



ROMÂNIA
JUDEȚUL BUZĂU, ORAȘUL NEHOIU
Consiliul Local al Orașului Nehoiu
Calea Mihai Viteazu nr. 43, Nehoiu 125100;
Telefon: 0238/504.548; Fax: 0238.504.541



HOTĂRÂRE

privind aprobarea pierderilor tehnologice luate în calcul la aprobarea tarifelor pentru serviciul de transport și distribuție a energiei termice prestat de TERMO PREST PON S.R.L.

Consiliul Local al orașului Nehoiu, județul Buzău.

Având în vedere:

- referatul de aprobare al Primarului orașului Nehoiu, înregistrat cu nr.14435/10.12.2021;
- raportul compartimentului de resort din cadrul Primăriei orașului Nehoiu, înregistrat cu nr.14436/10.12.2021;
- adresa nr. 115/08.12.2021 emisă de a S.C. Termo Prest PON S.R.L. Nehoiu;
- rapoartele/avizele Comisiilor de specialitate ale Consiliului Local al orașului Nehoiu emise sub nr.250,251,252,253,254 înregistrate la Consiliul Local al orașului Nehoiu în data de 13.12.2021;
- prevederile cap. VI art. 9 alin. (3) pct. d) din Metodologia de stabilire, ajustare sau de modificare a preturilor și tarifelor locale pentru serviciile publice de alimentare cu energie termică, aprobată prin Ordinul ANRSC nr.66/28.02.2007;
- art. 40 alin.(6) din Legea nr.325/2006 privind serviciul public de alimentare cu energie termică, cu modificările și completările ulterioare;
- prevederile art.129 alin. (2) lit.d), alin.(7) lit.n), art. 139 alin. (1) și art.196 alin. (1) lit.a) din Ordonanța de Urgență nr.57 din 3 iulie 2019 privind Codul Administrativ;

În temeiul, art.139 alin.(1) și art.196 alin.(1) lit.a) din Ordonanța de Urgență nr.57 din 3 iulie 2019 privind Codul Administrativ

HOTĂRĂȘTE:

Art.1.alin.(1) Se aprobă Auditul termoenergetic al sistemului de producere și distribuție a energiei termice din orașul Nehoiu.

alin.(2) Auditul termoenergetic al sistemului de producere și distribuție a energiei termice din orașul Nehoiu este cuprins în anexa nr.1, parte integrantă din prezenta hotărâre.



Art.2.alin.(1) Se aprobă pierderile tehnologice luate în calcul la aprobarea tarifelor pentru serviciul de transport și distribuție a energiei termice prestat de TERMO PREST PON S.R.L.

alin.(2) Pierderile tehnologice luate în calcul la aprobarea tarifelor pentru serviciul de transport și distribuție a energiei termice sunt în procent de 32,15% din total energie termică produsă de TERMO PREST PON S.R.L.

alin.(3) Pierderile tehnologice luate în calcul la aprobarea tarifelor pentru serviciul de transport și distribuție a energiei termice prestat de TERMO PREST PON S.R.L. sunt cuprinse în Auditul termoenergetic al sistemului de producere și distribuție a energiei termice din orașul Nehoiu, întocmit de S.C. TOTAL ENERGY SOLUTIONS S.R.L potrivit cap. 4 din Auditul termoenergetic.

Art.3. Termo Prest PON S.R.L. Nehoiu va aplica măsurile de eficiență energetică din Auditul termoenergetic aprobat și va duce la îndeplinire prevederile prezentei hotărâri.

Art. 4. Secretarul general al orașului Nehoiu va afișa prezenta hotărâre pe site-ul www.primaria-nehoiu.ro pentru aducere la cunoștință publică, primarului U.A.T. oraș Nehoiu și prefectului în cel mult 10 zile lucrătoare de la data adoptării

NEHOIU.15.12.2021
Nr.98.



PREȘEDINTE DE ȘEDINȚĂ

Consilier local
Aanei Genilia

Contrasemnează
Secretar general
Cotici Ion

Această hotărâre a fost adoptată de Consiliul Local al Orașului Nehoiu în sesiune publică ordinară din data de 15.12.2021, ora 16⁰⁰, cu respectarea prevederilor art.139 alin.(1) și art.196 alin.(1) lit.a) din Ordonanța de Urgență nr.57 din 3 iulie 2019 cu-13(treisprezece) voturi „pentru”,-2(două) voturi „abținere” și -voturi „împotriva”, din totalul de 17 (șaptesprezece) consilieri în funcție și 17 (șaptesprezece) consilieri prezenți la sesiune.

AUDIT TERMOENERGETIC

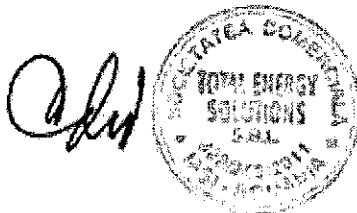
la SC TERMO PREST PON SRL NEHOIU

ALEEA MERILOR, NR. 2-4, NEHOIU, JUD. BUZĂU

Contur audit:
**SISTEMUL DE PRODUCERE ȘI DISTRIBUȚIE A ENERGIEI
TERMICE DIN ORAȘUL NEHOIU**

Elaborat:

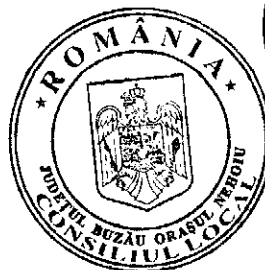
SC TOTAL ENERGY SOLUTIONS SRL
AUDITOR ENERGETIC AUTORIZAT



A handwritten signature in black ink.

CUPRINS

CAP. 1. NOȚIUNI INTRODUCATIVE.....	2
1.1. Aspecte generale	2
1.2. Conturul de bilanț.....	2
1.3. Unitatea de timp asociată bilanțului.....	2
1.4. Caracteristici tehnice ale echipamentelor și instalațiilor din conturul de bilanț. Descrierea proceselor tehnologice	2
CAP. 2. BREVIAR DE CALCUL	6
2.1. Breviar de calcul termic pentru cazanul de apă caldă	6
2.1.1 Calculul fluxurilor termice la intrare.....	7
2.1.2 Calculul fluxurilor termice la ieșire	9
2.2. Breviar de calcul pentru pierderile tehnologice pe conductele de apă caldă	12
2.2.1 Expresia generală a pierderii de căldură	12
2.2.2 Calculul pierderii de căldură la conductele aeriene	12
2.2.3 Calculul pierderii de căldură la conductele subterane.....	14
2.2.4 Calculul pierderii de căldură la conductele preizolate așezate în pământ.....	16
CAP. 3. APARATE DE MĂSURĂ UTILIZATE	18
3.1. Camera de termografie ThermoCAM™ E45 – FLIR SYSTEMS	18
3.2. Analizorul de gaze multifuncțional TESTO 350	19
CAP. 4. CALCULUL PIERDERILOR TEHNOLOGICE. BILANȚUL TERMOENERGETIC REAL	22
4.1. Bilanțul termoeenergetic real pe conturul cazanului MTN 2000 (CT 1).....	22
4.2. Bilanțul termoeenergetic real pe conturul cazanului MTN 4000 (CT 2).....	27
4.3. Pierderi tehnologice pe rețeaua de distribuție energie termică	33
4.4. Bilanțul termoeenergetic pe conturul general CT + rețea de distribuție.....	36
CAP. 5. ANALIZA BILANȚULUI TERMOENERGETIC REAL	37
CAP. 6. PLAN DE MĂSURI DE EFICIENȚĂ ENERGETICĂ	38
Anexa 1 - RAPORT DE TERMOGRAFIE	39



CAP. 1. NOȚIUNI INTRODUCATIVE

1.1. Aspecte generale

Prezenta lucrare are ca temă elaborarea unui audit termoeenergetic și determinarea pierderilor tehnologice pe conturul general al SC Termo Prest PON SRL Nehoiu. Lucrarea este întocmită în conformitate cu recomandările din *Ghidul de Elaborare a Auditurilor Energetice*, aprobat prin Decizia ANRE nr. 2123 din 23.09.2014, în baza prevederilor art. 9 din Legea nr. 121 din 04.08.2014, cu modificările și completările ulterioare (Legea nr. 160/2016).

Obiectul principal de activitate al societății este producerea și distribuția de energie termică la consumatorii finali din orașul Nehoiu. Societatea operează două centrale termice proprii pentru producerea de agent termic, echipate cu cazane de apă caldă cu funcționare pe biomasă (rumeguș de fag și coji de semințe de floarea soarelui).

1.2. Conturul de bilanț

Conturul de bilanț la care se referă prezentul volum de audit energetic cuprinde cele două centrale termice CT 1 și CT 2 (respectiv, cazanele de apă caldă SCEAT MTN 2000 și MTN 4000), precum și rețeaua de distribuție a energiei termice pentru încălzire la consumatorii finali.

1.3. Unitatea de timp asociată bilanțului

Bilanțul termoeenergetic real se întocmește pentru sezonul de încălzire 2017-2018, respectiv perioada calendaristică 01.12.2017 – 15.04.2018, pornind de la rezultatele bilanțurilor reale orare.

1.4. Caracteristici tehnice ale echipamentelor și instalațiilor din conturul de bilanț. Descrierea proceselor tehnologice

Centrale termice operate de beneficiar sunt echipate cu următoarele unități de producere:

- **CT 1 SPITAL** – asigură producerea de agent termic de încălzire pentru Spitalul Orășenesc Nehoiu. Centrala este echipată cu **1 cazan SCEAT MTN C2000 (fig. 1.1, fig. 1.2)** cu funcționare pe biomasă (rumeguș de fag și coji de semințe de floarea soarelui), cu următoarele caracteristici tehnice:
 - MODEL -----: MTN
 - TIP -----: C 2000
 - SERIE UTILAJ -----: 32171
 - PUTERE TERMICA UTILA -----: 2.000.000 Kcal/h
 - PUTERE TERMICA VATRA -----: 2.500.000 Kcal/h
 - RANDAMENT TERMIC NOMINAL UTIL: -----: 80 %
 - CONSUM RUMEGUS LEMN (cu putere calorica <3400 kcal/kg) ----: 735 kg/h
 - Temperatura gazelor arse -----: 250 ° C
 - DEBIT GAZE (T 250°C) -----: 12,500 MC/h



- SCADERE PRESIUNE IN CAZAN -----: 0,40 mt H₂O
- TEMPERATURA MAXIMA DE LUCRU -----: 90°C
- PRESIUNE MAXIMA DE LUCRU -----: 4 kg/cm²
- CONTINUT DE APA -----: 6870 litri



Fig. 1.1 Cazan de apă caldă SCEAT MTN 2000 (CT 1 Spital)

Cazanul este de tip orizontal cu trei căi de fum, format, în principal, din următoarele componente:

- Vatra, plăci tubulare și camera de întoarcere flacăra, din tablă de oțel carbon sudată la capete.
- Țevi formate din tuburi orizontale.

Partea de jos a generatorului găzduiește o cameră de ardere mare, ideală pentru utilizarea rumegușului și a altor combustibili regenerabili, iar în acest scop, generatorul este echipat cu o vatră cu grile din fontă, răcită cu aer.

Configurarea specială a camerei de ardere, de mari dimensiuni, prevăzută cu tuburi, permite producerea energiei termice utile chiar și cu un combustibil cu putere termică scăzută.

Pe usa cenusarului este plasată o contragreutate montată pe secțiunea de aspirație în depresiune, care împiedică fluxul de aer atunci când ventilatorul de evacuare este oprit.

Tuburile pot fi inspectate prin usa anterioară.

Corpul cazanului este izolat cu straturi de vată minerală cu densitate mare, încorporată în panouri din oțel vopsit.

Tab. 1.1 Centrala termică CT 1 Spital – Caracteristici tehnice

Model	Putere nominală		P _{max}	Dimensiuni			Raçorduri			Consum combustibil	Debit gaze ardere 250°C	Debit aer de ardere	Volum de apă în cazan	Coș de fum
	Termica	În focar		i	L	h	Ieșire apă caldă	Alimentare cazan	Recirc. de siguranță					
	kcal	kcal	bar	mm	mm	mm	DN	DN	DN	kg/h	mc/h	mc/h	litri	mm
MTN C2000	2000000	2500000	2	1720	4800	3030	200	200	100	735	12500	5880	6.870	500

Alimentarea cazanului cu apă (recirculare) este realizată prin intermediul a două pompe Grundfos NB 65-125/127 A-F2-A-E-BAQE (una în funcțiune, cealaltă rezervă), cu Q_n = 16 m³/h și H = 14,7 m, având presiunea și temperatura maximă de lucru de 16/120 bar/°C.

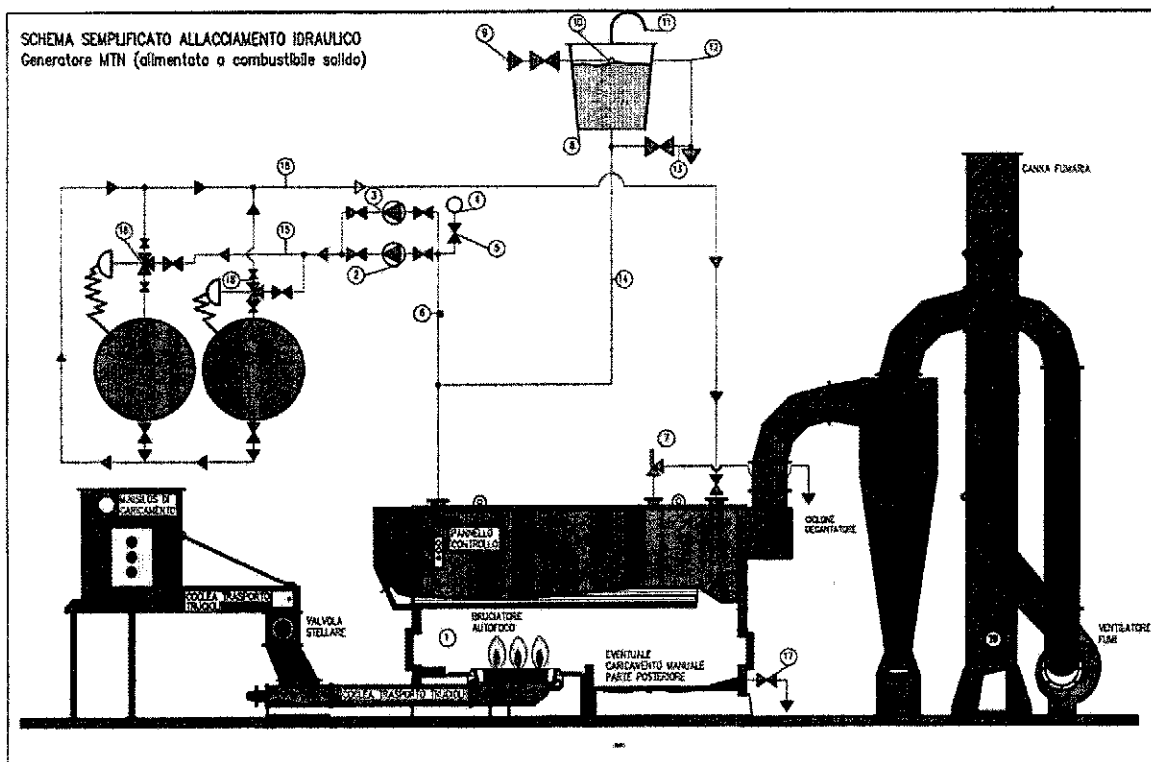


Fig. 1.2 Schema instalației cu cazan de apă caldă MTN 2000 (CT1) / MTN 4000 (CT2), unde:

1. Cazan pentru producerea apei calde; 2. Pompa recirculare; 3. Pompa recirculare (rezerva); 4. Valva cu trei cai; 5. Suport pentru termometrul de control; 6. Suport termometru; 7. Valva descarcare termica (doar pentru manual); 8. Vas de expansiune; 9. Alimentare vas de expansiune; 10. Control de nivel; 11. Conducta de evacuare; 12. Conducta de prea plin; 13. Racord descarcare vas de expansiune; 14. Coducta de siguranta; 15. Conducte de alimentare (tur); 16. Conducte de retur; 17. Conducta evacuare inferioara; 18. Valve de termoreglare; 19. Cos de fum

- **CT 2 PRIMĂRIE** – asigură producerea de agent termic de încălzire pentru consumatori casnici și unele instituții publice / agenți economici din oraș. Centrala este echipată cu 1 cazan SCEAT MTN C4000 (fig. 1.2) cu funcționare pe biomasă (rumeguș de fag și coji de semințe de floarea soarelui), cu următoarele caracteristici tehnice:

- MODEL -----: MTN
- TIP -----: C 4000
- SERIE UTILAJ -----: 32170
- PUTERE TERMICA UTILA -----: 4.000.000 Kcal/h
- PUTERE TERMICA VATRA -----: MAX. 5.000.000 Kcal/h
- RANDAMENT TERMIC NOMINAL UTIL: -----: 80 %
- CONSUM RUMEGUS LEMN (cu putere calorica <3400 kcal/kg) ----: 1470 kg/h
- Temperatura gazelor arse -----: 250 ° C
- DEBIT GAZE (T 250°C) -----: 24.000 MC/H
- SCADERE PRESIUNE IN CAZAN -----: 0,40 mt H₂O
- TEMPERATURA MAXIMA DE LUCRU -----: 90°C
- PRESIUNE MAXIMA DE LUCRU -----: 4 kg/cm²
- CONTINUT DE APA -----: 11600 litri

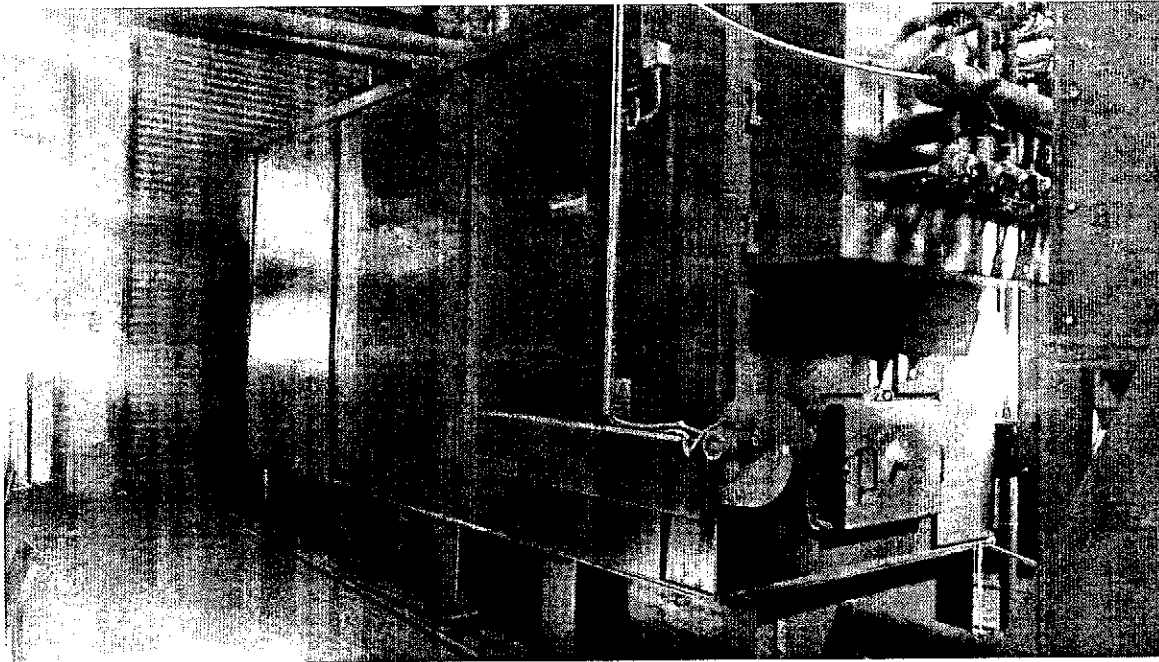


Fig. 1.1 Cazan de apă caldă SCEAT MTN 4000 (CT 2 Primărie)

Cazanul este de tip orizontal cu trei căi de fum, format, în principal, din următoarele componente:

- Vatra, plăci tubulare și camera de întoarcere flacăra, din tablă de oțel carbon sudată la capete.
- Țevi formate din tuburi orizontale.

Partea de jos a generatorului găzduiește o cameră de ardere mare, ideală pentru utilizarea rumegușului și a altor combustibili regenerabili, iar în acest scop, generatorul este echipat cu o vatră cu grile din fontă, răcită cu aer.

Configurarea specială a camerei de ardere, de mari dimensiuni, prevăzută cu tuburi, permite producerea energiei termice utile chiar și cu un combustibil cu putere termică scăzută.

Pe usa cenusarului este plasată o contragreutate montată pe secțiunea de aspirație în depresiune, care împiedică fluxul de aer atunci când ventilatorul de evacuare este oprit.

Tuburile pot fi inspectate prin usa anterioară.

Corpul cazanului este izolat cu straturi de vată minerală cu densitate mare, încorporată în panouri din otel vopsit.

Tab. 1.2 Centrala termică CT 2 Primărie – Caracteristici tehnice

Model	Putere nominală		P _{max}	Dimensiuni			Racorduri			Consum combustibil	Debit gaze ardere 250°C	Debit aer de ardere	Volum de apă în cazan	Coș de fum
	Termica	În focar		l	L	h	Ieșire apă caldă	Alimentare cazan	Recirc. de siguranță					
	kcal	kcal	bar	mm	mm	mm	DN	DN	DN	kg/h	mc/h	mc/h	litri	mm
MTN														
C2000	4000000	5000000	2	1900	6680	3400	250	250	125	1470	24000	10950	11600	500

Alimentarea cazanului cu apă (recirculare) este realizată prin intermediul a două pompe Grundfos NB 80-160/151 A-F2-A-E-BAQE (una în funcțiune, cealaltă rezervă), cu $Q_n = 180,9 \text{ m}^3/\text{h}$ și $H = 21,5 \text{ m}$, având presiunea și temperatura maximă de lucru de $16/120 \text{ bar}^\circ\text{C}$.

CAP. 2. BREVIAR DE CALCUL

Modelele matematice pentru realizarea bilanțurilor energetice au la bază principiul conservării energiei. În acest sens, se definește mulțimea mărimilor de intrare, a mărimilor de ieșire și se calculează pierderile în conturul de bilanț.

2.1. Breviar de calcul termic pentru cazanul de apă caldă

Ecuția de bază a calculelor de bilanț este de forma generală:

$$\sum Q_i = \sum Q_e \quad (2.1)$$

unde:

- $\sum Q_i$ este suma cantităților de căldură de la intrarea conturului;
- $\sum Q_e$ este suma cantităților de căldură de la ieșirea conturului.

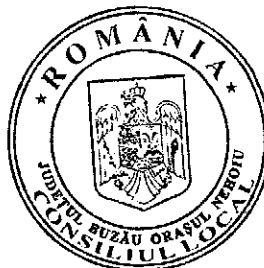
Pentru realizarea bilanțului cazanului, au fost efectuate măsurători specifice pentru regimul de funcționare în sarcină. Pentru acest regim s-au efectuat următoarele măsurători:

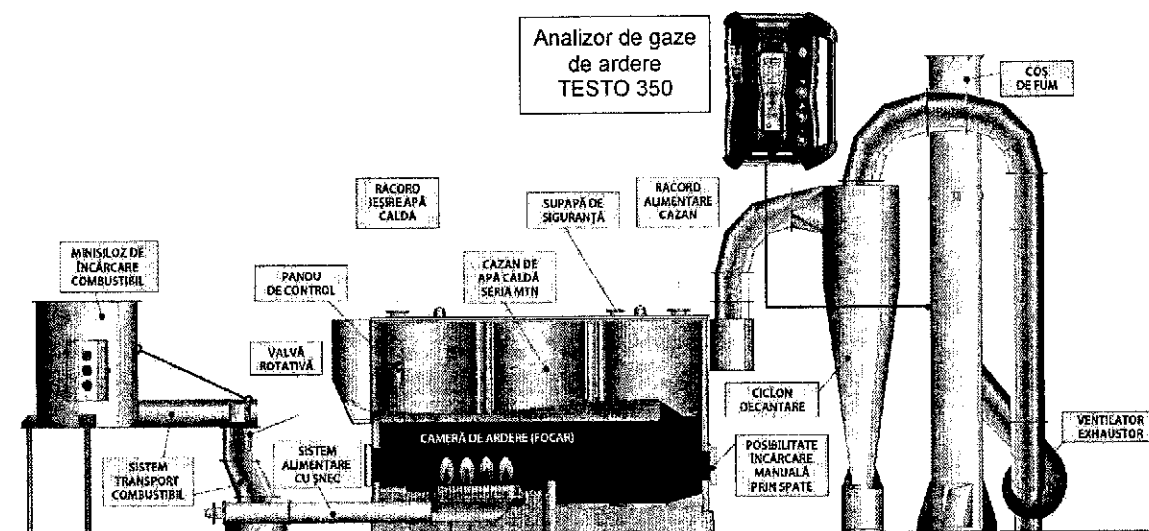
- analiza gazelor de ardere;
- consumul de combustibil;
- inspecție termografică (cu camera de termoviziune) pentru determinarea temperaturilor pe suprafețele exterioare ale pereților cazanului.

De asemenea, a fost determinată prin cântărire densitatea rumegușului, astfel încât să poată fi calculate cantitățile masice de combustibil consumate anual de cazan (rumegușul este achiziționat de operator la preț unitar raportat la unitate de volum – mc). S-a determinat o densitate medie a rumegușului de lemn (fag) de 290 kg/mc.

Din analiza rezultatelor măsurătorilor s-a putut aprecia faptul că, pentru regimul de funcționare normală, excesul de aer de ardere și temperatura acestora au valori corespunzătoare celor recomandate de producător sau în literatura de specialitate ($\lambda = 2,08 \dots 2,37$; $t_{ga} = 103 \dots 115^\circ\text{C}$).

Trebuie precizat faptul că, datorită locului în care au fost prelevate probele pentru analiza gazelor de ardere (pe racordul final către coșul de fum, conform schemei din fig. 2.1), au fost înregistrate valori mai mici față de cele de la ieșirea din cazan, după ultima suprafață de schimb de căldură. Între ieșirea din cazan și racordul la coșul de fum, pe traseul de evacuare a gazelor de ardere, acestea străbat sistemul de filtre pentru reținerea particulelor în suspensie, astfel încât pierd o parte din căldură și sunt evacuate la coș cu temperaturi mai mici (cca $70 \dots 80^\circ\text{C}$). Temperaturile la ieșirea din cazan au fost măsurate cu camera de termoviziune pe suprafața exterioară a tubulaturii de evacuare.




Fig. 2.1 Schema de prelevare și analiză gaze de ardere cu analizorul TESTO 350

În vederea întocmirii bilanțului termooenergetic real, s-a considerat un contur de bilanț delimitat de: pompa de alimentare cu apă a cazanului, ieșirea agentului termic – apă caldă, racordul de evacuare a gazelor de ardere la coșul de fum, ventilatorul/ventilatoarele de introducere a aerului de ardere, gura de alimentare cu combustibil (sistem automat cu buncăr de încărcare și șneac).

Pentru acest contur s-au determinat mărimile de intrare și de ieșire în/din conturul de bilanț, precum și componentele utile și de pierderi ale bilanțului real.

2.1.1 Calculul fluxurilor termice la intrare

Fluxurile termice intrate în cazan sunt reprezentate de:

- **Căldura introdusă cu combustibilul:**

$$Q_c = B \cdot q \text{ [kJ/h]} \quad (2.2)$$

unde B este consumul de combustibil [kg/h], iar q este puterea calorifică a combustibilului [kJ/kg].

Puterea calorifică a combustibilului s-a determinat pornind de la valoarea acesteia pentru starea anhidră (umiditate = 0%), în funcție de compoziția biomasei (rumeguș de fag, respectiv coji de semințe de floarea soarelui), precum și în acord cu precizările din literatura de specialitate și prevederile din *ORDINUL nr. 1534 din 28 iulie 2016 privind aprobarea Procedurii de emitere a certificatelor de origine pentru biomasa provenită din silvicultură și industriile conexe – Anexa nr. 7* (Emitent: Ministerul Mediului, Apelor și Pădurilor), așa cum este prezentat în extrasul de mai jos.

PUTEREA CALORIFICĂ

a lemnului, a rumegușului, a deșeurilor de prelucrare și a tocăturii de lemn, pe specii, pentru biomasa provenită din silvicultură și industriile conexe

Specia forestieră	Puterea calorifică la umiditatea de:								
	0%			15%			30%		
	MJ/kg	kcal/kg	kWh/kg	MJ/kg	kcal/kg	kWh/kg	MJ/kg	kcal/kg	kWh/kg
RĂȘINOASE									

Brad	19,485	4654	5,412	15,449	3690	4,291	x	x	x
Larice	16,982	4056	4,716	14,863	3550	4,128	13,44	3210	3,733
Molid	19,661	4696	5,460	15,596	3725	4,331	14,235	3400	3,953
Pin	21,210	5066	5,891	16,957	4050	4,709	15,324	3660	4,256
FOIOASE									
Anin negru	18,07	4316	5,019	14,214	3395	3,948	x	x	x
Carpen	17,007	4062	4,723	13,314	3180	3,698	x	x	x
Fag	18,815	4494	5,225	14,842	3545	4,122	12,56	3000	3,488
Frasin	17,815	4255	4,948	13,984	3340	3,884	x	x	x
Mesteacăn	19,49	4655	5,413	15,428	3685	4,285	13,607	3250	3,779
Plop negru	17,262	4123	4,794	13,523	3230	3,756	x	x	x
Salcie albă	17,853	4264	4,958	13,649	3260	3,791	x	x	x
Salcâm	18,954	4527	5,264	14,968	3575	4,157	x	x	x
Stejar	18,38	4390	5,105	14,444	3450	4,012	13,565	3240	3,767
Paltin	x	x	x	13,733	3280	3,814	x	x	x
Ulm	x	x	x	14,696	3510	4,081	x	x	x

Pentru rumegușul de fag s-a considerat o umiditate medie de 40%, iar pentru cojile de floarea soarelui 10%. În raport cu acestea, s-au determinat puterile calorifice medii ale combustibililor utilizați, în kcal/kg de masă combustibilă introdusă în cazan, și anume:

Tab. 2.1 Puteri calorifice inferioare ale combustibililor utilizați

<i>W rumeguș</i>	<i>40,0%</i>	
<i>Pci rumeguș uscat</i>	<i>4494,0</i>	<i>Kcal/Kg</i>
<i>Pci rumeguș umed</i>	<i>2696,4</i>	<i>Kcal/Kg</i>
<i>W coji floarea soarelui</i>	<i>10,0%</i>	
<i>Pci coji fl. soarelui uscate</i>	<i>4545,0</i>	<i>Kcal/Kg</i>
<i>Pci coji fl. soarelui umede</i>	<i>4090,5</i>	<i>Kcal/Kg</i>

Conform cercetărilor mai recente, cea mai mare putere calorică inferioară pentru produsele energetice din cereale este obținută pentru brichetele din floare-soarelui: 17070-17370 kJ/kg (4083,7 – 4155,5 kcal/kg), care au și un conținut scăzut de umiditate (5,9 – 6,2%)¹.

➤ **Căldura introdusă cu aerul de ardere:**

$$Q_a = V_a^r \cdot i_a \text{ [kJ/h]} \quad (2.3)$$

unde i_a este entalpia aerului la intrarea în cazan, funcție de temperatură, în kJ/Nm³, iar V_a^r este debitul real de aer de ardere, în Nm³/h.

Volumul real de aer de ardere se determină funcție de volumul teoretic de aer de ardere și de coeficientul de exces de aer.

Volumul teoretic de aer de ardere rezultă din ecuația stoichiometrică a arderii combustibilului; această ecuație este funcție de compoziția combustibilului. Volumul real de aer de ardere se obține înmulțind volumul teoretic cu coeficientul de exces de aer:

$$V_a^r = \alpha \cdot V_a^0 \text{ [Nm}^3\text{/h]} \quad (2.4)$$

¹ EVALUAREA ȘI MĂRIREA PUTERII CALORICE A BIOMASEI LEMNOASE, Universitatea Transilvania din Brașov Școala Doctorală Interdisciplinară, Departament: Prelucrarea Lemnului și Designul Produselor din Lemn

În general, este foarte dificil de stabilit ecuația de ardere stoechiometrică a biomasei datorită posibilităților reduse de determinare a compoziției chimice a acesteia. Conform literaturii de specialitate și a unor studii publicate în domeniul arderii biomasei², excesul de aer de ardere și volumul specific de gaze de ardere, pentru biomasa, se situează în jurul următoarelor valori:

Tab. 2.2 Excesul de aer de ardere și volumul gazelor de ardere rezultate la arderea biomasei

Combustibil:		RUMEGUS LEMN		COJI SEMINȚE	
Regimul		NOMINAL	SARCINĂ	NOMINAL	SARCINĂ
Temperatura la cos	°C	250	220	220	180
Exces de aer	-	1,9	2,2	2,1	2,4
Volum specific de gaze de ardere	Nmc/kg comb	8,33	10,10	9,78	14,27

➤ **Căldura introdusă cu apa de alimentare** a cazanului

$$Q_w = D_{al} \cdot i_{al} \text{ [kJ/h]} \quad (2.5)$$

unde D_{al} este debitul de apă de alimentare a cazanului, în [kg/h], iar i_{al} este entalpia apei de alimentare a cazanului, în [kJ/kg].

Entalpia apei de alimentare se stabilește conform tabelor din literatura de specialitate, funcție de temperatură și presiune.

2.1.2 Calculul fluxurilor termice la ieșire

Fluxurile termice de la ieșire sunt reprezentate de:

➤ **Căldura conținută de apa caldă livrată:**

$$Q_{ac} = D_{al} \cdot i_{ac} \text{ [kJ/h]} \quad (2.6)$$

unde i_{ac} este entalpia apei calde la ieșirea din cazan, în kJ/kg, determinată din tabele, funcție de presiune și temperatură.

➤ **Căldura pierdută;** aceasta are mai multe componente, și anume:

❖ **Pierderi de căldură determinate de căldura conținută de gazele de ardere** la ieșirea din cazan; aceste pierderi au, la rândul lor, două componente: pierderile propriu-zise cu gazele de ardere și pierderile cu vaporii de apă rezultați din apa conținută de combustibil.

a. Pierderile propriu-zise cu gazele de ardere se determină cu relația:

$$Q_{gu} = V_{gu} \cdot i_{gu} \text{ [kJ/h]} \quad (2.7)$$

Volumul real de gaze de ardere, V_{gu} , se determină funcție de volumul real de aer de ardere și compoziția gazelor de ardere, dependentă, la rândul ei, de compoziția combustibilului.

Entalpia gazelor de ardere se determină funcție de compoziția acestora, temperatura de evacuare și căldurile specifice ale fiecărei componente; toate căldurile specifice se determină la temperatura gazelor de ardere, t_{ga} , iar căldura latentă se determină pentru presiunea de 1 bar.

² Analiza energetică și funcțională pentru situația folosirii peletilor din deșeuri de materii celulozice la cazane*, BNC București – Facultatea de Inginerie a Instalațiilor

*Lucrare inclusă în programul conferinței "Romanian Conference on Energy Performance of Buildings (BCEPB 2013)"

În tab. 2.3 se prezintă căldurile specifice ale principalelor componente din gazele de ardere, funcție de temperatură.

Tab. 2.3 Călduri specifice ale compuşilor gazelor de ardere

Componentă	Căldura specifică, [kJ/Nm ³ ·°C]	
	t = 100 °C	t = 200 °C
Bioxid de carbon	1,7105	1,7932
Azot	1,2941	1,2983
Vapori de apă	1,5031	1,5194
Oxigen	1,4275	1,4476

b. Pierderi cu vaporii de apă se determină cu relația:

$$Q_{vap} = M_{vap} \cdot i_{vap} \quad (2.8)$$

unde M_{vap} este masa vaporilor, în kg, iar i_{vap} este entalpia lor, în [kJ/kg], funcție de temperatura gazelor de ardere la coș.

❖ **Pierderile de căldură prin pereți**

Acestea sunt reprezentate de pierderile prin convecție și radiație.

a. Pierderi de căldură prin convecție

Transmisia căldurii de la pereți spre aerul ambiant se realizează, în principal, prin convecție naturală în spațiu nelimitat. Pentru a determina căldura schimbată cu aerul ambiant, suprafața exterioară se împarte în suprafețe de egală temperatură și cu aceeași așezare (orizontale sau verticale); atunci, căldura care se transmite prin convecție se determină cu relația:

$$Q_{pc} = \tau \cdot \sum_{j=1}^n S_j \cdot \alpha_j \cdot (t_{pj} - t_a) \quad (2.9)$$

unde:

τ – intervalul de timp considerat;

n – numărul suprafețelor elementare;

S_j – aria suprafeței elementare indice „j”;

t_{pj} – temperatura exterioară a suprafeței elementare indice „j”;

t_a – temperatura aerului ambiant;

α_j – coeficientul de transmitere a căldurii prin convecție, determinat din numărul lui Nusselt,

cu relația:

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} \quad (2.10)$$

unde:

l – dimensiunea geometrică determinantă, care se ia egală cu diametrul, în cazul pereților cilindrici sau sferici, cu înălțimea, în cazul pereților plani verticali și cu latura cea mai mică, în cazul pereților plani orizontali;

λ – coeficientul de conductibilitate termică a aerului, determinat funcție de temperatura medie:

$$t_m = 0,5 \cdot (t_p + t_a) \quad (2.11)$$

La rândul lui, numărul lui Nusselt se determină din relația specifică convecției naturale în spațiu nelimitat:



$$Nu = C \cdot (Gr \cdot Pr)^n \quad (2.12)$$

unde valorile lui C și n se determină funcție de produsul $(Gr \cdot Pr)$, conform tabelului 2.2, iar:

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot l^3 \cdot (t_p - t_a)}{\nu^2} \quad (2.13)$$

unde:

Gr - numărul lui Grasshoff, mărime adimensională;

Pr - numărul lui Prandtl, mărime adimensională, determinată pentru aer, funcție de temperatura lui medie;

β - coeficientul de dilatare volumică al aerului;

g - accelerația gravitațională;

ν - vâscozitatea cinematică a aerului.

Toate mărimile fizice care intervin în relațiile anterioare se determină funcție de temperatura medie.

Tab. 2.2. Valorile lui C și n

$Gr \cdot Pr$	C	n
$0 \leq Gr \cdot Pr \leq 10^{-3}$	0,5	0
$10^{-3} \leq Gr \cdot Pr \leq 500$	1,18	1 / 8
$500 \leq Gr \cdot Pr \leq 2 \cdot 10^7$	0,54	1 / 4
$2 \cdot 10^7 \leq Gr \cdot Pr \leq 10^{13}$	0,135	1 / 3

b. Pierderi de căldură prin radiație se determină cu relația:

$$Q_{pr} = \varepsilon \cdot C_0 \cdot S \cdot \left[\left(\frac{T_p}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_a}{100} \right)^4 \right] \cdot 3,6 \text{ [kJ/h]} \quad (2.14)$$

unde:

C_0 – coeficientul de radiație al corpului negru absolut, $C_0 = 5,76 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$;

ε – factorul energetic de emisie al corpului radiant;

T_p – temperatura absolută a suprafeței exterioare;

T_a – temperatura absolută a aerului ambiant.

Rezultă astfel *pierderile totale de căldură prin pereții cazanului*:

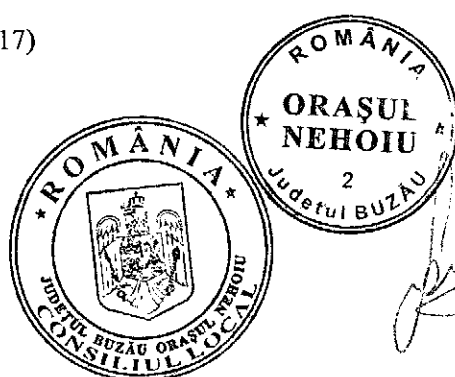
$$Q_p = Q_{pc} + Q_{pr} \quad (2.15)$$

În final, se calculează *randamentul brut* al cazanului:

$$\eta_c = \frac{Q_{ac}}{Q_c + Q_a + Q_w} \quad (2.16)$$

și *randamentul de utilizare a căldurii* combustibilului:

$$\eta_B = \frac{Q_{ac} - Q_w}{Q_c} \quad (2.17)$$



2.2. Breviar de calcul pentru pierderile tehnologice pe conductele de apă caldă

2.2.1 Expresia generală a pierderii de căldură

Expresia generală a pierderii de căldură în conductele pentru transportul apei calde este:

$$\Delta Q = q(1 + \beta)L = \frac{t_a - t_0}{R}(1 + \beta)L, [W] \quad (2.18)$$

unde:

q – este pierderea specifică de căldură, în [W/m];

t_a – temperatura apei din conductă, în [°C];

t_0 – temperatura mediului înconjurător, în [°C];

R – rezistența termică la trecerea căldurii, la diferența de temperatură $t_a - t_0$, în [m·h·°C/kcal];

β – coeficient care ia în considerație pierderile de căldură prin armături și elementele de conductă neizolate;

L – lungimea conductei, în [m].

Rezistențele termice care alcătuiesc pe R sunt calculate cu formule generale cunoscute, în care se iau în considerare rezistențele termice de convecție și rezistențele termice de conducție.

Expresia generală a pierderii de căldură capătă forme particulare, în funcție de modul de așezare a conductelor de apă caldă (aerian, în exterior sau în încăperi, în pământ, în canale vizitabile sau nevizitabile, ventilate sau neventilate etc.) aceste forme particulare depinzând în principal de ponderea pe care o are modul de transmitere a căldurii în cazul respectiv, în schimbul total de căldură.

2.2.2 Calculul pierderii de căldură la conductele aeriene

Pentru conducta aeriană neizolată termic, pierderea de căldură se calculează cu relația:

$$\Delta Q = \pi d_c \alpha_e (t_e - t_0)(1 + \beta)L, [W] \quad (2.19)$$

în care:

α_e – este coeficientul de convecție stabilit cu relația empirică :

$$\alpha_e = 8 + 0,04t_e + 6\sqrt{w}, [W/m^2 \cdot ^\circ C] \quad (2.20)$$

t_e – temperatura suprafeței exterioare a conductei, în [°C];

d_c – diametrul exterior al conductei, în [m];

w – viteza aerului, în [m/s]; se poate admite $w \approx 2$ m/s.

În formulă s-a neglijat rezistența termică interioară R_i și rezistența termică a peretelui metalic al conductei R_p , astfel încât $t_a \approx t_e$, însă aceasta pot fi luată în calcul, influența sa fiind însă nesemnificativă, dată fiind valoarea mare a conductivității termice a metalelor.

Pentru conductele izolate cu un singur strat, pierderea de căldură exprimată în relația (2.20) capătă forma:



$$\Delta Q = \frac{t_a - t_o}{R_{iz} + R_e} (1 + \beta)L = \frac{t_a - t_o}{\frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_c} + \frac{1}{\pi d_{iz} \alpha_e}} (1 + \beta)L, [W] \quad (2.21)$$

unde:

R_{iz} - rezistența termică a izolației, în [$m \cdot ^\circ C/W$];

R_e - rezistența termică de convecție de la suprafața conductei la aerul exterior, în [$m \cdot h \cdot ^\circ C/kcal$];

λ_{iz} - coeficientul de conductivitate termică a materialului izolației, în [$W/m \cdot h \cdot ^\circ C$];

d_{iz} - diametrul exterior al conductei izolate, în [m];

Temperatura la suprafața izolației se poate calcula cu relația:

$$t_e = \frac{t_a R_e + t_o R_{iz}}{R_e + R_{iz}}, [^\circ C] \quad (2.22)$$

În cazul izolației formate din mai multe straturi, în formulă trebuie introduse rezistențele termice ale acestora. Pentru calculul pierderilor de căldură pe tronsoanele de conducte preizolate pozate aerian, unde au fost incluse în calcul rezistențele tuturor straturilor de material ale conductei, situate pe direcția fluxului termic de la interior (t_a) la exterior (t_o), respectiv:

- R_p , rezistența termică a peretelui conductei;
- R_{iz} , rezistența termică a materialului izolației termice;
- R_{sp} , rezistența termică a materialului stratului de protecție;
- R_e , rezistența termică de convecție de la suprafața stratului de protecție.

care se determină cu următoarele relații de calcul:

$$R_p = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{d_c}{d_{int}}, [m \cdot ^\circ C/W] \quad (2.23); \quad R_{iz} = \frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_c}, [m \cdot ^\circ C/W] \quad (2.24);$$

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_{sp}} \ln \frac{d_{sp}}{d_{iz}}, [m \cdot ^\circ C/W] \quad (2.25); \quad R_e = \frac{1}{\pi d_{sp} \alpha_e}, [m \cdot ^\circ C/W] \quad (2.26).$$

unde:

λ_p - este coeficientul de conductivitate termică al peretelui conductei de serviciu, în [$W/m \cdot h \cdot ^\circ C$];

λ_{iz} - este coeficientul de conductivitate termică al materialului izolației, în [$W/m \cdot h \cdot ^\circ C$];

λ_{sp} - este coeficientul de conductivitate termică al materialului stratului de protecție exterior al conductei, în [$W/m \cdot h \cdot ^\circ C$];

α_e - este coeficientul de convecție la suprafața conductei, în [$W/m^2 \cdot ^\circ C$];

d_{int} - este diametrul interior al conductei termice (D_n), în [m];

d_c - este diametrul exterior al conductei termice (D_e), în [m];

d_{iz} - este diametrul exterior al stratului de izolație al conductei, în [m];

d_{sp} - este diametrul exterior al stratului de protecție al conductei, în [m].

Relația (2.21) capătă forma finală (utilizată în calculele pierderilor pentru tronsoanele de conductă aeriene din prezenta lucrare):

$$\Delta Q = \frac{t_a - t_o}{R_p + R_{iz} + R_{sp} + R_e} (1 + \beta)L = \frac{t_a - t_o}{\frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{d_c}{d_{int}} + \frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_c} + \frac{1}{2\pi\lambda_{sp}} \ln \frac{d_{sp}}{d_{iz}} + \frac{1}{\pi d_{sp} \alpha_e}} (1 + \beta)L \quad (2.27)$$

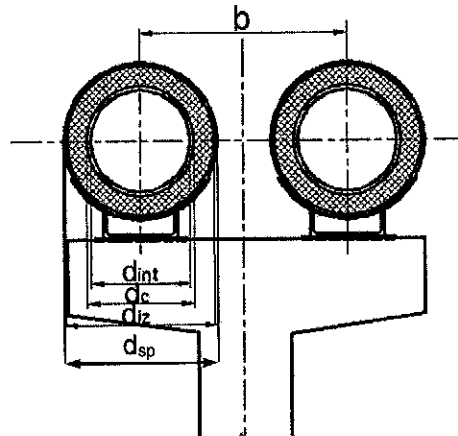


Fig. 2.2. Secțiune transversală de conducte preizolate pozate aerian

2.2.3 Calculul pierderii de căldură la conductele subterane

Calculul pierderilor de căldură pentru conductele subterane de apă caldă montate în canale termice din beton se poate efectua în mai multe moduri, în funcție de parametrii de calcul care se cunosc sau care pot fi determinați ori obținuți prin calcul. În general, pierderea specifică de căldură în cazul acestor conducte se determină cu o relație generală de forma:

$$q = \frac{t_a - t_0}{R} = \frac{t_a - t_0}{R_{iz} + R_e + R'_{can} + R_{can} + R_{sol}}, \text{ [W/m]} \quad (2.28)$$

unde:

$$R_{iz} = \frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_c}; R_e = \frac{1}{\pi d_{iz} \alpha_e}; R'_{can} = \frac{1}{\pi D^e \alpha_e}; R_{can} = \frac{1}{2\pi\lambda_{can}} \ln \frac{D_e^e}{D_i^e}; \quad (2.29)$$

$$R_{sol} = \frac{1}{2\pi\lambda_{sol}} \ln \frac{4h}{D_e^e}, \text{ dacă } \frac{h}{D_e^e} \geq 2,5 \text{ sau } R_{sol} = \frac{1}{2\pi\lambda_{sol}} \ln \left(\frac{2h_{tr}}{D_e^e} + \sqrt{\left(\frac{2h_{tr}}{D_e^e} \right)^2 - 1} \right), \text{ dacă } \frac{h}{D_e^e} > 2,5 \quad (2.30)$$

$$\text{unde } h_{tr} = h + \frac{\lambda_{sol}}{\alpha_{s-a}}$$

Semnificațiile notațiilor care apar în plus față de relațiile anterioare sunt:

R'_{can} - rezistența termică interioară a canalului, în $[\text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}]$;

R_{can} - rezistența termică de conducție a canalului, în $[\text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}]$;

R_{sol} - rezistența termică a solului, în $[\text{m} \cdot ^\circ\text{C}/\text{W}]$;

D_i^e, D_e^e - diametrul echivalent interior, respectiv exterior al canalului, în $[\text{m}]$, calculat pentru

secțiunile necirculare cu relația:

$$D^e = \frac{4S}{P} \text{ [m]} \quad (2.31)$$

S - secțiunea transversală, în $[\text{m}^2]$;

P - perimetrul secțiunii, în $[\text{m}]$;

h_{tr} - adâncimea transformată de așezare a canalului (adâncimea echivalentă), în $[\text{m}]$;

α_{s-a} - coeficientul de convecție de la suprafața solului la aerul înconjurător, în $[\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}]$

se poate considera pentru coeficientul de convecție $\alpha_e = 7...10$ [W/m²·°C].

Conductivitatea termică a solului λ_{sol} depinde de natura, umiditatea și temperatura terenului. În tab. 2.3 se indică o serie de valori pentru λ_{sol} .

În calculele uzuale, folosite în situațiile în care nu se cunosc cu exactitate și în totalitate dimensiunile de execuție ale canalelor termice, se utilizează o expresie similară cu cea din relația (2.25), în care R_e este rezistența termică de convecție de la suprafața conductei la aerul din canal/subsol, în m²·°C/W, iar $t_0 = t_c$ reprezintă temperatura aerului din canalul termic, care poate fi stabilită cu relații de forma (2.29) și (2.31), sau poate fi determinată ca valoare medie pe baza măsurătorilor.

Temperatura aerului din canal se calculează ținând seama de faptul ca în regim stabilizat, căldură cedată de conductă aerului din canal este egală cu căldura pierdută de canal în terenul înconjurător, adică $(1 + \beta)q_1 = q_{can}$, sau:

$$(1 + \beta) \frac{t_a - t_c}{R_1} = \frac{t_c - t_0}{R_0}, \text{ de unde } t_c = \frac{\frac{t_a}{R_1} + \frac{t_0}{(1 + \beta)R_0}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{(1 + \beta)R_0}} \text{ [}^\circ\text{C]}, \quad (2.32)$$

în care:

t_c este temperatura aerului din canal, în [°C];

t_0 este temperatura aerului din mediul înconjurător, în [°C];

β - coeficientul pierderilor suplimentare de căldură;

$R_1 = R_{iz} + R_e$ este rezistența termică totală a conductei, între temperaturile t_a și t_0 , în [m²·h·°C/kcal];

$R_0 = R'_{can} + R_{can} + R_{sol}$ este rezistența termică totală a canalului, între temperaturile t_c și t_0 , în [m²·h·°C/kcal].

În general, temperatura aerului din canalele termice nevizitabile, în care sunt amplasate conducte de apă caldă cu temperaturi între 50°C - 80°C, atinge valori cuprinse între 15°C - 30°C în perioada sezonului rece, respectiv între 20°C - 35°C, în perioada sezonului cald, în funcție de adâncimea canalului termic, temperaturile de livrare a agentului termic, precum și de gradul de uzură al izolației termice.

În cazul mai multor conducte montate în canale subterane, nevizitabile și neventilate, apare influența termică reciprocă a conductelor, datorită temperaturilor diferite ale agenților termici transportați. Pentru a putea calcula pierderile de căldură, trebuie să se determine temperatura aerului din canal t_c . Deoarece suma pierderilor de căldură ale tuturor conductelor este egală cu cantitatea de căldură cedată de canalul terenului, se poate scrie:

$$(1 + \beta)(q_1 + q_2 + \dots + q_n) = q_{can} \text{ sau } \frac{t_1 - t_c}{R_1} + \frac{t_2 - t_c}{R_2} + \dots + \frac{t_n - t_c}{R_n} = \frac{t_c - t_0}{(1 + \beta)R_0} \quad (2.33)$$

de unde se obține expresia temperaturii aerului din canal.

$$t_c = \frac{\frac{t_1}{R_1} + \frac{t_2}{R_2} + \dots + \frac{t_n}{R_n} + \frac{t_0}{(1+\beta)R_0}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n} + \frac{1}{(1+\beta)R_0}} \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2.34)$$

unde:

t_1, t_2, \dots, t_n sunt temperaturile agenților termici transportați, în $[\text{}^\circ\text{C}]$;

R_1, R_2, \dots, R_n – rezistențele termice totale ale conductelor între temperatura agentului termic și temperatura aerului din canal, în $[\text{m} \cdot \text{}^\circ\text{C}/\text{W}]$.

R_0 și t_0 au aceeași semnificație ca în relația (2.32).

Cunoscând temperatura t_c , pierderea totală de căldură pentru fiecare conductă va fi:

$$\Delta Q_i = q_i(1+\beta)L = \frac{t_i - t_c}{R_i}(1+\beta)L \text{ [W]}, \text{ unde } i = 1, 2, \dots, n \quad (2.35)$$

2.2.4 Calculul pierderii de căldură la conductele preizolate așezate în pământ

Determinarea pierderii de căldură a unei conducte preizolate montate îngropat în pământ se face cu ajutorul relației generale:

$$\Delta Q = q(1+\beta)L = \frac{t_a - t_0}{R_p + R_{iz} + R_{sp} + R_{sol}}(1+\beta)L \text{ [W/h]}, \quad (2.36)$$

unde R_p, R_{iz}, R_{sp} și R_{sol} sunt date de expresiile (2.23), (2.24), (2.25), respectiv (2.30) – expresia lui R_{sol} , în care se înlocuiește D_e^e cu d_{sp} . Rezistența termică la trecerea căldurii de la suprafața terenului la aer se neglijează.

Conductivitatea termică a solului λ_{sol} depinde de natura, umiditatea și temperatura terenului. În tab. 2.3 sunt indicate o serie de valori pentru λ_{sol} . În calculul pierderilor de căldură pe rețelele de distribuție agent termic, s-au stabilit valori medii pentru λ_{sol} în intervalul 0,9...1,2 $[\text{W}/\text{m} \cdot \text{}^\circ\text{C}]$, ținând cont de compoziția straturilor de deasupra conductelor, pe traseul acestora de la centrala termică la consumatori (pământ, pat de nisip, pietriș etc.), precum și de tipul de sol predominant pentru regiunea analizată (soluri uscate spre semiumed, unde $\lambda_{sol} = 0,5 \dots 1,0 \text{ W}/\text{m} \cdot \text{}^\circ\text{C}$).

Tab. 2.3. Conductivitatea termică a solului λ_{sol}

Tipul terenului	λ_{sol} , $[\text{W}/\text{m} \cdot \text{}^\circ\text{C}]$
Soluri nisipos-argiloase și argiloase	0,7...1,7
Soluri stâncoase	1,8...2,8
Soluri foarte umede	2,0
Soluri umede	1,5
Soluri cu umiditate mijlocie	1,0
Soluri uscate	0,5
Soluri pentru care nu se cunosc date	1,5

În cazul montării mai multor conducte îngropate în pământ fără canal, în literatura de specialitate se recomandă să se ia în considerare influența termică reciprocă a acestora. În general, această situație trebuie avută în vedere în cazul montării în același loc a mai multor conducte, cu

temperaturi diferite de lucru, astfel încât poate să apară un transfer de căldură, prin sol, de la fluidul mai cald la cel mai rece.

În situațiile analizate în prezenta lucrare, conductele montate în același canal (în pat de nisip) au temperaturi de regim de funcționare apropiate ($\Delta t_{\max} < 15^{\circ}\text{C}$), iar modul de amplasare al acestora determină influențe minime între agenții termici transportați. Astfel, în calcule s-a neglijat rezistența termică convențională, definită în literatură pentru situații de acest fel, expresia pierderilor de căldură utilizată în calcule fiind cea din relația (2.36), în care au fost determinate, pentru fiecare tronson de conductă, următoarele rezistențe de transfer:

$$R_p = \frac{1}{2\pi\lambda_p} \ln \frac{d_c}{d_{\text{int}}}; \quad (2.37); \quad R_{iz} = \frac{1}{2\pi\lambda_{iz}} \ln \frac{d_{iz}}{d_c}; \quad (2.38);$$

$$R_{sp} = \frac{1}{2\pi\lambda_{sp}} \ln \frac{d_{sp}}{d_{iz}}; \quad (2.39); \quad R_{sol} = \frac{1}{2\pi\lambda_{sol}} \ln \frac{4h}{d_{sp}}; \quad (2.40)$$

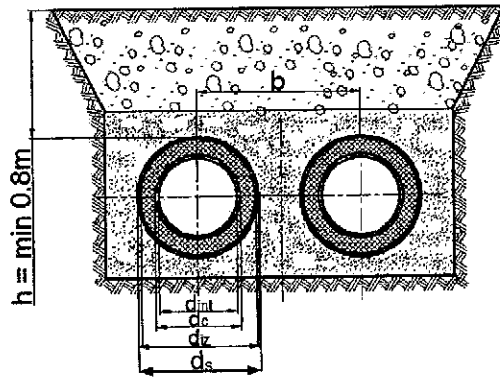


Fig. 2.3. Secțiune transversală de conducte preizolate așezate în pământ

CAP. 3. APARATE DE MĂSURĂ UTILIZATE

Pentru efectuarea măsurătorilor specifice necesare întocmirii bilanțurilor reale, auditorul a utilizat o serie de aparate de măsură, prezentate în sub-capitolele următoare.

3.1. Camera de termografie ThermaCAM™ E45 – FLIR SYSTEMS

Energia termică sau energia emisă în spectrul infraroșu este similară luminii, însă nu este vizibilă deoarece lungimea sa de undă este prea mare pentru a putea fi percepută de ochiul uman. Spre deosebire de lumina vizibilă, în spectrul infraroșu orice obiect care are o temperatură mai mare decât 0° K (-273,15° C) emite căldură. Cu cât un obiect este mai cald, cu atât energia emisă sub formă de radiație infraroșie este mai mare.

Termografia în infraroșu (IR) sau termoviziunea este o metodă modernă de vizualizare a distribuției temperaturilor la suprafața corpurilor și de măsurare a acestor temperaturi.

Camera de termoviziune ThermaCAM™ E45 (fig. 3.1) este un instrument de mare precizie care funcționează pe baza acestei metode, fiind dotată cu un detector tip senzor IR (infrared) de foarte mare precizie și sensibilitate.

Cu ajutorul acestei camere se poate măsura, genera și stoca imaginea termică a radiației în infraroșu emisă de un corp. Radiația măsurată de cameră depinde de temperatura obiectului, de emisivitatea acestuia, de condițiile atmosferice, de distanța dintre obiectul măsurat și cameră și de umiditatea relativă a mediului în care sunt făcute măsurătorile.

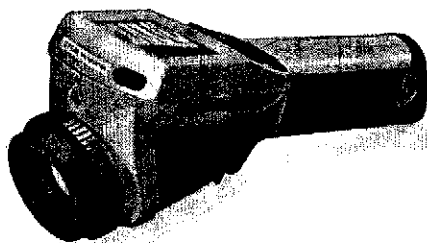


Fig. 3.1. Camera de termoviziune ThermaCAM™ E45

Cel mai important parametru care afectează acuratețea unei termografii de precizie este emisivitatea obiectului. Emisivitatea (sau emitanța) este o măsură a capacității obiectului de a absorbi, transmite și emite energie în spectrul infraroșu. Valoarea emisivității este cuprinsă în intervalul [0 – 1], valorile extreme fiind pentru oglinda perfectă (0), respectiv corpul negru (1).

Stabilirea corectă a emisivității este foarte importantă, fiind un factor hotărâtor în determinarea cu exactitate a temperaturii obiectului măsurat. În tabelul 3.1 sunt prezentate câteva valori ale factorului de emisivitate pentru suprafețe uzuale.

Tab. 3.1. Coeficienți de emisivitate

Nr. crt.	Tip material	Factor emisivitate
1	Corp negru	1
2	Pielea umană	0,98
3	Vopsea neagră mată	0,95
4	Negru de fum	0,95
5	Apă	0,95
6	Lemn	0,8...0,92
7	Zidărie	0,85...0,95
8	Șamotă	0,85...0,95
9	Cauciuc	0,85...0,95
10	Materiale plastice	0,85...0,95
11	Porțelan	0,85...0,95
12	Ceramică	0,85...0,95
13	Hârtie	0,85...0,95
14	Ipsos	0,85...0,95
15	Vopsele pe bază de ulei	0,85...0,95
16	Bitum	0,85
17	Textile	0,75...0,95
18	Grafit	0,75...0,92
19	Ciment	0,9
20	Sticlă	0,8
21	Cuarț	0,8

Un alt parametru important îl constituie temperatura ambientală, dar și viteza vântului. Camera poate măsura temperaturi în plaja de valori de la -20°C la $+900^{\circ}\text{C}$ și a fost utilizată pentru determinarea pierderilor de căldură prin pereții agregatelor termoenergetice.

Măsurătorile efectuate și înregistrate în memoria camerei sunt ulterior descărcate pe un computer și, utilizând soft-ul specializat de analiză termografică *ThermaCam Reporter 7.0*, se întocmește raportul de termografie cu analiza individuală a termogramelor pentru stabilirea temperaturilor medii, maxime, minime etc, iar pe baza acestora se localizează pierderile de căldură prin pereții exteriori ai echipamentului și valorii acestora.

3.2. Analizorul de gaze multifuncțional TESTO 350

Analizorul de gaze **TESTO 350** (fig. 3.2) Analizorul portabil de gaze de ardere testo 350 este instrumentul ideal pentru analiza profesională a gazelor de ardere. Unitatea de control detașabilă este și unitatea de afișare a valorilor pentru analizorul testo 350. Valorile măsurate pot fi vizualizate pe afișajul color al acestuia.

Datorită memoriei interne, valorile măsurate pot fi transferate de la unitatea de analiză către unitatea de control. Dacă este necesar, cu o singură unitate de control pot fi operate mai multe unități de analiză. Practic, unitatea de analiză conține tehnologia de măsurare a analizorului.

Date tehnice pentru unitatea de control TESTO 350:



Unitatea de control testo 350

	testo 350 unitate de control	Unitate de țesire analogică
Temp. de operare	-5 la +45 °C	-5 to +45 °C
Temp. de păstrare	-20 la +50 °C	-20 to +50 °C
Tip baterie	Baterie cu litiu	-
Durata de viață a bateriei	5 h (fără conexiune wireless)	-
Memorie	2 MB (250,000 valori măsurate)	-
Greutate	440 g	305 g
Dimensiuni	88 x 36 x 220 mm	200 x 89 x 37 mm
Clasa de protecție	IP40	-
Garanția	2 ani	3 ani

Date tehnice pentru unitatea de control testo 350

	Interval de măsurare	Exactitate ±1 cifră	Rezoluție	Țimp de răspuns t ₉₀
Măsurare O ₂	0 la +25 Vol. % O ₂	±0.8% din domeniu (0 la +25 Vol. % O ₂)	0.01 Vol. % O ₂ (0 to +25 Vol. % O ₂)	20 s (t ₉₀)
Măsurare CO (H ₂ compensat)*	0 la +10.000 ppm CO	±5% din v.m (+200 la +2.000 ppm CO) ±10% din val. măs. (+2.001 la +10.000 ppm CO) ±10 ppm CO (0 la +199 ppm CO)	1 ppm CO (0 to +10.000 ppm CO)	40 s
Măsurare CO _{low} (H ₂ compensat)*	0 la 500 ppm CO	±5% din val. măs. (+40 la +500 ppm CO) ±2% ppm CO (0 la +39.9 ppm CO)	0.1 ppm CO (0 to +500 ppm CO)	40 s
Măsurare NO	0 la +4.000 ppm NO	±5% din val. măs. (+100 la +1.999 ppm NO) ±10% din val. măs. (+2.000 la +4.000 ppm NO) ±5 ppm NO (0 la +99 ppm NO)	±1 ppm NO (0 to +4.000 ppm NO)	30 s
Măsurare NO _{low}	0 la +300 ppm NO	±5% din val. măs. (+40 la +300 ppm NO) ±2 ppm NO (0 la +39.9 ppm NO)	±0.1 ppm NO (0 to +300 ppm NO)	30 s
Măsurare NO ₂	0 la +500 ppm NO ₂	±5% din val. măs. (+100 la +500 ppm NO ₂) ±5 ppm NO ₂ (0 la +99.9 ppm NO ₂)	±0.1 ppm NO ₂ (0 to +500 ppm NO ₂)	40 s
Măsurare SO ₂	0 la +5.000 ppm SO ₂	±5% din val. măs. (+100 la +2.000 ppm SO ₂) ±10% din val. măs. (+2.001 la +5.000 ppm SO ₂) ±5 ppm SO ₂ (0 la +99 ppm SO ₂)	±1 ppm SO ₂ (0 to +5.000 ppm SO ₂)	30 s
Măsurare CO ₂ (IR)	0 la +50 Vol. % CO ₂	±0.3 Vol. % CO ₂ + 1% din val. măs. (0 to 25 Vol. % CO ₂) ±0.6 Vol. % CO ₂ + 1.5% din val. măs. (>25 to 50 Vol. % CO ₂)	0.01 Vol. % CO ₂ (0 to 25 Vol. % CO ₂) 0.1 Vol. % CO ₂ (>25 Vol. % CO ₂)	10 s
Măsurare H ₂ S	0 la +300 ppm H ₂ S	±5% din val. măs. (+40 la +300 ppm) ±2 ppm (0 la +39.9 ppm)	0.1 ppm (0 la +300 ppm)	35 s

* H₂ afișat doar ca indicator

Unitatea de analiză testo 350

	Domeniul de măsură	Exactitate ±1 cifră	Rezoluție	Țimp de răspuns t ₉₀
Gradul de eficiență	0 la +120 %		0.1 % (0 la +120 %)	
Pierdere de gaze	0 la +99.9 % qA		0.1 % qA (-20 la +99.9 % qA)	
Calculare CO ₂	0 la CO _{2,max} Vol. % CO ₂	calculat din O ₂ ±0.2 Vol. %	0.01 Vol. % CO ₂	40 s
Presiune diferențială 1	-40 la +40 hPa	±1.5% din val. măs. (-40 ... +3 hPa) ±1.5% din val. măs. (+3 ... +40 hPa) ±0.03 hPa (-2.99 ... +2.99 hPa)	0.01 hPa (-40 la +40 hPa)	
Presiune diferențială 2	-200 la +200 hPa	±1.5% din val. măs. (-200 ... -50 hPa) ±1.5% din val. măs. (+50 ... +200 hPa) ±0.5 hPa (-49.9 ... +49.9 hPa)	0.1 hPa (-200 la +200 hPa)	
Viteză aer	0 la +40 m/s		0.1 m/s (0 la +40 m/s)	
Presiune absolută [opt. la echipare cu senzor IR]	-600 la +1.150 hPa	±10 hPa	1 hPa	
Calcul punct de rouă	0 la 99.9 °C td		0.1 °C td (0 la 99.9 °C td)	
Tip K (NiCr-Ni)	-200 la +1.370 °C	±0.4 °C (-100 ... +200 °C) ±1 °C (-200 ... -100.1 °C) ±1 °C (+200.1 ... +1.370 °C)	0.1 °C (-200 la +1.370 °C)	
Tip S (Pt10Rh-Pt)		±1 °C (0 la +1.760 °C)	0.1 °C (0 la +1.760 °C)	
Sondă pentru temp. ambientală (NTC)	-20 la +50 °C	±0.2 °C (-10 la +50 °C)	0.1 °C (-20 la +50 °C)	

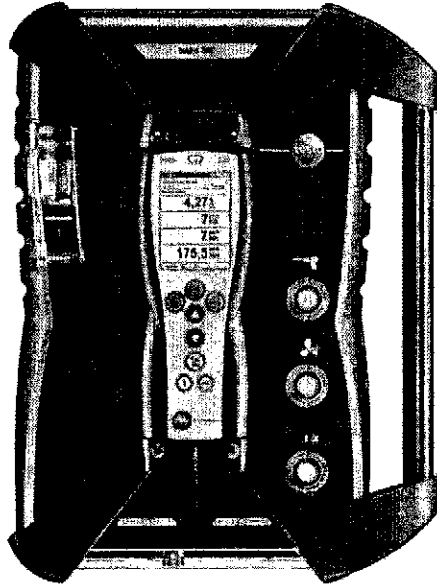


Fig. 3.2. Analizorul de gaze multifuncțional TESTO 350

Afişarea parametrilor analizați se face pe un display color sub forma de tabel de valori instantanee. Datele măsurate pot fi salvate sub formă de raport de analiză și descărcate apoi pe calculator, astfel încât pot fi prelucrate prin intermediul programului dedicat de analiză.

CAP. 4. CALCULUL PIERDERILOR TEHNOLOGICE. BILANȚUL TERMOENERGETIC REAL

În cazul **surselor de producere a agentului termic** (cazanele de apă caldă din CT 1 Spital și CT 2 Primărie), **pierderile tehnologice** pe contururile celor două centrale termice s-au determinat prin elaborarea bilanțurilor termoeenergetice orare și anuale (de sezon) pentru fiecare sursă în parte, datorită diferențelor care apar între condițiile standard pentru care sunt precizate valorile nominale (80%) ale randamentelor de către producător (regim de funcționare continuu, umiditate combustibil 0, diferență de temperatură tur-retur 20°C etc) și condițiile efective de exploatare (**funcționare intermitentă a cazanelor în funcție de consumul de energie termică al consumatorilor finali, umiditate combustibil/rumeguș – minim 40%, pierderi cu nearse și cenușa etc.**).

Pentru întocmirea bilanțurilor reale, s-au efectuat măsurători în teren cu aparatura din dotare, precum și determinări specifice referitoare la densitatea combustibilului (prin cântărire directă), în cazul rumegușului de lemn (**pe care operatorul îl achiziționează în unități de volum**), astfel încât să poată fi stabilită cu precizie puterea calorifică raportată la unitatea de masă, în raport cu valorile din literatura tehnică (unde raportarea se face la unitatea de volum).

Pentru determinarea **pierderilor tehnologice pe rețelele de distribuție** a energiei termice, s-au utilizat expresiile de calcul prezentate în *subcapitolul 2.2 Breviar de calcul termic pentru conductele de apă caldă*.

4.1. Bilanțul termoeenergetic real pe conturul cazanului MTN 2000 (CT 1)

Cazanul de apă caldă SCEAT MTN 2000 (CT 1 Spital) funcționează într-un regim practic constant pe durate relativ mari de timp, astfel încât este justificată întocmirea unui bilanț real pentru un interval de timp de *1 oră*, pentru sarcini caracteristice, urmând ca bilanțul real anual să rezulte din înmulțirea valorilor orare cu duratele anuale de funcționare, corespunzător cantităților totale de combustibil consumate pe durata sezonului de încălzire (valori furnizate de beneficiar).

În tab. 4.1 și 4.2 sunt prezentate mărimile măsurate și calculate pentru cazanul de apă caldă MTN 2000, la regimul de funcționare în sarcină, pentru ambele tipuri de combustibil utilizate.

Tab. 4.1. Mărimi măsurate și calculate pentru cazanul MTN 2000 (CT 1 Spital) – la funcționarea pe rumeguș de lemn (fag)

BILANT REAL CAZAN MTN 2000 - RUMEGUS	ORAR		ANUAL	
	[Gcal]	[%]	[Gcal]	[%]
Regim de încărcare [Gcal]	0,80	100,0	1574,7	100,0
Cantitati de caldura intrate in contur (Gcal) - Cazan MTN 2000	7,93	100,0	1665,5	100,0
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	1,21	15,32	255,1	15,32
Consum de combustibil [kg]	450,5		94598	
Putere calorifică combustibil [kcal/kg]	2696,4		2696,4	

Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,02	0,24	4,0	0,24
Debit de aer de ardere [mc]	3604,0		756784	
Temperatură aer de ardere [grd C]	18,0		18,0	
Entalpie aer de ardere [kcal/mc]	5,2		5,2	
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	6,70	84,45	1406,5	84,45
Debit apă de alimentare - RETUR [kg/h]	100000		20998446	
Temperatură apă alimentare - RETUR [grd C]	67,0		67,0	
Entalpie apă de alimentare - RETUR [kcal/kg]	66,98		66,98	
Cantitatea de căldură în sistemul contur [Gcal] - Cazan MTN 2000	7,93	100,00	166,5	100,00
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	7,50	94,54	1574,7	94,54
Debit de apă caldă - TUR [kg/h]	100000		20998446	
Temperatură apă caldă - TUR [grd C]	75,0		75,0	
Entalpie apă caldă - TUR [kcal/kg]	74,99		74,99	
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,29	3,66	61,0	3,66
Debit de gaze de ardere la coș [Nmc/h]	7662		1608810	
Entalpia gazelor de ardere la coș [kcal/Nmc]	37,9		37,9	
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,12	1,47	24,6	1,47
Conținutul de umiditate al combustibilului introdus în cazan [kg]	180,2		37839	
Entalpie apă conținută în comb. introdus în cazan [kcal/kg]	18,04		18	
Căldură conținută de umiditatea combustibilului [kcal]	3250,8		682619	
Entalpie vapori de apă din gazele de ardere [kcal/kg]	667,0		667	
Căldură conținută de vaporii de apă din gazele de ardere [kcal]	120193,4		25238746	
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,02	0,23	3,8	0,23
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]*	0,007	0,09	1,5	0,09
Randament brut cazan [%]		94,5		94,5
Randament net cazan [%]		65,9		65,9

Tab. 4.2. Mărimi măsurate și calculate pentru cazanul MTN 2000 (CT 1 Spital) – la funcționarea pe coji de floarea soarelui

BILANT REAL CAZAN MTN 2000 – COJI FL. SOARELUI	ORAR		ANUAL	
	[Gcal]	[%]	[Gcal]	[%]
Regim de încărcare [Gcal]	0,80	100,0	5822,0	100,0
Cantitati de caldura intrate in contur (Gcal) - Cazan MTN 2000	7,84	100,0	6087,0	100,0
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	1,12	14,35	873,3	14,35
Consum de combustibil [kg]	275,0		213500	
Putere calorică combustibil [kcal/kg]	4090,5		4090,5	
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,02	0,22	13,6	0,22
Debit de aer de ardere [mc]	3337,5		2591084	
Temperatură aer de ardere [grd C]	18,0		18,0	
Entalpie aer de ardere [kcal/mc]	5,2		5,2	
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	6,70	85,43	5200,1	85,43
Debit apă de alimentare - RETUR [kg/h]	100000		77638446	
Temperatură apă alimentare - RETUR [grd C]	67,0		67,0	
Entalpie apă de alimentare - RETUR [kcal/kg]	66,98		66,98	

Capitulum de calcul al pierderilor din contorul MTN 2000

Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	7,50	95,65	5822,0	95,65
Debit de apă caldă - TUR [kg/h]	100000		77636364	
Temperatură apă caldă - TUR [grd C]	75,0		75,0	
Entalpie apă caldă - TUR [kcal/kg]	74,99		74,99	

Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,29	3,75	228,0	3,75
Debit de gaze de ardere la coș [Nmc/h]	7095		5508256	
Entalpia gazelor de ardere la coș [kcal/Nmc]	41,4		41,4	

Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,02	0,23	13,9	0,23
Conținutul de umiditate al combustibilului introdus în cazan [kg]	27,5		0	
Entalpie apă conținută în comb. introdus în cazan [kcal/kg]	18,04		18	
Căldură conținută de umiditatea combustibilului [kcal]	496,1		385154	
Entalpie vapori de apă din gazele de ardere [kcal/kg]	667,0		667	
Căldură conținută de vaporii de apă din gazele de ardere [kcal]	18342,5		14240450	

Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,02	0,29	17,5	0,29
--	------	------	------	------

Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]*	0,01	0,09	5,7	0,09
---	------	------	-----	------

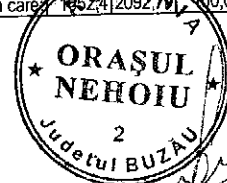
Randament brut cazan [%]			95,6	95,6
Randament net cazan [%]			71,2	71,2

***Pierderile de căldură prin pereți**

Pierderile de căldură prin pereții cazanului s-au determinat conform precizărilor din breviarul de calcul (Cap. 2), pe baza rezultatelor inspecției termografice efectuate cu camera de termoviziune (vezi Anexa 1 – Raport de termografie). În tab. 4.2 este prezentat calculul coeficienților de convecție și al pierderilor de căldură prin convecție și radiație, pentru fiecare din pereții exteriori ai cazanului MTN 2000.

Tab. 4.3. Coeficienți de convecție și pierderi de căldură prin pereții cazanului MTN 2000

CT 1 Spital															
Cazan MTN C 2000 L = 4,8 I = 1,72 H = 3,03															
Perețe frontal (fără soclu)	S = 4,0 mp			l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf
	tp	t0	tm												
Zone de temperatura egală	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m ² /s]										
Zona 1	30,0	18,0	24,0	2,33	15,48	2,09E+10	0,71260	1,5E+10	329,66	0,02598	3,67573	0,341	54,1	80,8	8,5
Zona 2	40,0	18,0	29,0	2,33	15,95	3,55E+10	0,71210	2,5E+10	393,23	0,02633	4,44365	1,803	635,3	825,8	45
Zona 3	50,0	18,0	34,0	2,33	16,41	4,80E+10	0,71160	3,4E+10	434,55	0,02668	4,97591	1,343	770,3	940,6	33,5
Zona 4	60,0	18,0	39,0	2,33	16,88	5,86E+10	0,71110	4,2E+10	464,36	0,02703	5,38693	0,521	424,8	503,8	13
Total pierderi de căldură prin perete față vertical [kJ/h]:											4235,5	din care:	1884,5	2350,99	100,0
Soclu perete frontal															
Zone de temperatura egală	S = 1,2 mp			l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf
	tp	t0	tm												
Zona 1	25,0	18,0	21,5	0,70	15,25	3,44E+08	0,71285	2,5E+08	83,95	0,02581	3,09479	0,542	42,3	73,1	45
Zona 2	35,0	18,0	26,5	0,70	15,71	7,73E+08	0,71235	5,5E+08	109,93	0,02616	4,10752	0,662	166,6	228,4	55
Total pierderi de căldură prin perete față vertical [kJ/h]:											510,4	din care:	208,9	301,522	100,0
Perețe spate vertical (fără soclu)															
Zone de temperatura egală	S = 4,0 mp			l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf
	tp	t0	tm												
Zona 1	30,0	18,0	24,0	2,33	15,48	2,09E+10	0,71260	1,5E+10	329,66	0,02598	3,67573	0,781	124,2	185,5	19,5
Zona 2	40,0	18,0	29,0	2,33	15,95	3,55E+10	0,71210	2,5E+10	393,23	0,02633	4,44365	2,004	705,9	917,5	50
Zona 3	50,0	18,0	34,0	2,33	16,41	4,80E+10	0,71160	3,4E+10	434,55	0,02668	4,97591	0,721	413,9	505,4	18
Zona 4	60,0	18,0	39,0	2,33	16,88	5,86E+10	0,71110	4,2E+10	464,36	0,02703	5,38693	0,501	402,4	494,4	12,5
Total pierderi de căldură prin perete spate vertical [kJ/h]:											3745,2	din care:	1662,4	2082,7	100,0



Soclu pereți spate		S = 1,2 mp															
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf		
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]					[W/m·°C]	[W/m²·°C]	[m²]	[kJ/h]	[kJ/h]			
Zona 1	25,0	18,0	21,5	0,70	15,25	3,44E+08	0,71285	2,5E+08	83,95	0,02581	3,09479	0,482	37,6	65,0	40		
Zona 2	35,0	18,0	26,5	0,70	15,71	7,73E+08	0,71235	5,5E+08	109,93	0,02616	4,10752	0,662	166,6	228,4	55		
Zona 3	45,0	18,0	31,5	0,70	16,18	1,14E+09	0,71185	8,1E+08	125,05	0,02651	4,73507	0,060	27,7	34,7	5		
Total pierderi de căldură prin pereți spate verticali [kJ/h]:											560,0	din care:	232,0	328,097	100,0		

Pereți laterali verticali (fără soclu)		S = 22,4 mp															
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf		
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]					[W/m·°C]	[W/m²·°C]	[m²]	[kJ/h]	[kJ/h]			
Zona 1	30,0	18,0	24,0	2,33	15,48	2,09E+10	0,71260	1,5E+10	329,66	0,02598	3,67573	19,013	3022,0	4512,4	85		
Zona 2	40,0	18,0	29,0	2,33	15,95	3,55E+10	0,71210	2,5E+10	393,23	0,02633	4,44365	2,908	1024,4	1331,5	13		
Zona 3	50,0	18,0	34,0	2,33	16,41	4,80E+10	0,71160	3,4E+10	434,55	0,02668	4,97591	0,447	256,7	313,4	2		
Total pierderi de căldură prin pereți laterali verticali [kJ/h]:											10460,3	din care:	4303,0	6157,3	100,0		

Soclu pereți laterali		S = 6,7 mp															
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf		
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]					[W/m·°C]	[W/m²·°C]	[m²]	[kJ/h]	[kJ/h]			
Zona 1	20,0	18,0	19,0	0,70	15,02	1,02E+08	0,71310	7,3E+07	56,04	0,02563	2,05205	0,571	8,4	21,6	8,5		
Zona 2	30,0	18,0	24,0	0,70	15,48	5,67E+08	0,71260	4,0E+08	99,16	0,02598	3,68015	2,688	427,8	638,0	40		
Zona 3	40,0	18,0	29,0	0,70	15,95	9,64E+08	0,71210	6,9E+08	118,28	0,02633	4,44899	2,184	770,3	1000,0	32,5		
Zona 4	50,0	18,0	34,0	0,70	16,41	1,30E+09	0,71160	9,3E+08	130,71	0,02668	4,98190	0,941	540,5	659,1	14		
Zona 5	60,0	18,0	39,0	0,70	16,88	1,59E+09	0,71110	1,1E+09	139,67	0,02703	5,39341	0,336	274,3	324,9	5		
Total pierderi de căldură prin pereți spate verticali [kJ/h]:											4664,7	din care:	2021,2	2643,48	100,0		

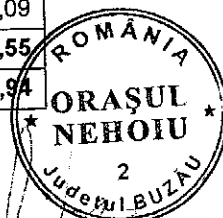
Pereți superior orizontal		S = 8,3 mp															
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf		
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]					[W/m·°C]	[W/m²·°C]	[m²]	[kJ/h]	[kJ/h]			
Zona 1	30,0	18,0	24,0	1,72	15,48	8,41E+09	0,71260	6,0E+09	243,42	0,02598	3,67685	0,702	111,6	166,6	8,5		
Zona 2	40,0	18,0	29,0	1,72	15,95	1,43E+10	0,71210	1,0E+10	290,37	0,02633	4,44499	7,100	2502,0	3251,1	86		
Zona 3	50,0	18,0	34,0	1,72	16,41	1,93E+10	0,71160	1,4E+10	320,88	0,02668	4,97742	0,454	260,6	318,1	5,5		
Total pierderi de căldură prin pereți laterali verticali [kJ/h]:											6609,9	din care:	2874,2	3735,7	100,0		

Total pierderi de căldură prin pereți - CT 1 Spital	[kJ/h]	30786,1	din care:	13176,2	17609,9
	[kcal]	7365,1	din care:	3152,2	4212,9
	[kW]	8,56	din care:	3,67	4,90

În tab. 4.4 și 4.5 se prezintă componentele bilanțurilor reale orare și anuale al cazanului MTN 2000 pentru cele două regimuri de funcționare considerate (pe rumeguș, respectiv pe coji de floarea soarelui), iar în tabelul 4.6 se prezintă bilanțul real anual al CT 1 Spital.

Tab. 4.4. Bilanțul real orar și anual al cazanului MTN 2000 la funcționarea pe rumeguș

Regim de încărcare	ORAR		ANUAL	
	Valoare	%	Valoare	%
Mărimea				
Consum de combustibil [kg]	451		94598	
ENERGII INTRATE IN CONTURUL DE BILANT	7,93	100,00	1665,5	100,00
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	1,21	15,32	255,1	15,32
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,02	0,24	4,0	0,24
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	6,70	84,45	1406,5	84,45
ENERGII IESITE DIN CONTURUL DE BILANT	7,93	100,00	1665,6	100,00
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	7,50	94,55	1574,7	94,55
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,29	3,66	61,0	3,66
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,12	1,47	24,6	1,47
Pierderi de căldură cu nărsă și cenușă [Gcal]	0,02	0,23	3,8	0,23
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]	0,01	0,09	1,5	0,09
Randament BRUT cazan de abur [%]		94,55		94,55
Randament NET cazan de abur [%]		65,94		65,94



Tab. 4.5. Bilanțul real orar și anual al cazanului MTN 2000 la funcționarea pe coji

Regim de încărcare	ORAR		ANUAL	
	Valoare	%	Valoare	%
Mărimea				
Consum de combustibil [kg]	275		213500	
ENERGII INTRATE IN CONTURUL DE BILANT	7,84	100,00	6087,0	100,00
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	1,12	14,35	873,3	14,35
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,02	0,22	13,6	0,22
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	6,70	85,43	5200,1	85,43
ENERGII IESITE DIN CONTURUL DE BILANT	7,84	100,00	6087,0	100,00
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	7,50	95,65	5822,0	95,65
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,29	3,75	228,0	3,75
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,02	0,23	13,9	0,23
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,02	0,29	17,5	0,29
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]	0,01	0,09	5,7	0,09
Randament BRUT cazan de abur [%]		95,65		95,65
Randament NET cazan de abur [%]		71,21		71,21

Pornind de la rezultatele bilanțurilor orare prezentate anterior, se obține bilanțul real pe durata sezonului de încălzire considerat (01.12.2017 – 15.04.2018, respectiv 3264 ore), înmulțind pe componente bilanțurile orare cu numărul de ore de funcționare ale cazanului, determinate în funcție de consumul de combustibil (rumeguș, respectiv coji de floarea soarelui) din această perioadă. Bilanțul real pentru perioada analizată este prezentat în tabelul de mai jos. S-a considerat sarcina medie orară a cazanului, pe toată durata sezonului, conform bilanțului orar.

Tab. 4.6. Bilanțul real anual (sezon încălzire) al centralei termice CT 1 Spital (bilanț de combustibil)

Componente bilanț real	ANUAL	
	Valoare	%
Consum de combustibil [kg]	308098	
Căldură obținută prin arderea combustibilului, Q_c [Gcal]	1128,4	100,00
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate, Q_{gu} [Gcal]	289,0	25,61
Căldură consumată pentru evaporarea apei din combustibil, Q_{vap} [Gcal]	38,4	3,40
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă, Q_{nc} [Gcal]	21,3	1,89
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului, Q_p [Gcal]	7,3	0,64
Total pierderi tehnologice în CT [Gcal]	356,0	31,55
Căldură livrată din CT, Q_{ac} [Gcal]	772,4	68,45
Randament NET cazan de abur [%]		68,45

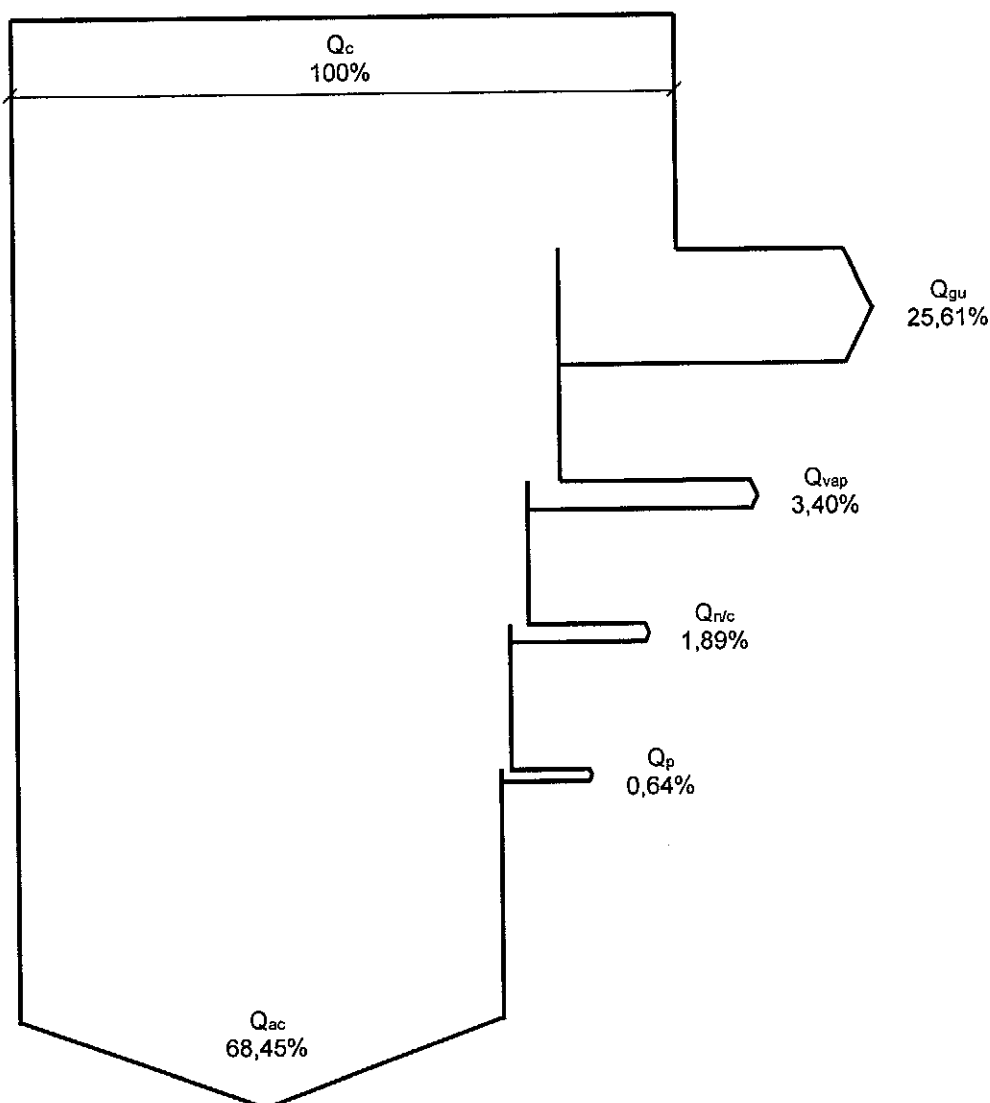


Fig. 4.1. Diagrama Sankey pentru bilanțul real anual pe conturul CT 1 Spital (bilanț de combustibil)

4.2. Bilanțul termoeenergetic real pe conturul cazanului MTN 4000 (CT 2)

Cazanul de apă caldă SCEAT MTN 4000 (CT 2 Primărie) funcționează într-un regim practic constant pe durate relativ mari de timp, astfel încât este justificată întocmirea unui bilanț real pentru un interval de timp de 1 oră, pentru sarcini caracteristice, urmând ca bilanțul real anual să rezulte din înmulțirea valorilor orare cu duratele anuale de funcționare, corespunzător cantităților totale de combustibil consumate pe durata sezonului de încălzire (valori furnizate de beneficiar).

În tab. 4.1 și 4.2 sunt prezentate mărimile măsurate și calculate pentru cazanul de apă caldă MTN 2000, la regimul de funcționare în sarcină, pentru ambele tipuri de combustibil utilizate (rumeguș, respectiv coji de floarea soarelui).

Tab. 4.7. Mărimi măsurate și calculate pentru cazanul MTN 4000 (CT 2 Primărie) – la funcționarea pe rumeguș de lemn (fag)

BILANT REAL CAZAN MTN 4000 - RUMEGUS	ORAR		ANUAL	
	[Gcal]	[%]	[Gcal]	[%]
Regim de încărcare [Gcal]	1,60	100,0	6936,4	100,0
Cantități de căldură intrate în contur (Gcal) - Cazan MTN 2000	15,86	100,0	7334,0	100,0
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	2,43	15,30	1122,3	15,30
Consum de combustibil [kg]	900,0		416237	
Putere calorifică combustibil [kcal/kg]	2696,4		2696,4	
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,04	0,22	16,2	0,22
Debit de aer de ardere [mc]	6704,1		3100541	
Temperatură aer de ardere [grd C]	18,0		18,0	
Entalpie aer de ardere [kcal/mc]	5,2		5,2	
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	13,40	84,48	6195,5	84,48
Debit apă de alimentare - RETUR [kg/h]	200000		92497111	
Temperatură apă alimentare - RETUR [grd C]	67,0		67,0	
Entalpie apă de alimentare - RETUR [kcal/kg]	66,98		66,98	
Cantități de căldură iesite din contur (Gcal) - Cazan MTN 2000	15,86	100,00	7333,9	100,0
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	15,00	94,58	6936,4	94,58
Debit de apă caldă - TUR [kg/h]	200000		92497111	
Temperatură apă caldă - TUR [grd C]	75,0		75,0	
Entalpie apă caldă - TUR [kcal/kg]	74,99		74,99	
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,58	3,65	267,8	3,65
Debit de gaze de ardere la coș [Nmc/h]	14694		6795706	
Entalpia gazelor de ardere la coș [kcal/Nmc]	39,4		39,4	
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,23	1,47	108,0	1,47
Conținutul de umiditate al combustibilului introdus în cazan [kg]	360,0		166495	
Entalpie apă conținută în comb. introdus în cazan [kcal/kg]	18,04		18	
Căldură conținută de umiditatea combustibilului [kcal]	6494,4		3003566	
Entalpie vapori de apă din gazele de ardere [kcal/kg]	667,0		667	
Căldură conținută de vaporii de apă din gazele de ardere [kcal]	240120,0		111052032	
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,04	0,23	16,8	0,23
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]*	0,011	0,07	4,9	0,07
Randament brut cazan [%]		94,6		94,6
Randament net cazan [%]		66,0		66,0

Tab. 4.8. Mărimi măsurate și calculate pentru cazanul MTN 4000 (CT 2 Primărie) – la funcționarea pe coji de floarea soarelui

BILANT REAL CAZAN MTN 4000 – COJI FL. SOARELUI	ORAR		ANUAL	
	[Gcal]	[%]	[Gcal]	[%]
Regim de încărcare [Gcal]	1,60	100,0	31435,6	100,0
Cantități de căldură intrate în contur (Gcal) - Cazan MTN 2000	15,67	100,0	32844,2	100,0
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	2,24	14,30	4698,3	14,30
Consum de combustibil [kg]	548,0		1148600	

Putere calorifică combustibil [kcal/kg]	4090,5		4090,5	
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,03	0,21	68,0	0,21
Debit de aer de ardere [mc]	6192,6		12979536	
Temperatură aer de ardere [grd C]	18,0		18,0	
Entalpie aer de ardere [kcal/mc]	5,2		5,2	
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	13,40	85,49	28077,8	85,49
Debit apă de alimentare - RETUR [kg/h]	200000		419197080	
Temperatură apă alimentare - RETUR [grd C]	67,0		67,0	
Entalpie apă de alimentare - RETUR [kcal/kg]	66,98		66,98	
Cantități de căldură ieșite din contur [Gcal] - Cazan MTN 2000	15,67	100,00	32842,6	100,00
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	15,00	95,72	31435,6	95,72
Debit de apă caldă - TUR [kg/h]	200000		419197080	
Temperatură apă caldă - TUR [grd C]	75,0		75,0	
Entalpie apă caldă - TUR [kcal/kg]	74,99		74,99	
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,58	3,73	1226,1	3,73
Debit de gaze de ardere la coș [Nmc/h]	13573		28448297	
Entalpia gazelor de ardere la coș [kcal/Nmc]	43,1		43,1	
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,03	0,22	71,4	0,22
Conținutul de umiditate al combustibilului introdus în cazan [kg]	54,8		0	
Entalpie apă conținută în comb. introdus în cazan [kcal/kg]	18,04		18	
Căldură conținută de umiditatea combustibilului [kcal]	988,6		2072074	
Entalpie vapori de apă din gazele de ardere [kcal/kg]	640,0		640	
Căldură conținută de vaporii de apă din gazele de ardere [kcal]	35072,0		73510400	
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,04	0,29	94,0	0,29
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]*	0,01	0,05	15,4	0,05
Randament brut cazan [%]		95,7		95,7
Randament net cazan [%]		71,5		71,5

***Pierderile de căldură prin pereți**

Pierderile de căldură prin pereții cazanului s-au determinat conform precizărilor din breviarul de calcul (Cap. 2), pe baza rezultatelor inspecției termografice efectuate cu camera de termoviziune (vezi Anexa 1 – Raport de termografie). În tab. 4.2 este prezentat calculul coeficienților de convecție și al pierderilor de căldură prin convecție și radiație, pentru fiecare din pereții exteriori ai cazanului MTN 4000.

Tab. 4.9. Coeficienți de convecție și pierderi de căldură prin pereții cazanului MTN 4000

GT 2. Primarie															
Cazan MTN C 4000 L = 6,7 I = 1,9 H = 3,4															
Perete frontal (fără soclu)	S = 5,1 mp					Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf
	tp	to	tm	l	n										
Zone de temperatura egală	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m ² /s]					[W/m ² ·°C]	[W/m ² ·°C]	[m ²]	[kJ/h]	[kJ/h]	
Zona 1	30,0	18,0	24,0	2,65	15,48	3,08E+10	0,71260	2,2E+10	374,88	0,02598	3,67526	0,154	24,5	36,5	3
Zona 2	40,0	18,0	29,0	2,65	15,95	5,23E+10	0,71210	3,7E+10	447,18	0,02633	4,44307	2,257	795,1	1033,5	44
Zona 3	50,0	18,0	34,0	2,65	16,41	7,06E+10	0,71160	5,0E+10	494,17	0,02668	4,97527	1,334	765,2	934,5	26
Zona 4	60,0	18,0	39,0	2,65	16,88	8,63E+10	0,71110	6,1E+10	528,06	0,02703	5,38623	0,795	648,2	768,9	15,5
Zona 5	70,0	18,0	44,0	2,65	17,36	9,94E+10	0,71060	7,1E+10	553,45	0,02738	5,71784	0,590	632,1	742,4	11,5
Total pierderi de căldură prin perete față vertical [kJ/h]:										6380,8	din care:	2865,0	3515,8		



Soclu perete frontal		S = 1,4 mp														
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf	
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]											[W/m²·°C]
Zona 1	20,0	18,0	19,0	0,75	15,02	1,26E+08	0,71310	9,0E+07	60,04	0,02563	2,05191	0,884	13,1	33,2	62	
Zona 2	30,0	18,0	24,0	0,75	15,48	6,98E+08	0,71260	5,0E+08	106,23	0,02598	3,67990	0,442	70,3	104,8	31	
Zona 3	40,0	18,0	29,0	0,75	15,95	1,19E+09	0,71210	8,4E+08	126,72	0,02633	4,44869	0,100	35,2	45,7	7	
Total pierderi de căldură prin perete față vertical [kJ/h]:												302,3	din care:	118,5	183,7	100,0

Perete spate vertical (fără soclu)		S = 5,1 mp														
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf	
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]											[W/m²·°C]
Zona 1	30,0	18,0	24,0	2,65	15,48	3,08E+10	0,71260	2,2E+10	374,88	0,02598	3,67526	0,564	89,7	133,9	11	
Zona 2	40,0	18,0	29,0	2,65	15,95	5,23E+10	0,71210	3,7E+10	447,18	0,02633	4,44307	1,231	433,7	563,7	24	
Zona 3	50,0	18,0	34,0	2,65	16,41	7,06E+10	0,71160	5,0E+10	494,17	0,02668	4,97527	1,385	794,6	970,4	27	
Zona 4	60,0	18,0	39,0	2,65	16,88	8,63E+10	0,71110	6,1E+10	528,06	0,02703	5,38623	0,770	627,3	744,1	15	
Zona 5	70,0	18,0	44,0	2,65	17,36	9,94E+10	0,71060	7,1E+10	553,45	0,02738	5,71784	0,590	632,1	742,4	11,5	
Zona 6	80,0	18,0	49,0	2,65	17,84	1,10E+11	0,71010	7,8E+10	573,08	0,02773	5,99585	0,333	446,7	525,7	6,5	
Zona 7	90,0	18,0	54,0	2,65	18,32	1,20E+11	0,70960	8,5E+10	588,56	0,02807	6,23499	0,257	414,9	493,2	5	
Total pierderi de căldură prin perete spate vertical [kJ/h]:												7612,4	din care:	3438,9	4173,5	100,0

Soclu perete spate		S = 1,3 mp														
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf	
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]											[W/m²·°C]
Zona 1	25,0	18,0	21,5	0,75	15,25	4,23E+08	0,71285	3,0E+08	89,94	0,02581	3,09457	0,718	56,1	96,9	54	
Zona 2	35,0	18,0	26,5	0,75	15,71	9,51E+08	0,71235	6,8E+08	117,78	0,02616	4,10723	0,372	93,7	128,5	28	
Zona 3	45,0	18,0	31,5	0,75	16,18	1,40E+09	0,71185	1,0E+09	133,98	0,02651	4,73474	0,106	49,0	61,3	8	
Total pierderi de căldură prin perete spate vertical [kJ/h]:												485,5	din care:	198,8	286,694	90,0

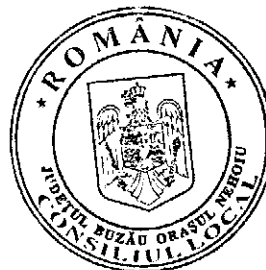
Pereti laterali verticali (fără soclu)		S = 36,1 mp														
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf	
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]											[W/m²·°C]
Zona 1	20,0	18,0	19,0	2,65	15,02	5,54E+09	0,71310	4,0E+09	211,88	0,02563	2,04932	13,707	202,4	515,1	38	
Zona 2	30,0	18,0	24,0	2,65	15,48	3,08E+10	0,71260	2,2E+10	374,88	0,02598	3,67526	18,938	3009,7	4494,6	52,5	
Zona 3	40,0	18,0	29,0	2,65	15,95	5,23E+10	0,71210	3,7E+10	447,18	0,02633	4,44307	3,066	1080,0	1403,9	8,5	
Zona 4	50,0	18,0	34,0	2,65	16,41	7,06E+10	0,71160	5,0E+10	494,17	0,02668	4,97527	0,361	206,9	252,7	1	
Total pierderi de căldură prin pereti laterali verticali [kJ/h]:												11165,4	din care:	4499,0	6666,4	100,0

Soclu pereți laterali		S = 9,4 mp														
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf	
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]											[W/m²·°C]
Zona 1	20,0	18,0	19,0	0,75	15,02	1,26E+08	0,71310	9,0E+07	60,04	0,02563	2,05191	0,608	9,0	22,8	6,5	
Zona 2	30,0	18,0	24,0	0,75	15,48	6,98E+08	0,71260	5,0E+08	106,23	0,02598	3,67990	3,273	520,8	776,8	35	
Zona 3	40,0	18,0	29,0	0,75	15,95	1,19E+09	0,71210	8,4E+08	126,72	0,02633	4,44869	3,601	1269,8	1648,6	38,5	
Zona 4	50,0	18,0	34,0	0,75	16,41	1,60E+09	0,71160	1,1E+09	140,04	0,02668	4,98156	1,496	859,5	1048,3	16	
Zona 5	60,0	18,0	39,0	0,75	16,88	1,96E+09	0,71110	1,4E+09	149,64	0,02703	5,39304	0,374	305,3	361,7	4	
Total pierderi de căldură prin perete spate vertical [kJ/h]:												6822,9	din care:	2964,5	3858,38	100,0

Perete superior orizontal		S = 12,7 mp														
Zone de temperatura egală	tp	t0	tm	l	n	Gr	Pr	Gr*Pr	Nu	λ	α	S	Qpc	Qpr	% Supraf	
	[°C]	[°C]	[°C]	[m]	[m²/s]											[W/m²·°C]
Zona 1	30,0	18,0	24,0	1,90	15,48	1,13E+10	0,71260	8,1E+09	268,87	0,02598	3,67648	0,381	60,5	90,4	3	
Zona 2	40,0	18,0	29,0	1,90	15,95	1,93E+10	0,71210	1,4E+10	320,72	0,02633	4,44455	9,138	3219,8	4184,3	72	
Zona 3	50,0	18,0	34,0	1,90	16,41	2,60E+10	0,71160	1,9E+10	354,43	0,02668	4,97693	3,173	1821,0	2223,1	25	
Total pierderi de căldură prin pereți laterali verticali [kJ/h]:												11599,0	din care:	5101,3	6497,7	100,0

Total pierderi de căldură prin pereți - CT 2 Primărie					
[kJ/h]	44368,2	din care:	19186,0	25182,2	
[kcal]	10614,4	din care:	4590,0	6024,4	
[kW]	12,34	din care:	5,34	7,01	

În tab. 4.4 și 4.5 se prezintă componentele bilanțurilor reale orare și anuale al cazanului MTN 2000 pentru cele două regimuri de funcționare considerate (pe rumeguș, respectiv pe coji de floarea soarelui), iar în tabelul 4.6 se prezintă bilanțul real anual al CT 1 Spital.



[Handwritten signature]

Tab. 4.10. Bilanțul real orar și anual al cazanului MTN 2000 la funcționarea pe rumeguș

Regim de încărcare	ORAR		ANUAL	
	Valoare	%	Valoare	%
Mărimea				
Consum de combustibil [kg]	451		94598	
ENERGII INTRATE IN CONTURUL DE BILANT	7,93	100,00	1665,5	100,00
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	1,21	15,32	255,1	15,32
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,02	0,24	4,0	0,24
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	6,70	84,45	1406,5	84,45
ENERGII IESITE DIN CONTURUL DE BILANT	7,93	100,00	1665,6	100,00
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	7,50	94,55	1574,7	94,55
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,29	3,66	61,0	3,66
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,12	1,47	24,6	1,47
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,02	0,23	3,8	0,23
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]	0,01	0,09	1,5	0,09
Randament BRUT cazan de abur [%]		94,55		94,55
Randament NET cazan de abur [%]		65,94		65,94

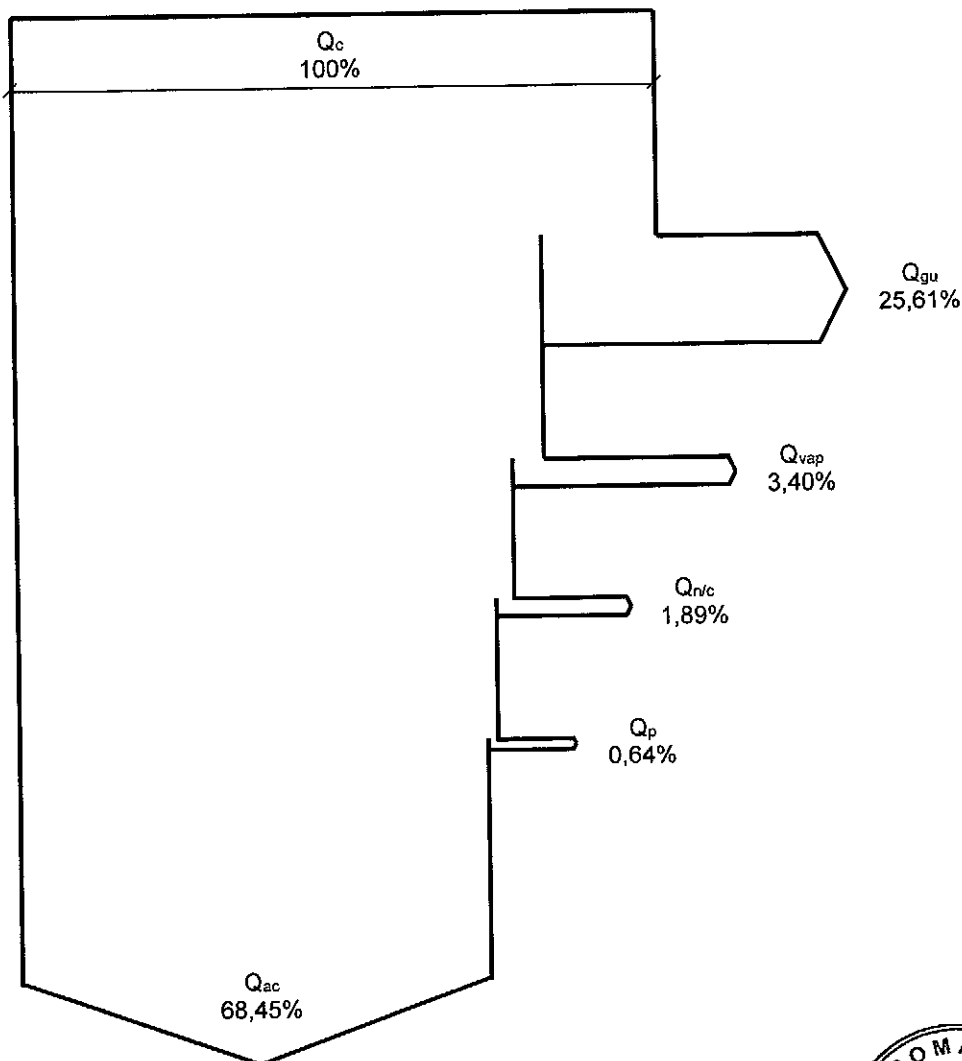
Tab. 4.11. Bilanțul real orar și anual al cazanului MTN 2000 la funcționarea pe coji

Regim de încărcare	ORAR		ANUAL	
	Valoare	%	Valoare	%
Mărimea				
Consum de combustibil [kg]	275		213500	
ENERGII INTRATE IN CONTURUL DE BILANT	7,84	100,00	6087,0	100,00
Căldură obținută prin arderea combustibilului [Gcal]	1,12	14,35	873,3	14,35
Căldură introdusă cu aerul de ardere [Gcal]	0,02	0,22	13,6	0,22
Căldură introdusă cu apa de alimentare [Gcal]	6,70	85,43	5200,1	85,43
ENERGII IESITE DIN CONTURUL DE BILANT	7,84	100,00	6087,0	100,00
Căldură conținută de apa caldă produsă [Gcal]	7,50	95,65	5822,0	95,65
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate [Gcal]	0,29	3,75	228,0	3,75
Căldură consumată pentru evaporarea apei din comb. [Gcal]	0,02	0,23	13,9	0,23
Pierderi de căldură cu nearse și cenușă [Gcal]	0,02	0,29	17,5	0,29
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului [Gcal]	0,01	0,09	5,7	0,09
Randament BRUT cazan de abur [%]		95,65		95,65
Randament NET cazan de abur [%]		71,21		71,21

Pornind de la rezultatele bilanțurilor orare prezentate anterior, se obține bilanțul real pe durata sezonului de încălzire considerat (01.12.2017 – 15.04.2018, respectiv 3264 ore), înmulțind pe componente bilanțurilor orare cu numărul de ore de funcționare ale cazanului, determinate în funcție de consumul de combustibil (rumeguș, respectiv coji de floarea soarelui) din această perioadă. Bilanțul real pentru perioada analizată este prezentat în tabelul de mai jos. S-a considerat sarcina medie orară a cazanului, pe toată durata sezonului, conform bilanțului orar.

Tab. 4.12. Bilanțul real anual (sezon încălzire) al CT 1 Spital (bilanț de combustibil)

Componente bilanț real	ANUAL	
	Valoare	%
Consum de combustibil [kg]	308098	
Căldură obținută prin arderea combustibilului, Q_c [Gcal]	1128,4	100,00
Pierderi de căldură cu gazele de ardere uscate, Q_{gu} [Gcal]	289,0	25,61
Căldură consumată pentru evaporarea apei din combustibil, Q_{vap} [Gcal]	38,4	3,40
Pierderi de căldură cu nărase și cenușă, $Q_{n/c}$ [Gcal]	21,3	1,89
Pierderi de căldură prin pereții exteriori ai cazanului, Q_p [Gcal]	7,3	0,64
Total pierderi tehnologice în CT [Gcal]	356,0	31,55
Căldură livrată din CT, Q_{ac} [Gcal]	772,4	68,45
Randament NET cazan de abur [%]		68,45


Fig. 4.2. Diagrama Sankey pentru bilanțul real anual pe conturul CT 1 Spital (bilanț de combustibil)

4.3. Pierderi tehnologice pe rețeaua de distribuție energie termică

Agentul termic pentru încălzire produs în CT 2 Primărie de cazanul MTN 4000 este livrat în rețeaua de distribuție a orașului, rețea bitubulară în sistem tur-retur, executată în marea majoritate din țevă preizolată (izolație termică din spumă poliuretanică), având următoarea configurație:

Tab. 4.13. Dimensiuni tipo-constructive ale rețelei de distribuție energie termică de la CT2

Nr. crt.	Tronson nr.	lungime [m]	DN [mm]	De [mm]	Material izolație	Grosime izolație [mm]	Pozare/Amplasare
25	T.2	10	25	90	preizolata	30	Subteran
27	T.2	12,5	25	90	preizolata	30	Subteran
31	T.2	12	25	90	preizolata	30	Subteran
42	T.2	6	25	90	preizolata	30	Subteran
2	T.1	100	32	110	preizolata	30	Subteran
29	T.2	7,5	32	110	preizolata	30	Subteran
56	T.4	4	50	125	preizolata	30	Subteran
58	T.4	35	50	125	preizolata	30	Subteran
60	T.4	4	50	125	preizolata	30	Subteran
61	T.4	4	50	125	preizolata	30	Subteran
64	T.5	105	50	125	preizolata	30	Subteran
67	T.5	10	50	140	preizolata	30	Subteran
8	T.1	6,5	65	140	preizolata	30	Subteran
9	T.1	29	65	140	preizolata	30	Subteran
11	T.1	26	65	140	preizolata	30	Subteran
12	T.1	6	65	140	preizolata	30	Subteran
13	T.1	8	65	140	preizolata	30	Subteran
14	T.1	12	65	140	preizolata	30	Subteran
16	T.1	8,5	65	140	preizolata	30	Subteran
20	T.1	16	65	140	preizolata	30	Subteran
21	T.1	28	65	140	preizolata	30	Subteran
33	T.2	2,5	65	140	preizolata	30	Subteran
35	T.2	2,5	65	140	preizolata	30	Subteran
37	T.2	15	65	140	preizolata	30	Subteran
41	T.2	8	65	140	preizolata	30	Subteran
43	T.2	5	65	140	preizolata	30	Subteran
45	T.2	7	65	140	preizolata	30	Subteran
46	T.3	23	65	140	preizolata	30	Subteran
47	T.3	2,5	65	140	preizolata	30	Subteran
48	T.3	2,5	65	140	preizolata	30	Subteran
69	T.5	3	65	160	preizolata	30	Subteran
70	T.5	3	65	160	preizolata	30	Subteran
71	T.5	37,5	65	160	preizolata	30	Subteran
78	T.5	17,5	65	100	preizolata	30	Subteran
79	T.5	22,5	65	160	preizolata	30	Subteran
80	T.6	175	76	160	vata minerala	50	aerian
6	T.1	25	80	160	preizolata	30	Subteran
10	T.1	26	80	160	preizolata	30	Subteran
34	T.2	52,5	80	160	preizolata	30	Subteran
50	T.3	20	80	160	preizolata	30	Subteran
57	T.4	11,5	80	160	preizolata	30	Subteran
59	T.4	21	80	160	preizolata	30	Subteran
62	T.4	3,5	80	160	preizolata	30	Subteran
72	T.5	15	80	180	preizolata	30	Subteran
77	T.5	25	80	180	preizolata	30	Subteran
54	T.3	140	80	160	neizolat	0	aerian
3	T.1	52	100	200	preizolata	50	Subteran
4	T.1	5	100	200	preizolata	50	Subteran
5	T.1	20	100	200	preizolata	50	Subteran
19	T.1	12	100	200	preizolata	30	Subteran

22	T.1	20	100	200	preizolata	30	Subteran
32	T.2	71	100	220	preizolata	50	Subteran
36	T.2	13	100	200	preizolata	50	Subteran
51	T.3	13,5	100	200	preizolata	50	Subteran
55	T.4	42	100	200	preizolata	50	Subteran
68	T.5	5	100	225	preizolata	50	Subteran
73	T.5	22,5	100	225	preizolata	50	Subteran
75	T.5	15	100	225	preizolata	50	Subteran
76	T.5	4	100	225	preizolata	50	Subteran
7	T.1	30	125	225	preizolata	50	Subteran
28	T.2	17,5	125	225	preizolata	50	Subteran
30	T.2	17,5	125	225	preizolata	50	Subteran
38	T.2	7,5	125	225	preizolata	50	Subteran
39	T.2	18	125	225	preizolata	50	Subteran
44	T.2	11	125	225	preizolata	50	Subteran
49	T.3	4,5	125	225	preizolata	50	Subteran
74	T.5	47,5	125	250	preizolata	50	Subteran
53	T.3	140	125	225	neizolat	0	aerian
15	T.1	42	150	250	preizolata	50	Subteran
17	T.1	5	150	250	preizolata	50	Subteran
18	T.1	17,5	150	250	preizolata	50	Subteran
63	T.5	55	150	280	preizolata	50	Subteran
65	T.5	35	150	280	preizolata	50	Subteran
66	T.5	50	150	280	preizolata	50	Subteran
23	T.2	24,5	200	315	preizolata	50	Subteran
24	T.2	17,5	200	315	preizolata	50	Subteran
26	T.2	10	200	315	preizolata	50	Subteran
40	T.2	60	200	315	preizolata	50	Subteran
52	T.3	120	200	315	neizolat	0	aerian
1	Coloana principala	650	250	360	preizolata	100	Subteran
	TOTAL traseu	2791	ml				

Bilanțul termooenergetic al rețelei de distribuție apă caldă se întocmește pornind de la ecuația generală de bilanț, care are expresia generală:

$$Q_i = Q_e + \Delta Q_c, [\text{kcal}]$$

unde:

Q_i – este cantitatea de căldură livrată în rețea de cazanul de apă caldă (căldură intrată);

Q_e – este cantitatea de căldură livrată din rețea consumatorilor finali (căldură ieșită / utilă);

ΔQ_c – reprezintă pierderile tehnologice de căldură pe conductele de apă caldă, determinate cu expresia de bază (2.18) din breviarul de calcul și modificările sale în funcție de amplasamentul (poziția) tronsonului de conductă respectiv.

Pentru parametrii care intervin în expresiile de calcul al pierderilor tehnologice de căldură pe rețeaua de distribuție apă caldă au fost utilizate următoarele valori:

Date de intrare pentru calcul pierderi tehnologice

Temperatură exterioară de calcul IARNA [°C]

Valori

4,94*

Temperatură agent termic TUR - IARNA [°C]

65,00

Temperatură agent termic RETUR - IARNA [°C]

55,00

λ_p - conductivitate termică perete conductă (oțel) [W/m·°C]

43,2

λ_{sp} - conductivitate termică strat protector conductă (manta de protecție) [W/m·°C]

43,2

→ tablă (la conductele clasice supraterane):

→ carton (la conductele clasice subterane):

→ polietilenă (la conductele preizolate subterane):

→ tablă de aluminiu (la conductele preizolate supraterane):

0,05

0,04



λ_{iz} - conductivitatea termică a materialului izolator al conductei [W/m°C]	
→ conducte clasice [W/m°C]	0,043
→ conducte preizolate [W/m°C]	0,027
λ_{sol} - conductivitatea termică a solului [W/m°C]	1,1
Coefficient de convecție la aerul ambiant, α_e	
→ Coeficient de convecție la aerul din canalul termic:	8,0
→ Coeficient de convecție la aerul exterior:	20,0
Adâncimea de pozare a conductei în canal / teren - h [m]	0,6
Coefficient care ține cont de pierderile de căldură prin armături și elementele neizolate β	0,1
Durată sezon de încălzire - IARNA [ore]	3264
Pierderi cu apa de adaos (conform reglem. ANRSC)	0,2% ⁽¹⁾

* Pentru temperatura exterioară medie de calcul s-a aplicat o corecție de +2°C față de temperatura exterioară înregistrată de 2,94°C³, datorită următoarelor considerente:

- efectul de oraș asupra temperaturii aerului (aport de căldură prin radiație al construcțiilor, clădirilor și asfaltului)
- sezonul de încălzire considerat nu include luna noiembrie, pentru care se intenționează furnizarea de agent termic în sezonul 2018 – 2019.

Rezultatele calculului pierderilor tehnologice de căldură pe rețeaua de distribuție energie termică pentru încălzire, pentru intervalul considerat (01.12.2017 – 15.04.2018), sunt prezentate în tabelul 4.14.

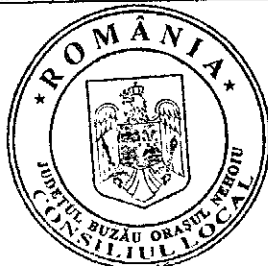
Tab. 4.14. Calculul pierderilor tehnologice pe rețelele de distribuție de la CT2 Primărie

Conducte preizolate pozate SUBTERAN - TUR																	Pierderi masice (apă de adaos)							
Pierderi prin transfer de căldură																	Volum rețele	Pierderi orare	Pierderi pe sezon					
d_{int}	t_a	t_b	λ_p	λ_{iz}	λ_{sp}	λ_{sol}	h	d_c	d_z	d_{sp}	R_p	R_z	R_{sp}	R_{sol}	q	L	β	ΔQ	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
[mm]	[°C]	[°C]	[W/m°C]	[W/m°C]	[W/m°C]	[W/m°C]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m°C/W]	[m°C/W]	[m°C/W]	[m°C/W]	[W/m]	[m]	[m]	[W]	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
25	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,031	0,091	0,094	0,0008	6,351	0,105	0,470	8,67	40,5	0,10	386,3	0,020	0,000	2,2	0,13	0,01	
32	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,038	0,098	0,101	0,0006	5,587	0,098	0,459	9,77	107,5	0,10	1155,8	0,086	0,000	9,5	0,56	0,03	
50	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,056	0,116	0,119	0,0004	4,295	0,099	0,435	12,44	162,0	0,10	2216,3	0,318	0,001	35,0	2,08	0,11	
65	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,071	0,131	0,134	0,0003	3,612	0,088	0,418	14,58	291,5	0,10	4676,5	0,967	0,002	106,3	6,31	0,35	
80	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,086	0,146	0,149	0,0003	3,110	0,079	0,402	16,73	199,5	0,10	3670,4	1,002	0,002	110,3	6,54	0,36	
100	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,107	0,207	0,211	0,0002	3,892	0,065	0,352	13,94	295,0	0,10	4522,8	2,316	0,005	254,7	15,12	0,83	
125	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,133	0,233	0,237	0,0002	3,307	0,058	0,335	16,23	153,5	0,10	2740,8	1,883	0,004	207,1	12,29	0,68	
150	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,159	0,259	0,263	0,0002	2,878	0,058	0,320	18,45	204,5	0,10	4149,7	3,612	0,007	397,3	23,58	1,30	
200	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,212	0,312	0,316	0,0002	2,279	0,048	0,294	22,92	112,0	0,10	2823,4	3,517	0,007	386,8	22,96	1,26	
250	65	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,264	0,464	0,469	0,0002	3,324	0,037	0,236	16,69	650,0	0,10	11935,9	31,891	0,064	3508,0	208,18	11,45	
Total																	2216,0		38278,0	45,6	0,1	5017,2	297,8	16,4

Conducte preizolate pozate SUBTERAN - RETUR																	Pierderi masice (apă de adaos)							
Pierderi prin transfer de căldură																	Volum rețele	Pierderi orare	Pierderi pe sezon					
d_{int}	t_a	t_b	λ_p	λ_{iz}	λ_{sp}	λ_{sol}	h	d_c	d_z	d_{sp}	R_p	R_z	R_{sp}	R_{sol}	q	L	β	ΔQ	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
[mm]	[°C]	[°C]	[W/m°C]	[W/m°C]	[W/m°C]	[W/m°C]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m°C/W]	[m°C/W]	[m°C/W]	[m°C/W]	[W/m]	[m]	[m]	[W]	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
25	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,031	0,091	0,094	0,0008	6,351	0,105	0,470	7,23	40,5	0,10	322,0	0,020	0,000	1,8	0,13	0,01	
32	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,038	0,098	0,101	0,0006	5,587	0,098	0,459	8,15	107,5	0,10	963,4	0,086	0,000	7,8	0,56	0,03	
50	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,056	0,116	0,119	0,0004	4,295	0,099	0,435	10,37	162,0	0,10	1847,3	0,318	0,001	28,6	2,08	0,09	
65	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,071	0,131	0,134	0,0003	3,612	0,088	0,418	12,16	291,5	0,10	3897,9	0,967	0,002	87,0	6,31	0,28	
80	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,086	0,146	0,149	0,0003	3,110	0,079	0,402	13,94	199,5	0,10	3059,4	1,002	0,002	90,2	6,54	0,29	
100	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,107	0,207	0,211	0,0002	3,892	0,065	0,352	11,62	295,0	0,10	3769,8	2,316	0,005	208,4	15,12	0,68	
125	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,133	0,233	0,237	0,0002	3,307	0,058	0,335	13,53	153,5	0,10	2284,5	1,883	0,004	169,4	12,29	0,55	
150	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,159	0,259	0,263	0,0002	2,878	0,058	0,320	15,38	204,5	0,10	3458,9	3,612	0,007	325,1	23,58	1,06	
200	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,212	0,312	0,316	0,0002	2,279	0,048	0,294	19,10	112,0	0,10	2353,3	3,517	0,007	316,5	22,96	1,03	
250	55	4,936	43,2	0,027	0,041	1,1	0,6	0,264	0,464	0,469	0,0002	3,324	0,037	0,236	13,91	650,0	0,10	9948,7	31,891	0,064	2870,2	208,18	9,37	
Total																	2216,0		31905,2	45,6	0,1	4105,0	297,8	13,4

³ Sursa:

<https://freemeteo.ro/vremea/nehoiu/istoric/istoric-lunar/?qid=672331&station=4580&month=10&year=2018&language=romanian&country=romania>



Conducte clasice pozate SUPRATERAN - TUR																	Pierderi masice (apă de adaos)						
Pierderi prin transfer de căldură																	Volum rețele	Pierderi orare	Pierderi pe sezon				
d_{int}	t_a	t_b	λ_p	λ_c	λ_{sp}	α_c	d_c	d_z	d_{sp}	R_{p1}	R_{z1}	R_{sp1}	R_{s1}	q	L	β	ΔQ	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
[mm]	[°C]	[°C]	[W/m·K]	[W/m ² ·K]	[W/m ² ·K]	[m]	[m]	[m]	[m·K/W]	[m·K/W]	[m·K/W]	[m·K/W]	[m·K/W]	[W/m]	[m]	[m]	[W]	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
76	65	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,082	0,182	0,185	0,0003	2,952	0,000	0,086	19,77	175,0	0,10	3804,8	0,793	0,002	87,3	5,18	0,28	
80	65	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,086	0,086	0,086	0,0003	0,000	0,000	0,185	323,93	140,0	0,10	49885,0	0,703	0,001	77,4	4,59	0,25	
125	65	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,132	0,132	0,132	0,0002	0,000	0,000	0,121	497,08	140,0	0,10	76550,4	1,717	0,003	188,9	11,21	0,62	
200	65	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,209	0,209	0,209	0,0002	0,000	0,000	0,076	786,68	120,0	0,10	103841,7	3,768	0,008	414,5	24,60	1,35	
Total																	575,0	234081,8	7,0	0,01	768,0	45,6	2,5

Conducte clasice pozate SUPRATERAN - RETUR																	Pierderi masice (apă de adaos)						
Pierderi prin transfer de căldură																	Volum rețele	Pierderi orare	Pierderi pe sezon				
d_{int}	t_a	t_b	λ_p	λ_c	λ_{sp}	α_c	d_c	d_z	d_{sp}	R_{p1}	R_{z1}	R_{sp1}	R_{s1}	q	L	β	ΔQ	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
[mm]	[°C]	[°C]	[W/m·K]	[W/m ² ·K]	[W/m ² ·K]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m·K/W]	[m·K/W]	[m·K/W]	[m·K/W]	[W/m]	[m]	[m]	[W]	[m ³]	[kcal]	[Gcal]			
76	55,0	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,0820	0,142	0,145	0,0003	2,033	0,000	0,110	23,36	175,0	0,10	4495,9	0,793	0,002	71,4	5,18	0,23	
80	55,0	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,0860	0,086	0,086	0,0003	0,000	0,000	0,185	270,00	140,0	0,10	41579,7	0,703	0,001	63,3	4,59	0,21	
125	55,0	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,1310	0,131	0,131	0,0002	0,000	0,000	0,122	411,28	140,0	0,10	63337,6	1,717	0,003	154,5	11,21	0,50	
200	55,0	4,936	43,2	0,043	43,2	20,0	0,2060	0,206	0,206	0,0001	0,000	0,000	0,077	646,76	120,0	0,10	85372,2	3,768	0,008	339,1	24,60	1,11	
Total																	575,0	194785,3	7,0	0,01	628,4	45,6	2,1

OBS: Rândurile marcate cu roșu se referă la tronsoane de rețea fără izolație!

Rezultă că pierderile tehnologice de căldură pe rețeaua de distribuție, pentru sezonul de încălzire analizat (cu durata de 3264 de ore), au valorile:

Tab. 4.15. Pierderi tehnologice de căldură pe rețelele de distribuție de la CT2 Primărie

Rețea de distribuție energie termică	UM	Pierderi tehnologice anuale	
		Termice	Masice
Conducte TUR	Gcal	764,5	18,9
Conducte RETUR	Gcal	631,8	15,4
TOTAL, din care:	1430,6	1396,3	34,3

4.4. Bilanțul termooenergetic pe conturul general CT + rețea de distribuție

Însumând bilanțurile reale anuale întocmite pe cele trei sub-contururi analizate (CT 1 Spital, CT 2 Primărie, rețeaua de distribuție energie termică), se obține bilanțul termooenergetic anual pe conturul general al operatorului SC Termo Prest PON SRL Nehoiu, prezentat în tabelul de mai jos.

Tab. 4.16. Bilanțul termooenergetic anual și pierderile tehnologice pe conturul general al operatorului SC Termo Prest PON SRL Nehoiu

Nr. crt.	Componente bilanț real	CT 1 Spital		CT 2 Primărie		TOTAL	
		[Gcal]	[%]	[Gcal]	[%]	[Gcal]	[%]
1	Consum combustibil	1128,4	100	5820,7	100	6949,1	100
2	Pierderi tehnologice în CT-uri	356,0	31,55	1804,5	31,00	2160,5	31,09
3	Energie termică livrată din CT-uri	772,4	68,45	4016,2	69,00	4788,6	68,91
4	Pierderi tehnologice rețea de distribuție	0	0,00	1430,6	24,58	1430,6	20,59
5	ET livrată la consumatori (din bilanț)	772	68,45	2586	44,42	3357,9	48,32
6	ET livrată la consumatori (conf. operator)	768	68,06	2570	44,15	3338,0	48,04
7	Neînchidere bilanț	4	0,39	16	0,27	20	0,29

CAP. 5. ANALIZA BILANȚULUI TERMOENERGETIC REAL

Analiza rezultatelor bilanțului energetic real oferă informații utile referitoare la consumul de energie și/sau combustibil în interiorul conturului de bilanț, precum și la eficiența de utilizare a acestora.

În urma efectuării măsurărilor în teren și a elaborării bilanțurilor termoeenergetice reale orare pe subcontururile prezentate anterior, s-au formulat următoarele observații:

- Pierderile de căldură cu gazele de ardere au ponderea cea mai mare, fiind compuse din pierderile de căldură cu gazele uscate (Q_{gu}) și pierderile de căldură necesară pentru evaporarea umidității din combustibil (Q_{vap}). Prima componentă (Q_{gu}) este favorizată de valorile mari ale debitelor de gaze de ardere evacuate la coș, care sunt caracteristice arderii biomasei (unde coeficientul de exces de aer are valorile recomandate de $\lambda = 1,8 \dots 2,5$, față de $1,15 \dots 1,2$ care sunt valori recomandate în literatura de specialitate, de exemplu, pentru arderea gazului metan). Cea de-a doua componentă (Q_{vap}) este generată de umiditatea ridicată a combustibilului introdus în camera de ardere a cazanului, care afectează semnificativ randamentul de funcționare al cazanului prin creșterea pierderilor de căldură la coș, corespunzător căldurii latente de vaporizare a umidității combustibilului (în special în cazul funcționării pe rumeguș de lemn).
- Pierderile de căldură prin pereții cazanului au valori reduse, sub 1% din căldura combustibilului (0,64% la CT 1, respectiv 0,35% la CT 2), nivelul de izolație termică al pereților cazanului fiind unul ridicat (aspect precizat și de producător în documentația cazanelor).
- Randamentul cazanelor la funcționarea pe coji de floarea soarelui este mai mare decât cel corespunzător funcționării pe rumeguș de lemn, în principal datorită puterii calorifice superioare a cojilor de floarea soarelui, favorizată și de un conținut redus de umiditate.
- Pierderile de căldură pe rețeaua de distribuție energie termică reprezintă 24,6% din căldura combustibilului (consumat în CT 2 Primărie), respectiv 35,6% din căldura livrată din CT 2 în rețeaua de distribuție. Valoarea ridicată a pierderilor pe rețeaua de distribuție se datorează în primul rând existenței unor tronsoane de conductă neizolate, pozate aerian, cu un traseu total de 400 m, care înregistrează aproape **78% din valoarea totală a pierderilor pe rețea!**



CAP. 6. PLAN DE MĂSURI DE EFICIENȚĂ ENERGETICĂ

Pornind de la concluziile și observațiile prezentate în capitolul anterior, se întocmește planul de măsuri de eficiență energetică, prezentat sub formă de tabel după macheta din *Ghidul de elaborare a auditurilor energetice* (tab. 6.1), în care sunt precizate măsurile de eficiență energetică propuse în urma analizei bilanțului real și recomandate de auditor, precum și economiile de energie realizate prin aplicarea acestora. De asemenea, se pot calcula perioadele simple de recuperare a investițiilor (PSR) necesare implementării acestora. Perioada simplă de recuperare pentru o investiție se calculează cu o relație de forma:

$$PSR = I/R$$

în care:

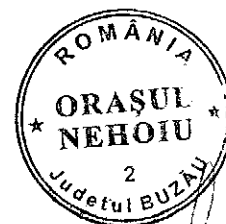
I – reprezintă investițiile suplimentare necesare pentru implementarea măsurii de economisire, considerând că lucrările de realizare a investițiilor se realizează într-un singur an;

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

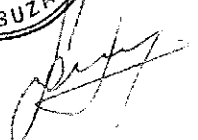
Tab. 6.1 Plan de măsuri de eficiență energetică

Nr. crt.	Denumirea măsurii	Economii anuale estimate		Costuri de investiție	PSR
		[Gcal]	[tep]	[mii lei]	[ani]
1	Izolarea tronsoanelor de rețea neizolate (tronson T.3 Dn80/140m, Dn125/140m, Dn200/120m) cu cochilii de vată minerală bazaltică cu $\lambda = 0,043 [W/m \cdot K]$	1115	111,5	15,5	< 1 an
2	Creșterea randamentelor cazanelor din CT 1 și CT 2 prin utilizarea drept combustibil doar a cojilor de floarea soarelui în detrimentul rumegușului, sau analiza posibilităților reale de reducere a umidității acestuia cu costuri minime	60	6,0	0*	-

*Prețul de achiziție al cojilor de floarea soarelui, raportat la puterea calorică, este mai mic decât cel pentru rumeguș.



Anexa 1 - RAPORT DE TERMOGRAFIE



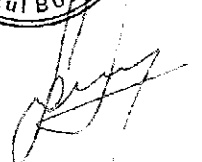
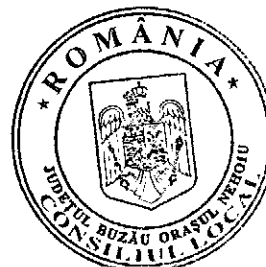
Thermography Inspection

Termoprest PON Nehoiu

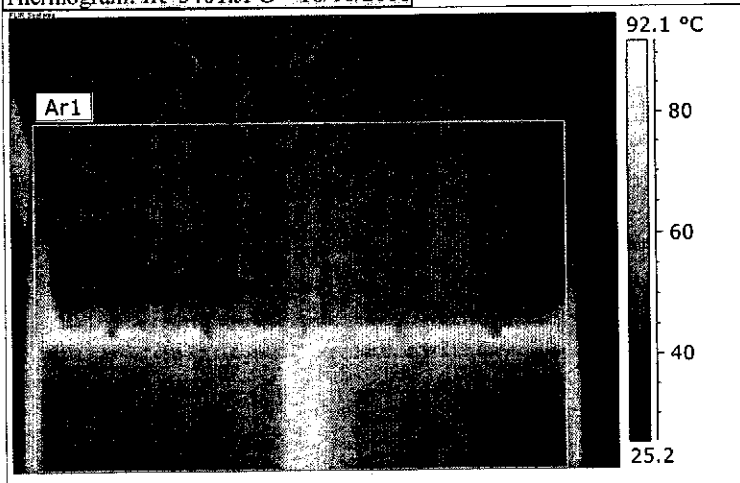
19 Oct. 18

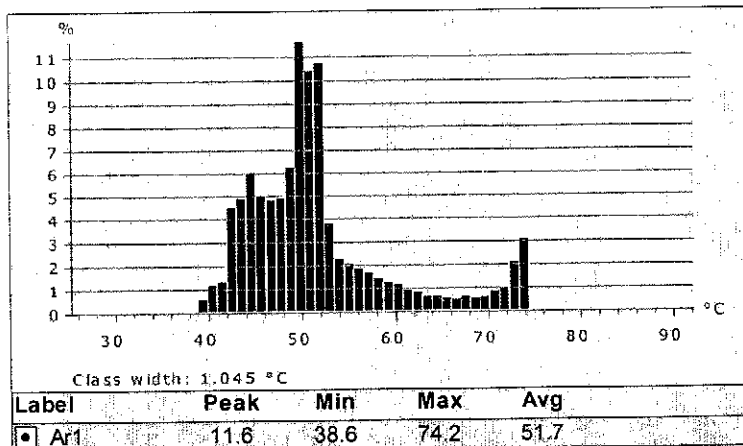
Catalin DIACONU

Inspection and Report was made with ThermoCAM products from
FLIR Systems AB.

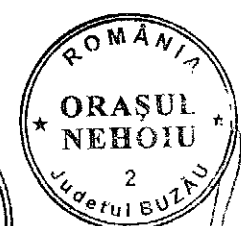
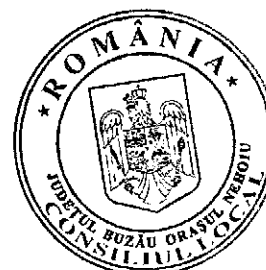


Thermogram: IR_3401.JPG 18/10/2018

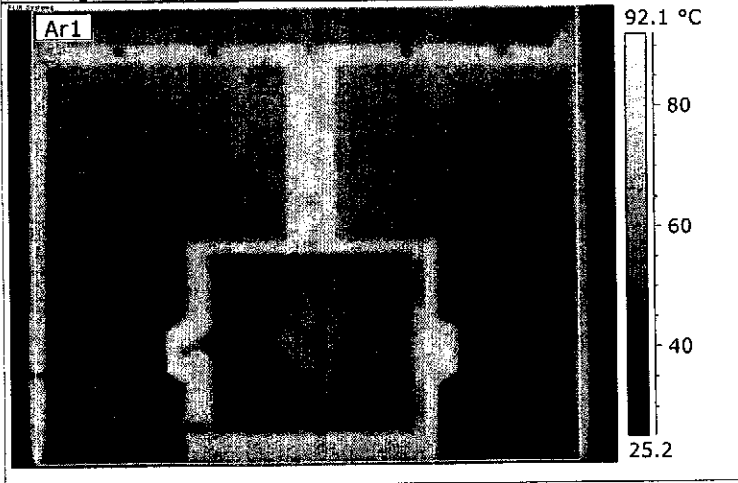

Comment:

 Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete frontal, zona superioară


Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	74.2 °C
Ar1: Min	38.6 °C
Ar1: Average	51.7 °C

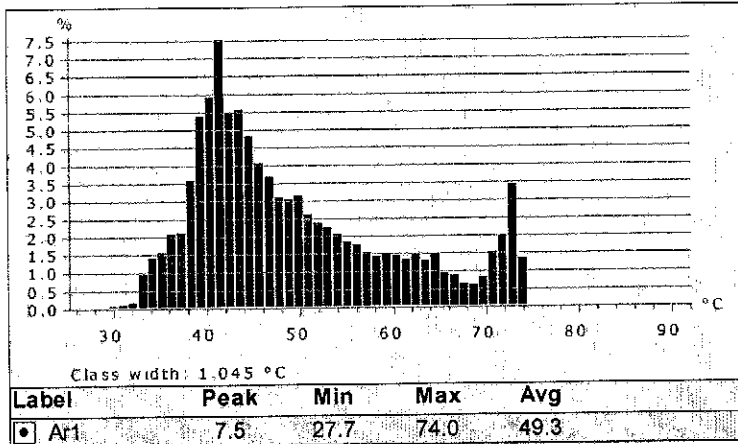



Thermogram: IR_3402.JPG 18/10/2018

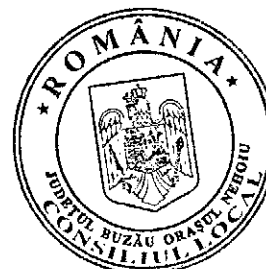
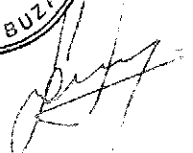


Comment:

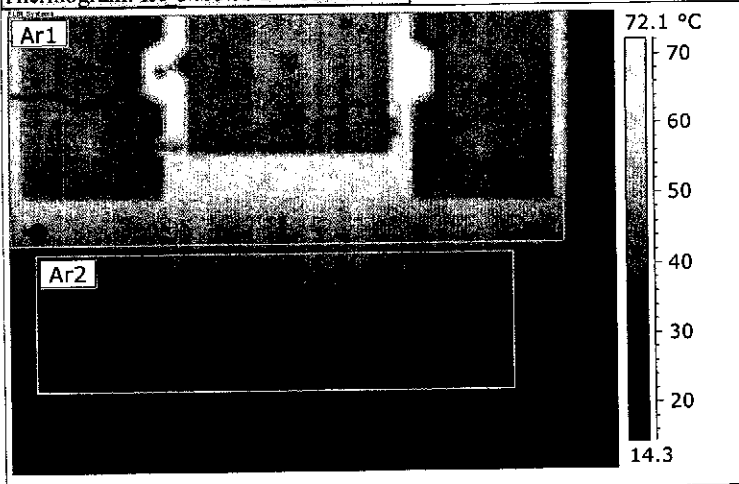
Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete frontal, zona mediană



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	74.0 °C
Ar1: Min	27.7 °C
Ar1: Average	49.3 °C

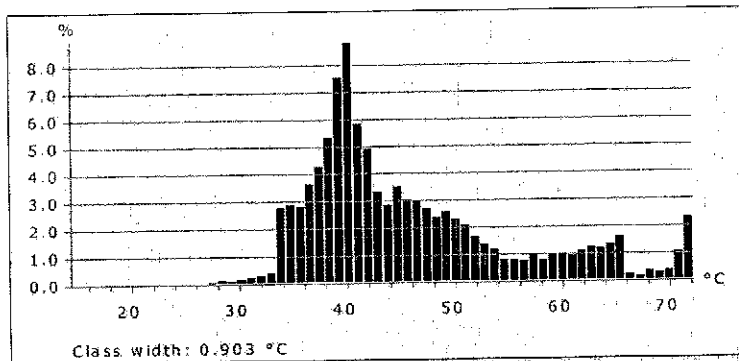
Thermogram: IR_3403.JPG 18/10/2018


Comment:

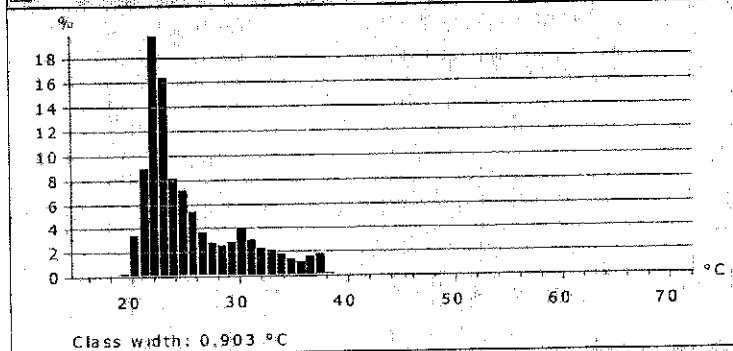
Cazan MTN 4000:

Ar1 – perete frontal, zona inferioară

Ar2 – soclu perete frontal



Label	Peak	Min	Max	Avg
Ar1	8.8	26.4	72.5	45.8
Ar2	19.8	19.1	38.0	25.3

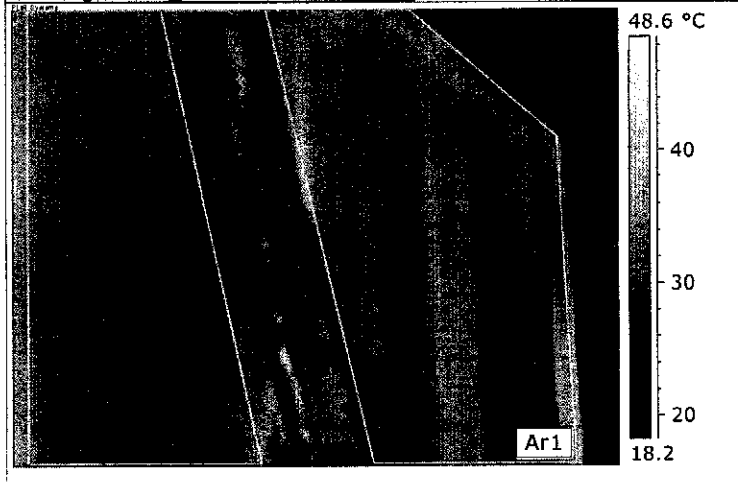


Label	Peak	Min	Max	Avg
Ar1	8.8	26.4	72.5	45.8
Ar2	19.8	19.1	38.0	25.3

Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	72.5 °C
Ar1: Min	26.4 °C
Ar1: Average	45.8 °C
Ar2: Max	38.0 °C
Ar2: Min	19.1 °C
Ar2: Average	25.3 °C

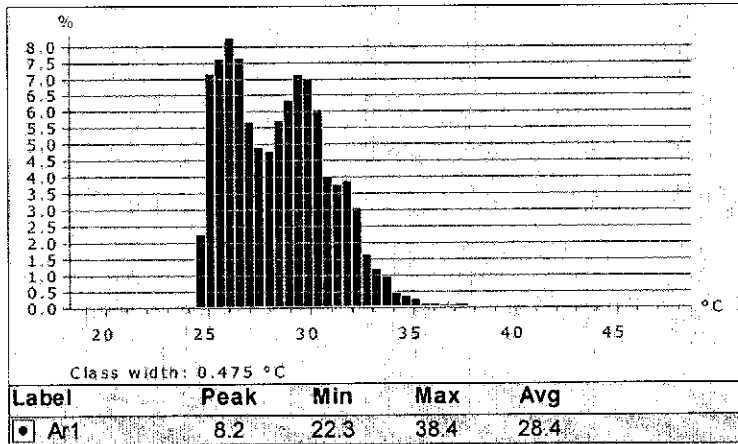



Thermogram: IR_3404.JPG# 18/10/2018

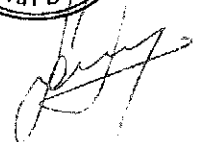

Comment:

Cazan MTN 4000:

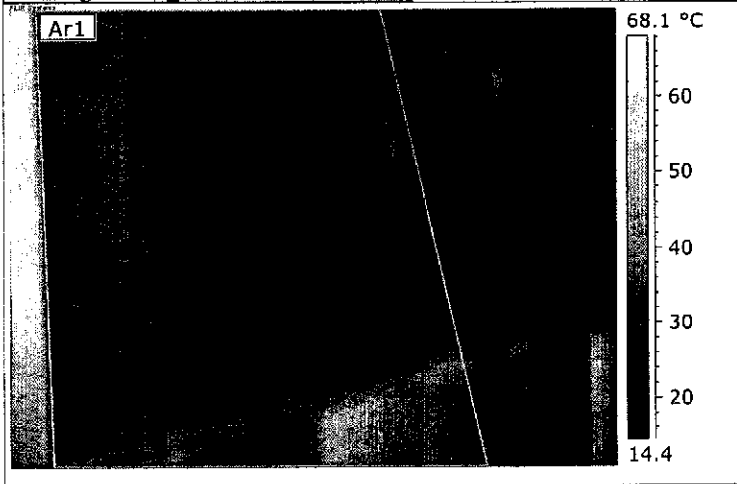
Ar1 – perete lateral dreapta, zona superioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	38.4 °C
Ar1: Min	22.3 °C
Ar1: Average	28.4 °C

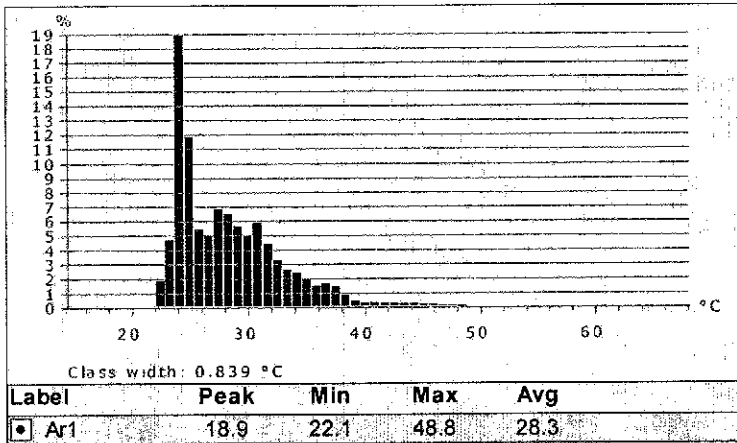



Thermogram: IR_3405.JPG 18/10/2018



Comment:

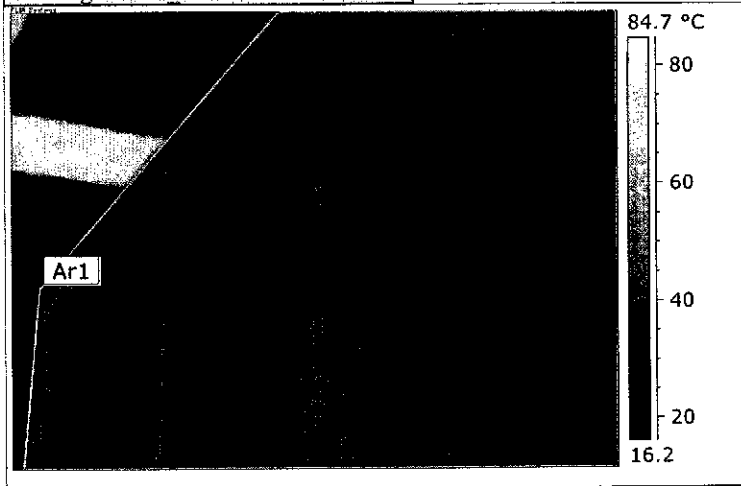
Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete lateral dreapta, zona inferioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	48.8 °C
Ar1: Min	22.1 °C
Ar1: Average	28.3 °C

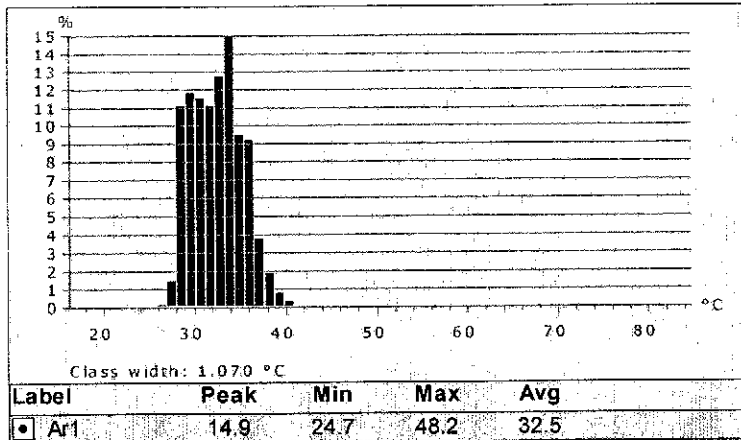


Thermogram: IR_3406.JPG 18/10/2018



Comment:

Cazan MTN 4000:
Ar1 – perete lateral stânga, zona superioară

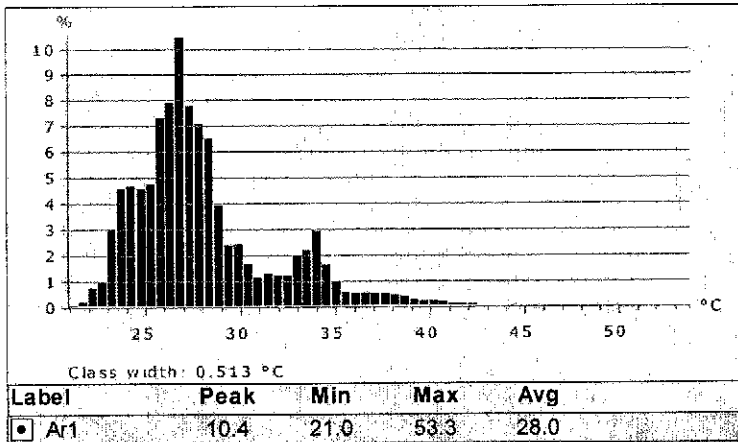


Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	48.2 °C
Ar1: Min	24.7 °C
Ar1: Average	32.5 °C

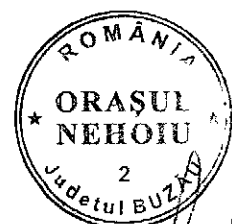


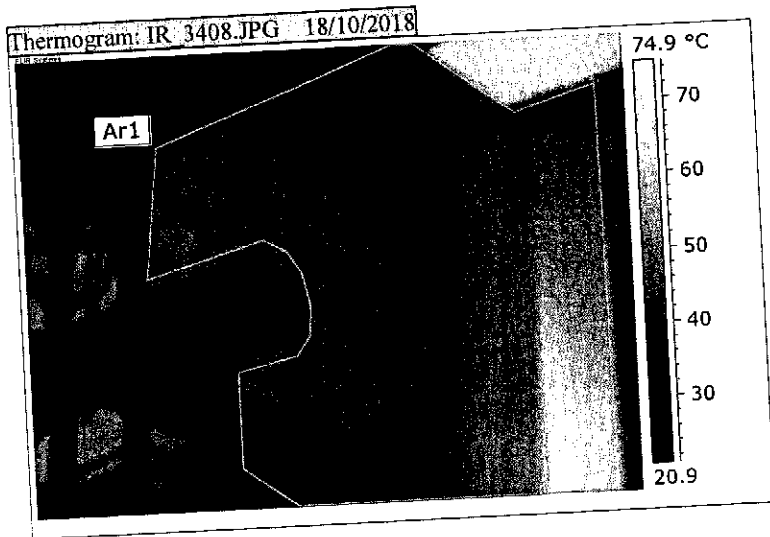
Thermogram: IR_3407.JPG 18/10/2018


Comment:

 Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete lateral stânga, zona inferioară


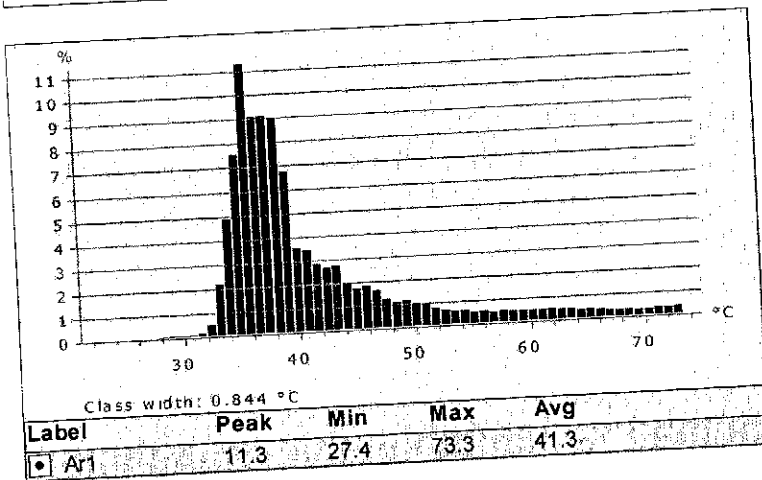
Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	53.3 °C
Ar1: Min	21.0 °C
Ar1: Average	28.0 °C



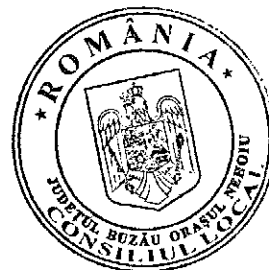


Comment:

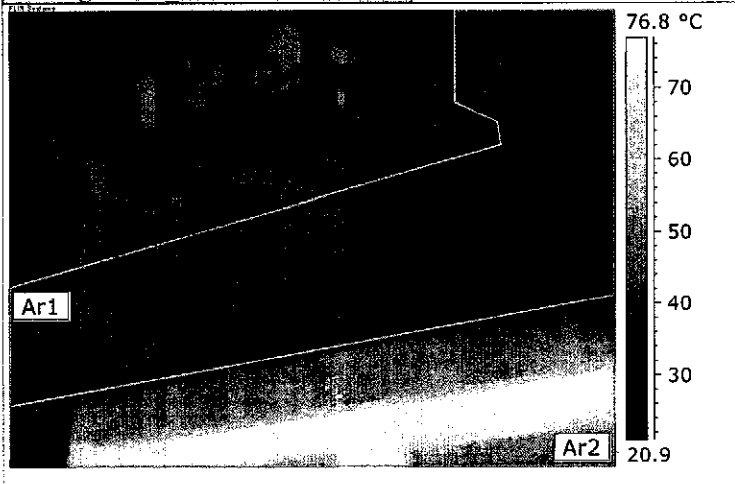
Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete spate, zona superioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	73.3 °C
Ar1: Min	27.4 °C
Ar1: Average	41.3 °C

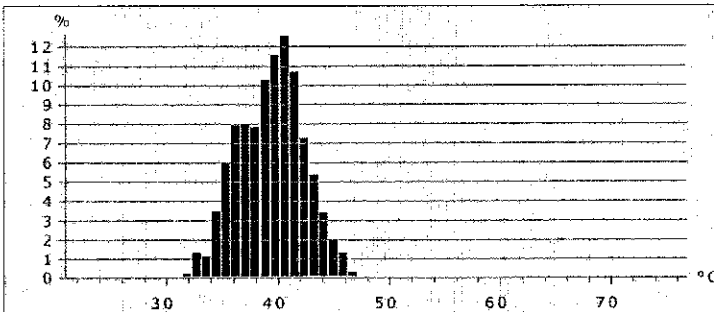



Thermogram: IR_3409.JPG 18/10/2018



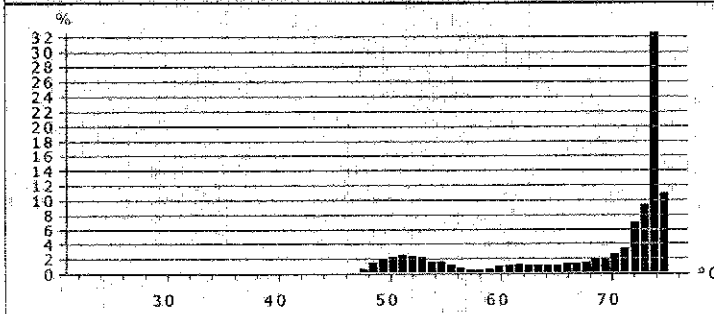
Comment:

Cazan MTN 4000:
Ar1 – perete spate, zona superioară
Ar2 – zona mediană



Class width: 0.874 °C

Label	Peak	Min	Max	Avg
Ar1	12.5	30.8	47.0	39.4
Ar2	32.4	47.0	74.7	68.0



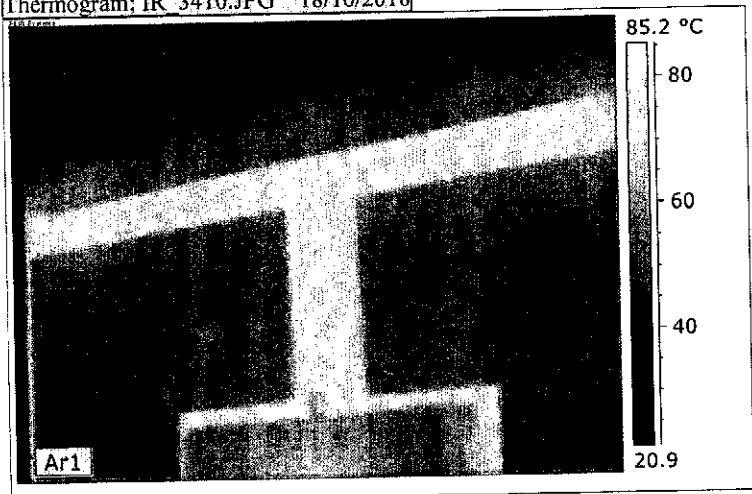
Class width: 0.874 °C

Label	Peak	Min	Max	Avg
Ar1	12.5	30.8	47.0	39.4
Ar2	32.4	47.0	74.7	68.0

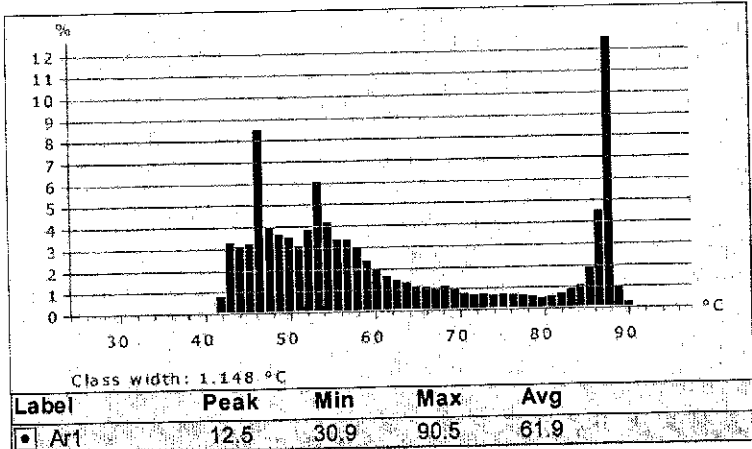
Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	47.0 °C
Ar1: Min	30.8 °C
Ar1: Average	39.4 °C
Ar2: Max	74.7 °C
Ar2: Min	47.0 °C
Ar2: Average	68.0 °C



Thermogram: IR_3410.JPG 18/10/2018



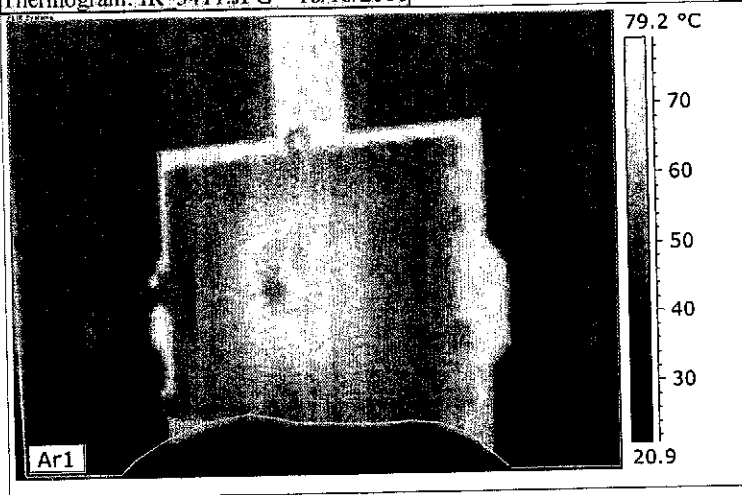
Comment:
 Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete spate, zona mediană



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	90.5 °C
Ar1: Min	30.9 °C
Ar1: Average	61.9 °C

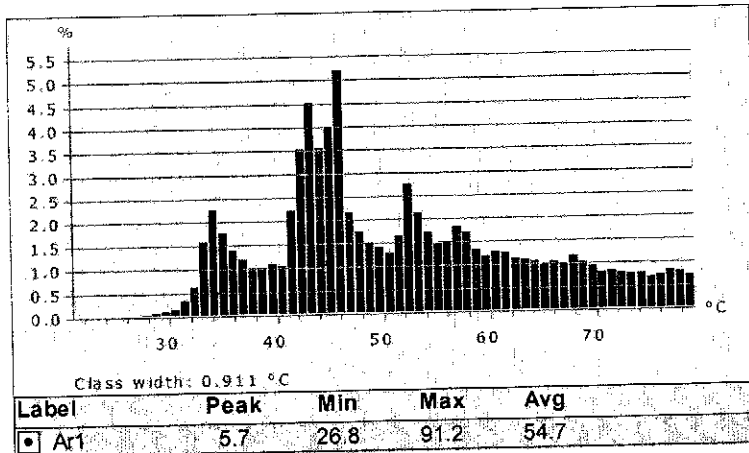


Thermogram: IR_3411.JPG 18/10/2018

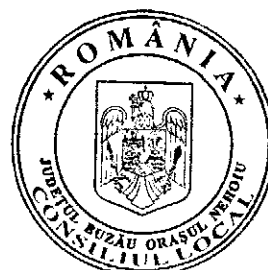


Comment:

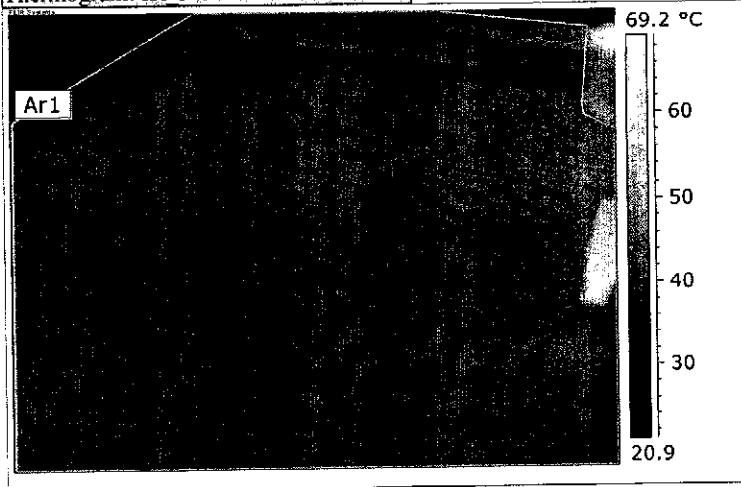
Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete spate, zona inferioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	91.2 °C
Ar1: Min	26.8 °C
Ar1: Average	54.7 °C



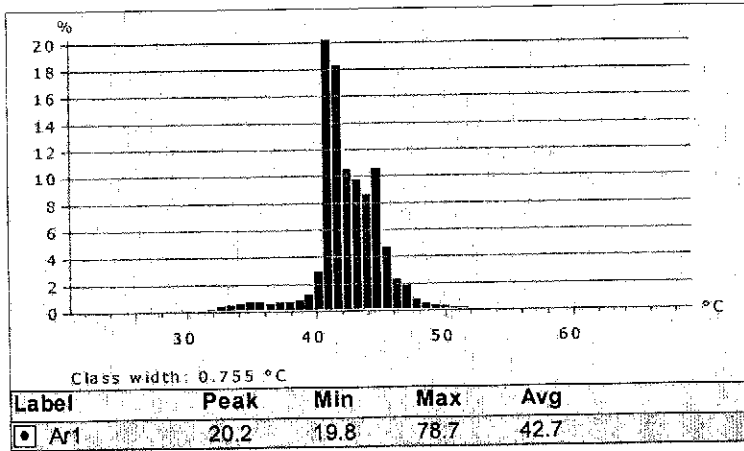
Thermogram: IR_3413.JPG 18/10/2018



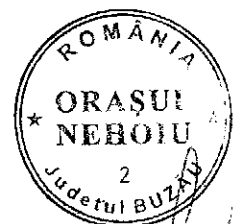
Comment:

Cazan MTN 4000:

Ar1 – perete superior orizontal

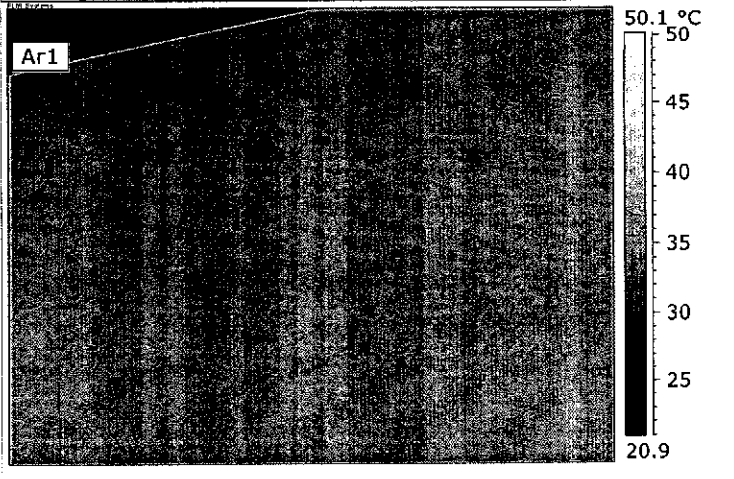


Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	78.7 °C
Ar1: Min	19.8 °C
Ar1: Average	42.7 °C



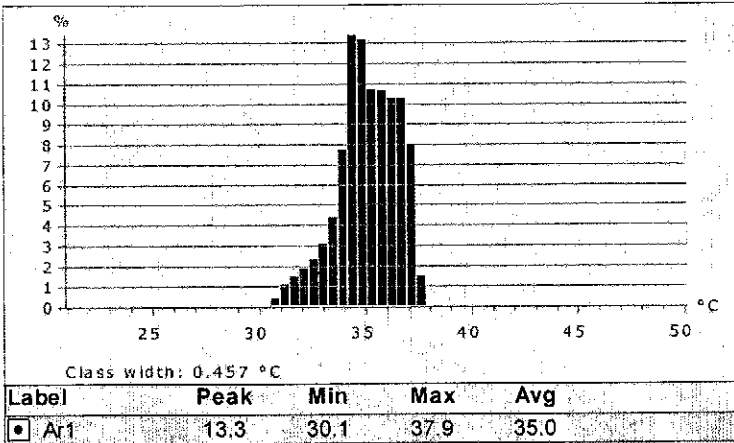
[Handwritten signature]

Thermogram: IR_3415.JPG 18/10/2018



Comment:

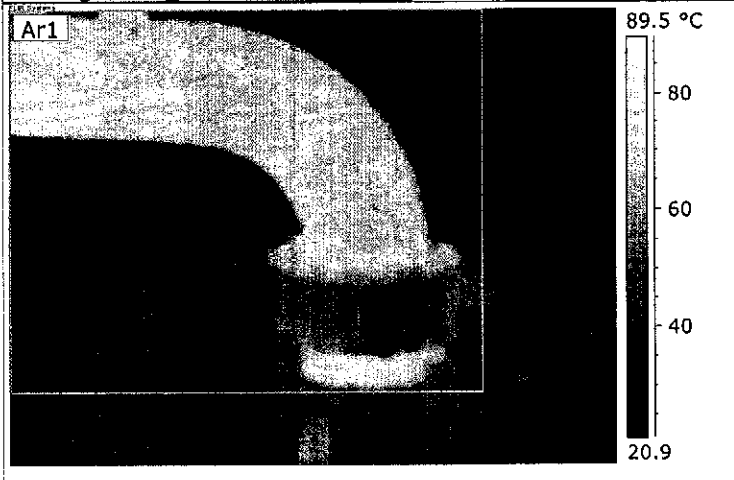
Cazan MTN 4000:
 Ar1 – perete superior orizontal



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	37.9 °C
Ar1: Min	30.1 °C
Ar1: Average	35.0 °C

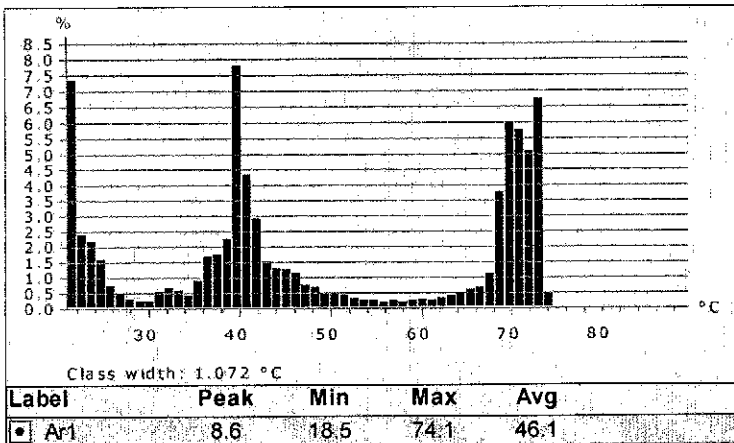



Thermogram: IR_3416.JPG 18/10/2018

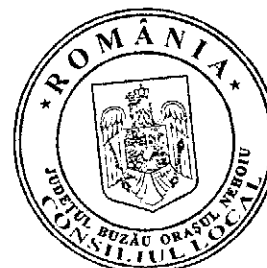


Comment:

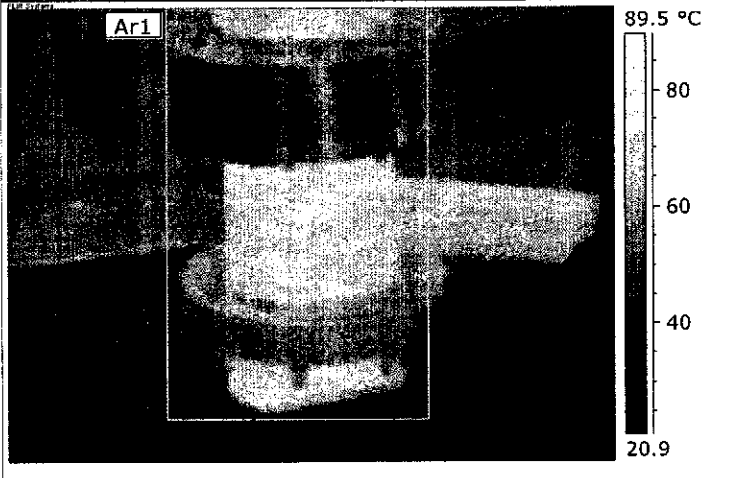
Cazan MTN 4000:
 Ar1 – racord apă alimentare (retur)



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	64.1 °C

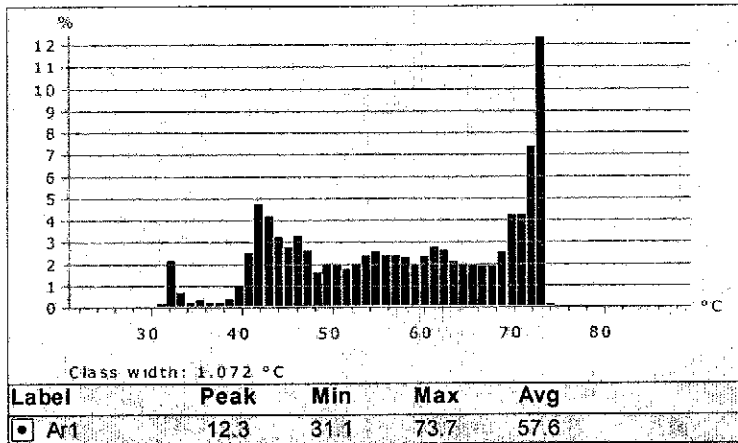



Thermogram: IR_3417.JPG 18/10/2018

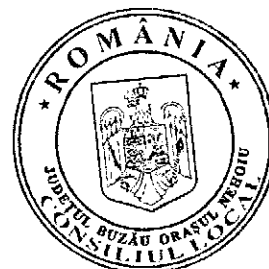


Comment:

Cazan MTN 4000:
 Ar1 – racord ieşire apă caldă (tur)



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	73.7 °C

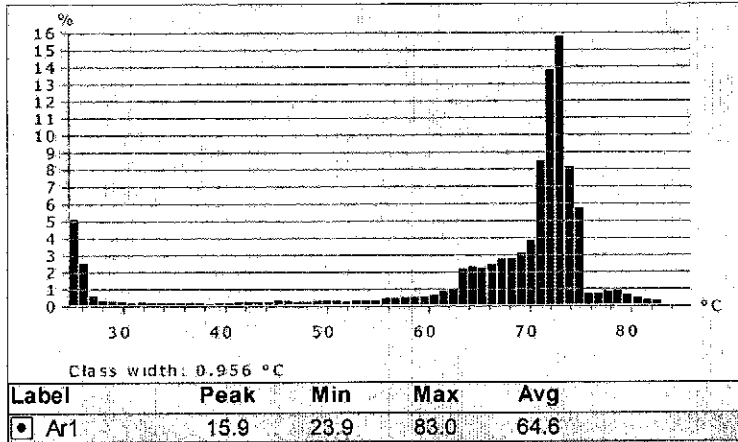


Thermogram: IR_3434.JPG 18/10/2018

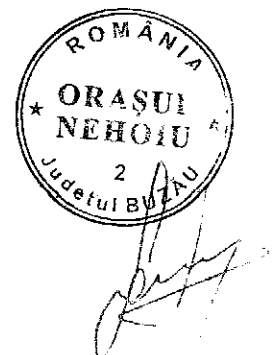


Comment:

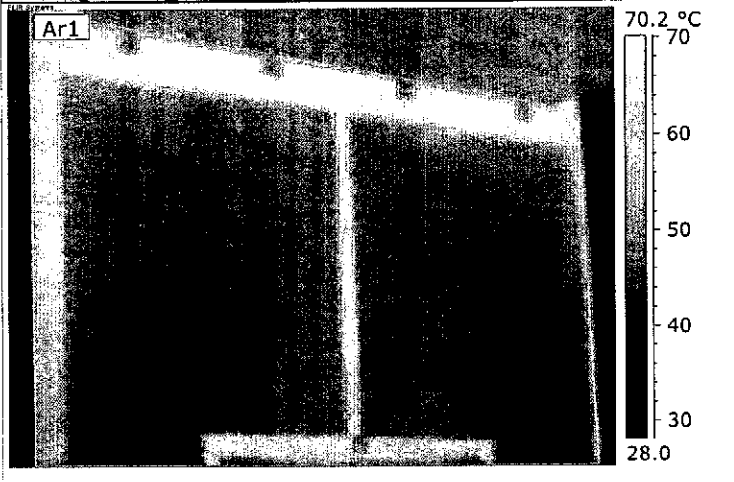
Cazan MTN 2000:
 Ar1 - evacuare gaze de ardere



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	83.0 °C

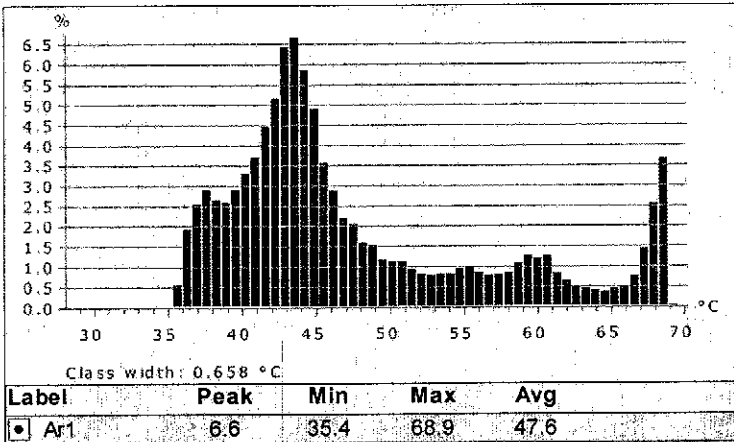


Thermogram: IR_3435.JPG 18/10/2018



Comment:

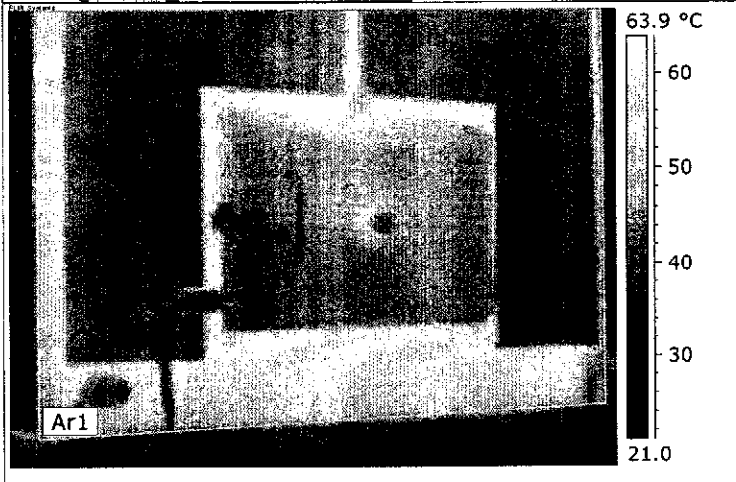
Cazan MTN 2000:
 Ar1 – perete frontal, zona superioara



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	68.9 °C
Ar1: Min	35.4 °C
Ar1: Average	47.6 °C



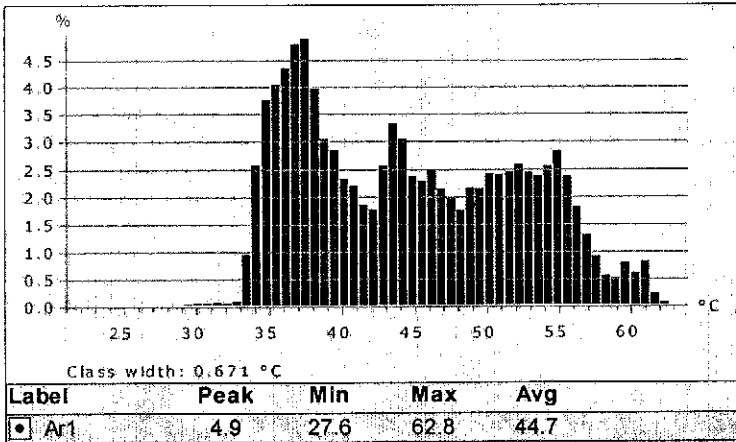
Thermogram: IR_3436.JPG 18/10/2018



Comment:

Cazan MTN 2000:

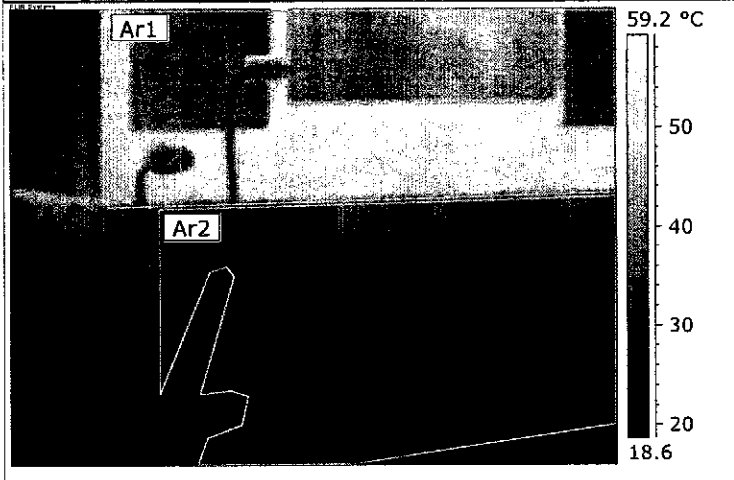
Ar1 – perete frontal, zona mediană

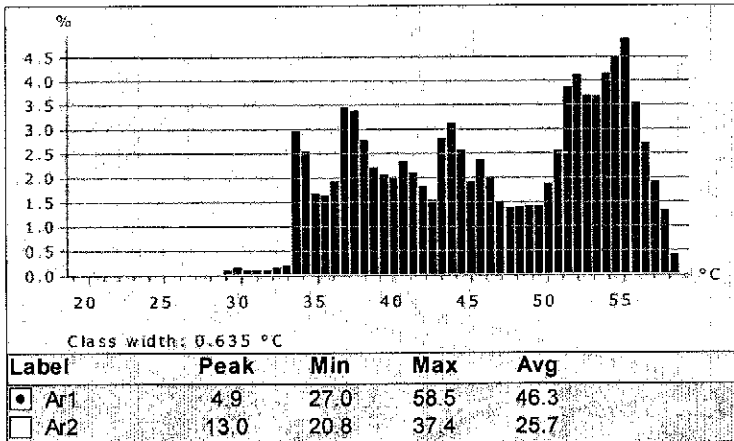


Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	62.8 °C
Ar1: Min	27.6 °C
Ar1: Average	44.7 °C

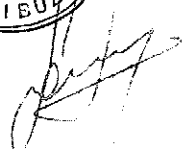



Thermogram: IR_3437.JPG_18/10/2018

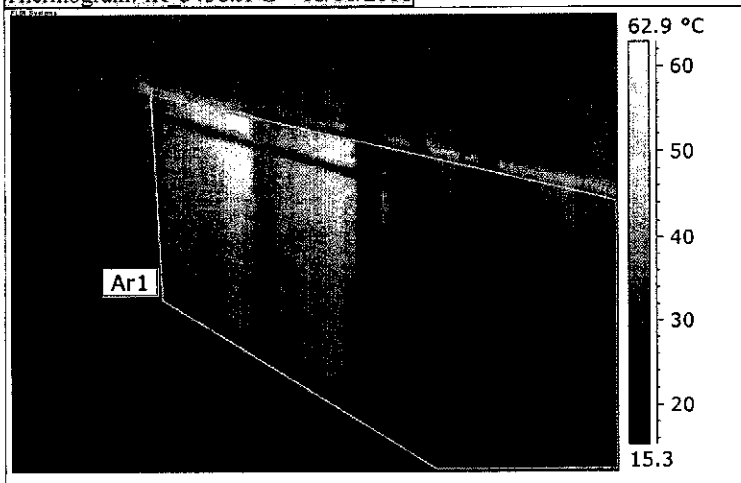

Comment:

 Cazan MTN 2000:
 Ar1 – perete frontal, zona inferioară
 Ar2 - soclu


Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	58.5 °C
Ar1: Min	27.0 °C
Ar1: Average	46.3 °C
Ar2: Max	37.4 °C
Ar2: Min	20.8 °C
Ar2: Average	25.7 °C

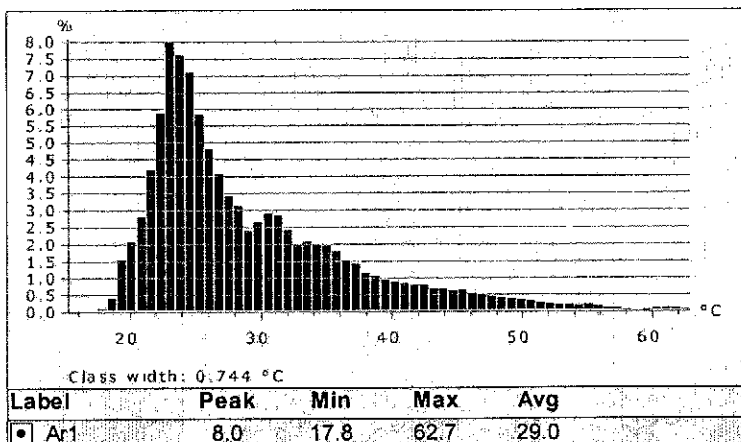



Thermogram: IR_3438.JPG 18/10/2018

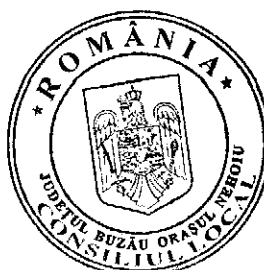


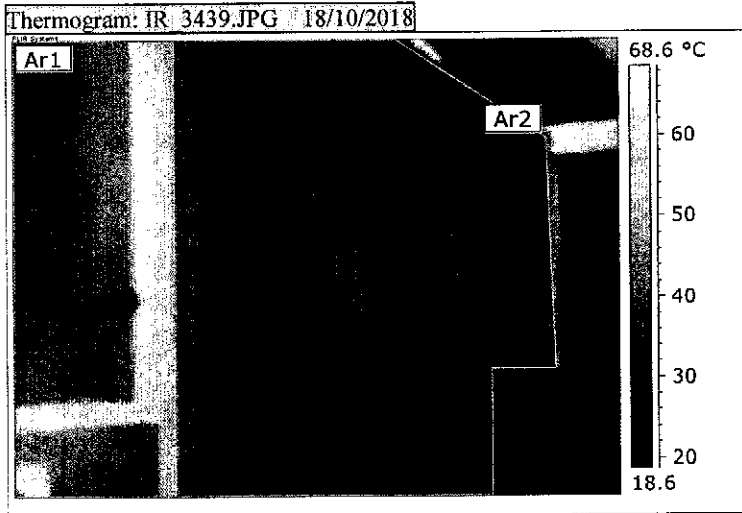
Comment:

Cazan MTN 2000:
Ar1 – soclu pereți laterali



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	62.7 °C
Ar1: Min	17.8 °C
Ar1: Average	29.0 °C

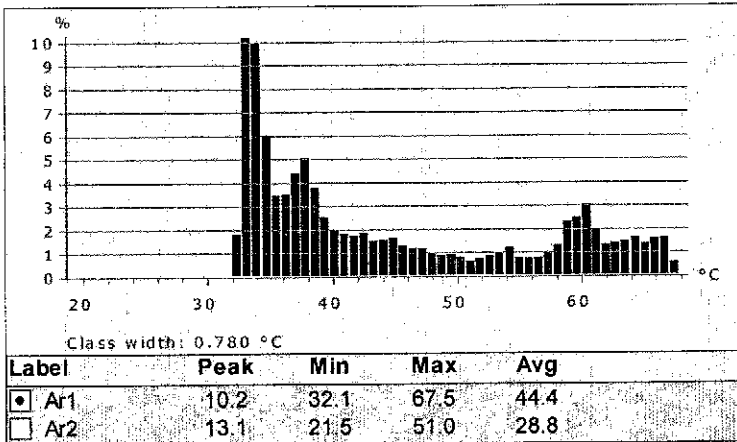



Comment:

Cazan MTN 2000:

Ar1 – perete frontal, zona mediană dreapta

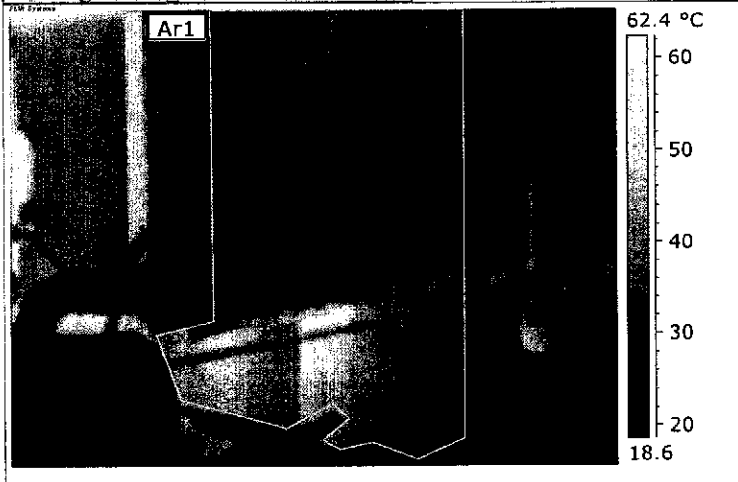
Ar2 – perete lateral dreapta



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	67.5 °C
Ar1: Min	32.1 °C
Ar1: Average	44.4 °C
Ar2: Max	51.0 °C
Ar2: Min	21.5 °C
Ar2: Average	28.8 °C

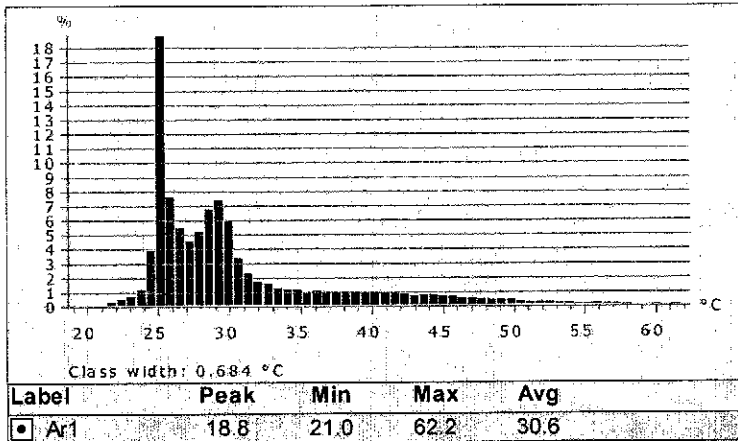


Thermogram: IR_3440.JPG 18/10/2018

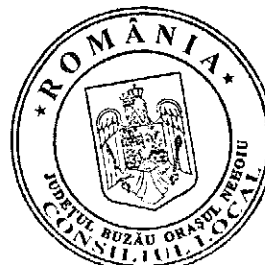


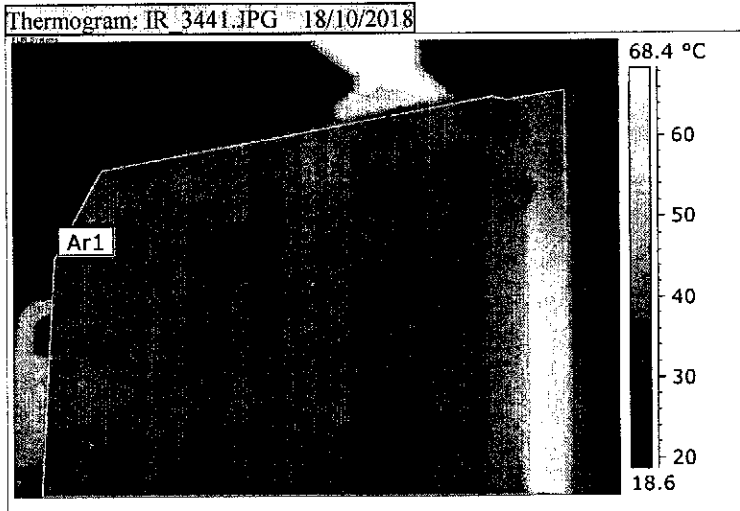
Comment:

Cazan MTN 2000:
 Ar1 – perete lateral dreapta + soclu

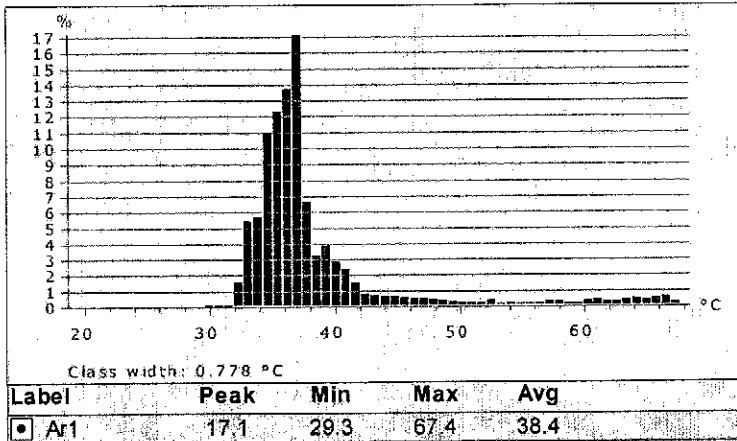


Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	62.2 °C
Ar1: Min	21.0 °C
Ar1: Average	30.6 °C

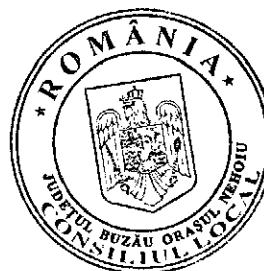
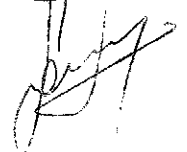




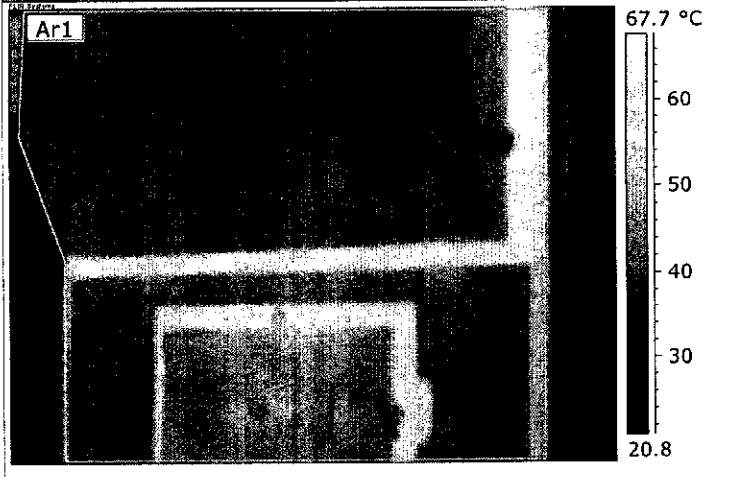
Comment:
 Cazan MTN 2000:
 Ar1 – perete spate, zona superioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	6.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	67.4 °C
Ar1: Min	29.3 °C
Ar1: Average	38.4 °C

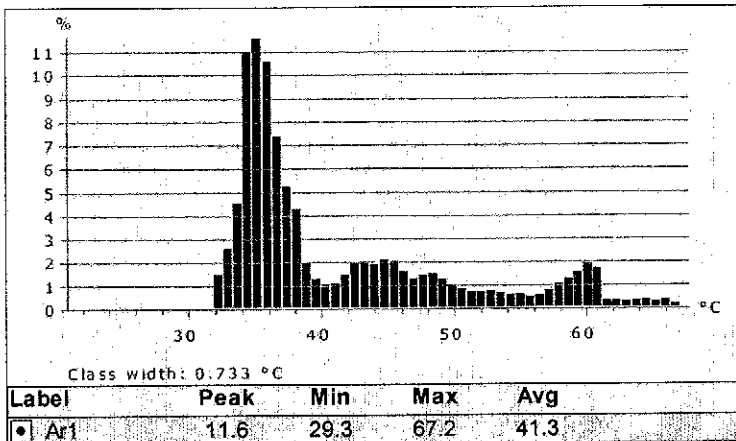



Thermogram: IR_3442.JPG 18/10/2018

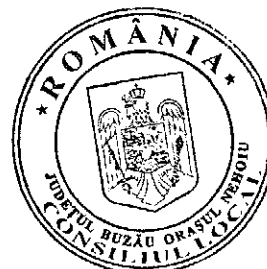


Comment:

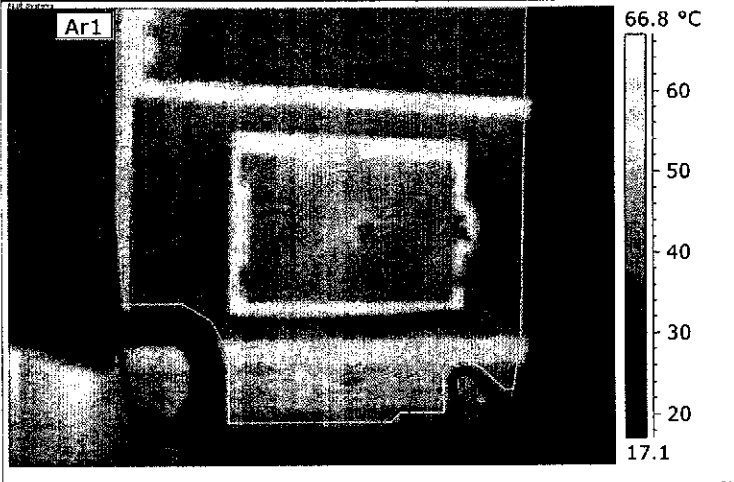
Cazan MTN 2000:
 Ar1 – perete spate, zona mediană



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	67.2 °C
Ar1: Min	29.3 °C
Ar1: Average	41.3 °C

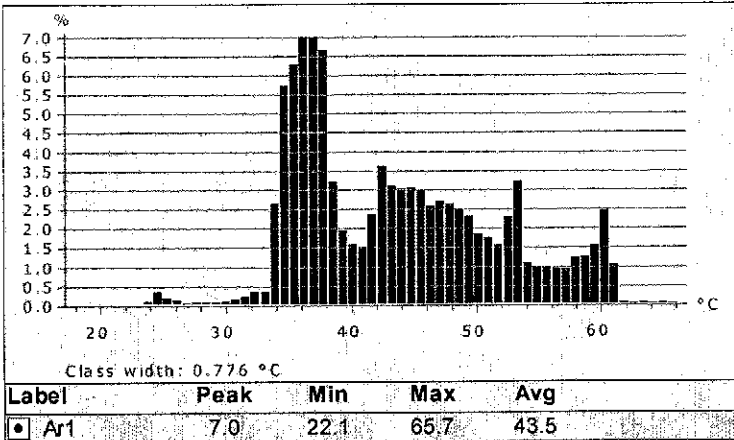


Thermogram: IR_3443.JPG 18/10/2018

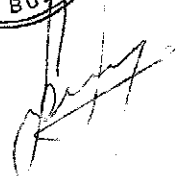


Comment:

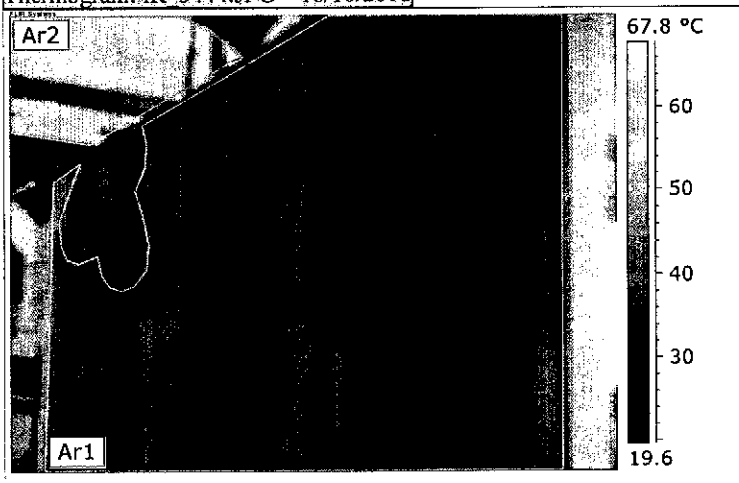
Cazan MTN 2000:
Ar1 – perete spate, zona inferioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	65.7 °C
Ar1: Min	22.1 °C
Ar1: Average	43.5 °C

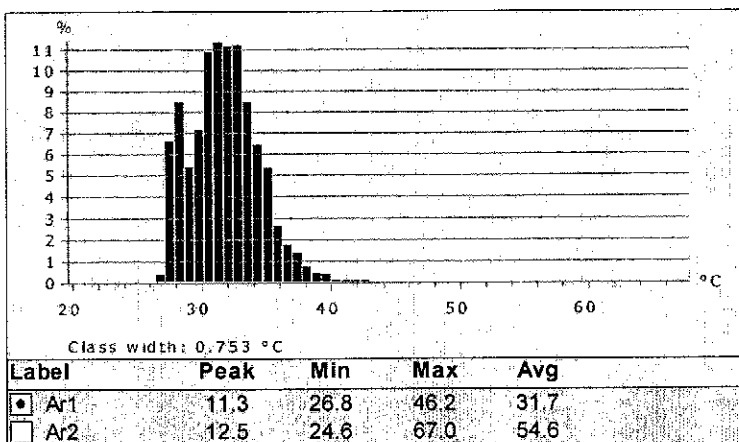



Thermogram: IR_3444.JPG 18/10/2018


Comment:

Cazan MTN 2000:

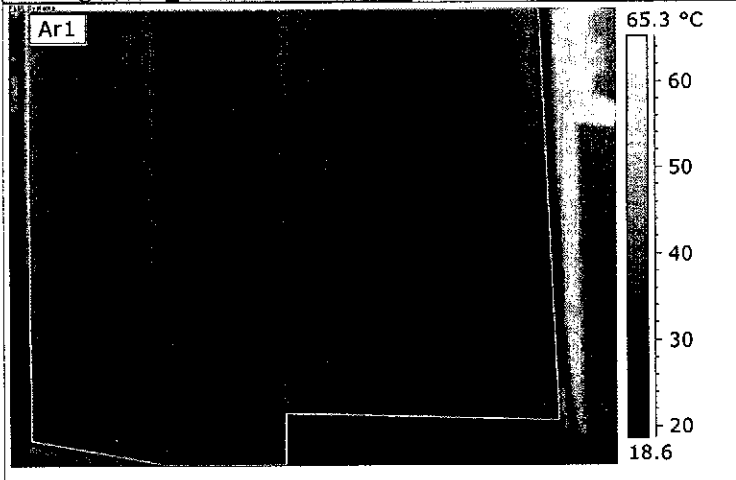
Ar1 – perete lateral stânga, zona superioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	5.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	46.2 °C
Ar1: Min	26.8 °C
Ar1: Average	31.7 °C
Ar2: Max	67.0 °C
Ar2: Min	24.6 °C
Ar2: Average	54.6 °C



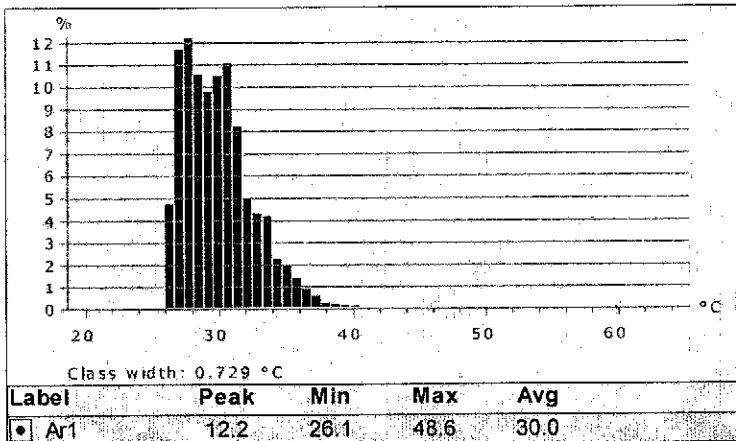
Thermogram: IR_3445.JPG 18/10/2018



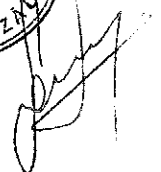
Comment:

Cazan MTN 2000:

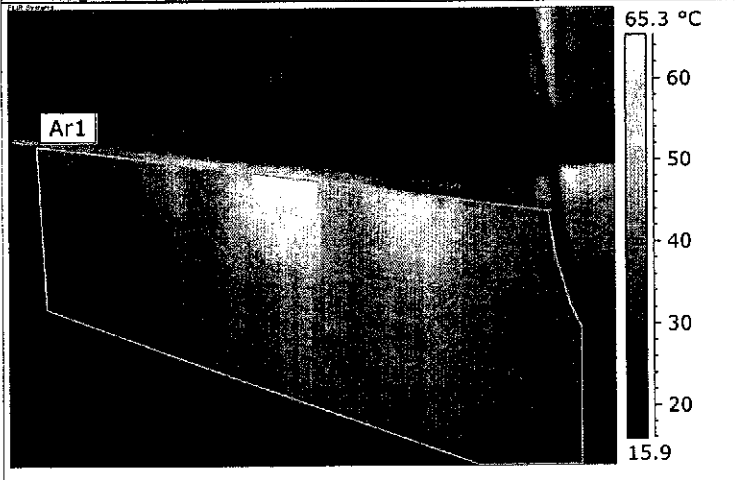
Ar1 – perete lateral stânga, zona inferioară



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	4.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	48.6 °C
Ar1: Min	26.1 °C
Ar1: Average	30.0 °C

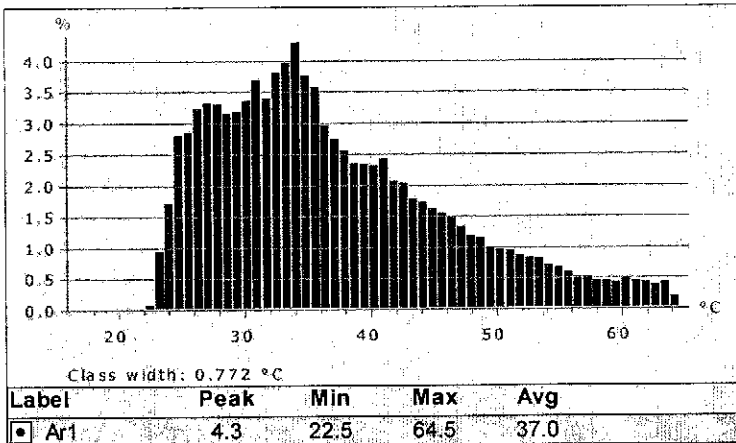



Thermogram: IR_3446.JPG 18/10/2018



Comment:

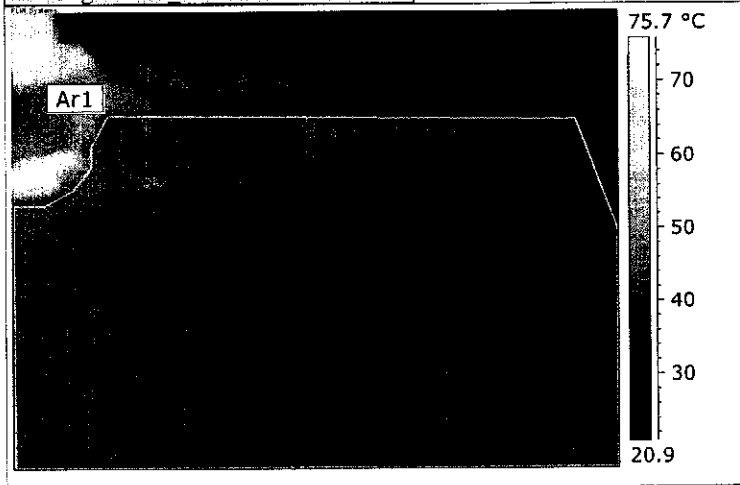
Cazan MTN 2000:
Ar1 – soclu perete lateral stânga



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	4.0 m
Reflected Temperature	15.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	64.5 °C
Ar1: Min	22.5 °C
Ar1: Average	37.0 °C

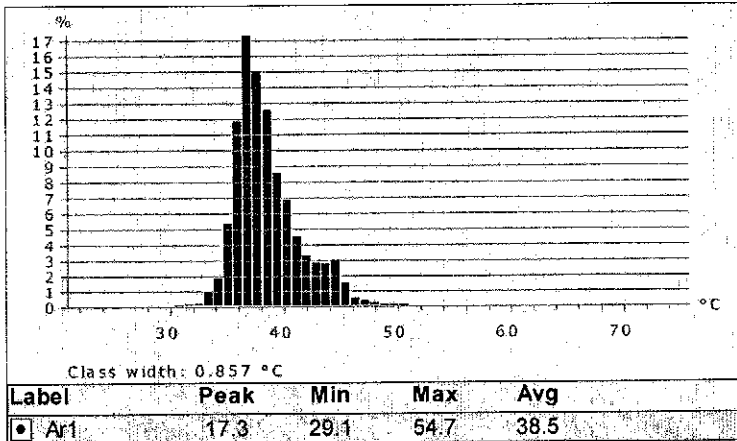


Thermogram: IR_3447.JPG 18/10/2018



Comment:

Cazan MTN 2000:
 Ar1 – perete superior orizontal



Object Parameter	Value
Emissivity	0.95
Object Distance	2.0 m
Reflected Temperature	25.0 °C
Label	Value
Ar1: Max	54.7 °C
Ar1: Min	29.1 °C
Ar1: Average	38.5 °C