), exploatată rațional, în cea mai mare parte reinjectată (după utilizare), astfel încât zăcămintul să-și mențină potențialul energetic.

2. Sub aspect operațional, SAET-UO, delimitat prin CCETSG-UO, are o serie de deficiențe tehnologice și funcționale, necesitând reabilitări/modernizări substanțiale. Se recomandă o mai riguroasă decontare a consumului de energie termică al consumatorilor privați (blocuri, case).

3. Clădirile alimentate din CCETSG-UO nu s-au analizat în detaliu sub aspectul eficienței energetice, nefiind incluse în obiectul prezentei analize. Din estimările efectuate privind consumul specific al clădirilor (tabelul 4.9), se constată:

- Valoarea medie a indicatorului „consum specific de energie pe unitatea de suprafață” ($c_W^S = 161 \text{ kWh/mp} \cdot \text{an}$) este competitivă pentru stadiul actual al clădirilor educaționale din România, pentru care sunt indicate valori medii în intervalul $[200 - 296] \text{ kWh/mp} \cdot \text{an}$ [10, 11];
- Există o dispersie mare a eficienței energetice a clădirilor, indicatorul de caracterizare, având valori în intervalul: $c_W^S = [39 \div 364] \text{ kWh/mp} \cdot \text{an}$. Clădirile cu valori ale c_W^S peste media intervalului național ($248 \text{ kWh/mp} \cdot \text{an}$) sunt: C3, Y, P, R, Z, S;

- Pentru majoritatea clădirilor incluse în prezenta evaluare, valoarea indicatorului c_w^S este peste nivelul maximal recomandat în cazul clădirilor publice de nivel nZEB [18]. Analiza nu este completă și prin prisma faptului că, o parte dintre clădirile cuprinse în statisticile la nivel național sunt dotate cu sisteme complexe: de încălzire, climatizare, ventilație.

4. Conform metodologiei de elaborare a AE, componentele de BE sunt structurate pe forme de energie și componente ale CCETSG-UO. Partea covârșitoare (circa 98,5%) a energiei care intră în contur provine de la apa geotermală, prin SGE, energia electrică având o pondere mult mai mică (circa 1,5%). Energia intrată în CCETSG-UO se transferă către consumatori, în principal, prin PT1 (circa 89,5%) și circa 10,5% prin PT2. Energia intrată este utilizată, în cea mai mare parte pentru încălzirea clădirilor (circa 64% - media anuală), o bună parte fiind utilizată pentru producerea ACM (36% - media anuală).

5. Pierderile de energie în CCETSG-UO, sunt evaluate pe componentele structurale ale acestuia (RT, PT, RD) și pe perioade de funcționare (sezon rece – când se produce AII și ACM, respectiv, sezon cald – când se produce doar ACM). În mod atipic, se constată o eficiență energetică mai bună în perioada de încărcare mai redusă, respectiv în sezonul cald când se produce doar ACM, ceea ce evidențiază, în principal, starea foarte avansată de uzură a izolației RD pentru AII.

6. În cadrul evaluărilor efectuate s-a obținut următoarea distribuție a pierderilor de energie (% din energia intrată):

- Sarcină momentană (ianuarie 2020):
2,97% (RT); 8,66% (PT) și 33,53% (RD);
- Sarcină lunară maximă (decembrie 2019):
3,1% (RT); 9,1% (PT) și 33,4% (RD);
- Sarcină lunară minimă (iunie 2019):
3,1% (RT); 9,1% (PT) și 15,2% (RD);
- Sarcină medie anuală (anul 2019):
3,1% (RT); 9,1% (PT) și 30,2% (RD).

Pentru toate componentele evidențiate (RT, PT, RD), pierderile de energie depășesc valorile normate [14] și uzuale [6], RD a AII detașându-se, din acest punct de vedere, cu pierderi foarte mari.

7. În RD a AII prin care se realizează încălzirea clădirilor, pierderile de energie au loc pe două căi: pierderi de debit (scurgeri) și pierderi prin transfer termic (în principal, conducție).

Pierderile din a doua categorie, datorate existenței izolației în stare avansată de degradare sau a inexistenței izolației, sunt principala categorie, dar și pierderile de debit sunt semnificative (circa 3,8%) ceea ce corespunde la circa 0,43 mc/h – în lunile sezonului rece. Având în vedere valorile indicatorilor „pierdere de temperatură” (p_T , p_S , tabelul 4.8), considerăm foarte probabile pierderi de debit pe tronsoanele CT1 (pct. 1-2), CT2 (PT1-pct. 3) și pe bransamentele la corpurile M și N.

8. Toate tronsoanele RD a ET evidențiate în tabelul 4.8, adică ponderea covârșitoare a RAET-UO a RD are pierderi de energie prin izolație peste limita normată în cazul RAET noi (la care $p_{Smax} = 0,5 \text{ } ^\circ\text{C/km}$ [14].

Ierarhizarea tronsoanelor de conducte de RD, sub aspectul valorilor indicatorilor caracteristici (p_T , p_S) se poate face pe baza valorilor înscrise în tabelul 4.9, care poate fi și un indiciu asupra gradului de degradare a izolației și a ordinii de prioritate la reabilitare (în cazul în care – din considerente financiare – nu se ia decizia, normală, de a reface întreaga RD, cu excepția tronsoanelor realizate din PPR sau preizolate (tabelul 1.3).

9. Pierderile de energie în PT sunt semnificative și se datorează – pe de o parte – pierderilor prin radiație a mulțimii conductelor de legătură (cele mai multe fără izolației) și – pe de altă parte – pierderilor inevitabile în SC care funcționează (permanent sau temporar) subîncărcate.

10. Pierderile de energie în RT sunt peste limita normată în cazul RAET noi [14], și se datorează faptului că: sunt zone fără izolație, izolația tronsonului RT1 este din VM, cu toate că tronsonul RT2 este preizolat se pare că această PI este degradată.

11. Cea mai mare cantitate din AGT uzată (89,5% - vârf de iarnă și 81,9% - gol de vară) se reinjectează în zăcământ prin SGI. AGU are un potențial energetic semnificativ. AGU de la PT2 este evacuată la canal, ceea ce nu este o soluție conformă cu principiile dezvoltării durabile și se recomandă colectarea acesteia în conducta care duce AGU la SGI.

5.2 Măsuri propuse pentru îmbunătățirea eficienței energetice

Pe baza rezultatelor obținute, sintetizate în concluzii, se identifică măsurile înscrise în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1 – Măsuri propuse pentru îmbunătățirea eficienței energetice în CCETSG-UO

Nr. Crt.	Măsura propusă	Economia de energie [tep/an]	Investiția necesară [mii lei]	Durata de recuperare a investiției [ani]
1	Înlocuirea actualei RAET-UO (campus I, II) cu una nouă, astfel încât să fie satisfăcută norma tehnică I13 – 2015, pct. 8.88 (pierderile de căldură să nu depășească 0,5 °C/km). Pe flanșe/vane/alte repere se vor pune izolații termice detașabile (fig. 5.1)	379,1	4113,74	9 – I_{p1} 2,5 – I_{p2}
2	Înlocuirea conductelor de legătură din PT (1,2) cu conducte preizolate având pierderi specifice conform normativ I13 – 2015, izolarea la conexiuni și pe flanșe/vane/alte repere cu izolații termice detașabile (fig. 5.1)	31,7	200	5,6 – I_{p1} 1,5 – I_{p2}
3	Alimentarea SC4 cu o parte din AGU din PT1, după colector, înainte de conducta spre SGI	7,5	4,2	0,5 – I_{p1} I_{p2} – nu se pretează

Ipoteze de lucru:

Ipoteza 1 (I_{p1}): Se menține actuala sursă de energie (AGT);

Ipoteza 2 (I_{p2}): Sursa de ET este rețeaua de termoficare a MO.



Fig. 5.1 – Izolații termice detașabile

Pentru analiza eficienței economice și evaluarea duratei de recuperare a investiției, se aplică criteriile descrise la pct. 2.6, în principal, pe baza indicatorilor VNA și PSR. Detaliem pentru măsura 1. Evaluarea se face pentru anul 2020 în care, în conformitate cu consumul măsurat în ianuarie 2020, comparat cu consumul din ianuarie 2019, estimăm o creștere cu 30% a consumului de ET pentru încălzire clădiri UO, campus I,II.

a) Economia de energie termică

Estimăm deci, pentru RAET-UO actuală, în 2020 pierderi de energie la nivelul:

$$\begin{aligned} W_{pRA} &= W_{pRT} + W_{pRD} = \\ &= 1,3 (279,4 + 2694,2) = 3865,68 \text{ Gcal} = 386,6 \text{ tep} \end{aligned} \quad (5.1)$$

(a se vedea tabelul 4.7)

Prin înlocuirea RAET-UO actuală cu una nouă, realizată din componente cu caracteristicile menționate în tabelul 5.1, ne așteptăm ca pierderile de energie pe RT să se

reducă de circa 7 ori, iar cele pe RD de circa 13,5 ori. Prin urmare, prin aplicarea măsurii 1, estimăm pierderile pe RAET-UO la nivelul:

$$W_{pRA}^1 = 39,9 + 201 = 241,7 \text{ Gcal} = 24,1 \text{ tep}$$

Prin urmare economia de energie estimată este:

$$\begin{aligned} \Delta W_{pRA} &= W_{pRA} - W_{pRA}^1 = \\ &= 386,6 - 24,1 = 362,5 \text{ tep} = 3625 \text{ Gcal} \end{aligned} \quad (5.2)$$

Contravaloarea economiei de energie se va calcula în funcție de ipoteza de lucru:

- I_{p1}: În acest caz, prețul specific a ET (lei/Gcal) este:

$$P_{AGT} = 3,8 \text{ lei/mc} = 112 \text{ lei/Gcal}$$

Contravaloarea economiei de energie:

$$CW_{pRA}^1 = 3625 \cdot 112 = 406.000 \text{ lei}$$

- I_{p2}: În acest caz, prețul de cost al Gcal este 432,26 lei (prețul plătit, actualmente, pentru celelalte puncte de consum ale UO). Deci, contravaloarea economiei de energie este:

$$CW_{pRA}^2 = 3625 \cdot 432,26 = 1.566.942,5 \text{ lei}$$

b) Economia la consumul de AI

Prin refacerea RAET-UO dispare pierderea de debit de AII și deci de AI. Pe baza nivelului calculat (0,43 mc/h), se poate estima volumul de AI pierdut în anul 2020:

$$V_{pAI} = 0,43 \cdot 4380 = 1883,4 \text{ mc}$$

S-a considerat că încălzirea funcționează o jumătate de an (4380 ore). Costul AI care se pierde este:

$$C_{pAI} = 1883,4 \text{ mc} \cdot 3,74 \text{ lei/mc} = 7043,9 \text{ lei}$$

c) Economia la consumul de EE

Prin reducerea AEI vehiculați se reduce și consumul de EE. Reducerea este în funcție de ipoteza de lucru.

I_{p1}: Reducerea este urmare a economiei de ET și o estimăm astfel:

$$\Delta W_{EE}^1 = \frac{\Delta W_{pRA}}{W_I} \cdot W_{EE} \quad (5.3)$$

Pentru 2020 estimăm:

$$\Delta W_{EE}^1 = \frac{3625}{W_I} \cdot \frac{1,5}{100} W_{EE} = 54,37 \text{ Gcal} = 63,2 \text{ MWh}$$

I_{p2}: Reducerea consumului de EE se datorează – pe de o parte – faptului că nu se contorizează în acest contur pompa de la SGE și – pe de altă parte – reducerii de sarcină în PT1

Deci,

$$\Delta W_{EE}^2 = p_{med}^{SGE} \cdot 8760 + \frac{\Delta W_{pRA}}{W_I} \cdot W_{EE}^{PT1} = \quad (5.4)$$

$$= 11,65 \cdot 8760 + \frac{3625}{W_I} \cdot \frac{1,5}{100} \cdot \frac{31,82}{43,47} \cdot 0,80 = 102,05 + 46,3 = 148,35 \text{ MWh}$$

Contravaloarea economiei de EE se calculează în funcție de costul specific care, în cazul UO, este 663 lei/MWh.

Deci,

$$I_{p1}: CW_{EE}^1 = 63,2 \cdot 663 = 41.901,6 \text{ lei}$$

$$I_{p2}: CW_{EE}^2 = 148,35 \cdot 663 = 98.356,05 \text{ lei}$$

d) Investiția necesară se estimează la 4.113.739,8 lei, conform unei evaluări existente la Serviciul Tehnic al UO.

e) Valoarea PSR

Cu aceste valori se pot determina componentele PSR:

$$I = 4.113.739,8 \text{ lei}$$

Valoarea R este în funcție de sursa de alimentare cu ET, respectiv:

$$I_{p1}: R1 = 406.000 + 41.901 + 7043,9 = 454.944,9 \text{ lei}$$

$$I_{p2}: R2 = 1.566.942,5 + 98.256,05 + 7043,9 = 1.672.242,45 \text{ lei}$$

Se obține:

$$PSR_1 = 9 \text{ ani}$$

$$PSR_2 = 2,5 \text{ ani}$$

5.3 BE optimizat

Prin aplicarea măsurilor [1 ÷ 3], prezentate la pct. 5.2, se obține BE optimizat, având componentele înscrise în tabelele 5.2 și 5.3, respectiv, fig. 5.2 și 5.3.

*Tabelul 5.2 – Rezultate privind BE optimizat, la nivelul CCETSG-UO
[estimare 2020] – Ipoteza 1*

Mărimi caracteristice	Valori	
	Gcal	%
1. Energia intrată (W _I)	7668,3	100
1.1. Prin AGT (W _{AGT})	7547,8	98,4
1.2. Prin EE (W _{EE})	120,5	1,6
2. Energia ieșită (W _E)	7668,3	100
2.1. Energia utilă (W _U)	6526,1	85,1

Mărimi caracteristice	Valori	
	Gcal	%
2.2. Pierderile de energie (W_p)	1021,7	13,3
a) În RT (W_{pRT})	39,9	0,5
b) În PT (SC și conducte de legătură) [W_{pPT}]	740,8	9,7
c) În RD (W_{pRD})	241	3,1
2.3 Consumul propriu tehnologic (W_{CPT})	120,5	1,6

*Tabelul 5.3 – Rezultate privind BE optimizat, la nivelul CCETSG-UO
[estimare 2020] – Ipoteza 2*

Mărimi caracteristice	Valori	
	Gcal	%
1. Energia intrată (W_I)	7595,1	100
1.1. Prin AII (SACET-MO)	7547,8	99,4
1.2. Prin EE (W_{EE})	47,3	0,6
2. Energia ieșită (W_E)	7595,1	100
2.1. Energia utilă (W_U)	6526,1	85,9
2.2. Pierderile de energie (W_p)	1021,7	13,5
a) În RT (W_{pRT})	39,9	0,5
b) În PT (SC și conducte de legătură) [W_{pPT}]	740,8	9,8
c) În RD (W_{pRD})	241	3,3
2.3 Consumul propriu tehnologic (W_{CPT})	47,3	0,6

Valorile IPE, în Ipoteza 1, se prezintă în tabelul 5.4, iar estimarea cantităților pentru GES, în Ipoteza 2 este redată în tabelul 5.5.

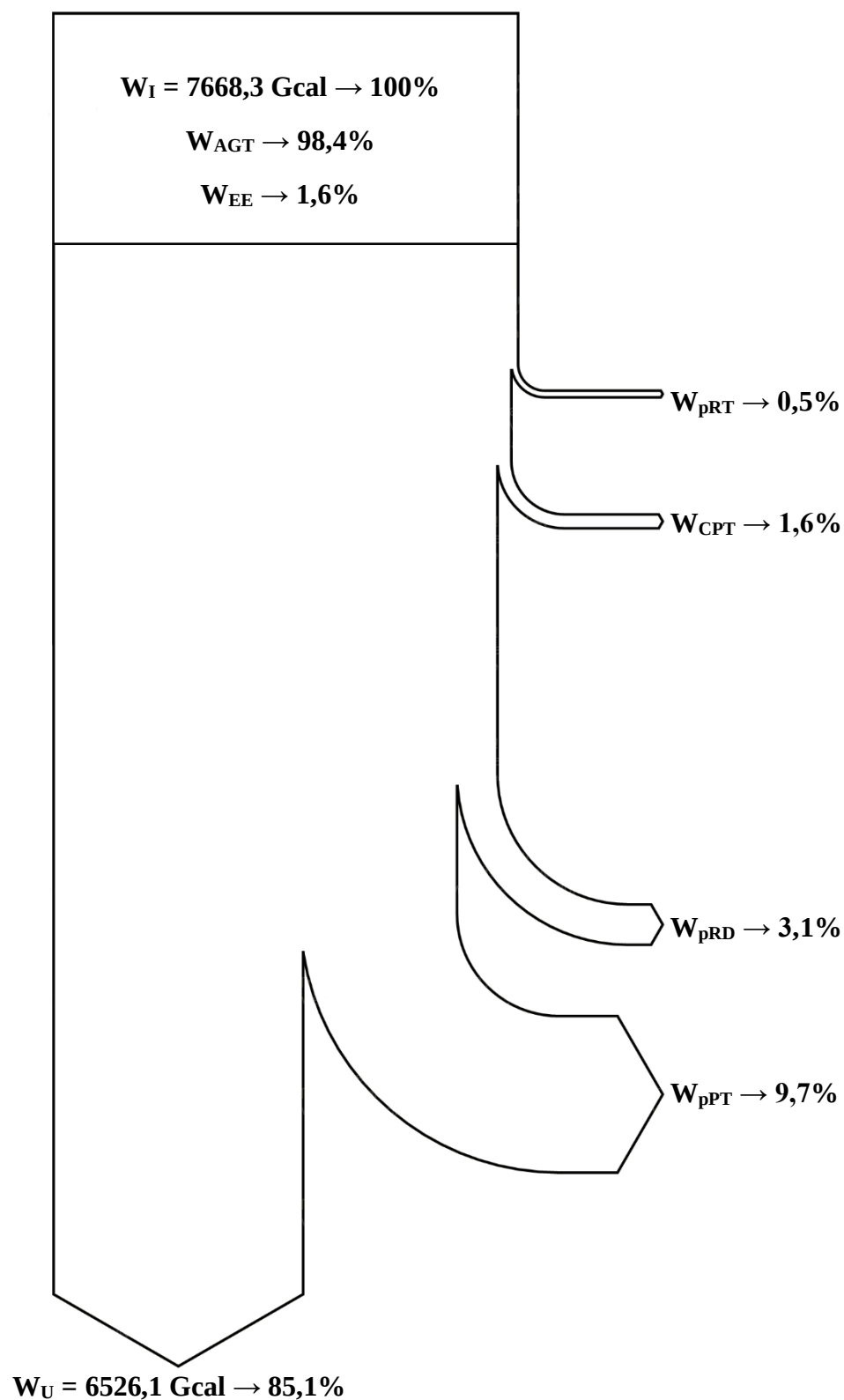


Fig. 5.2 – Diagrama Sankey a BE anual optimizat, la nivelul CCETSG-UO
[estimare 2020 – Ipoteza 1]

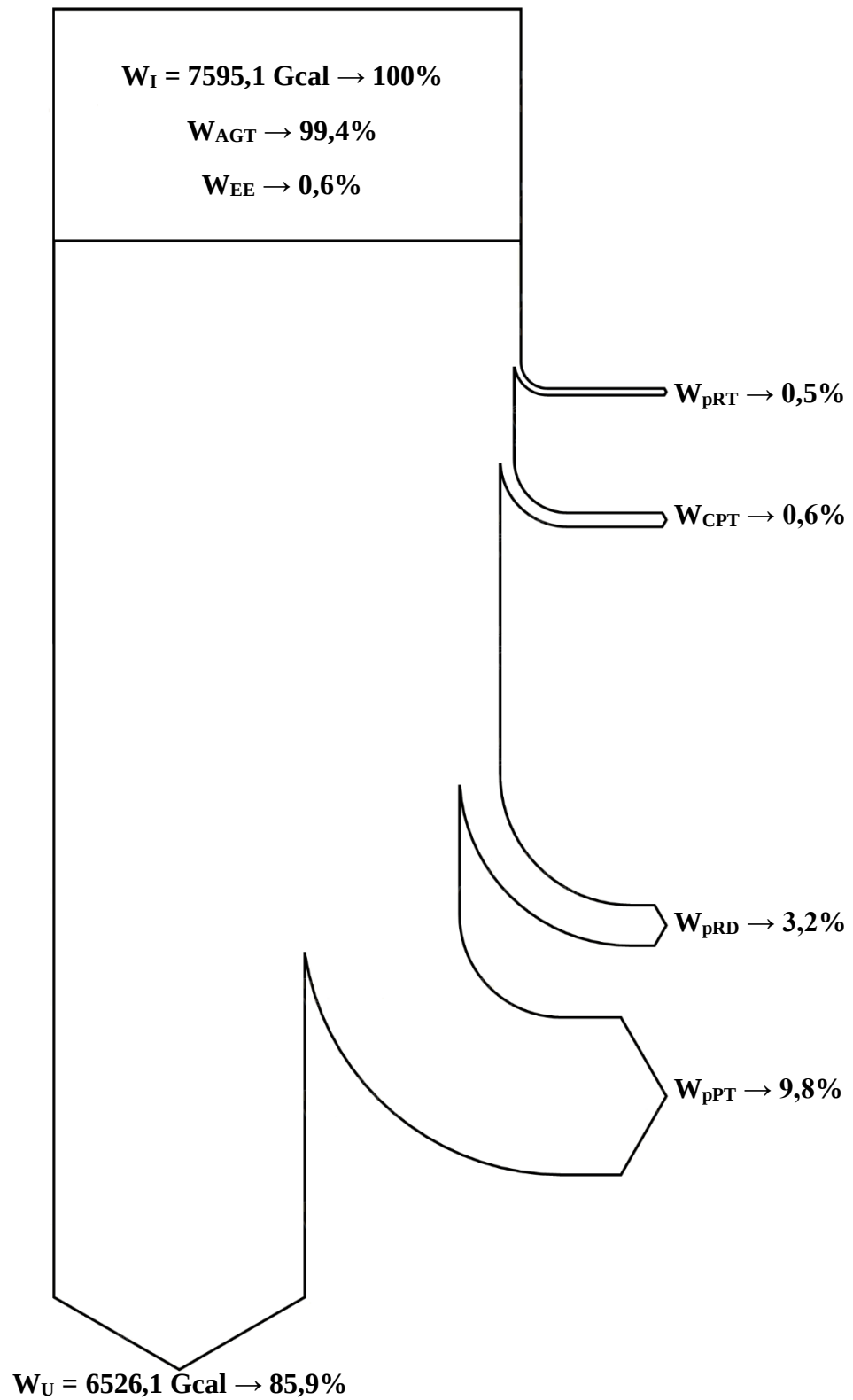


Fig. 5.3 – Diagrama Sankey a BE anual optimizat, la nivelul CCETSG-UO
[estimare 2020 – Ipoteza 2]

Tabelul 5.4 – Valorile estimate ale IPE – după optimizarea SAET-UO

IPE Ipoteza	η_b [%]	η_n [%]
Ip1	86,7	85,1
Ip2	86,5	85,9

Tabelul 5.5 – Cantitățile de poluanți estimate a fi emirate la producerea energiei consumată în CCETSG-UO [estimare 2020 – BE optimizat – Ipoteza 2]

Substanța poluantă	Componenta energetică / Cantități [tone]			
	EE	ET		
		Consumată	Pierderi totale	Pierderi pe RD
CO₂	17,3	1577,5	213,5	50,4
NO_x	0,04	4,7	0,64	0,15
SO₂	1,9	-	-	-

Reducerea emansiilor de GES prin aplicarea măsurilor de îmbunătățire a eficienței energetice va fi conform estimării pentru 2020:

$\Delta\text{CO}_2 = 862 \text{ tone/an}$;

$\Delta\text{SO}_2 = 5,1 \text{ tone/an}$;

$\Delta\text{NO}_x = 2,49 \text{ tone/an}$.

BIBLIOGRAFIE

1. *****“Ghidul de elaborare și analiza a bilanțurilor energetice”* în conformitate cu ordinul ARCE Nr. 245, aprobat prin ordinul președintelui ANRE, nr. 85/2014, www.anre.ro
2. Carabogdan Gh. s.a., *Bilanțuri energetice. Probleme și aplicații pentru ingineri*. Editura Tehnică București, 1986
3. Berinde T. și Berinde M, *Bilanțuri energetice în procese industriale*. Editura Tehnică București, 1985.
4. Carabulea A., Carabogdan I. Gh, *Modele de bilanțuri energetice reali și optime*. Editura Academiei R.S.R., București, 1982.
5. ***PE 902/1986 (reeditare), *Normativ privind întocmirea și analiza bilanțurilor energetice*, ICEMENERG, 1995.
6. Dinu Cristina, *Distribuția energiei termice*, Universitatea din Craiova, 2014
7. Popa I., Popa T., *Documentar pentru energeticieni, tabele termotehnice*, IDOC, 1986
8. Răducanu Cristina ș.a., *Bilanțuri termoelectrice*, U.P.B., 2004
9. Pleșa Angela ș. a., *Utilaje termice – schimbătoare de căldură cu plăci, vol. I*, Editura Mediamira, Cluj Napoca, 2008
10. Dudău R., *Creșterea eficienței energetice în clădirile din România*, www.enpg.ro
11. Pietrean H., *Renovarea clădirilor publice la nivelul nZEB în România*, www.aiiro.ro
12. ****Raport privind rezultatele monitorizării pieței de energie electrică*, ANRE, 2019, www.anre.ro
13. ***Lege nr. 372 din 13 decembrie 2005 – privind performanța energetică a clădirilor, actualizată până la data de 28 februarie 2016
14. ****Normativ pentru proiectarea, execuția și exploatarea instalațiilor de încălzire centrală*, I13/2015
15. ***Directiva 2010/31/UE – privind performanța energetică a clădirilor
16. ***Directiva 2012/27/UE – privind eficiența energetică
17. ***Lege nr. 121 din 18 iulie 2014 – privind eficiența energetică
18. ****Recomandarea (UE) 2016/1318 a Comisiei privind orientările pentru promovarea clădirilor de tip nZEB*, www.europa.eu
19. ****Schimbătoare de căldură*, <https://heatexchangers.danfoss.com/gasketed-heat-exchangers/sondex-standard-plate-heat-exchangers/>

20. ****Valorificarea energiei geotermale prin producerea agentului termic de încălzire pentru consumatorii PT902 și reinjecție*, www.oradea.ro
21. ***<http://www.indicators.odyssee-mure.eu/energy-efficiency-database.html>,
Consultat la data 10.03.2020
22. ****Centrul National de Cercetări Geotermale*, www.uoradea.ro