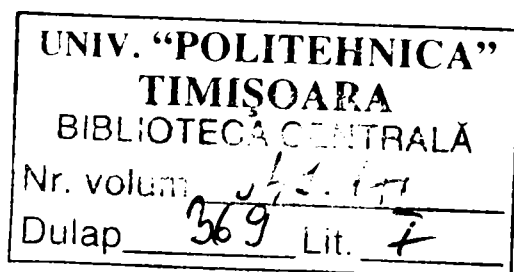


**Ing. AUREL MATEI**

**CONTRIBUTII LA  
REDUCEREA EMISIILOR  
DE NOXE REZULTATE  
DIN FUNCTIONAREA  
CENTRALEI TERMICE  
TIMISOARA SUD**

**TEZĂ DE DOCTORAT**



Conducător științific  
Prof. dr. ing. CORNELIU UGUREANU

*Timișoara*  
Iunie 2006

## Cuvânt înainte

Începând cu anii 60 din secolul al XX-lea, în urma creșterii deosebite a producției industriale și agricole, a extinderii relațiilor și schimburilor economice internaționale, a sporirii populației, omenirea a devenit tot mai conștientă că există multiple probleme care, neglijate, pot conduce la stări conflictuale sau pot pune în pericol dispariția vieții pe pământ.

Un asemenea „conflict” este acela între acțiunile omului și natură.

Omenirea a început să exercite un impact continuu și semnificativ asupra mediului după ce devine specia dominantă a planetei începând în preistorie cu vânătorile intense, descoperirea agriculturii între 8000 și 7500 î.Hr., domesticirea animalelor și culminând după secolul al XV-lea cu revoluția industrială demarată în Europa.

Abstracție făcând de unele unități industriale plasate în plină natură, cea mai mare parte a poluării provine din orașe și ca atare cei mai afectați sunt locuitorii acestor aglomerări.

Ca atare, am considerat că este necesar ca acțiunile mele să se canalizeze spre studiul poluării rezultate din activitatea S.C.COLTERM S.A. și implicit la reducerea noxelor.

Am început studiile de doctorat în anul 2000 sub îndrumarea domnului prof. dr. ing. Corneliu Ungureanu, căruia doresc să-i mulțumesc pentru faptul că m-a călăuzit și impulsionat să fac acest pas.

Îmi exprim recunoștința față de doamna prof. dr. habil Ioana Ionel pentru consultațiile acordate pe parcursul studiului teoretic al temei și al interpretării rezultatelor măsurătorilor.

Mulțumesc, de asemenea, colectivului de la catedra de Termotehnică, Mașini termice și Autovehicule Rutiere pentru sprijinul acordat , pentru îndrumările permanente pentru experiența împărtășită.

Mulțumesc și pentru înțelegerea acordată de către colegii mei de serviciu pentru participarea la lucrările practice pe care le-am executat, la măsurătorile efectuate și pentru ideile pe care mi le-au furnizat atunci când am fost în impas.

Alături de mine, la realizarea practică, au fost și o serie de colaboratori din institute de cercetare și studii : ing. Carmencita Constantin, ing. Gârdan Dumitru, ing. Dorel Bădescu, ing. Dalia Constantinescu, cu care am fost în permanent contact și cu care am finalizat proiectele.

*Timișoara  
Iunie 2006*

*ing. Aurel Matei*

# CUPRINS

<b>CAPITOLUL 1. CONSIDERAȚII ASUPRA POLUĂRII MEDIULUI. C.T. TIMIȘOARA SUD, FACTOR IMPORTANT ÎN POLUAREA MUNICIPIULUI TIMIȘOARA.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITOLUL 2. PREZENTAREA C.T.SUD .....</b>	<b>8</b>
2.1. GENERALITĂȚI .....	8
2.2. GOSPODĂRIA DE COMBUSTIBIL SOLID.....	10
2.3. CAZANE DE ABUR.....	11
2.4. CAZANELE DE APĂ FIERBINTE .....	15
2.4.1. Caracteristici tehnice constructive și funcționale.....	16
2.4.2. Instalații principale, caracteristici tehnice și funcționale ale instalațiilor auxiliare CAF 1 și CAF 2 .....	16
2.4.3. Instalația de ardere cărbune pulverizat .....	16
2.4.4. Arzătoarele de combustibil pulverizat .....	19
2.4.5. Instalația de evacuare zgură și cenușă .....	21
2.4.6. Instalația de insuflare a aerului necesar arderii și de evacuare a gazelor de ardere.....	22
2.4.7. Preîncălzitorul de aer rotativ .....	23
2.4.8. Instalația de desprăfuire electrică .....	27
2.5. INSTALAȚIA DE EVACUARE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ .....	27
2.5.1. Descrierea stației de evacuare zgură și cenușă .....	28
<b>CAPITOLUL 3. CERCETĂRI PRIVIND STABILIREA APORTULUI C.T. TIMIȘOARA SUD LA POLUAREA MEDIULUI AMBIANT .....</b>	<b>31</b>
3.1. PRINCIPALII POLUANȚI .....	31
3.2. EFECTELE NOCIVE ALE POLUANȚILOR .....	32
3.3. REGLEMENTĂRI ÎN VIGOARE .....	33
3.4. MĂSURĂTORI TERMOTEHNICE .....	36
3.4.1. Măsurători efectuate în colaborare cu ICSITEE București .....	36
3.4.2. Măsurătoritermotehnice efectuate cu laboratorul mobil ROTORK.....	37
3.4.3. Măsurători termotehnice efectuate în colaborare cu U.P.Timișoara...38	
3.4.3.1. Măsurători efectuate pe CAF 1 noiembrie 2004 .....	41
3.4.3.2. Măsurători efectuate pe CAF 2 decembrie 2004 .....	45
3.4.3.3. Măsurători efectuate pe CA 3 martie 2005 .....	48
3.4.3.4. Măsurători efectuate pe CA 3 – 14 martie 2005 Prelucrarea datelor experimentale.....	51
3.4.4. Prelucrarea datelor experimentale .....	55
<b>CAPITOLUL 4. CERCETĂRI PRIVIND DISPERSIA NOXELOR EMISE DE C.T. TIMIȘOARA SUD.....</b>	<b>59</b>
4.1. GENERALITĂȚI. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ DISPERSIA NOXELOR .....	59

4.2. DETERMINAREA FACTORILOR METEO ȘI DE EMISIE .....	59
4.3. DISPERSIA NOXELOR. PROGRAMUL ISCVIEW .....	61
4.4. PRELUCRAREA REZULTATELOR .....	63
4.5. CONCLUZII.....	80
<b>CAPITOLUL 5. APLICAREA PROCEDEULUI DE EVACUARE A CENUȘII CU CONSUM REDUS DE APĂ .....</b>	<b>81</b>
5.1. TEHNOLOGII DE COLECTARE, TRANSPORT ȘI DEPOZITARE A ZGURII ȘI CENUȘII REZULTATE DIN ARDEREA COMBUSTIBILILOR SOLIZI.....	81
5.2. CERCETĂRI PRIVIND COMPOZIȚIA CENUȘII .....	83
5.3. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTĂRILOR .....	84
5.4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI .....	91
<b>CAPITOLUL 6. STUDIUL PRIVIND DIMINUAREA CONCENTRAȚIEI OXIZILOR DE SULF ÎN GAZELE DE ARDERE .....</b>	<b>94</b>
6.1. METODE DE SULFURARE A GAZELOR DE ARDERE .....	94
6.1.1. Generalități .....	94
6.1.2. Procedeul aditivării cu calcar .....	95
6.1.3. Desulfurarea umedă a gazelor de ardere folosind carbonatul de calciu.....	97
6.1.3.1. Procedeul de desulfurare a gazelor de ardere cu ajutorul absorbantilor alcalino-pământoși.....	97
6.1.3.2. Procedeul LIFAC și ARA de desulfurare a gazelor de ardere .....	99
6.2. STUDIU DE CAZ PRIVIND REDUCEREA CONCENTRAȚIEI OXIZILOR DE SULF DIN GAZELE DE ARDERE PROVENITE DE LA CAZANUL DE APĂ FIERBINTE NR. 2.....	100
6.2.1. Premizele de calcul .....	100
6.2.2. Bilanțul material .....	101
6.2.3. Concluzii .....	105
<b>CAPITOLUL 7. REDUCEREA EMISIILOR DE NOXE LA C.T. SUD PRIN MONTAREA UNUI GRUP DE 19,7 MW ÎN CONTRAPRESIUNE .....</b>	<b>106</b>
7.1. DESCRIEREA PROIECTULUI .....	106
7.2. DESCRIEREA FORMULEI FOLOSITE PENTRU ESTIMAREA EMISIILOR GENERATE DE ACTIVITĂȚILE PROIECTULUI .....	107
7.3. CONCLUZII.....	117
<b>CAPITOLUL 8. CONCLUZII FINALE. APORTUL PERSONAL LA REDUCEREA EMISIILOR DE NOXE LA C.T. TIMIȘOARA SUD.....</b>	<b>118</b>

## **CAPITOLUL 1. CONSIDERAȚII ASUPRA POLUĂRII MEDIULUI.**

### **C.T. TIMIȘOARA SUD, FACTOR IMPORTANT ÎN POLUAREA MUNICIPIULUI TIMIȘOARA**

Problema raportului dintre om și mediul ambiant nu este nouă; ea a apărut odată cu cele dintâi colectivități umane. Totuși, momentul în care echilibrul dintre acțiunile omului și natură a fost stricat este momentul începerii revoluției industriale.

Îmbunătățirea standardului de viață presupune orientarea omului către o societate de consum. Reversul civilizației industriale, al progresului material a fost și este înrăutățirea mediului natural. Sub impactul dezvoltării economice au fost poluate, mai mult sau mai puțin grav, solul, apa și aerul, au dispărut sau sunt pe cale de dispariție multe specii de plante și animale, iar omul este confruntat la rândul lui cu diverse maladii cauzate de poluare, fenomen ce cuprinde astăzi toate țările și continentele. Aproape toate activitățile omului modern au un efect negativ asupra mediului înconjurător. Agricultură, prin utilizarea îngrășămintelor chimice afectează solul și apele, industria, prin arderea combustibililor sau prin prelucrarea diferitelor materii prime elimină diverse produse secundare în atmosferă și/sau apă și/sau sol, transporturile, efectuându-se, în principal, prin utilizarea combustibililor fosili, contribuie în mod semnificativ la înrăutățirea indicatorilor de calitate ai mediului.

Prin arderea a aproape opt miliarde de tone de combustibil convențional se elimină anual în atmosfera aproximativ un miliard și jumătate tone de cenușă, praf și gaze. Pe lângă arderea combustibililor - cărbune, petrol, lemn, gaze naturale - probleme asemănătoare creează și alte industrii, îndeosebi chimică, metalurgică, unele ramuri ale industriei constructoare de mașini, industria alimentară etc. - ca și circulația automobilelor, avioanelor, trenurilor, vapoarelor etc.

Abstracție făcând de unele unități industriale plasate în plină natură, cea mai mare parte a poluării atmosferice provine din orașe, căci apariția industriei fie are loc în orașe, fie creează ulterior orașe. Așa ca primele victime sunt locuitorii marilor aglomerări urbane.

Cauzele poluării atmosferice sunt poluanții primari (particulele de funingine, dioxidul de sulf și oxizii de azot) și poluanții secundari (produși prin reacții între poluanții primari). Monoxidul de carbon și oxizii de azot sunt principalii poluanți rezultați din arderea combustibililor. Funinginea și dioxidul de sulf sunt poluanții primari produși în principal prin arderile de combustibili fosili precum petrolul și cărbunele, în centralele electrice.

Prevenirea și combaterea poluării a devenit una dintre cele mai importante preocupări ale omului modern.

România, ca parte a celor mai multe Convenții și Tratatate Internaționale referitoare la prevenirea și combaterea poluării, elaborează regulat rapoarte referitoare la emisiile de poluanți în atmosferă. Un astfel de raport este Raportul asupra Inventarului Național de Gaze cu efect de seră. În figura 1.1. este prezentată evoluția emisiilor de poluanți indirecti evacuați în atmosferă. Această evoluție a fost prezentată în raportul Convenției Națiunilor Unite din anul 2005.

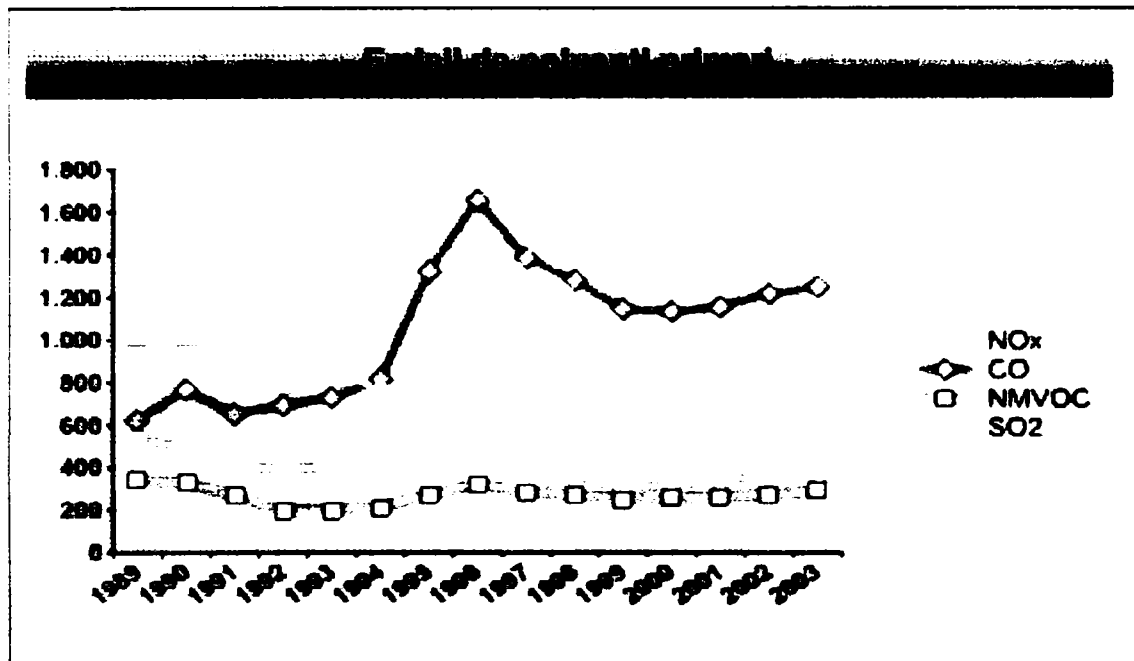


Fig. 1.1. Emisii de poluanți primari

Obs.: NMVOC - non-methane volatile organic compounds (alți compuși volatili, în afară de metan).

Potrivit raportului menționat, se observă o tendință de reducere a emisiilor de SO<sub>2</sub> în perioada analizată. Emisiile de NO<sub>x</sub>, după ce au suferit o reducere între anii 1989 – 1998, înregistrează o ușoară tendință de creștere în anii 1998 – 2003.

În ceea ce privește poluarea în orașul Timișoara, autoritatea responsabilă cu monitorizarea și raportarea stării mediului este Agenția de Protecție a Mediului Timișoara.

Agenția prezintă anual rapoarte referitoare la poluarea în municipiul Timișoara și în județul Timiș.

În ceea ce privește determinarea nivelului de poluare a aerului cu noxe (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, pulberi în suspensie) în anul 2003 s-a efectuat, prin prelevarea de probe în 3 puncte fixe ale municipiului Timișoara, (1 în zona centrală și 2 în zone industriale) o analiză ale cărei rezultate sunt prezentate în continuare.

Evoluția concentrațiilor medii lunare și a celor maxime în cazul indicatorilor SO<sub>2</sub> și NO<sub>2</sub> pentru anul 2002, cât și pentru anul 2003, pentru punctul de prelevare din zona centrală a orașului este prezentată în fig. 1.2. și fig. 1.3. Se poate observa tendința de scădere a valorilor medii înregistrate.

Valoarea medie anuală pentru SO<sub>2</sub> înregistrată în zona centrală a orașului a fost de 0,003 mg/mc, iar pentru NO<sub>2</sub> de 0,014 mg/mc, valori mult mai reduse decât normele admise prin standarde. Valoarea maximă înregistrată în anul 2003 pentru SO<sub>2</sub> a fost de 0,040 mg/mc în luna ianuarie, pentru NO<sub>2</sub> de 0,038 mg/mc în luna februarie.

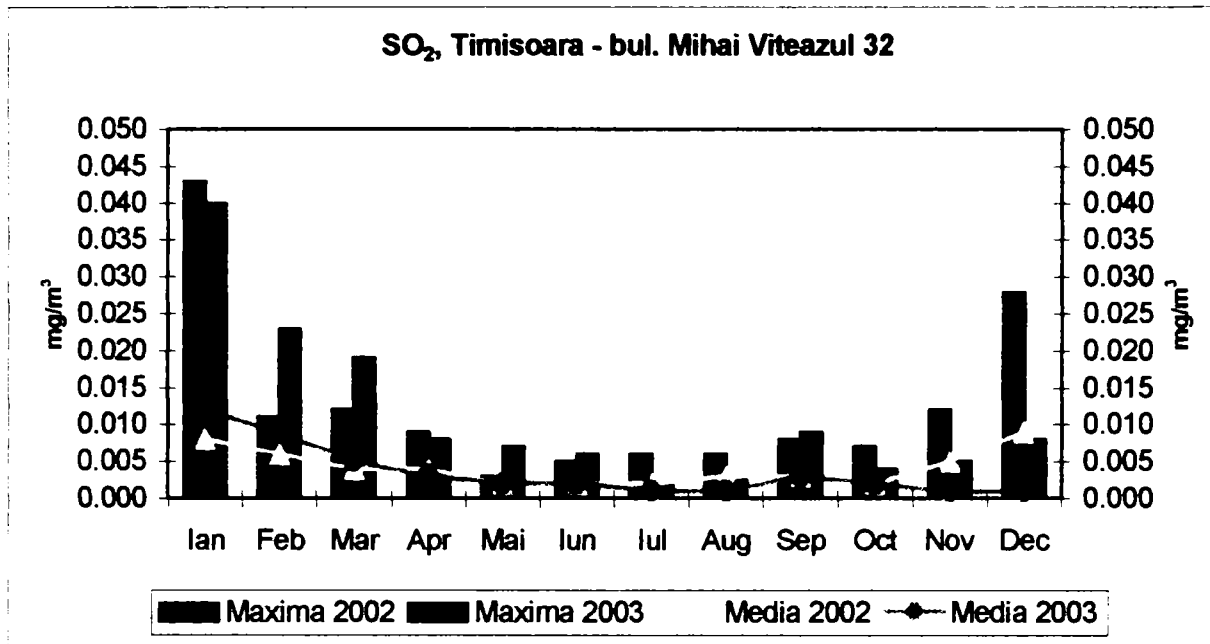


Fig. 1.2. Concentrații medii lunare SO<sub>2</sub>

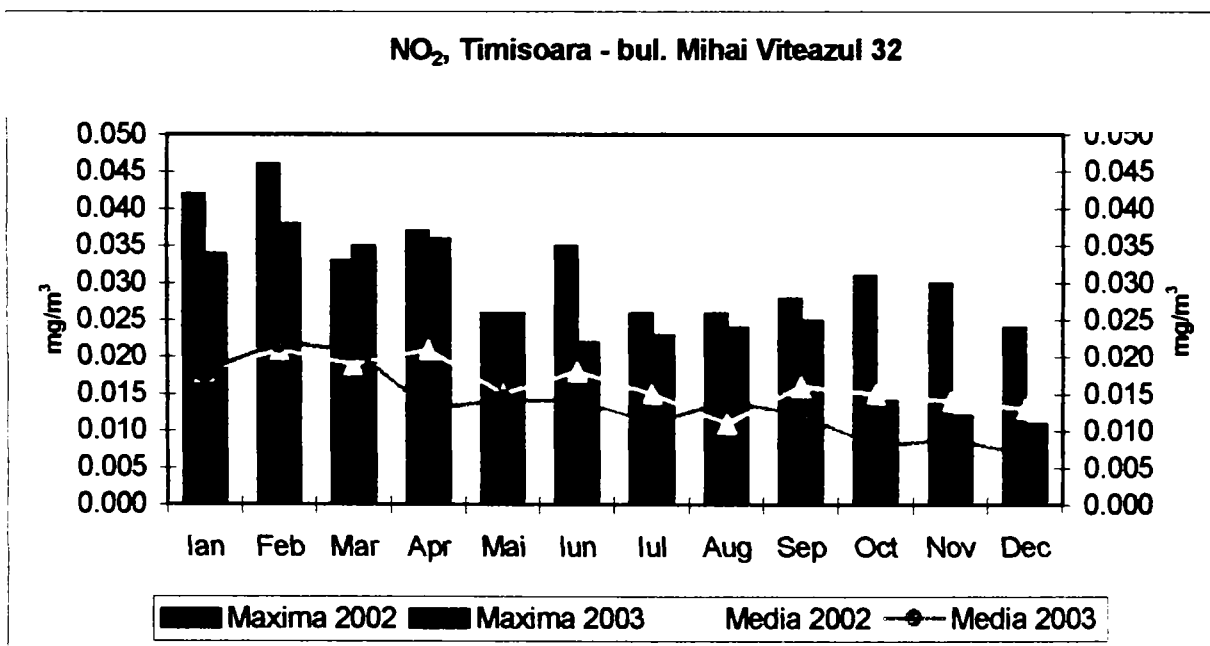
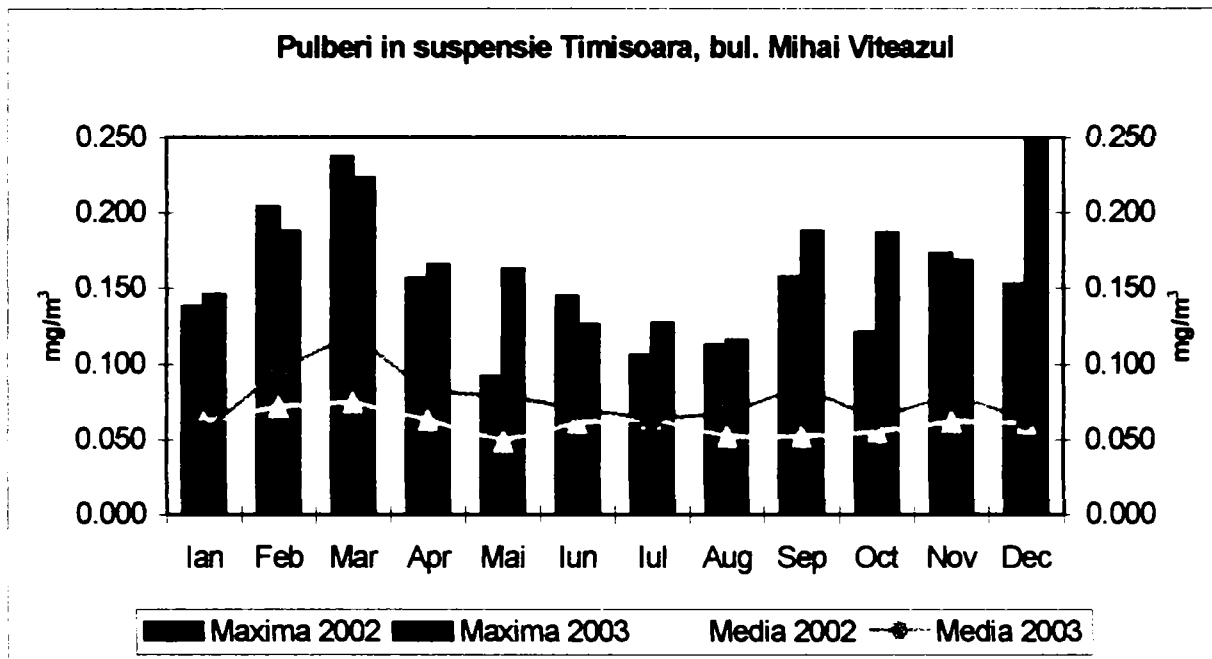


Fig. 1.3. Concentrații medii lunare NO<sub>x</sub>

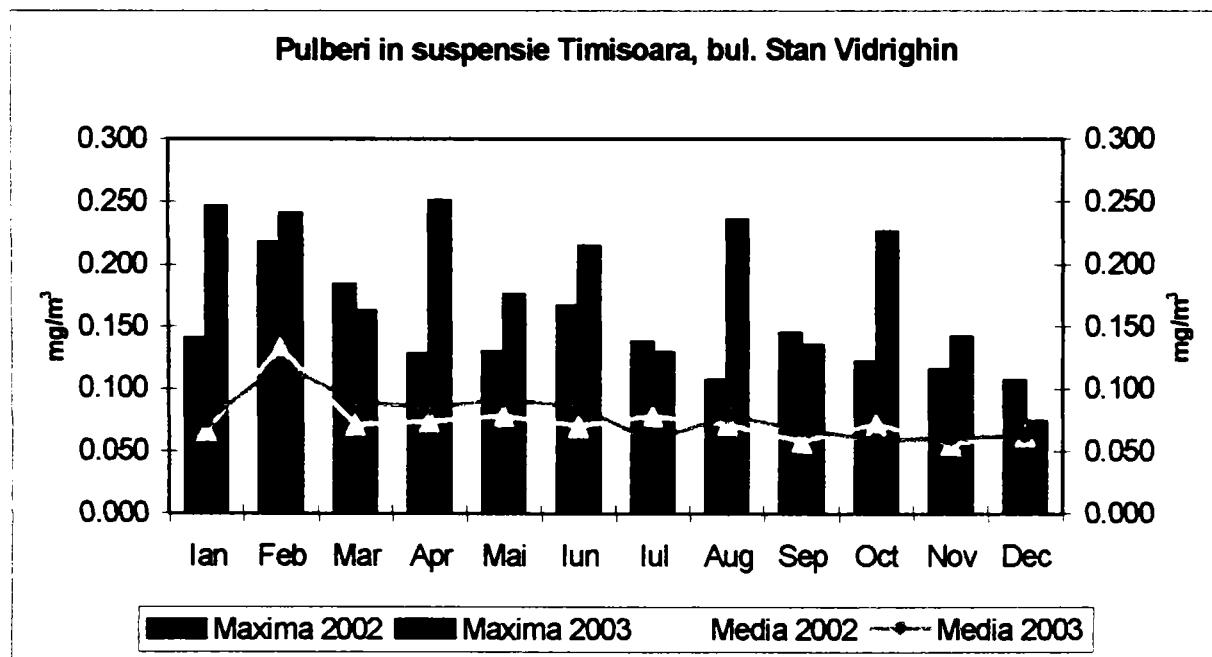
Sursa: Raportul privind starea mediului pe anul 2003 – județul Timiș, APM Timișoara

În ceea ce privește pulberile în suspensie (fig. 1.4. și fig. 1.5.), pe parcursul anului 2003, 7% din probele prelevate în zona centrală și 8.3% în zona industrială din partea de Sud – Est a municipiului, au avut valori ce depășeau standardele în vigoare (în zona industrială Sud Est). În anul 2002, 3.1% din probele de pulberi în suspensie au depășit standardele.





*Fig. 1.4. Concentrații lunare medii pulberi*



*Fig. 1.5. Concentrații lunare medii pulberi*

Referitor la pulberile sedimentabile, 16.4% din probe au avut valori peste valorile maxime din standard in anul 2003, fata de 29.8% in anul 2002.

Probele prelevate in vecinătatea depozitului termocentralei S.C. COLTERM SA, CT Sud Timișoara (2 puncte de prelevare), au avut valori care in anul 2003, in proporție de 43.5% au depășit maximele admise, concentrațiile ajungând pana la 190.35%, in luna septembrie. In anul 2002, 27.2% din probe au avut valori peste CMA (concentrația maximă admisă), maxima înregistrată având o valoare ce reprezintă 150.7% din CMA in luna martie. Evoluția concentrațiilor în cei doi ani este prezentată in fig. 1.6 si fig. 1.7.



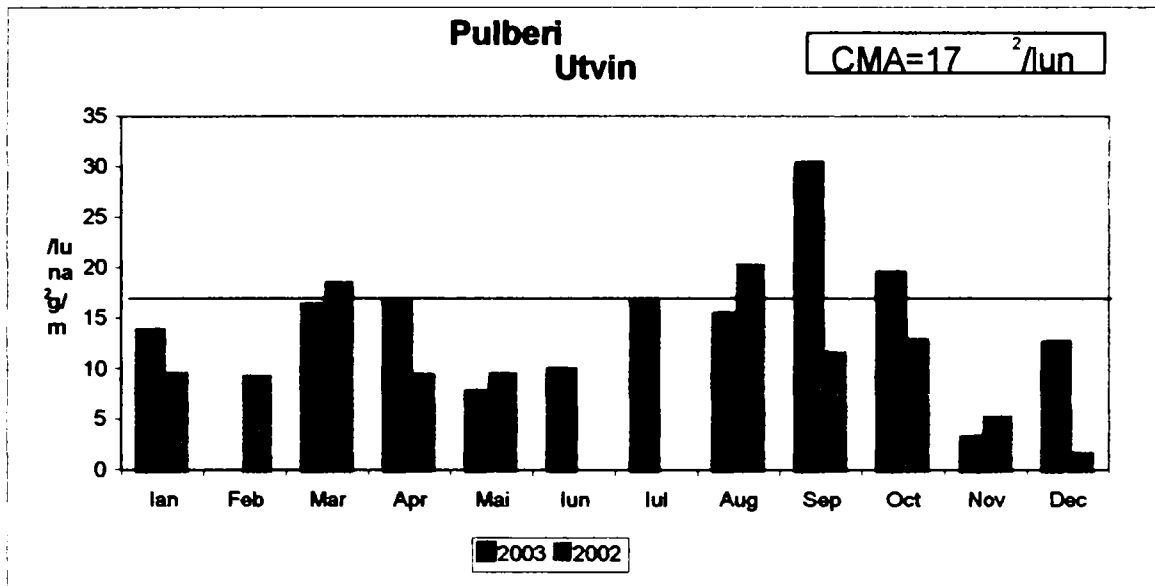


Fig. 1.6. Evolutia concentratiilor de pulberi

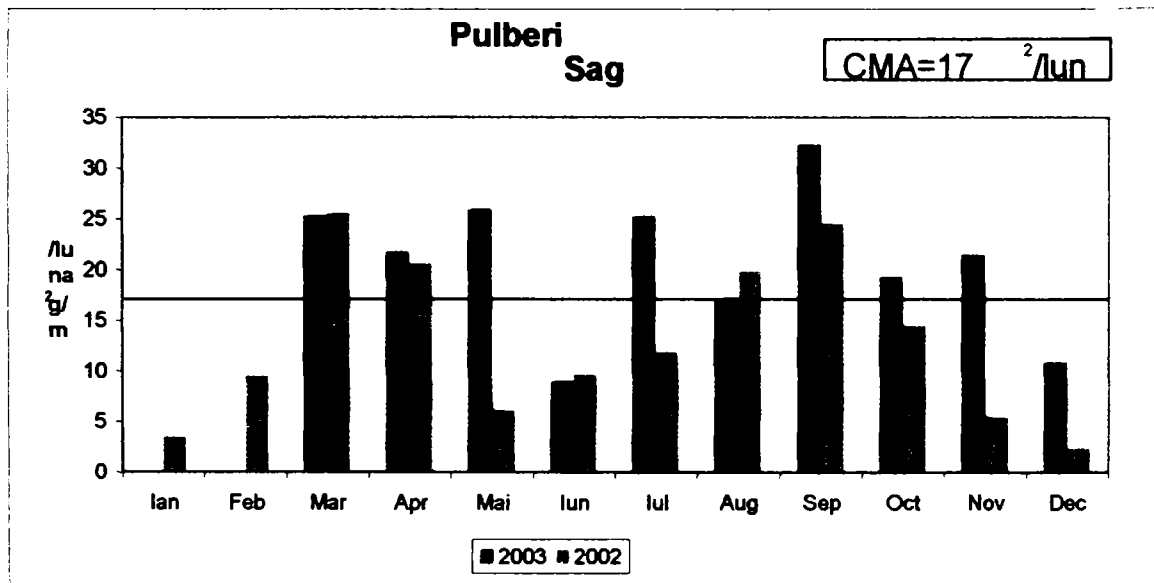


Fig. 1.7. Evolutia concentratiilor de pulberi

Potrivit datelor prezentate este evidentă necesitatea implicării tuturor factorilor responsabili pentru implementarea măsurilor necesare reducerii poluării.

Una din sursele majore de poluare a municipiului Timișoara este C.T. Timișoara Sud, care furnizează energie termică sub formă de apă fierbinte produsă prin arderea lignitului drept combustibil principal și a gazului natural folosit pentru menținerea aprinderii și stabilității arderii prafului de cărbune.

După cum este cunoscut, lignitul este un cărbune inferior cu un conținut mare de umiditate și cenușă, o putere calorică scăzută și o comportare dificilă în procesul de aprindere și ardere (1), (58), (73), (74). Cu toate acestea lignitul a fost, este și va rămâne și în viitor o rezervă energetică importantă a României, destinată producerii energiei electrice și termice în centralele termoelectrice, datorită rezervelor însemnate existente în țară și a scăderii continue în ultimii ani a producției interne de petrol și gaze naturale.

În anul 2000, în centralele termoelectrice ale sistemului energetic național din România, s-a consumat circa 23,5 milioane tone lignit pentru producerea energiei

electrice și termice (70), iar în următorii ani se prevede menținerea unui consum de lignit de circa 25-30 milioane t/an (72).

C.T. Timișoara Sud folosește anual circa 170.000 tone de lignit și 28.825.000 mcs de gaze naturale, situându-se astfel printre cele mai mari surse de poluare a orașului.

De aceea, în calitate de cetățean al Timișoarei și angajat al SC COLTERM SA Timișoara, consider ca o datorie de onoare să-mi aduc modestul meu aport în problema depoluării zonei prin rezolvarea tezei de doctorat intitulată : „Contribuții la reducerea emisiilor de noxe rezultate din funcționarea C.T. Timișoara Sud”, sub îndrumarea domnului profesor dr. ing. Comeliu Ungureanu.

O deosebită atenție am acordat cercetărilor referitoare la stabilirea aportului C.T. Timișoara Sud la poluarea mediului ambiant, căutând să stabilesc prin măsurători termotehnice, executate „in situ”, a concentrației la emisie a prafului de cenușă și a noxelor gazoase : monoxid de carbon (CO), oxizi de azot (NO și NO<sub>2</sub>), dioxid de sulf (SO<sub>2</sub>) și hidrocarburi nearse (C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>). În acest scop am inițiat și participat în mod efectiv la efectuarea a trei serii de măsurători termotehnice în anii 2000, 2003 și 2005, la toate cele patru cazane utilizate în exploatare (CAF1, CAF2, CA2 și CA3).

În urma prelucrării valorilor mărimilor măsurate am obținut concentrațiile noxelor în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen O<sub>2.ref.</sub> = 6%, valori pe care le-am comparat cu cele maxim admise de normele în vigoare privind protecția mediului (6), (9).

Încă de la primele măsurători efectuate în anul 2000, am constatat că valorile măsurate ale concentrației la emisie a monoxidului de carbon și a oxizilor de azot se situează sub valorile concentrațiilor limită, dar cele ale prafului de cenușă și dioxidului de sulf depășesc cu mult, chiar cu foarte mult (dacă ne referim la SO<sub>2</sub>) valorile maxime admise de legislație.

Având o bază de date reale referitoare la concentrația noxelor la emisie, mi-am concentrat atenția asupra a două probleme aflate într-o strânsă interdependență :

- stabilirea unei strategii privind măsurile care se impun pentru reducerea emisiilor de noxe;
- preliminarea fondurilor necesare și găsirea surselor de finanțare.

Ținând seama de amploarea lucrărilor și posibilitățile de finanțare s-a considerat potrivit să se înceapă cu reducerea emisiilor de praf care solicită fonduri mai puține, să se continue cu reducerea emisiilor de SO<sub>2</sub> și în final a celor de NO<sub>x</sub>. Programul se extinde pe o durată de circa 12 ani, începând din 2001, și necesită circa 100 milioane Euro, astfel încât programul de conformare să fie finalizat.

În urma măsurătorilor din anul 2000 am propus soluții de îmbunătățire a performanțelor electrofiltrelor în două etape :

- în prima etapă – prin reparații curente a echipamentelor interioare și de înaltă tensiune;
- în cea de-a doua etapă – prin modernizarea electrofiltrelor constând în uniformizarea curgerii gazelor de ardere, amplasarea la ieșirea din electrofiltru a unui câmp electric suplimentar pe lângă cele două câmpuri existente, și montarea unor S.I.R. – uri (Switched Integrated Rectifier) .

După fiecare etapă s-au făcut măsurători termotehnice (în anul 2003 și anul 2005), care au confirmat corectitudinea măsurilor luate.

Măsurătorile termotehnice mi-au permis să întreprind cercetări privind dispersia noxelor emise prin coșurile de fum ale celor două instalații mari de ardere. Pentru evaluarea dispersiei noxelor am folosit programul ISC3 View, versiunea 4.02, existent la catedra TMTAR. Laboratorul de combustibil și investigații ecologice. Cercetările au vizat

situația, imisiilor principalelor noxe în anii în care s-au făcut măsurători termotehnice și respectiv în anul 2012, când se va termina implementarea măsurilor de reducere a noxelor. Concluziile trase din acest studiu confirmă că anumite zone ale municipiului Timișoara sunt afectate mai ales datorită poluării aerului cu oxizi de sulf și în mai mică măsură cu oxizi de azot. Poluarea cu praf de cenușă este practic eliminată pentru că metoda de evacuare a zgurii și cenușii în șlam dens se implementează la toate cazanele.

Măsurătorile efectuate de Agenția de Protecție a Mediului Timișoara au pus în evidență poluarea cu pulberi sedimentabile a localităților Utvin și Șag, aflate în vecinătatea haldei de depozitare a zgurii și cenușii provenite de la C.T. Timișoara Sud. Pentru a anihila antrenarea prafului de cenușă de către vânt și a proteja astfel localitățile amintite s-a aplicat cu succes tehnologia de evacuare în „șlam dens” la cazanul CAF2, urmând ca în viitor această tehnologie să fie generalizată pentru toate cazanele.

Conținutul ridicat de sulf al lignitului determină valori foarte mari ale concentrației la emisie a SO<sub>2</sub>-ului, valori care depășesc uneori de 6-8 ori pe cele admise de legislația în vigoare. Ca urmare, și imisiile de SO<sub>2</sub> în anumite zone ale Timișoarei se situează peste limita maximă, așa cum s-a pus în evidență în urma cercetărilor făcute privind dispersia noxelor. Pentru a evita asemenea situații, pe baza documentării pe care am făcut-o, am ajuns la concluzia că numai aplicarea unor „procedee umede” de desulfurare a gazelor de ardere, ar putea rezolva problema. Aplicarea acestor procedee necesită însă fonduri de investiție foarte mari, care în prezent nu sunt încă asigurate. Ca urmare, pentru ameliorarea situației, am propus și am întocmit un studiu de soluție privind reducerea concentrației oxizilor de sulf din gazele de ardere prin introducerea în focar a unei cantități corespunzătoare de carbonat de calciu deșeu sub formă de praf. Acest procedeu este cu mult mai ieftin și poate asigura un grad de desulfurare de circa 50%. În plus el poate fi relativ ușor transformat într-un procedeu hibrid, cunoscut sub denumirea LIFAC sau ARA, care poate asigura un randament de desulfurare de peste 80%.

Paradoxul realizării investițiilor de protecție a mediului este acela că ele deși nu aduc un beneficiu economic direct și imediat, reprezintă condiții pentru supraviețuire. Nerespectarea termenelor asumate prin Programul de Conformare atrage după sine închiderea instalațiilor respective. Este inevitabil ca prețul energiei termice produse să crească după realizarea acestor investiții, dar se întreprind eforturi pentru ca eventualele majorări de prețuri să nu depășească limita de suportabilitate a populației. Pe această linie se înscrie inițiativa de a instala o turbină cu abur cu contrapresiune care să elimine procedeul de disipare a energiei prin laminare și să prelucreze aburul produs de cazanele existente, înainte ca acesta să fie folosit în schimbătoarele de căldură pentru încălzirea apei de termoficare a orașului Timișoara. Lucrările se află în plină desfășurare, turbina cu abur va fi pusă în funcțiune la sfârșitul anului 2006 și va modifica modul actual de funcționare al echipamentelor centralei în sensul că la baza curbei de sarcină termică vor funcționa cazanele de abur, iar la vârful acesteia – cazanele de apă fierbinte.

Întrucât investiția făcută se încadrează în categoria unei „investiții verzi”, s-a hotărât să se beneficieze de avantajele introduse prin utilizarea mecanismelor Protocolului de la Kyoto. În consecință, indicatorii de eficiență economică ai proiectului au fost mult îmbunătățiți după ce s-au luat în considerare și efectele pe care le are vândarea reducerilor de emisii de gaze cu efect de seră rezultate prin utilizarea turbinei, proiect tip Joint Implementation.

## CAPITOLUL 2. PREZENTAREA C.T. TIMIȘOARA SUD

### 2.1. GENERALITĂȚI

Centrala prezentată *in extenso* în [85] a fost proiectată pentru a furniza consumatorilor urbani și industriali din Timișoara energie termică (apă fierbinte și abur) și energie electrică.

Construcția acesteia, proiectată pentru funcționarea cu combustibil solid – lignit și gaze naturale, a fost aprobată prin Decretul nr. 202/1981, reconfirmat prin H.G. 133/1990. Lucrările de investiții au început în anul 1982, construcția fiind prevăzută a se realiza în etape:

#### A. Etapa termică

- cazane de apă fierbinte 2 x 100 Gcal/h
- cazane de abur (250 °C, 16 ata) 3 x 100 t/h

#### B. Etapa electrică

- grupuri electrice 2 x 120 / 150 MW

Grupurile urmau să fie echipate cu câte un cazan de 525 t/h și un turbogenerator de tip FIL 120/150 MW (grup de condensare, cu prize de abur reglabile).

Partea termică a fost realizată în etape, în 1983 și 1984 CAF-urile, iar în 1986, 1988 și 1989 cazanele de abur.

După 1989, din lipsă de fonduri, lucrările au fost amânate, iar în 1998 sistate.

Centrala este amplasată în partea de sud-est a orașului Timișoara pe un teren aparținând comunei Giroc ocupând o suprafață de 155 ha. Întreaga suprafață a terenului ocupat a fost consolidată cu nisip și ciment.

Schema de principiu a centralei, la profilul actual este prezentată în figura 2.1.

Inițial au fost construite pentru satisfacerea necesarului de energie termică pentru populație CAF nr.1. și CAF nr. 2 (2 x 100 Gcal/h) care livrau apă supraîncălzită.

Cazanele de abur industrial nr. 1,2 și 3 au fost concepute pentru a livra abur industrial pentru platforma industrială în dezvoltare care nu s-a mai realizat după 1989.

Pentru a putea folosi aburul industrial și pentru producerea de apă fierbinte, s-a prevăzut în schemă o stație de reducere care micșorează presiunea aburului de la 15 bar la 3-5 bar și apoi acesta este introdus în boilerile de termoficare (3 x 25 Gcal/h + 2 x 75 Gcal/h) care sunt cuplate la rețeaua de termoficare.

Etapa energetică care constă în două blocuri energetice 2 x 120/150 MW cu priză de termoficare pe boilerile amintite mai sus, nu a mai fost finalizată după anul 1990 din lipsă de fonduri și de cererea scăzută de energie electrică și abur datorită declinului economic.

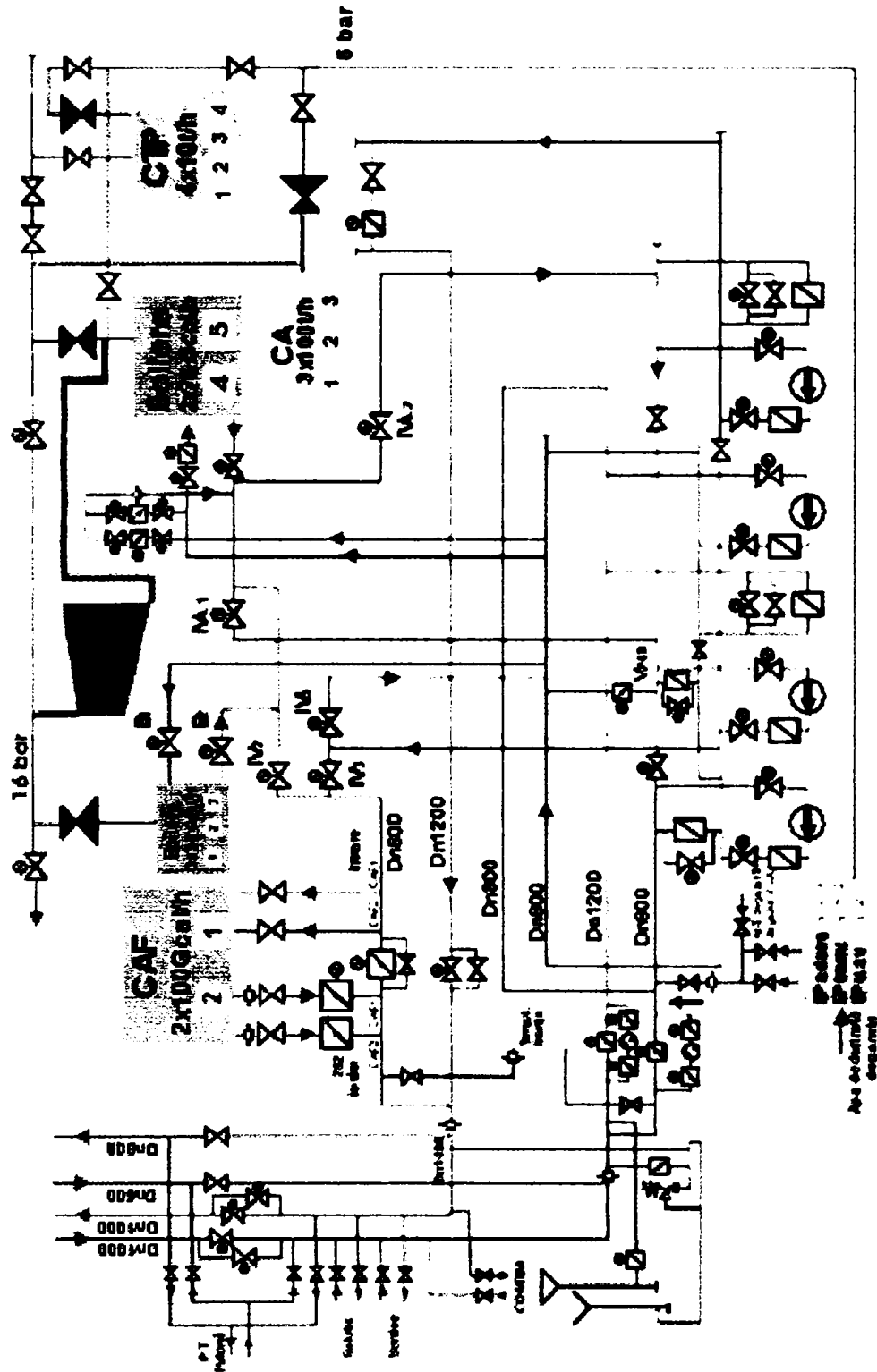


Fig.2.1. Schema tehnologică de principiu actuală

## 2.2. GOSPODĂRIA DE COMBUSTIBIL SOLID

Gospodăria de combustibil a centralei este proiectată pentru un consum orar de cărbune de 1215 t/h. Cărbunele primit de la mine în vagoane, este descărcat într-o stație supraterană cu dublă cădere.

Cărbunele descărcat la baza estacadei supraterane este încărcat cu ajutorul mașinilor de preluare cu roată cu cupe pe șina C.F. Debitul acestora este de 600 t/h. Cărbunele este adus la stația de concasare prin intermediul transportoarelor cu bandă rotativă transversală, care separă granulația 0 - 30 mm, cu care vor fi alimentate cazanele, din granulația brută de 0 - 250 mm.

Evacuarea combustibilului solid concasat la granulația 0 - 30 mm din stația de sfărâmare este asigurată de 2 transportoare cu bandă de cauciuc, reversibile și carcasate care au posibilitatea să deverseze pe benzile din circuitul de transportare către centrală și care asigură introducerea lignitului în stivele depozitului.

Principalele instalații din gospodăria de combustibil sunt :

- **Stația de transbordare** este așezată la bifurcarea circuitului de transport principal de la stația de sfărâmare la buncării cazanelor energetice sau ai cazanelor de apă fierbinte și abur industrial.  
La capătul de deversare al transportoarelor B4 a și b sunt amplasate separatoare electromagnetice, care protejează morile cazanelor de pătrunderea pieselor metalice.
- **Depozitul de combustibil solid**, asigură stocul necesar de cărbune pentru funcționarea în schema actuală a centralei în regim de vârf de iarnă (aprox. 6 luni), având o capacitate de 374.000 tone.  
Formarea stivelor de cărbune se face cu ajutorul unei mașini combinate de stivuire și preluare cărbune cu lungimea brațului de 30 m, care asigură și alimentarea buncărilor cazanelor.
- **Benzile transportoare** au rolul de a asigura legătura dintre utilajele și echipamentele de preluare, depunere, preparare și punctele de consum.
- **Separatoarele electromagnetice** au rolul de a proteja concasoarele de metalele conținute în masa de cărbune. Pentru fiecare separator electromagnetic sunt prevăzuți câte 2 detectori de metale care au rolul de a intensifica fluxul magnetic și de a avertiza asupra rămânerii pe bandă a eventualelor bucăți metalice neîndepărtate de separator.
- **Instalațiile pentru cântărirea integrală** a cantității de cărbune, sunt amplasate astfel încât să se monitorizeze cantitatea de:
  - cărbune primit din centrală ;
  - cărbune intrat în consum ;
  - cărbune intrat în consum la clapa termică .



### 2.3. CAZANE DE ABUR

Cazanele de abur montate la CET Sud sunt cazane de abur cu circulație naturală, cu ecrane de radiație și cu un fascicul convectiv, echipat cu un pachet supraîncălzitor, două pachete economizor și patru pachete de preîncălzitoare de aer. Pachetele economizorului sunt intercalate cu cele ale preîncălzitorului de aer.

Ecranele cazanului sunt executate din pereți membrană care asigură o bună etanșeitate a focarului.

Cazanul este prevăzut cu patru arzătoare de praf și opt arzătoare de gaz. Arzătoarele de praf sunt plasate două pe front și câte unul pe pereții laterali, iar cele de gaz sunt plasate două pe perețele spate focar și câte 3 pe pereții laterali.

Combustibilul solid folosit este lignitul care se macină cu ajutorul a patru mori, dintre care trei în funcțiune și a patra în rezervă.

În figurile nr. 2.2 – 2.5 sunt redată schemele de principiu ale cazanului, după cum urmează:

- Fig. 2.2 Schema termică a cazanului nr. 1
- Fig. 2.3 Circuit aer-gaze ardere cazan nr. 1
- Fig. 2.4 Instalație de alimentare cu cărbune a cazanului nr. 1
- Fig. 2.5 Instalație de alimentare cu gaze naturale a cazanului nr. 1

Caracteristicile tehnice ale cazanelor sunt următoarele:

- **Caracteristici tehnice:**

Abur	- Debit nominal	100 t/h
	- Debit minim	50 t/h
	- Presiune nominală	15 bar
	- Presiune max. în tambur	18 bar
	- Temperatura nominală	250 °C
Apă alimentare	- Presiune	23 bar
	- Temperatură	104 °C



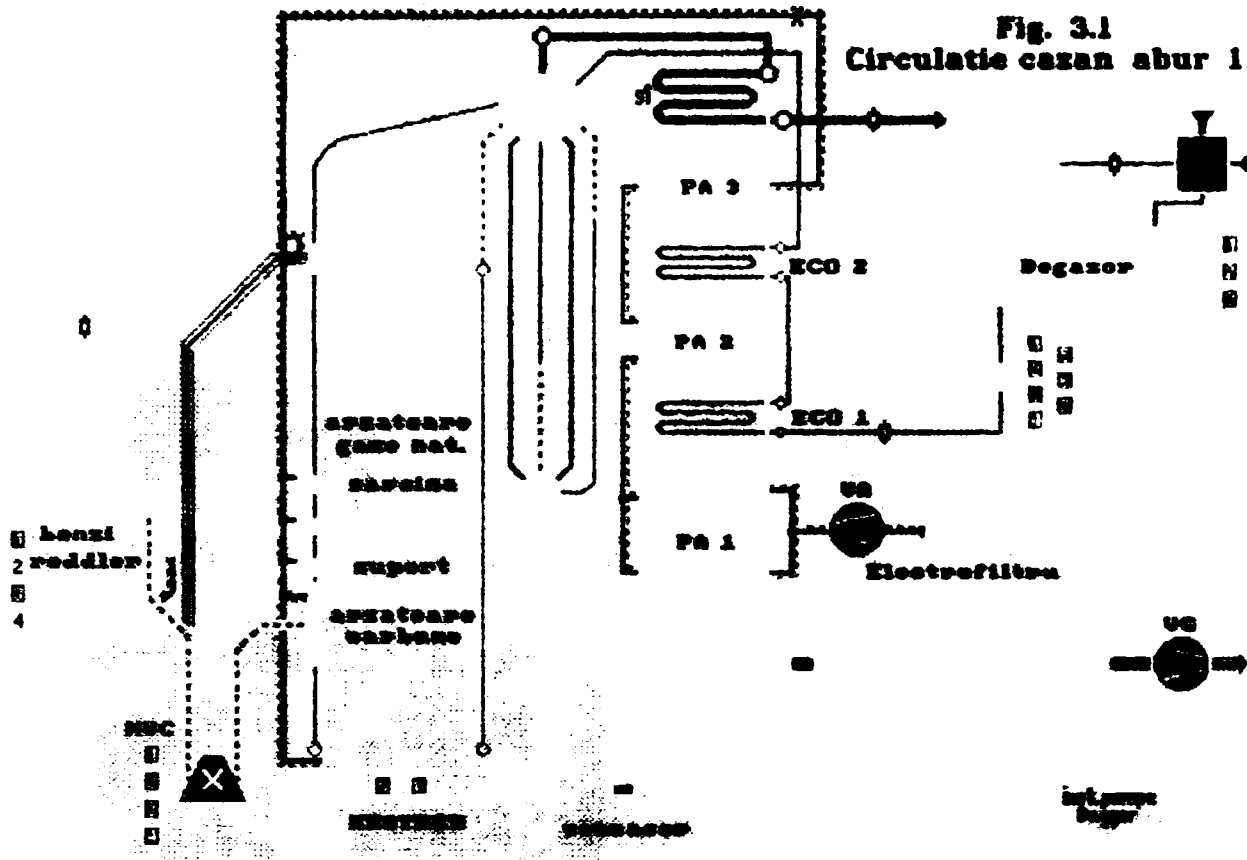


Fig. 2.2 Schema termică a cazanului de abur nr. 1

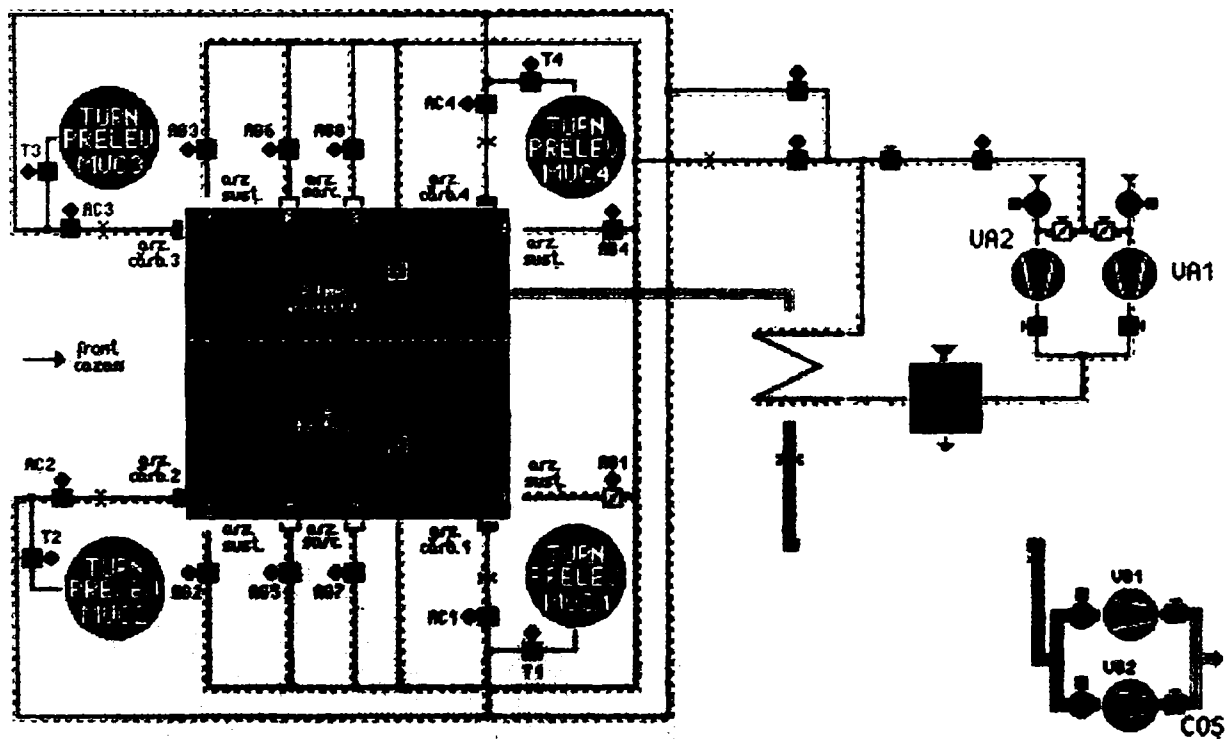


Fig. 2.3 Circuit aer-gaze de ardere cazan de abur nr. 1

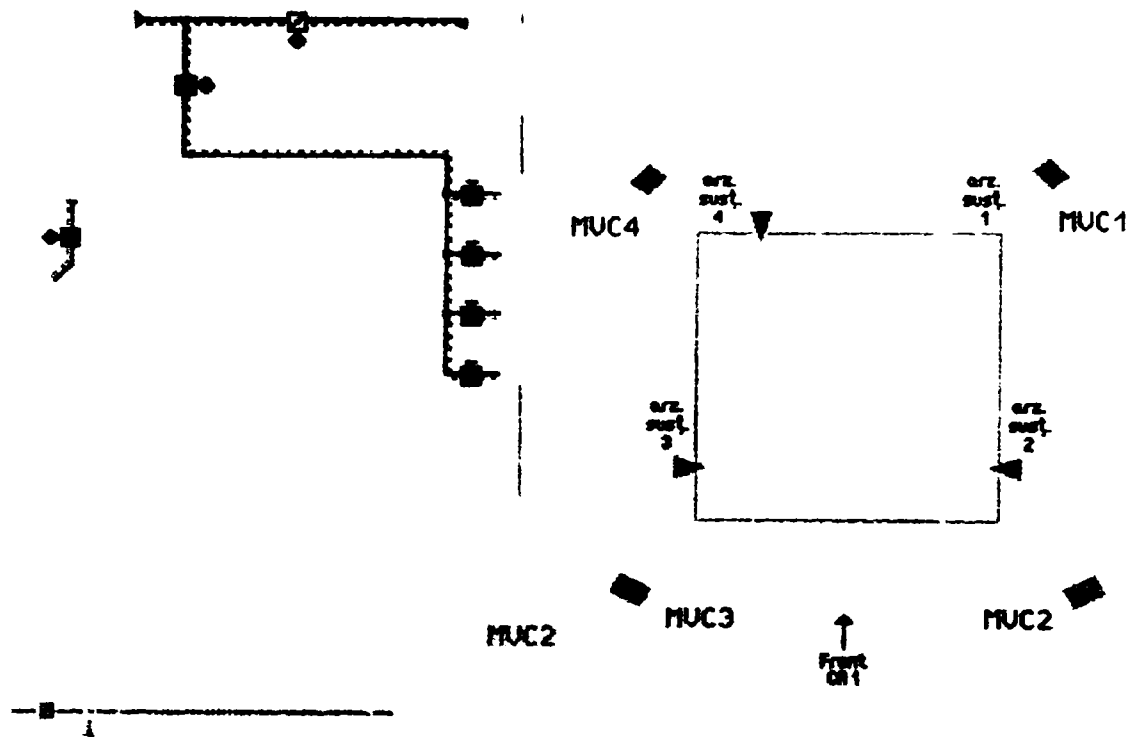


Fig. 2.4 Instalația de alimentare cu cărbune a cazanului nr. 1

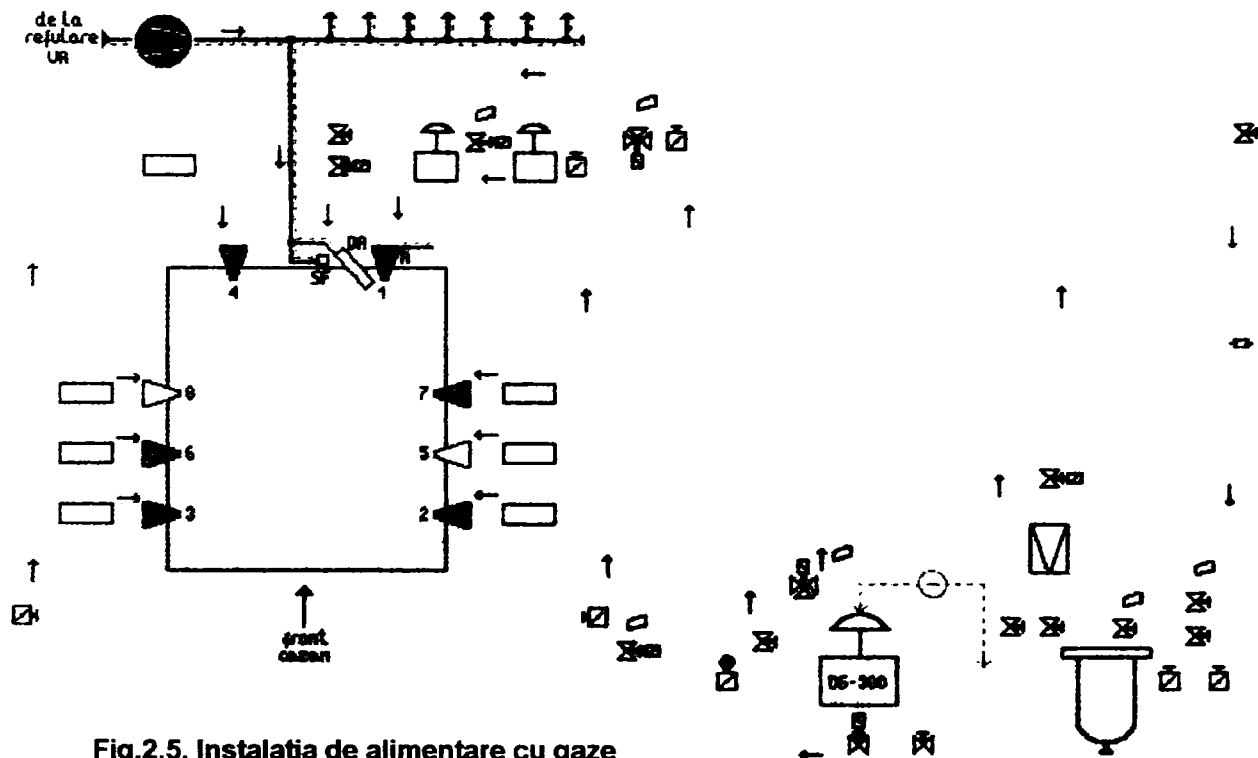


Fig.2.5. Instalația de alimentare cu gaze naturale a cazanului de abur nr.1.

Consum combustibil	- Lignit la debit nominal	43.700 kg/h
	- Lignit la debit minim	21.500 kg/h
	- Gaze naturale	6.500 Nm <sup>3</sup> /h
Combustibil	- Lignit P <sub>c</sub>	5.861,5 KJ/kg
	- Gaze naturale P <sub>c</sub>	35.587 KJ/Nm <sup>3</sup>
Aer de ardere	- Debit	106.000 Nm <sup>3</sup> /h
	- Temperatura intrare	20 °C
	- Temperatura intrare PAV 1	100 °C
	- Temperatura intrare PAV 2	185 °C
	- Temperatura la arzătoare	300 °C
Gaze de ardere	- Debit	157.000 Nm <sup>3</sup> /h
	- Temperatura focar	918 °C
	- Temperatura intrare supraîncălzitor	815 °C
	- Temperatura intrare PAV 2	438 °C
	- Temperatură evacuare la coș	140 °C
Randament		84 %

Din punct de vedere constructiv, cazanul are următoarele elemente:

- **Sistemul vaporizator**; compus din următoarele părți principale :
  - tambur superior Ø<sub>i</sub>= 2.000 mm
  - tambur inferior Ø<sub>i</sub>= 1.200 mm
  - ecrane (țevi Ø 60x4 )
  - susțineri
- **Supraîncălzitorul** este format din 89 serpentine triple, colector de intrare, colector de ieșire și grinzi de susținere.
- **Economizorul** este format din două trepte între care este montat un pachet de preîncălzitor de aer vertical. Fiecare treaptă a economizorului este formată din 53 serpentine duble și câte două colectoare.
- **Preîncălzitoarele de aer** sunt de două tipuri:
  - a) Două pachete de preîncălzitoare de aer verticale, formate din țevi Ø 51 x 2 montate intercalat cu pachetele economizorului.
  - b) Preîncălzitor de aer orizontal, cel în care intră aerul rece, alcătuit din două pachete inegale.
- **Turnurile de prelevare a gazelor de ardere**, care fac legătura între orificiile de la partea superioară a focarului și morile de cărbune.
- **Instalația de ardere cărbune**, are următoarele funcțiuni:
  - usucă și macină combustibilul - lignit
  - transportă combustibilul pulverizat până la nivelul arzătoarelor

- asigură amestecul combustibil - aer și aprinderea acestuia în focar

Instalația de ardere are următoarele componente principale:

- mori ventilator	4 buc.
- conducte combustibil pulverizat	4 buc.
- susțineri conducte	4 buc.

• **Moara ventilator cu ciocane MVC – 17**

Moara ventilator cu ciocane MVC - 17 are următoarele caracteristici:

- ✓ Tip: Ventilator cu ciocane pe ax comun, cu separator de praf
- ✓ Debit lignit: 17 t/h, W=43%, A=24,5%,  
granulația la alimentare 0-30 mm
- ✓ Turația morii: 955 rot/min
- ✓ Temperatură max. în separator: 180 °C
- ✓ Temperatură gaze absorbite din focar: 900 °C
- ✓ Debit gaze absorbite din focar: 4,95 m<sup>3</sup>N/s
- ✓ Temperatură aer preîncălzitor: 300 °C
- ✓ Debit aer rece primar cca. 10%: 1,26 m<sup>3</sup>N/s
- ✓ Debit total fluid transportor: 14 m<sup>3</sup>N/s la 160 °C în separator

## 2.4. CAZANE DE APĂ FIERBINTE

Cazanul de apă fierbinte de 100 Gcal/h este conceput să funcționeze cu lignit cu puteri calorifice inferioare cuprinse între 1.350 - 1.800 kcal/kg.

Cazanul este considerat de tip turn, cu pereți membrană, având un canal de gaze de întoarcere și preîncălzitor de aer rotativ amplasat în drumul descendent al gazelor de ardere.

Instalația de preparare și ardere a lignitului este formată din 4 mori ventilator cu ciocane MVC-22 pentru CAF 1, respectiv 4 mori ventilator MV 3.300/800/490 pentru CAF 2, 4 arzătoare de praf și conductele de praf aferente, ce fac legătura între mori și arzătoare.

Combustibilul suport utilizat este gazul natural introdus în cele 4 arzătoare de susținere tip AGP 530/480 pentru CAF 1, respectiv AGP 1.200/1.100 pentru CAF 2, care funcționează cu aer preîncălzit .

Pentru funcționarea exclusiv pe gaze naturale, pe lângă grupa de arzătoare suport, fiecare CAF dispune de arzătoare de bază, după cum urmează:

- La CAF nr. 1, 2 grupe de 5 arzătoare de sarcină tip AGP 1.200/1.100 Nm<sup>3</sup>/h, amplasate pe peretele din spate al focarului.
- La CAF nr. 2, o grupă de 4 arzătoare tip AGP 1.650/1.550 Nm<sup>3</sup>/h amplasate deasupra arzătoarelor suport, două pe peretele din spate și câte unul pe fiecare perete lateral.

Aerul necesar arderii este furnizat de două ventilatoare tip V-549.

### 2.4.1. Caracteristici tehnice constructive și funcționale

Tabel 2.1. Caracteristici tehnice constructive și funcționale ale CAF

1.	Debit caloric nominal - Putere termică nominală	116,28 MW
2.	Debit caloric minim - Putere termică minimă - la funcționarea pe gaze - la funcționarea pe lignit	46,51 MW 69,77 MW
3.	Presiunea maximă a apei la ieșirea din cazan	20 bar
4.	Presiunea minimă a apei la ieșirea din cazan corespunzătoare temperaturilor de ieșire a apei - $T_e = 150\text{ }^\circ\text{C}$ - $T_e = 160\text{ }^\circ\text{C}$	11 bar 13,5 bar
5.	Temperatura minimă a apei la intrarea în cazan	120 °C
6.	Suprafețe de schimb de căldură - focar - sistem convectiv - preîncălzitor de aer rotativ	473 m <sup>2</sup> 3.906 m <sup>2</sup> 6.727 m <sup>2</sup>
7.	Randament la sarcina nominală - la funcționarea pe lignit ( $H_i=1.500\text{kcal/kg}$ , $t_a=25\text{ }^\circ\text{C}$ ) - la funcționarea pe gaze naturale ( $H_i=8.500\text{kcal/kg}$ , $t_a=25\text{ }^\circ\text{C}$ )	82% 88%
8.	Debit de gaze de ardere evacuate la coș, la sarcina nominală și combustibil lignit	305.000Nm <sup>3</sup> /h

### 2.4.2. Instalații principale, caracteristici tehnice și funcționale ale instalațiilor auxiliare CAF1 și CAF2

Instalația de gaz metan asigură suportul de flacără pentru arderea lignitului și funcționarea cazanului numai pe gaze naturale

Arzătoarele montate la CAF nr. 1 sunt următoarele:

- 4 arzătoare susținere AGP 530/480
- 10 arzătoare de bază AGP 1200/1100
- iar la CAF nr. 2:
- 4 arzătoare AGP 1650/1550 (sarcină și susținere)

În figura nr. 2.7 este redată schema instalației de ardere gaze naturale pentru CAF1 și CAF2.

### 2.4.3. Instalația de ardere cărbune pulverizat

Instalația de ardere combustibil pulverizat realizează 3 funcții principale:

- usucă și macină combustibilul - lignit
- transportă combustibilul pulverizat până la nivelul arzătoarelor
- asigură amestecul combustibil - aer și aprinderea acestuia în focar

Instalația de ardere conține următoarele elemente principale:

- mori ventilator cu ciocane MVC-22 pentru CAF1, respectiv mori ventilator MV - 3300/800/480 pentru CAF 2, în număr de 4 pe fiecare cazan;
- conducte de combustibil pulverizat - una pentru fiecare moară;
- arzătoare de combustibil pulverizat.

În figurile nr. 2.8 și 2.9 sunt prezentate instalațiile de ardere a cărbunelui aferente CAF 1 și CAF 2

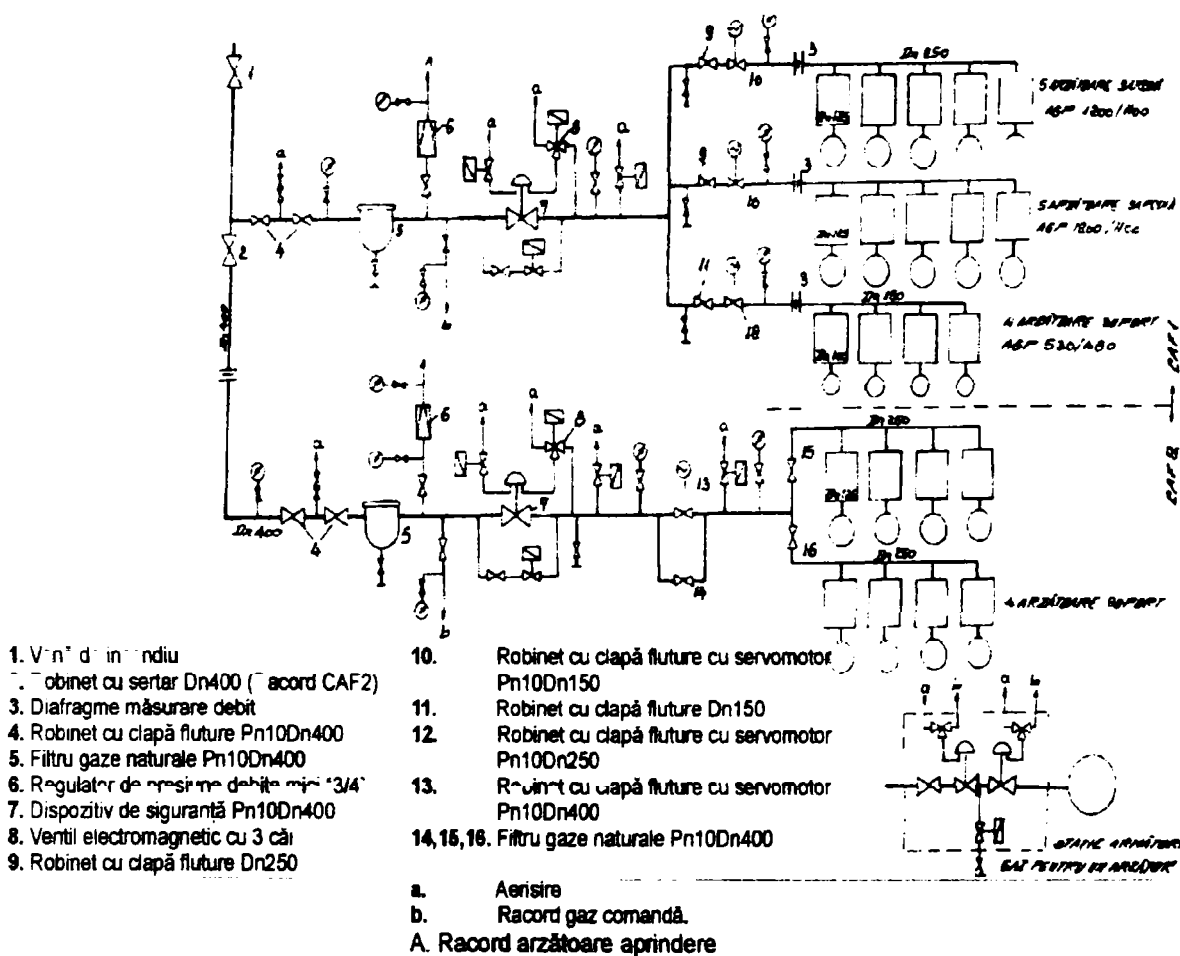


Fig. 2.7 Instalația de ardere a gazelor naturale aferentă CAF 1 și CAF 2

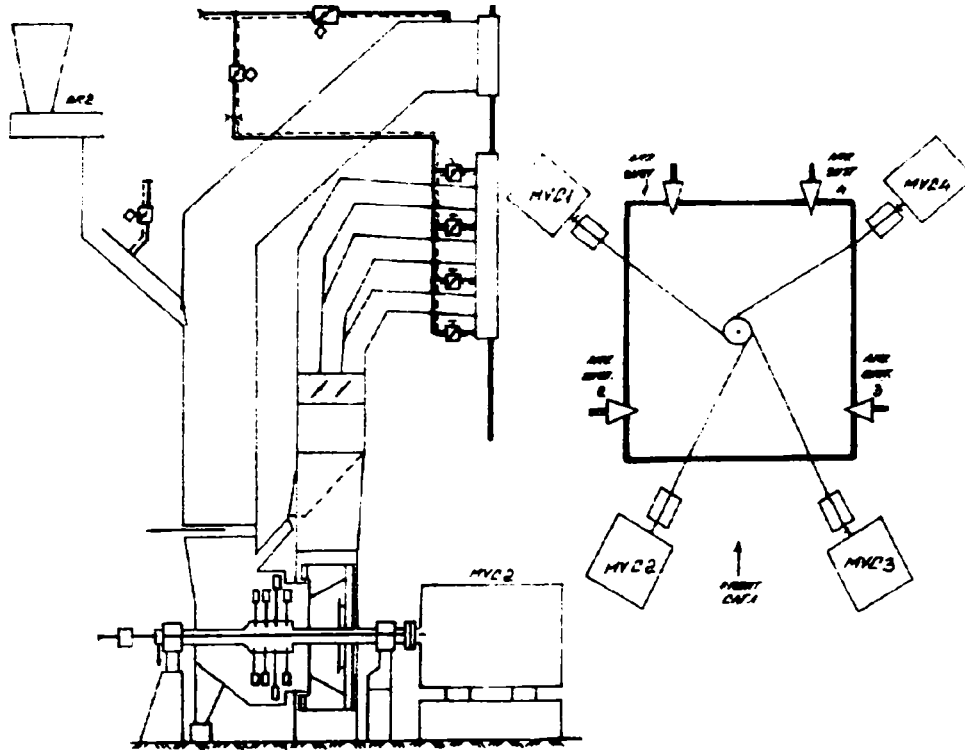


Fig. 2.8 Instalația de ardere a cărbunului aferentă CAF 1

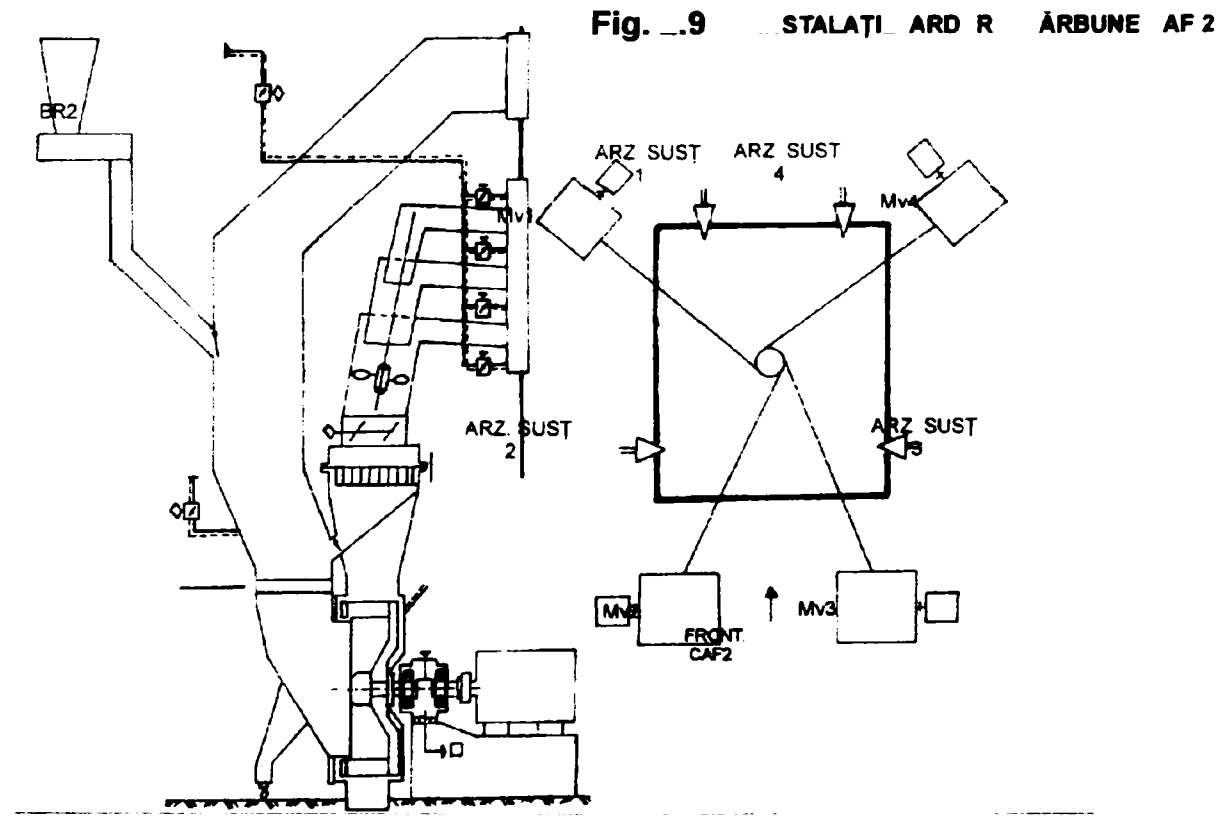


Fig. 9 STALAȚI ARD R ȚARBUNE AF 2



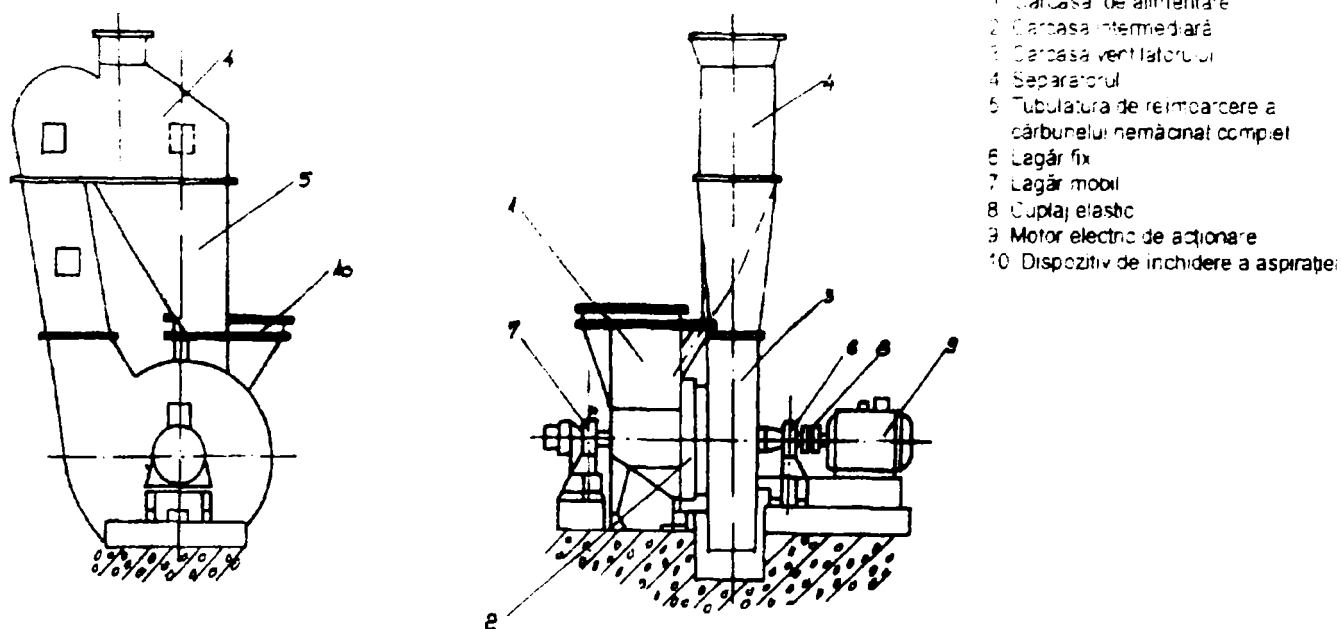
Moara ventilator cu ciocane MVC - 22 este prezentată în Figura nr. 2.10, iar moara ventilator MV-3300/800/490 CAF 2 în Figura nr. 2.11.

#### 2.4.4. Arzătoarele de combustibil pulverizat

Arzătoarele realizează introducerea prafului de cărbune și a aerului în focar. Cele 4 jeturi ale arzătoarelor formează în centrul focarului un turbion cu diametrul de 800 mm.

În cazul CAF nr. 1 fiecare arzător este format din 3 fante paralele de combustibil pulverizat, aerul secundar este insuflat prin două fante (superioară și inferioară) și prin țevi de aer dispuse între fantele de combustibil (figura nr. 2.12).

În cazul CAF nr. 2, pe conductele ce duc combustibilul la fantele arzătorului sunt montate două concentratoare turbionare de praf, praful uscat fiind insuflat în fanta de jos și de mijloc, iar amestecul, agent de uscare cu vapori de apă, se face prin fanta superioară.



1. Carcasa de alimentare
2. Carcasa intermediară
3. Carcasa ventilatorului
4. Separatorul
5. Tubulatura de reîmboarcere a cărbunelui nemăcinat complet
6. Lagăr fix
7. Lagăr mobil
8. Cuplaj elastic
9. Motor electric de acționare
10. Dispozitiv de închidere a aspirației

Fig. 2.10 Moara ventilator cu ciocane tip MVC 22

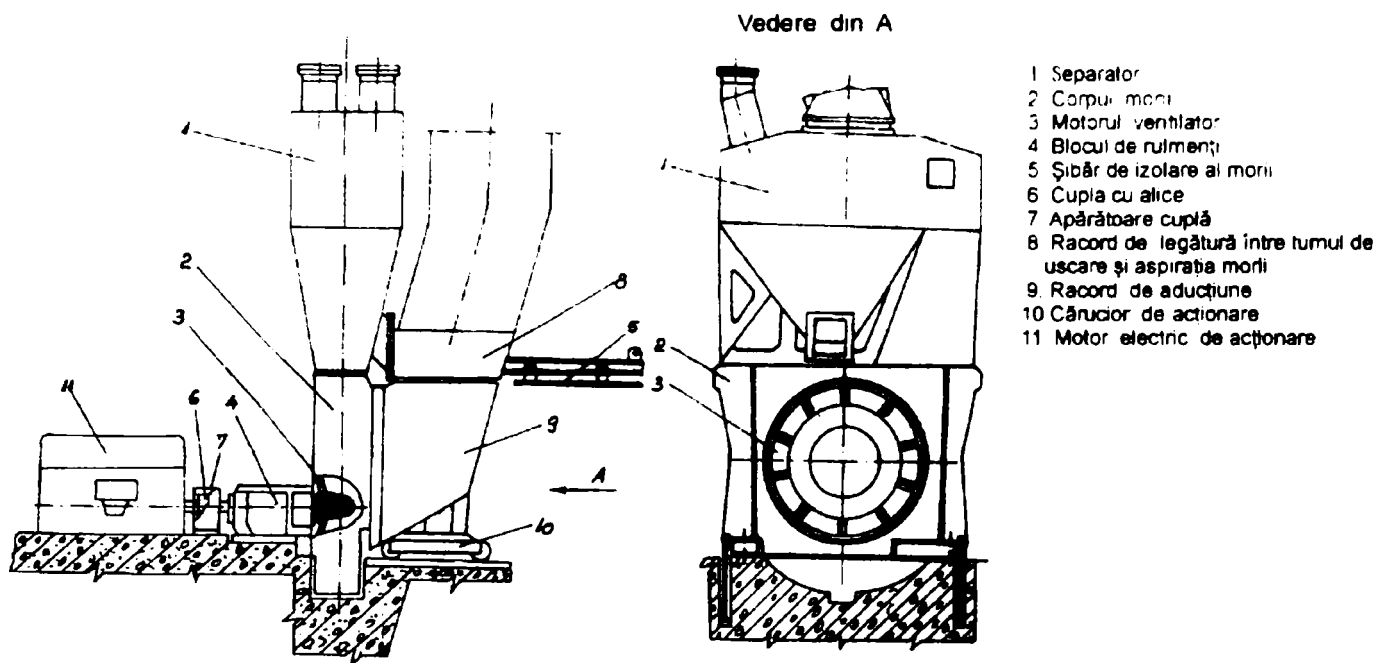


Fig. 2.11 Moară ventilator tip MV 3300/800/490

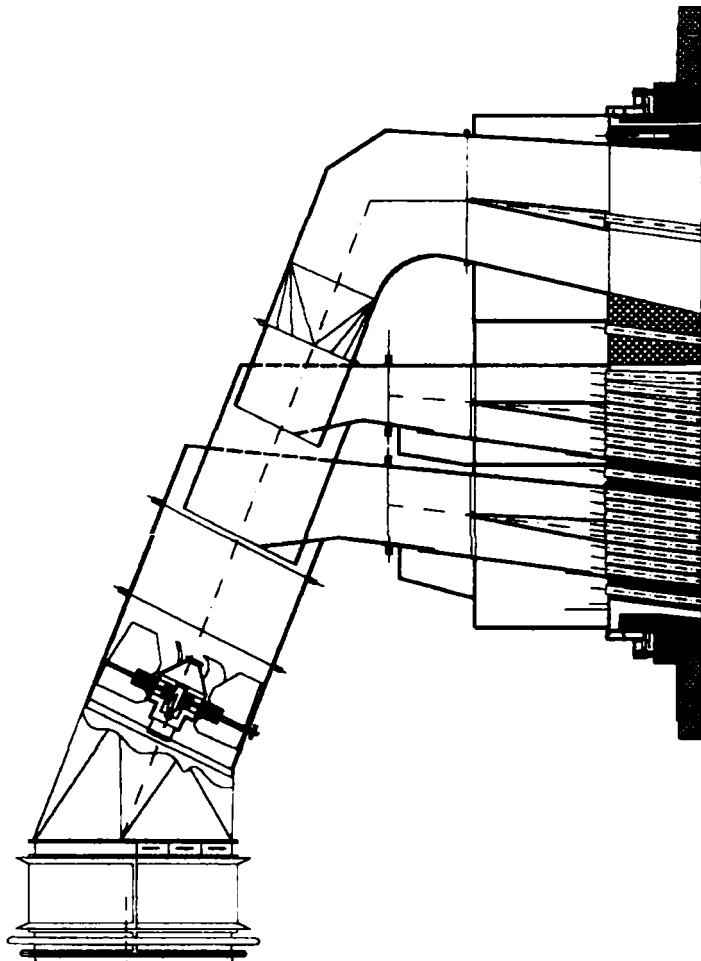


Fig. 2.12. Schema arzătorului de la CAF 1

Pentru o ardere cât mai completă, se recomandă următoarea repartitie a aerului la cazan:

- 10 - 25% aer primar introdus în moară
- 40% aer secundar, în fanta superioară
- 20% aer secundar, în fanta inferioară
- 13% aer secundar, în țevile de aer ale arzătorului

Din punctul de vedere al caracteristicilor combustibilului de calcul, combustibilului pulverizat și aerului de ardere, se întâlnește următoarea situație:

**Tabel 2. Caracteristici ale combustibilului folosit la CAF nr.1 și CAF nr.2**

<b>Combustibil de calcul:</b>	
- putere calorică inferioară	6489 Kj/Kg
- conținut de apă	43%
- conținut de cenușă	24,5%
- granulație inițială	0-30 mm cu o granulație de maxim 30-45 mm
- debit de combustibil maxim:	
- 4 x 22 = 88 t/h	pentru CAF 1
- 4 x 17 = 68 t/h	pentru CAF 2
<b>Combustibil pulverizat</b>	
- umiditate	12-14%
- finețe de măcinare R <sub>90</sub>	45-55%
- temperatura amestecului primar în separator	110-180 °C
- concentrația de praf în volumul de amestec primar	0,268 kg/kg

#### **2.4.5. Instalația de evacuare zgură și cenușă**

Instalația de evacuare umedă a zgurii și cenușii prezentată în figura nr. 2.13 are rolul de a răci într-o baie de apă, zgura care cade fierbinte din focar și de a o evacua din baia de apă a cuvei. Ea realizează etanșarea focarului, răcirea zgurii și granulara acesteia.

Instalația de evacuare umedă a zgurii și cenușii prezentată în fig. 2.13, este montată sub pâlnia focarului și asigură prin piesa de imersiune și baia de apă, care se menține la un nivel constant printr-un preaplin, închiderea etanșă a focarului.

Instalația constă din:

- cuva de curgere a apei
- lanț cu racleți
- axe cu role de antrenare, întoarcere și întindere
- sisteme de acționare stânga / dreapta

Cuva de curgere a apei este o construcție din tablă. Pe peretele lateral al cuvei se găsește deversorul de preaplin de apă de răcire cu țeava de evacuare a apei. Lanțul cu racleți este format dintr-un lanț calibrat și racleți din metal. Prinderea acestora de lanț se face cu o za specială. Partea racletului care vine în contact cu tabla cuvei este o lamelă de cauciuc.

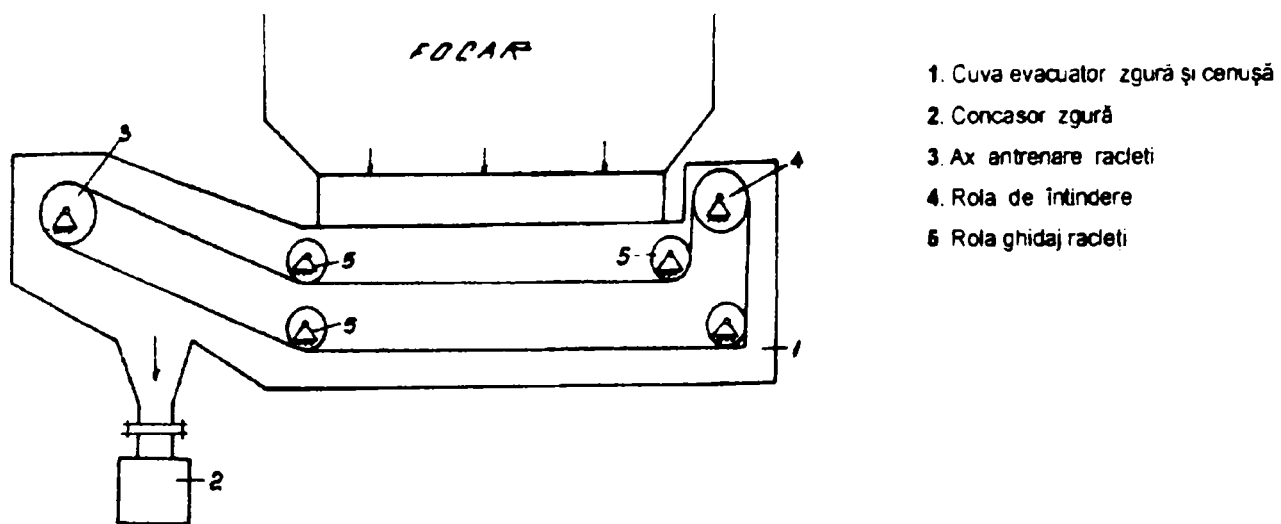


Fig. 2.13. Schema de principiu a instalației de evacuare zgură și cenușă

#### 2.4.6. Instalația de insuflare a aerului necesar arderii și de evacuare a gazelor de ardere

Instalația de insuflare a aerului cuprinde două ventilatoare tip V 549, canalele și clapetele necesare realizării reglajelor și asigurării unei funcționări corespunzătoare.

Caracteristicile ventilatoarelor de aer:

➤ debit	186.000 m <sup>3</sup> /h
➤ presiune	52 mbar
➤ temperatură aer	55 °C
➤ tip motor	MIB 2X
➤ turație	750/600 rot/min

Un ventilator asigură vehicularea a cca. 60% din aerul necesar arderii. Temperatura aerului la intrarea în PAR este de 55 °C, temperatură realizată prin recircularea de aer cald de după PAR. Aerul de ardere este vehiculat în continuare către arzătoarele de praf, arzătoarele de gaz (suport și sarcină), turnurile de prelevare a gazelor și în cazul CAF 1, spre pâlnia focarului. Aerul insuflat în pâlnia focarului (la CAF 1) are rolul de a asigura o ardere cât mai completă, prin aportul suplimentar de oxigen pe care îl aduce.

Instalația de evacuare a gazelor de ardere cuprinde două ventilatoare tip V 543, canale de gaze și clapele de închidere. Gazele rezultate în urma procesului de ardere sunt aspirate de către ventilatoarele de la finele focarului, trec prin PAR, unde se realizează transferul de căldură cu aerul necesar arderii, trec prin electrofiltru și apoi sunt evacuate la coșul de fum cu înălțimea  $H_{coș} = 160$  m și diametrul la evacuare  $D_n = 5,04$  m

Ventilatoarele de gaze de ardere sunt astfel dimensionate încât un ventilator asigură vehicularea a 60% din debitul de gaze de ardere rezultate din arderea combustibilului.

Circuitul aer-gaze de la CAF nr. 1 este prezentat în figura nr. 8.14, iar cel de la CAF 2 în figura nr. 2.15.

#### **2.4.7. Preîncălzitorul de aer rotativ**

Preîncălzitorul de aer rotativ PR 24/1100 este un preîncălzitor de aer tip regenerativ, cu masă acumuloare de căldură rotitoare.

Schema PAR este redată în figura nr. 2.16.

Caracteristicile tehnice principale sunt următoarele:

➤ secțiune liberă scurgere gaze arse	13,32 m <sup>2</sup>
➤ secțiune liberă scurgere aer	8,88 m <sup>2</sup>
➤ suprafața de schimb de căldură	6.727 m <sup>2</sup>
➤ temperatura intrare gaze arse	270 °C
➤ temperatura intrare aer	55 °C
➤ temperatura ieșire gaze arse	140 °C
➤ temperatura ieșire aer	200 °C
➤ turația nominală	3 rot/min

Instalația de preîncălzire mai are o serie de instalații anexe:

- dispozitiv de suflare preîncălzitor
- instalație de spălare preîncălzitor
- instalația de stins incendiu

Masa acumuloare de căldură este realizată din table ondulate după un profil special care îi conferă un transfer de căldură favorabil la pierderi de căldură relativ mici.

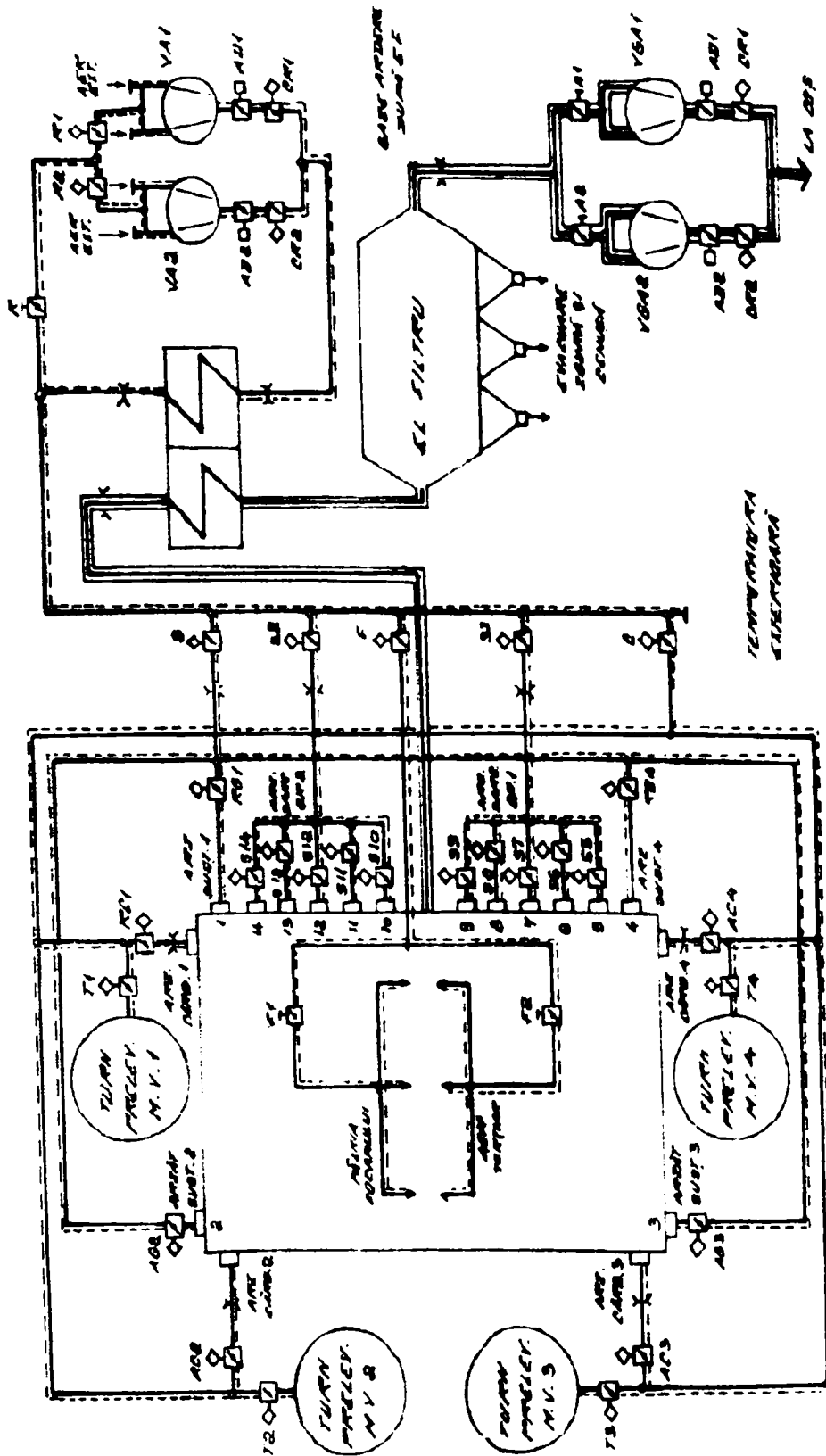


Fig. 2.14 Circuit aer – gaze de ardere CAF 1

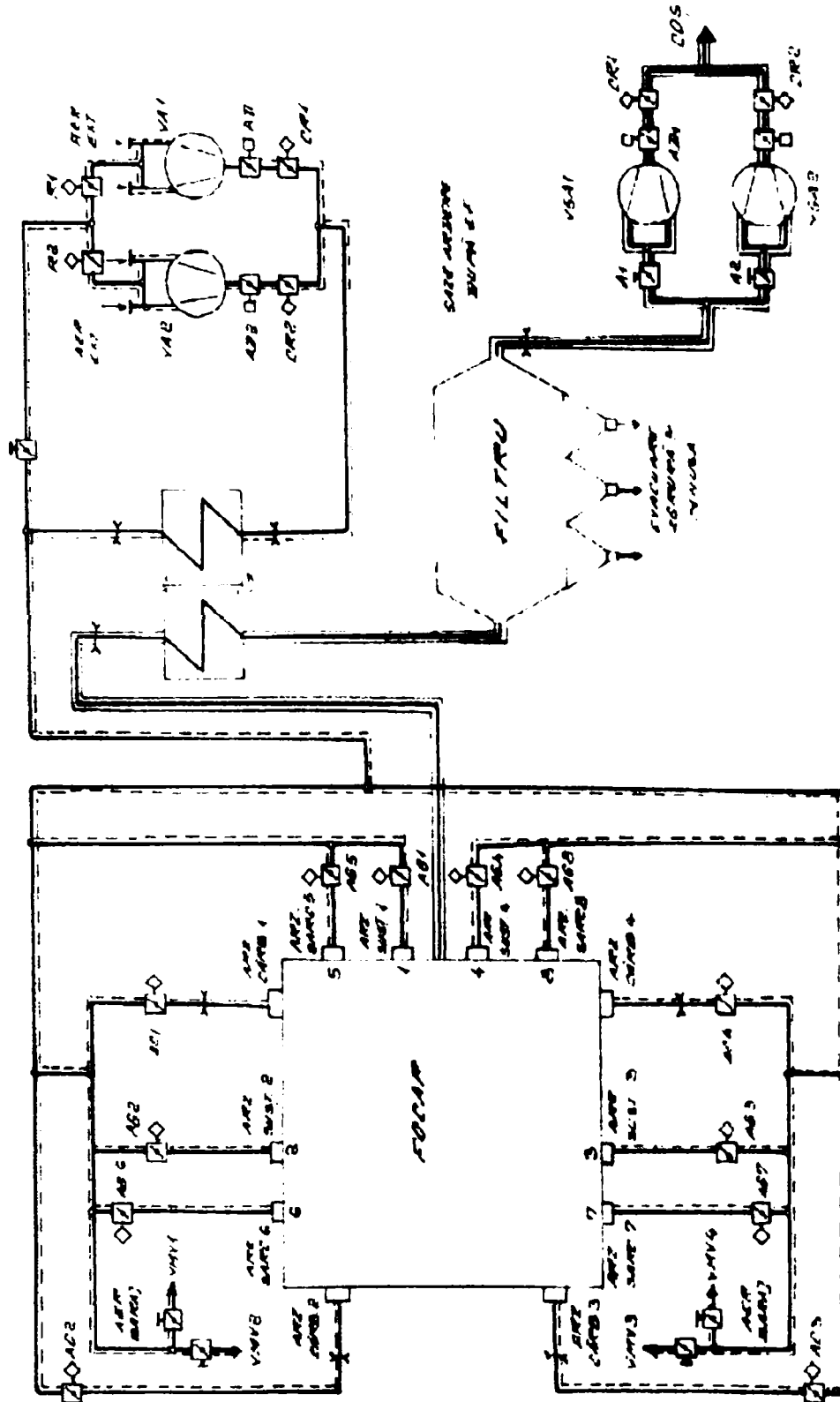


Fig. 2.15 Circuit aer – gaze de ardere CAF 2



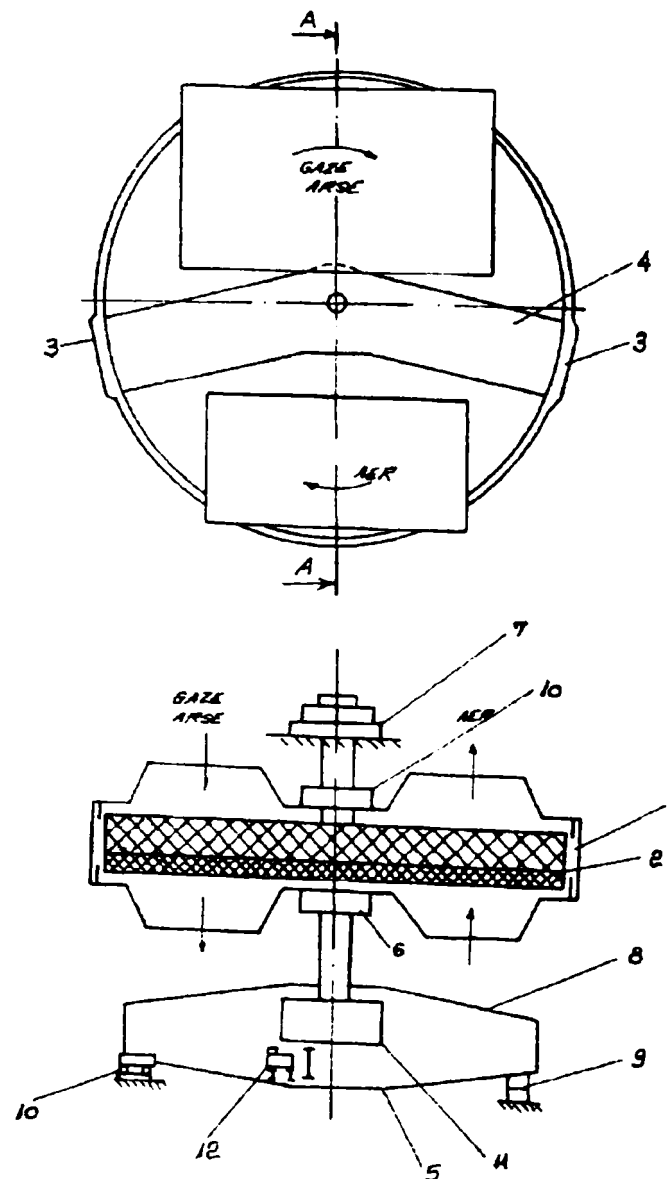


Fig. 2.16 Preîncălzitor de aer tip PR 24/1100

- 1 - Carcasă, 2 - Rotor, 3 - Etanșare 4 - Etanșare radială, 5 - Etanșare, 6 - Lagăr inferior (de susținere), 7 - Lagăr superior, 8 - Construcție de susținere a rotorului, 9 - Sprijin sferic, 10 - Sprijin cu role, 11 - Motor electric-acționare, 12 - Treapta I de reducere a turației

Umplutura preîncălzitorului este dispusă pe direcția de circulație a gazelor de ardere și a aerului în două zone, zona caldă și zona rece. Zona rece se găsește dispusă la partea inferioară a preîncălzitorului, unde gazele de ardere îl părăsesc și unde aerul intră în preîncălzitor. În această zonă umplutura are o construcție specială, (table cu grosimea de 1 mm).

#### 2.4.8. Instalația de desprăfuire electrică

Caracteristicile tehnice ale acestei instalații sunt următoarele:

- debit gaze intrare 490.000m<sup>3</sup>/h
- temperatura gazelor 140 °C
- depresiune maxima în regim 300 mmCA
- cădere maximă de presiune 15 mmCA
- conținut de praf în gaze la intrare 72 g/Nm<sup>3</sup>
- debit de praf separat 20,4 t/h
- număr de guri buncăr evacuare cenușă 6
- putere instalată 372 KW
- debit abur pentru încălzire buncări 150 kg/h

Principiul pe care se bazează epurarea electrică a gazelor de ardere este următorul:

Gazele ce urmează a fi epurate străbat carcasa electrofiltrului, al cărui echipament inferior este constituit în principal din electrozii de emisie, cuplați la polul negativ al înaltei tensiuni și din electrozii de depunere, legați la pământ, care formează polul pozitiv. Particulele în suspensie din gaze se încarcă cu sarcini electrice și se separă din curentul de gaze pe electrozii de depunere legați la pământ.

Particulele se încarcă cu ionii produși de descărcarea "Corona" de la electrozii de emisie alimentați cu curent continuu de înaltă tensiune, în funcție de natura și cantitatea gazelor de epurat.

Prin acțiunea câmpului electric ce se creează simultan între electrozii de emisie și de depunere, particulele încărcate sunt atrase de electrozii de depunere legați la pământ. Particulele separate pe electrozii de depunere se scutură periodic prin intermediul dispozitivelor de scuturare și cad în buncărul de colectare a cenușii, care reprezintă partea terminală de jos a carcasei electrofiltrului.

#### 2.5. INSTALAȚIA DE EVACUARE ZGURĂ ȘI CENUȘĂ

Zgura rezultată în urma arderii cărbunelui în focarele celor două CAF-uri de 100 Gcal/h (capacitate maximă de evacuare Kratzer de 6,8 t/h), și a celor trei CAI-uri de 100 t/h (capacitate de evacuare Kratzer de 5 t/h) și cenușa antrenată de gazele de ardere și colectată de electrofiltru (ELF), este evacuată hidraulic din incintă cu ajutorul a trei pompe Bagger.

Fiecare compartiment este prevăzut cu guri de deversare a amestecului apă-cenușă-zgură. Apa, rezultată din filtrarea amestecului este colectată de 6 puțuri de deversare - câte două pentru fiecare compartiment - și cu ajutorul a două pompe de recirculare tip 12 NDS, e returnată în centrală. Pentru amorsarea pompelor de recirculare, există două pompe de vid tip MIL 401.

Între firul 1 și firul 2, înaintea vanelor de golire, s-a montat un nod de vane cu Dn 350, care permite trecerea de pe un fir pe altul, prin închiderea / deschiderea vanelor corespunzătoare.

Pompele Bagger vehiculează amestecul abraziv de apă cu cenușă și zgură, în proporție de (8-12):1.

În stație sunt amplasate două pompe care aspiră amestecul dintr-un bazin comun.

### **2.5.1. Descrierea stației de evacuare zgură și cenușă**

Stația de recirculare Utvin are rolul de a recircula apa filtrată din depozit și colectată în rigole și apoi în bazinele de aspirație ale pompelor din cadrul stației, prin conducta subterană de recirculare la Stația de pompe Bagger din cadrul CET Timișoara Sud.

În stația de recirculare se găsesc două pompe de recirculare 12 NDS, 2 pompe de vid Sadu 100-3, necesare pentru amorsarea pompelor de recirculare și două pompe de stropire MIL 401.

- **Bazin aspirație pompe**

Aspirația pompelor se face din cele patru bazine de aspirație. Bazinele 2 și 3 se folosesc pentru aspirația pompelor de recirculare 12 NDS - conducta de aspirație cu Dn 500 cu ejector și plasă este racordată la pompele MIL care creează vidul necesar amorsării pompei.

Bazinul 4 este folosit la aspirația pompelor de stropire MIL 401, aspirația realizându-se printr-o conductă cu Dn 276.

- **Conducta de refulare. Posibilități de recirculare**

Apa decantată în depozitul de zgură este colectată cu ajutorul unor puțuri verticale și evacuată în afara depozitului pe o conductă de beton. Din exteriorul depozitului, apa este preluată de o canalizare din tuburi cu Dn 1000 care face legătura între depozit și stația de recirculare.

În stația de recirculare, apa preluată de canalizare se strânge într-un bazin de distribuție, din care apa pătrunde în cele 4 bazine de aspirație pentru pompele 12 NDS.

- **Construcție depozit**

Depozitul de zgură și cenușă este realizat din trei compartimente, fiecare compartiment fiind prevăzut cu guri de deversare.

Conductele de aducțiune a amestecului apă și cenușă se ramifică pe fiecare compartiment, fiecare gură de deversare fiind prevăzută cu vană de izolare, prin închiderea / deschiderea căroră se realizează deversarea pe conducta dorită. Fiecare gură de deversare este prevăzută cu o golire, pentru a se evita colmatarea conductei respective.

La baza fiecărui compartiment se găsește un strat de nisip și pietriș (saltea drenantă), care are rolul de a ajuta la filtrarea apei din amestec.

- **Puțuri de captare**

Puțurile de captare au rolul de a colecta apa decantată din depozit. Sunt amplasate câte două pe fiecare compartiment.

Legătura între puțuri se face printr-o conductă cu Dn 800 cu panta continuă spre exteriorul depozitului, la rigola exterioară ce înconjură depozitul.

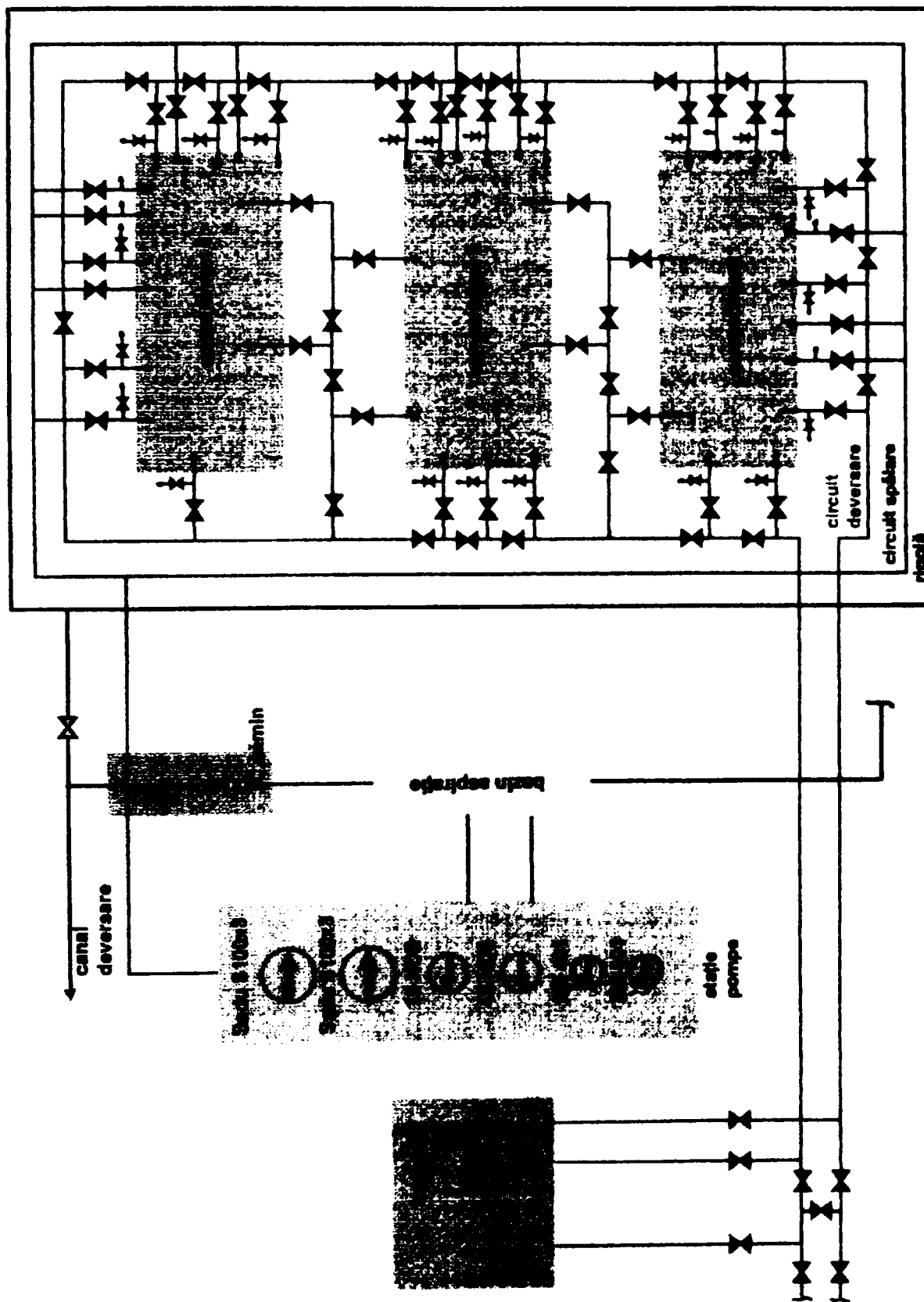


Fig. 2.18 Stația de pompe de recirculare Utvin

• **Exploatarea depozitului**

Depozitul trebuie să asigure depozitarea în bune condiții a zgurii și cenușii și să fie stabil la acțiunea apelor decantate și a apelor de ploaie.

Pe perioada în care se fac depuneri într-un compartiment, celelalte două se supraînalță. Pentru o depunere uniformă pe conturul depozitului, gurile de deversare vor fi folosite pe rând, astfel încât să se acopere tot compartimentul în funcțiune.

Reglarea nivelului de apă în depozit se face cu ajutorul inelelor prefabricate de la puțurile deversoare astfel încât să se evite deversarea apelor peste dig și să se realizeze o bună decantare a cenușii și zgurii.

O depunere corectă în depozit conduce la plasarea particulelor mari în apropierea digului de bază și a particulelor fine spre interior.

• **Tuburile de observare**

Au rolul de a permite monitorizarea apelor evacuate prin drenaj și evitarea astfel a antrenării de zgură și cenușă, precum și verificarea infiltrațiilor.

În figura nr. 2.18 este redată schema stației de pompe recirculare Utvin, iar în figura nr. 2.19 schema termomecanică de principiu a stației de pompe evacuare zgură și cenușă.

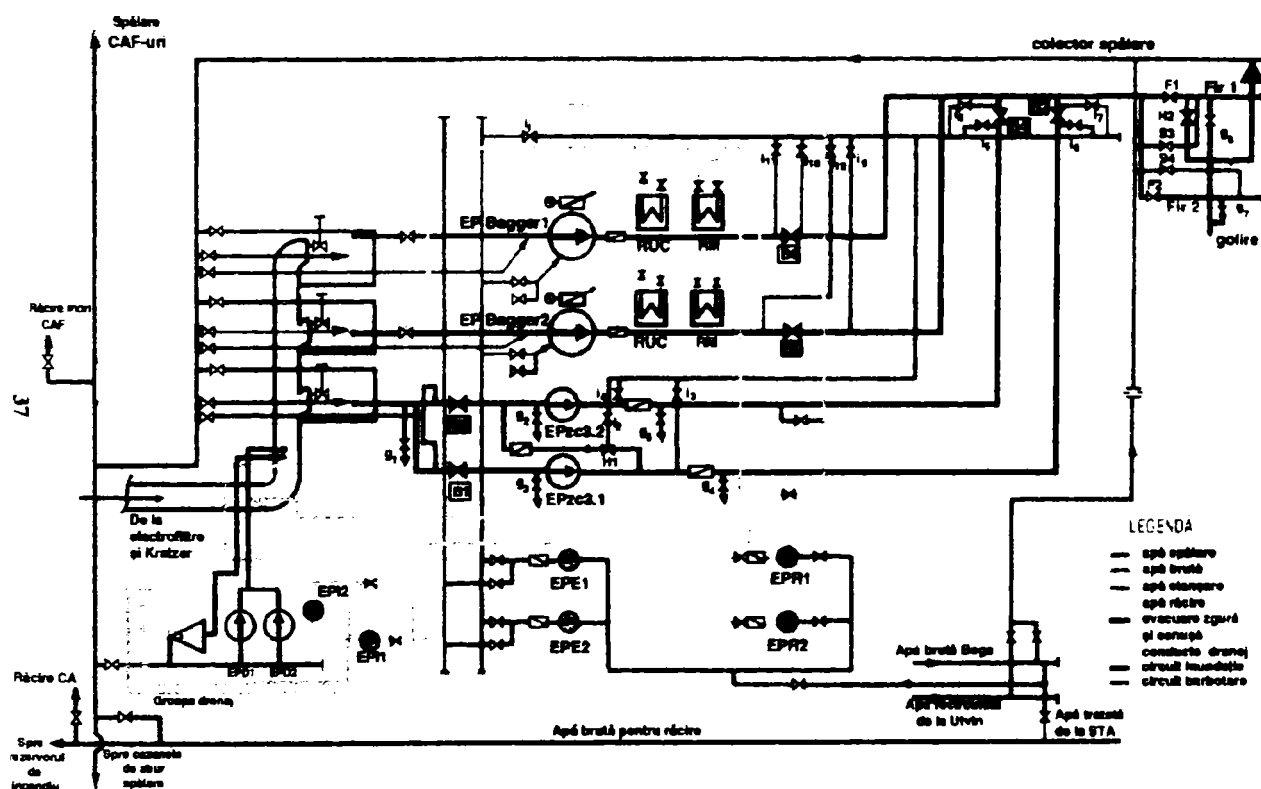


Fig. 2.19. Schema termomecanică de principiu a stației de pompe evacuare zgură și cenușă

## CAPITOLUL 3. CERCETĂRI PRIVIND STABILIREA APORTULUI C.T. TIMIȘOARA SUD LA POLUAREA MEDIULUI AMBIANT.

### 3.1. PRINCIPALII POLUANȚI (1), (2), (8).

În procesul de ardere a combustibililor, simultan cu producerea de energie termică, se degajă o serie de noxe care poluează mediul ambiant.

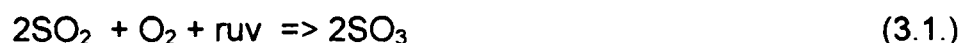
Principalii poluanți produși de cazanele de abur sunt pulberile, oxizii de sulf ( $\text{SO}_x$ ) oxizii de azot ( $\text{NO}_x$ ) și oxizii de carbon (cocs). În afara acestora în gazele de ardere pot să apară în cantități foarte mici și alți poluanți cum ar fi hidrocarburi nearse, acid clorhidric, acid fluorhidric, etc.

Pulberile, generate de existența centralelor termice pe cărbune poartă diferite denumiri în funcție de zona în care sunt puse în evidență:

- cenușa zburătoare eliminată prin coșul de fum;
- praful de cenușă antrenat de vânt din holdele de cenușă depozitată.

Cenușa produsă în urma arderii cărbunilor provine din masa minerală a acestora, fără însă să fie egală cu aceasta nici cantitativ și nici calitativ.

Oxizii de sulf produși din oxidarea sulfurului existent în combustibil care în proporție de peste 95% se transformă în anhidridă sulfuroasă ( $\text{SO}_2$ ), iar restul în anhidridă sulfurică ( $\text{SO}_3$ ). Trecerea  $\text{SO}_2$  - ului în  $\text{SO}_3$  are loc atât în flacără, dacă există mult oxigen în exces, cât și pe traseul gazelor de ardere în prezența unor catalizatori, cum ar fi oxizii de vanadiu. Evacuat în atmosferă,  $\text{SO}_2$  împreună cu oxigenul, sub acțiunea razelor ultraviolete emanate de soare (ruv), dă naștere anhidei sulfurice:



care se combină cu vaporii de apă din atmosferă și formează acidul sulfuric:



În zilele cețoase sau foarte umede, gradul de transformare în  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ajunge până la 15,7%.

Oxizii de azot, prezenți în gazele provenite din arderea cărbunilor, sunt constituiți din circa 95% monoxid de azot ( $\text{NO}$ ), respectiv circa 5% dioxid de azot ( $\text{NO}_2$ ). Ei se produc la temperaturi de peste 1223 K (850 °C).

Formarea oxizilor de azot în timpul arderii are loc pe baza azotului din aer și azotului conținut în combustibil. Literatura de specialitate (2), (3), (62), (63) indică existența a trei mecanisme de formare a oxizilor de azot și anume :

- mecanismul termic de formare a oxizilor de azot pe baza oxidării azotului introdus cu aerul necesar arderii;
- mecanismul de formare a oxizilor de azot din azotul existent în combustibil;
- mecanismul prompt sau timpuriu datorat interacțiunii radicalilor de forma CN și CH aflați în flacără cu molecule de  $\text{H}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  și  $\text{N}_2$ .

Oxizii de carbon din gazele de ardere provin din oxidarea perfectă (bioxidul de carbon  $\text{CO}_2$ ) respectiv imperfectă (monoxidul de carbon  $\text{CO}$ ) a carbonului (C) existent în combustibil. Tehnica arderii combustibililor a evoluat în prezent așa de mult încât apariția în gazele de ardere a monoxidului de carbon este insignifiantă. Din păcate,



instalațiile de ardere a cărbunelui inferior (lignitului) cu care sunt echipate cazanele de apă fierbinte (CAF) și cele de abur (CA) din C.T. Timișoara Sud, nu se ridică la nivelul tehnicii actuale și ca urmare, în gazele de ardere uscate cu conținut de oxigen  $O_2 \text{ ref.} = 6\%$ , conținutul de CO atinge de regulă până la 100 ppm și uneori (dacă raportul aer /combustibil este necorespunzător) poate depăși această valoare.

Hidrocarburile existente în gazele de ardere sunt, de asemenea, rezultatul arderii imperfecte, participarea acestora fiind destul de neînsemnată în cazul arderii cărbunilor.

Referitor la prezența acidului clorhidric și fluorhidric în gazele de ardere, măsurătorile efectuate în cadrul Centrului de cercetare – Protecția și Depoluarea Apei și Analiza de Mediu a Proceselor industriale – din cadrul U.P. Timișoara, au relevat prezența slabă a acidului clorhidric (68 până la 85 mg/litru), respectiv sub limita de detecție a acidului fluorhidric [64].

### 3.2. EFECTELE NOCIVE ALE POLUANȚILOR

În concepția actuală, acceptată unanim pe plan internațional, noțiunea de poluant este atribuită oricărei substanțe în stare solidă, lichidă sau gazoasă, sau oricărei forme de energie, care, introdusă în mediu, modifică echilibrul unui ecosistem. În cele ce urmează se vor prezenta principalele efecte nocive ale poluanților menționați mai sus. [1], [2], [3], [7], [8].

Dioxidul de sulf reprezintă o substanță toxică, care se remarcă prin miros și prin acțiunea iritantă asupra mucoaselor, provocând spasm și contractia mușchilor căilor respiratorii superioare. Prezența oxizilor de sulf în aerul din mediul ambiant se manifestă la animale prin senzația de arsură asupra mucoaselor respiratorii și conjunctivale, tuse, tulburări ale respirației, senzație de sufocare etc., iar în cazul plantelor – prin distrugerea clorofilei din frunze făcând astfel imposibilă fotosinteza.

Oxizii de sulf, respectiv acizii sulfuros și sulfuric care rezultă din hidratarea acestora, determină fenomene de coroziune, decolorarea materialelor colorate, reducerea elasticității și rezistenței mecanice a unor compuși organici (mine, polimeri, textile) și materiale de construcție.

Oxizii de sulf, alături de cei de azot, sunt considerați astăzi drept principalii factori care determină ploile acide, deteriorarea solului și a apelor freatice, având ca urmare distrugerea pădurilor pe suprafețe îngrijorător de mari, tulburări în dezvoltarea plantelor, scăderea producției de masă lemnoasă, a calității fructelor și legumelor, iar prin lanțul trofic plantă-animal-om influențând nefast asupra regnului animal și societății umane.

Oxizii de azot și acidul azotic, rezultat din aceștia, sunt extrem de periculoși pentru mecanismul biologic uman. Ei atacă mucoasele căilor respiratorii, transformă oxihemoglobina în metahemoglobină, ceea ce conduce la slăbirea capacității de autoapărare a organismului față de infecțiile bacteriene și uneori chiar la paralizie. Acidul azotic, chiar în concentrații foarte mici, atacă construcțiile metalice, rețelele electrice, materiale de construcție din grupa carbonaților ca de exemplu marmura etc.

În ultimul timp s-a pus în evidență efectul nociv al protoxidului de azot ( $N_2O$ ), care se manifestă pe de o parte prin contribuția sa la producerea efectului de seră, iar pe de altă parte – la distrugerea păturii protectoare de ozon din stratosferă [45], [46].

Oxizii de carbon au o comportare diferențiată. Monoxidul de carbon pătruns în sânge prin funcția de respirație a animalelor, având o afinitate foarte ridicată față de hemoglobină, determină trecerea acesteia de la forma de oxihemoglobină la cea de carbohemoglobină. Efectul principal este intoxicația, care se manifestă la început prin



cefalee, oboseală, amețeală, greață și apoi, pentru concentrații ridicate – chiar moartea individului intoxicat.

Dioxidul de carbon este toxic numai în concentrații foarte mari (peste 5000 ppm), dar influențează în mod negativ clima prin efectul de seră creat asupra pământului, contribuția ce îi revine fiind apreciată la circa 50 [%].

*Cenușa zburătoare*, eliminată prin coșul de fum al instalațiilor de ardere, *praful de cenușă fin* antrenat de vânt din haldere de depozitare a cenușii și *praful de cărbune* provenit din haldele de cărbune sau din transportul și prepararea acestuia, constituie împreună o noxă solidă, care se găsește sub formă de aerosoli în mediul ambiant. În cazul în care cenușa are un conținut foarte redus de metale grele (Cr, Ni, Cd, Al, Pb), aerosolii formați sunt netoxici. Sub aspect nociv, aceștia prezintă importanță numai atunci când particulele au dimensiuni mari, caz în care pot irita mucoasele oculare și pe cele ale căilor respiratorii. Cenușile murdăresc și degradează mediul ambiant, se depun pe clădiri, pe străzi, pe vegetație dând un aspect neplăcut. Stratul de cenușă depus pe frunzele plantelor împiedică pătrunderea razelor solare și frânează procesul de fotosinteză. Depozitele de cenușă prost construite și gospodărite constituie surse de poluare cu metale grele a pânzei de apă freatică din sol, iar în caz de rupere a barajului – pot provoca distrugerii importante ale vegetației și așezămintelor din zonă.

Aerosolii toxici sunt constituiți din hidrocarburile policiclice aromatice rezultate ca produse ale arderii imperfecte și incomplete a combustibililor, mai ales a păcurilor. Aceste hidrocarburi se condensează sub formă de picături foarte fine care plutesc în aer. Asemenea aerosoli sunt foarte periculoși datorită acțiunii cancerigene a hidrocarburilor.

### 3.3. REGLEMENTĂRI ÎN VIGOARE

Pentru diminuarea poluării aerului datorată arderii combustibililor clasici, se preconizează pe de o parte, reducerea consumului de combustibil prin măsuri de eficientizare a producerii, transportului și folosirii energiei termice, iar pe de o altă parte micșorarea concentrației noxelor din gazele de ardere eliminate prin coșul de fum. Concentrațiile maxim admisibile pentru principalii poluanți se stabilesc la valori astfel ca sănătatea populației sensibile să nu fie afectată, să nu se simtă disconfort, să nu fie influențată negativ viața și dezvoltarea animalelor și plantelor, să nu fie afectată vizibilitatea, construcțiile să nu fie degradate sau culorile modificate, etc.

Valorile concentrațiilor maxim admisibile pentru instalațiile de ardere se stabilesc de către organele abilitate pentru fiecare țară și sunt valabile o perioadă de timp bine determinată. Aceste valori devin tot mai restrictive pe măsură ce tehnica evoluează.

În România valorile concentrațiilor limită pentru instalațiile mici de ardere sunt precizate în Legea Protecției Mediului nr. 137 [6], iar pentru instalațiile mari de ardere – în hotărârea aprobată prin Legea nr. 645/2002 [9] din care au fost extrase valorile prezentate în Tab. 3.1.

**Tab. 3.1. Valori limită de emisie aplicabile instalațiilor mari de ardere tip I și II.**

Combustibil	Conținut de oxigen în gazele de ardere uscate	Puterea termică (MW)	Valori limită pentru :		
			Bioxid de sulf (mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	Oxizi de azot Măsurăți ca NO <sub>2</sub> (mg/ m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )	Pulberi (mg/ m <sup>3</sup> <sub>N</sub> )
Combustibil solid	O <sub>2.ref</sub> = 6%	50 < P <sub>tn</sub> < 100	2000	600	100
		100 < P <sub>tn</sub> < 500	2400-4P		
		P <sub>tn</sub> > 500	400	500	50
Combustibil gazos	O <sub>2.ref</sub> = 3 %	50 < P <sub>tn</sub> < 500	35	300	5
		P <sub>tn</sub> > 500		200	

P<sup>x</sup>)<sub>tn</sub> - Puterea termică nominală în MW.

Legarea instalațiilor de ardere la cele două coșuri de fum este după cum urmează :

- CAF nr. 1 și CAF nr. 2 sunt legate la coșul de fum nr. 1.
- Cazanele de abur nr. 1,2 și 3 sunt legate la coșul de fum nr. 2.

Coșurile sunt construite din beton armat și au o înălțime de 165 m.

Conform Hotărârii nr. 541/17.05.2003 cazanele de apă fierbinte CAF1 și CAF2, legate la coșul de fum CF nr. 1 constituie o singură instalație mare de ardere (IMA 1) cu puterea termică nominală :

$$P_{ml} = 2 \frac{P_{mCAF}}{\eta_t} = 2 \frac{116,28}{0,82} = 284 \quad [MW_t] \quad (3.3)$$

în care :

$P_{mCAF} = 116,6$  este puterea termică nominală a unui CAF, în MW;

$\eta_t = 0,82$  reprezintă randamentul termic al cazanului conform [65] .

În mod similar cele trei cazane de abur, legate la coșul de fum CF Nr.2, constituie cea de a doua instalație mare de ardere (IMA 2). Din calculul termic de proiectare întocmit de ICPET – București [69] rezultă că la sarcina nominală (D<sub>n</sub> = 100 t/h, Φ<sub>n</sub> = 15 bar, t<sub>s</sub>=250 °C) se consumă B<sub>c</sub> = 43427 Kg/h cărbune cu H<sub>i</sub> = 1600 Kcal/Kg

= 6700 KJ/Kg. Ca atare puterea termică nominală a instalației mari de ardere IMA 2 este :

$$P_{m2} = 3 \frac{Bc}{3600} \cdot Hi \cdot 10^{-3} = 3 \cdot \frac{43427}{3600} \cdot 6700 \cdot 10^{-3} = 242,43 [MW_t] = 3.80,8 = 242,4 [MW_t] \quad (3.4)$$

Stabilirea valorilor limită de emisie pentru dioxidul de sulf, oxizii de azot și pulberi provenite de la instalații mari de ardere cu focar mixt, în care se ard simultan cărbune și gaze naturale, așa cum este cazul la C.T. Timișoara Sud, s-a făcut în conformitate cu [ 70 ], anexa 8, folosind relația generică :

$$(C_{noxa})_{am}^{lim} = P_{carb.} (C_{noxi}^{lim})_{g.n} \quad [mg/m^3_N] \quad (3.5)$$

în care aportul caloric al cărbunelui ( $p_{carb.}$ ) și gazului natural ( $p_{gn}$ ) este :

( $p_{gn}$ ) este :

$$P_{carb} = \frac{B_{hc} \cdot H_{ic}}{B_{hc} H_{ic} + B_{h.gn} H_{ign}} \quad (3.6)$$

$$P_{gn} = \frac{B_{hgn} \cdot H_{ign}}{B_{hc} H_{ic} + B_{h.gn} H_{i.gn}} \quad (3.7)$$

Unde :

$B_{hc}$  și  $B_{hgn}$  - este debitul orar de cărbune în Kg/h, respectiv de gaze naturale în mcs/h;

$H_{ic}$  și  $H_{ign}$  - puterea calorică inferioară a cărbunilor în KJ/Kg, respectiv a gazelor naturale în KJ/mcs;

$(C_{noxa}^{lim})_c$  și  $(C_{noxa}^{lim})_{gn}$  - reprezintă concentrația limită sau altfel spus, maxim admisă a noxei respective ( $NO_x$ ,  $SO_x$ , praf) în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen  $O_{2.ref}=6\%$  respectiv  $O_{2.ref} = 3\%$  provenite din arderea numai a cărbunelui sau numai a gazului natural, în  $mg/m^3_N$ .

Deoarece Hotărârea nr. 541/17.05.2003 nu prevede nimic explicit cum trebuie stabilită concentrația limită la emisie a monoxidului de carbon ( $C_{CO}^{lim}$ ) în cazul arderii mixte, valoarea acesteia s-a admis conform Legii Protecției Mediului 137/1995, care include Ordinul nr. 462/93 al MAPPM, considerând că s-ar folosi drept combustibil numai cărbunele [4] [6].

### 3.4. MĂSURĂTORI TERMOTEHNICE

Debitul masic al noxelor poate fi estimat folosind relațiile empirice prezentate în lucrările [2] și [13] sau utilizând metodologia operativă de evaluare a emisiilor elaborată de către DSDE a RENEL [21], [22], [2]. Determinarea corectă a emisiilor de poluanți se face însă pe baza măsurătorilor efectuate cu aparatura specializată. Această cale am folosit-o și eu pentru a evidenția contribuția C.T. Timișoara Sud la poluarea aerului din mediul ambiant.

Pentru a răspunde acestui deziderat am măsurat concentrația noxelor emise prin coșul de fum și am calculat pe această bază debitul masic al acestora în funcție de puterea termică a cazanelor aflate în funcțiune și de consumul de combustibil aferent.

Comparând valorile concentrației măsurate a noxelor  $C_{noxa}^{max}$  cu cea maxim admisă de legislația în vigoare  $C_{noxa}^{lim}$  am putut trage concluzii cu privire la gradul de poluare și am stabilit măsurile necesare pentru ecologizarea funcționării fiecărui grup energetic în parte, respectiv a centralei termice.

Ținând seama de acest lucru, am inițiat un program de măsurători termotehnice pe care le-am realizat în colaborare cu specialiști ai unităților de profil din țară.

#### 3.4.1. Măsurători efectuate în colaborare cu ICSITTE București

Având în vedere vechimea electrofiltrelor și performanțele scăzute ale echipamentelor cu care erau dotate, randamentul acestora era destul de scăzut, iar concentrația prafului de cenușă la emisie depășea cu mult valorile admise. Drept consecință, depunerile de praf de cenușă în zona termocentralei erau vizibile pe acoperișul caselor, pe vegetație, pe autovehiculele parcate, etc. Ca urmare, mi-am concentrat atenția asupra acestei probleme inițiind o primă etapă de măsurători la electrofiltre. Acestea s-au executat în luna noiembrie 2000 de către specialiștii de la ICSITTE București. În cadrul măsurătorilor s-au făcut reglări ale regimului de scuturare a panourilor electrozilor de depunere și s-au ridicat caracteristicile curent-tensiune în gol și în sarcină a echipamentului. Rezultatele măsurătorilor, consemnate în Tab. 3.2. pentru situațiile cele mai favorabile care s-au obținut în urma reglărilor efectuate, indică o funcționare deficitară a electrofiltrelor..

**Tab.3.2. Valori medii ale concentrației noxelor în gazele de ardere uscate (conform măsurătorilor efectuate în anul 2000)**

Cazan	Concentrația prafului		Randament electrofiltru	Concentrația noxelor gazoase		
	$C_{praf}^{intrare}$ [mg / m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]	$C_{praf}^{iesire}$ [mg / m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]		$C_{NO_2}^x$ [mg / m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]	$C_{NO}^x$ [mg / m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]	$C_{SO_2}^x$ [mg / m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]
CAF1	20800	456	97,80	179,5	52,5	2143,5
CAF2	21160	428	97,97	134,5	283,5	2107,0
CA 2	23820	162,5	99,10	95,5	607,0	1595,5
CA 3	17060	239	99,03	163,5	118,0	1971,5

Tot în Tab. 3.2. sunt consemnate și valorile concentrației noxelor gazoase în gazele de ardere uscate. Pentru toate cazanele valorile concentrației SO<sub>2</sub> – ului

depășesc pe cele maxime admise de legislație. Același lucru se poate spune și despre concentrația CO-ului, cu excepția cazanului CAF1.

În urma măsurătorilor efectuate s-au propus soluții de îmbunătățire a performanțelor electrofiltrelor în două etape:

- în prima etapă – prin reparații curente în urma expertizării mecanice și electrice a echipamentelor interioare și a celor de înaltă tensiune;

- în cea de a doua etapă – prin modernizarea electrofiltrelor, constând în următoarele:

- a) uniformizarea curgerii gazelor în canalele din amonte și aval de electrofiltre, la intrarea în electrofiltre, în interiorul electrofiltrelor și la ieșirea din electrofiltre;
- b) dotarea electrofiltrelor existente cu o instalație interioară cu pas mărit cu eficiență înaltă de desprăfuire;
- c) amplasarea la ieșirea din electrofiltru a unui câmp electric suplimentar pe lângă cele două câmpuri electrice existente;
- c) echiparea electrofiltrelor cu sesizare de nivel pulberi, amplasate pe buncărele electrofiltrelor, care să asigure un control permanent al nivelului cenușii în buncăre;
- d) echiparea electrofiltrelor cu sesizare de nivel pulberi, amplasate pe buncărele electrofiltrelor, care să asigure un control permanent al nivelului cenușii în buncăre;
- e) modernizarea echipamentului de înaltă tensiune prin dotare cu un bloc de comandă cu microprocesor.

### 3.4.2. Măsurători termotehnice efectuate în colaborare cu laboratorul mobil ROTORK

Am inițiat și condus efectuarea expertizării mecanice și electrice a electrofiltrelor. Testele au scos în evidență deficiențe majore la echipamentele interioare, sistemul de scuturare a electrozilor, izolatorilor de susținere, cablurilor și separatorilor de înaltă tensiune, șunturi, izolatori de trecere, etc. După remedierea acestor deficiențe, am inițiat o campanie de măsurători termotehnice, care au fost efectuate de specialiștii Laboratorului mobil ROTORK în ianuarie 2002. Rezultatele acestor măsurători sunt consemnate în Tabel 3.3. Ele se referă atât la concentrația în gazele de ardere uscate a prafului cât și a celorlalte noxe gazoase (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO) produse în timpul funcționării cazanelor CAF2, CAF1, CA2, CA3.

**Tabel 3.3. Rezultatele măsurătorilor termotehnice efectuate cu ajutorul Laboratorului mobil ROTORK în ianuarie 2002.**

Cazan	P <sub>t</sub> [MW]	Consum combustibil		PM [mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]		NO <sub>x</sub> [mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]		SO <sub>2</sub> [mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]		CO [mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub> ]	CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]
		Cărbune [t/h]	Gaze nat. [mcs/h]	C <sup>mas</sup> <sub>praf</sub>	C <sup>lim</sup> <sub>praf</sub>	C <sup>mas</sup> <sub>NO<sub>x</sub></sub>	C <sup>lim</sup> <sub>NO<sub>x</sub></sub>	C <sup>mas</sup> <sub>SO<sub>2</sub></sub>	C <sup>lim</sup> <sub>SO<sub>2</sub></sub>			
CAF2	117	57	4500	208,8	225	280	800	2573	x)	107,1	10,2	9,6
CAF2	89	38	4500	198,5	225	498,2	800	1058	x)	114,8	10,0	10,1
CA3	58	26	2700	118,4	225	349,1	800	969,5	x)	162,0	10,2	9,6
CA3	59	30	2000	133,5	225	320,2	800	2905	x)	105,7	10,7	9,4
CA2	87	39	4400	206,4	225	507,1	800	2414	x)	125,8	10,2	9,8
CAF1	105	58	2500	184,5	225	735,7	800	3108	x)	98,1	11,1	9,8



x) Reducere cu 25% față de nivelul emisiunilor de SO<sub>2</sub> din anul 1989.

În tabelul 3.3. sunt înscrise și valorile concentrație limită a noxelor, conform [71].

Din analiza acestor rezultate se desprind următoarele observații :

1. Valorile măsurate ale concentrației prafului de cenușă  $C_{praf}^{mas}$  sunt mai mici decât cele din anul 2000, ceea ce demonstrează eficacitatea lucrărilor de reparații curente ce au rezultat în urma expertizării mecanice și electrice a echipamentelor interioare și a celor de înaltă tensiune.

2. Valorile măsurate ale concentrației noxelor sunt inferioare celor maxim admise conform „Convenției privind limitarea emisiilor de CO<sub>x</sub>, SO<sub>4</sub> și NO<sub>x</sub> prevenite din CTE”, încheiată între RENEL și Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției Mediului [71] și ca urmare Agenția de Protecție a mediului a autorizat funcționarea cazanelor din C.T. Timișoara Sud.

3. Normele în vigoare [6] și [9] sunt mult mai restrictive și ca urmare valorile concentrațiilor măsurate ale noxelor depășesc pe cele limită ( $C_{NO_x}^{mas} > C_{NO_x}^{lm}$ ), sau altfel spus, funcționarea cazanelor nu se poate aprecia ca fiind ecologică.

4. Dezideratul funcționării ecologice a cazanelor nu poate fi atins fără dotarea cu echipamente sau chiar cu instalații adecvate pentru o mai bună descenușare, dar mai ales pentru desulfurarea gazelor de ardere. Toate aceste operații de ecologizare a funcționării cazanelor necesită sume foarte mari de bani (circa 100 milioane Euro) de care COLTERM nu dispune momentan. De aceea, în limita sumelor disponibile s-a convenit să se continue doar lucrările prevăzute pentru cea de a doua etapă de modernizare a electrofiltrului care echipează CAF 2.

### 3.4.3. Măsurători termotehnice efectuate în colaborare cu U.P. Timișoara.

Pentru a constata măsura în care lucrările prevăzute pentru etapa a doua de modernizare a electrofiltrului cazanului CAF2 au contribuit la îmbunătățirea funcționării acestuia, respectiv la scăderea concentrației prafului de cenușă în gazele de ardere emise prin coșul de fum, am inițiat o serie de măsurători termotehnice cu U.P. Timișoara – Catedra TMTAR, la care am participat în mod efectiv. Aceste măsurători au vizat nu numai obiectul amintit mai înainte, ci au cuprins și determinări ale concentrației noxelor gazoase, precum și valorile altor parametri de funcționare ai cazanelor pentru a oferi posibilitatea calculului dispersiei noxelor în jurul C.T. Timișoara Sud.

Măsurarea temperaturii, suprapresiunii și compoziției gazelor de ardere uscate s-a făcut cu ajutorul gazoanalizatorului TESTO 350 a cărui componentă și principiu de funcționare este prezentat în lucrarea [56].

Sonda acestui aparat, fiind dotată cu un termocuplu și un tub Pitot, pe lângă funcția de extragere a gazelor de ardere ce urmează a fi analizate, oferă și posibilitatea de măsurare a temperaturii și a suprapresiunii sau depresiei în punctul de prelevare a probelor de gaze.

Prelevările probelor de gaze s-au făcut în aval de VG-uri (ventilatoarele de gaze), adică din canalele de gaze care fac legătura dintre VG-uri și coșul de fum. Pentru înlăturarea suspiciunii unei segregări a prafului de cenușă fin, în unele cazuri, prelevarea probelor de gaze s-a făcut din orificii plasate de o parte și de alta a canalului

de gaze. Întrucât nu s-au constatat diferențe sensibile, s-a renunțat la această precauțiune.

Determinarea conținutului de praf în gazele de ardere s-a făcut cu ajutorul aparatului Ströhlein model STE 4, a cărui componentă și principiu de funcționare se prezintă în lucrarea [56]. Pentru a putea face măsurători corecte privind concentrația prafului în gazele de ardere, prelevarea probelor s-a făcut în condițiile respectării principiului izocinetismului, care impune egalitatea dintre viteza de aspirație a probei prin orificiul sondei și viteza de circulație a amestecului bifazic (gaze + praf de cenușă) în punctul de prelevare al canalului de gaze.

Pentru a respecta acest deziderat, alături de sonda aparatului Ströhlein a trebuit să se introducă și sonda gazoanalizatorului TESTO 350, precum și un tub Pitot – Prandtl, așa că după cum se poate observa în schema de montaj (Fig.3.2).

Gazoanalizatorul TESTO 350 servește pentru măsurarea temperaturii și suprapresiunii din canalul de gaze, precum și pentru determinarea compoziției gazelor de ardere, respectiv a coeficientului excesului de aer. Tubul Pitot-Prandtl este racordat la un micromanometru electronic care indică presiunea dinamică din canalul de gaze. Pe baza acestor măsurători și calcule s-a ales duza cea mai potrivită pentru sonda aparatului Ströhlein, astfel încât să se respecte condiția izocinetismului la prelevarea probelor de amestec bifazic format din gazele de ardere și praf de cenușă.

Măsurătorile termotehnice, atât pentru determinarea compoziției gazelor de ardere, cât și a conținutului de praf al acestora, au fost făcute în regim termic stabilizat, pentru deferite sarcini menținute constante de către personalul specializat al C. T. Timișoara Sud.

Valorile măsurate, cât și cele calculate cu relațiile prezentate în acest subcapitol, sunt expuse tabelar și grupate pe fiecare cazan în parte pentru a fi mai ușor urmărite.

Valorile măsurate ale temperaturii și compoziției gazelor de ardere sunt prezentate în Tabelele: 3.4, 3.15, 3.22, 3.29 cu precizarea cazanului, locului de unde au fost extrase probele și datei efectuării măsurătorilor.

Notațiile din aceste tabele au următoarea semnificație:

$t_{gc}$  – temperatura gazelor de ardere la coș, în °C;

$O_2$  – conținutul volumic al oxigenului în gazele de ardere uscate, în %;

$CO$  – conținutul volumic al monoxidului de carbon în gazele de ardere uscate, în ppm;

$NO$  și  $NO_2$  – conținutul volumic de monoxid și dioxid de azot în gazele de ardere uscate, în ppm;

$NO_x$  – conținutul volumic de oxizi de azot în gazele de ardere uscate, în ppm;

$SO_2$  – conținutul de dioxid de sulf în gazele de ardere uscate, în ppm;

$H_2$  – conținutul de hidrogen în gazele de ardere uscate, în ppm;

$CO_2$  – conținutul de dioxid de carbon în gazele de ardere uscate, în %;

$\lambda$  – coeficientul excesului de aer;

$t_{amb}$  – temperatura aerului din mediul ambiant, în °C.

În ultima linie a tabelelor la care se face referire sunt trecute valorile medii ale mărimilor măsurate, calculate ca medie aritmetică a acestora.

Valorile măsurate, respectiv calculele efectuate în vederea determinării conținutului de praf din gazele de ardere sunt precuprinse în Tab. 3.5, 3.16, 3.23, și 3.30, respectiv în Tab. 3.8, 3.19, 3.26 și 3.33.

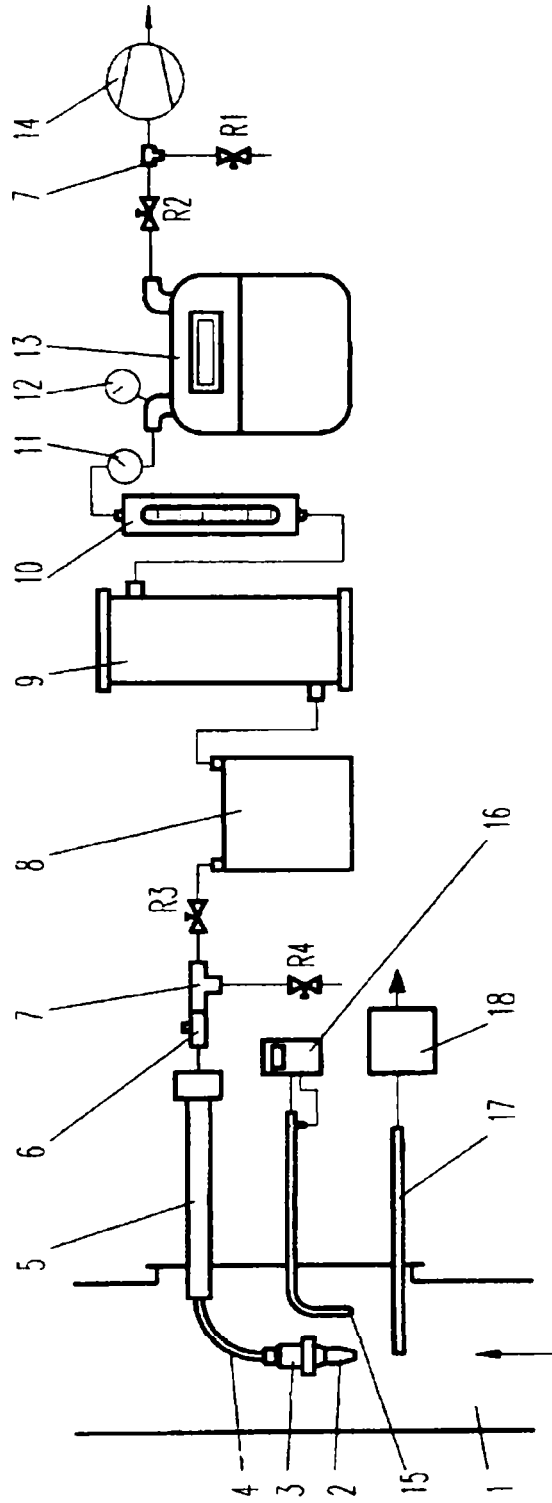


Fig 2.3: Schema de montaj

1 – canal gaze, 2– duză calibrată, 3- carcasa cartului filtrant, 4– racord, 5– manșon de încălzire electrică, 6– termoelement, 7– teu, 8 rezervor de condensat, 9- turn de uscare cu silicagel, 10- debitmetru (rotametrul), 11- manometru, 12- termometru, 13- contor, 14- pompa de vid, 15- tub Pitot-Prandtl, 16- micromanometru electronic, 17- sondă, 18-gazoanalizator TESTO-350, R<sub>1</sub>-R<sub>4</sub> - robinete.



**3.4.3.1 Măsurători efectuate pe CAF 1 Pn 17 noiembrie 2004  
Prelucrarea datelor experimentale**

**Tab. 3.4 Temperatura și compoziția volumică a gazelor de ardere**

Nr. Crt.	tgc	O2	CO	NO	NO2	NOx	SO2	CO2	CmHn	H2	λ
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	109.3	10.25	69.25	169	0	169	1080	9.38	0	5	1.91
2	109.7	9.94	68.94	169	0	169	1073	9.57	0	9	1.88
3	110	9.83	68.83	167	0	167	1090	9.71	0	6	1.85
4	110.3	9.58	68.58	164	0	164	1135	9.87	0	8	1.84
5	110.6	9.46	68.46	164	0	164	1159	9.84	0	9	1.84
6	110.8	9.51	68.51	165	0	165	1174	9.83	0	8	1.84
7	110.9	9.59	68.59	168	0	168	1169	9.67	0	7	1.87
8	111.3	9.86	68.86	167	0	167	1169	9.53	0	7	1.89
9	110.8	9.73	68.73	168	0	168	1132	9.86	0	7	1.83
10	111.1	9.61	68.61	168	0	168	1153	9.62	0	7	1.83
Me dia	110.48	9.736	68.647	166.9	0	166.9	1133.4	9.688	0	7.3	1.858

**dreapta curent**

Nr. Crt.	tgc	O2	CO	NO	NO2	NOx	SO2	CO2	CmHn	H2	λ
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	109	9.6	68.60	164	0	164	1140	9.6	0	4	1.9
2	110.1	9.99	68.99	165	0	165	1103	9.5	0	6	1.89
3	109.5	9.89	68.89	162	0	162	1124	9.58	0	3	1.88
4	110	9.91	68.91	165	0	165	1112	9.53	0	5	1.89
5	110.1	9.89	68.89	164	0	164	1136	9.54	0	3	1.89
6	110.4	9.87	68.87	165	0	165	1125	9.56	0	9	1.88
7	110.5	9.87	68.87	164	0	164	1137	9.62	0	6	1.89
8	110.6	9.54	68.54	163	0	163	1164	9.78	0	5	1.83
9	110.6	9.44	68.44	165	0	165	1154	9.88	0	8	1
10	110.8	9.41	68.41	163	0	163	1161	9.8	0	6	1.84
Me dia	110.16	9.741	68.621	164	0	164	1135.6	9.639	0	5.5	1.789

**stânga curent**

**Tab. 3.5. Valorile măsurate în vederea determinării conținutului de praf în gazele de ardere**

	UM	
Masa inițială filtru vata	g	20.967
Masă inițială filtru hârtie+cutie	g	8.5072
Masă finală filtru vată	g	21.1009
Masă finală filtru hârtie+cutie	g	8.5181
Temperatura	°C	110.48
Diferența de presiune	mbar	0.55
Presiunea statică	mbar	1.56

Contor inițial	m <sup>3</sup>	303.88
Contor final	m <sup>3</sup>	306.06
Ora inițial	hh:mm	15:00
Ora final	hh:mm	15:40
Temperatură contor inițial	°C	8
Temperatură contor final	°C	10
Presiune contor inițial	mbar	-305
Presiune contor final	mbar	-316

dreapta curent

	UM	
Masa inițială filtru vata	g	20.672
Masă inițială filtru hârtie+cutie	g	8.5378
Masă finală filtru vată	g	20.7653
Masă finală filtru hârtie+cutie	g	8.5503
Temperatura	°C	110.16
Diferența de presiune	mbar	1.33
Presiunea statică	mbar	1.9
Contor inițial	m <sup>3</sup>	306.31
Contor final	m <sup>3</sup>	308.04
Ora inițial	hh:mm	16:50
Ora final	hh:mm	17:30
Temperatură contor inițial	°C	11
Temperatură contor final	°C	14
Presiune contor inițial	mbar	-333
Presiune contor final	mbar	-346

stânga curent

**Tab. 3.6. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate, cu un conținut de oxigen  $_{2\text{ref}} = 6\%$**

Nr. crt.	C <sub>CO*</sub>	C <sub>NOX*</sub>	C <sub>SO<sub>2</sub>*</sub>	C <sub>CO<sub>2</sub>*</sub>	C <sub>CmHn*</sub>
	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N
1	115.27	484.58	4306.94	257.03	0.00
2	114.75	469.79	4159.09	254.89	0.00
3	114.57	459.79	4183.38	256.07	0.00
4	114.15	443.30	4260.72	254.59	0.00
5	113.96	436.57	4305.57	251.18	0.00
6	114.04	440.60	4380.28	252.01	0.00
7	114.17	452.26	4392.20	249.65	0.00
8	114.62	461.02	4498.66	252.00	0.00
9	114.40	457.88	4306.02	257.72	0.00
10	114.20	453.06	4339.69	248.79	0.00
Media	114.24	455.78	4313.25	253.39	0.00

\*) raportat la O<sub>2</sub> ref  
dreapta curent

Nr. crt.	C <sub>CO</sub> *	C <sub>NOX</sub> *	C <sub>SO2</sub> *	C <sub>CO2</sub> *	C <sub>CmHn</sub> *
	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N
1	114.24	441.94	4275.03	248.06	0.00
2	114.89	459.81	4280.02	254.17	0.00
3	114.72	449.07	4323.13	254.00	0.00
4	114.76	458.70	4284.42	253.13	0.00
5	114.72	455.67	4369.43	252.94	0.00
6	114.69	457.04	4319.33	253.02	0.00
7	114.69	452.65	4365.56	254.61	0.00
8	114.14	439.62	4342.78	251.39	0.00
9	113.97	433.70	4268.71	251.76	0.00
10	113.92	438.91	4283.72	249.08	0.00
Media	114.22	448.71	43411.21	252.22	0.00

\*) raportat la O<sub>2</sub> ref  
stânga curent

**Tab. 3.7. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate cu un  
conținut de oxigen O<sub>2 ref</sub> = 6%**

CAF NR.	Poz. măsurare	C <sub>CO</sub> *	C <sub>NOX</sub> *	C <sub>SO2</sub> *	C <sub>CmHn</sub> *	C <sub>CO2</sub> *	C <sub>CO2*(ech)</sub>
		mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	g/m <sup>3</sup> N	g/m <sup>3</sup> N
1	Dreapta curent	114.24	455.787	4313.25	0.00	253.39	253.39
	Stânga curent	114.22	448.71	4311.21	0.00	252.22	252.22
Concentrația limită conform legislației [1] [2]		235	508.5	889.1	-	-	-

\*) raportat la O<sub>2</sub>ref

**Tab. 3.8 Determinarea concentrației prafului de cenușă în gazele de ardere**

Denumire	U.M.	CAF 1-dr	CAF 1-st
Masa inițială filtru vată	g	20.9670	20.6720
Masa inițială filtru hârtie+cutie	g	8.5072	8.5378
Masa finală filtru vată	g	21.1009	20.7653
Masa finală filtru hârtie+cutie	g	8.5181	8.5503
Temperatura gazelor la coș	°C	110.5	110.2
Diferența de presiune Dp	mbar	0.55	1.33
Presiunea statică p <sub>s</sub>	mbar	1.56	1.90
Contor inițial	m <sup>3</sup>	303.8800	306.3100
Contor final	m <sup>3</sup>	306.0600	308.0400
Ora începerii	-	12h55min	14h13min
Ora terminării	-	13h40min	14h45min
Temperatură contor inițial t <sub>ci</sub>	°C	8.0	11.0
Temperatură contor final t <sub>cf</sub>	°C	10.0	14.0
Presiune contor inițial Δp <sub>c.in</sub>	mbar	-305	-333
Presiune contor final Δp <sub>c.f</sub>	mbar	-316	-346
Masa prafului colectat Δm <sub>praf</sub>	g	0.1448	0.1058
Volumul de gaz scurs prin contor ΔV <sub>cont</sub>	m <sup>3</sup>	2.1800	1.7300
Concentrația prafului în gazele de ard C <sub>praf</sub>	mg/m <sup>3</sup> N	69.0595	64.3732

Concentrația raportată la 6% O <sub>2</sub> (C* <sub>praf</sub> )	mg/m <sup>3</sup> N	86.4685	80.6008
Data efectuării măsurătorii	-	17/11/2004	17/11/2004
Concentrația limită conform legislației [2]	mg/m <sup>3</sup> N	71.02	71.02

**Tab. 3.9 Date privind regimul de funcționare a cazanului CAF 1**

Consum de cărbune B <sub>hc</sub>	kg/h	38000
Putere calorifică inferioară a cărbunelui H <sub>c</sub>	kJ/kg	8204
Umiditate totală a cărbunelui raportat la starea inițială W <sub>t</sub> '	%	41.1
Conținutul de cenușă al cărbunelui raportat la starea inițială A'	%	20.8
Conținutul de sulf al cărbunelui raportat la starea inițială S'	%	0.24
Consumul de gaz natural B <sub>gn</sub>	mcs/h	4060*
Putere calorifică inferioară a gazului metan H <sub>ign</sub>	kJ/mcs	33704
Putere termică	MW	106
Debit apă fierbinte	t/h	2110
Număr mori în funcție		3
Număr arzătoare în funcție		4
Temperatura gazelor de ardere la coș	°C	110.32

\*Consumul de gaz este măsurat la 15°C

Consumul de gaz în m<sup>3</sup>N/h va fi: B<sub>hgn</sub>=B<sub>gn</sub>\*273.15/(273.5+15)= 3848.5 m<sup>3</sup>N/h  
 Cantitatea de gaz ce revine unui kg de cărbune va fi: n=B<sub>hgn</sub>/B<sub>hc</sub>=0.101276 [m<sup>3</sup>N/kg]  
 Diametrul interior al coșului este: D<sub>i</sub>=5.04 m

**Tab. 3.10. Compoziția cărbunelui raportată la proba inițială**

Denumire	Simbol	U.M.	Valoare
Carbon	C	%	23.48
Hidrogen	H	%	2.24
Oxigen	O	%	11.35
Azot	N	%	0.59
Sulf combustibil	S <sub>c</sub>	%	0.24
Cenușă	A	%	18.2
Umiditate totală	W <sub>t</sub>	%	43.9
Putere calorifică inferioară	H <sub>i</sub>	KJ/kg	8204
		Kcal/kg	1960

**Tab. 3.11. Bilanțul material al procesului de ardere stoichiometrică a cărbunelui**

Denumire	Simbol	U.M.	Valoare
Cantitatea de oxigen minimă	(O <sub>min</sub> ) <sup>c</sup>	m <sup>3</sup> N/kg	0.48605
Cantitatea de aer minimă	(L <sub>min</sub> ) <sup>c</sup>	m <sup>3</sup> N/kg	2.31452
Cantitatea de dioxid de carbon	(V <sub>CO2</sub> ) <sup>c</sup>	m <sup>3</sup> N/kg	0.43837
Cantitatea de dioxid de sulf	(V <sub>SO2</sub> ) <sup>c</sup>	m <sup>3</sup> N/kg	0.00168
Cantitatea minimă de azot	(V <sup>o</sup> N <sub>2</sub> ) <sup>c</sup>	m <sup>3</sup> N/kg	1.833194
Cantitatea minimă de gaze uscate	(V <sup>o</sup> gu) <sup>c</sup>	m <sup>3</sup> N/kg	2.273245

Cantitatea minimă de vapori de apă	$(V^{o}H_2O)^c$	$m^3N/kg$	0.834769
Cantitatea minimă de gaze totale	$(V^{o}gt)^c$	$m^3N/kg$	3.108015
Conținutul maxim de dioxid de carbon în gazele de ardere uscate	$(CO_2)^{cfmax}$	%	19.28

**Tab. 3.12. Compoziția gazului natural**

Denumire	Simbol	U.M.	Valoare
Metan	$(CH_4)_c$	%	98.51
Etan	$(C_2H_6)_c$	%	0.80
Azot	$(N_2)_c$	%	0.54
Oxigen	$(O_2)_c$	%	0.15

**Tab. 3.13. Bilanțul material al procesului de ardere stoichiometrică a gazului natural**

Denumire	Simbol	U.M.	Valoare
Cantitatea de oxigen minimă	$(O_{min})^c$	$m^3N/kg$	2.0087
Cantitatea de aer minimă	$(L_{min})^c$	$m^3N/kg$	9.5652
Cantitatea de dioxid de carbon	$(V^{CO_2})^c$	$m^3N/kg$	1.0091
Cantitatea minimă de azot	$(V^{N_2})^c$	$m^3N/kg$	7.5619
Cantitatea minimă de gaze uscate	$(V^{gu})^c$	$m^3N/kg$	8.571
Cantitatea minimă de vapori de apă	$(V^{H_2O})^c$	$m^3N/kg$	2.156
Cantitatea minimă de gaze totale	$(V^{gt})^c$	$m^3N/kg$	10.727
Conținutul maxim de dioxid de carbon în gazele de ardere uscate	$(CO_2)^{cfmax}$	%	11.77

**Tab. 3.14. Cantitatea de gaze uscate și umede pentru  $\lambda_r$  și  $\lambda_c$**

Denumire	Simbol	U.M.	Valoare
Cantitatea de gaze uscate pentru $\lambda_r=1.4$	$(V_{gu})_{\lambda_r}^{am}$	$m^3N/kg_{carb.}$	4.179894
Cantitatea de gaze umede pentru $\lambda_c=1.8235$	$(V_{gt})_{\lambda_c}^{am}$	$m^3N/kg_{carb.}$	6.898164

**3.4.3.2. Măsurători efectuate pe CAF 2 în 7 decembrie 2004  
Prelucrarea datelor experimentale**

**Tabel 3.15. Temperatura și compoziția volumică a gazelor de ardere**

Nr.crt.	tgc	O2	CO	NO	NO2	NOx	SO2	CO2	CmHn	H2	$\lambda$
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	146.1	8.9	64	116	0	116	1282	10.28	0	33	1.75
2	147.1	9.11	67	116	0	116	1239	10.28	0	23	1.76
3	147.3	8.99	80	115	0	115	1244	10.24	0	31	1.75
4	147.4	8.92	77	113	0	113	1266	10.19	0	26	1.75
5	147.3	9.02	69	115	0	115	1265	10.23	0	25	1.75
6	147.4	9.03	62	119	0	119	1254	10.21	0	21	1.75
7	147.4	8.96	59	117	0	117	1261	10.28	0	23	1.75

8	147.5	9.05	63	118	0	118	1263	10.25	0	26	1.76
9	147.3	8.98	68	117	0	117	1274	10.1	0	22	1.77
10	147.3	9.2	58	119	0	119	1250	10.15	0	26	1.77
Media	147.21	9.016	66.7	116.5	0	116.5	1259.8	10.221	0	25.6	1.756

**Tabel 3.16. Valorile măsurate în vederea determinării conținutului de praf în gazele de ardere.**

	UM	
Masă inițială filtru vată	g	20.7825
Masă inițială filtru hârtie + cutie	g	8.4912
Masă finală filtru vată	g	20.8063
Masă finală filtru hârtie + cutie	g	8.5002
Temperatura	°C	147.21
Diferența de presiune	mbar	0.64
Presiunea statică	mbar	2.33
Contor inițial	m <sup>3</sup>	316.6
Contor final	m <sup>3</sup>	318.62
Ora inițială	hh:mm	12:55
Ora finală	hh:mm	13:40
Temperatură contor inițial	°C	4
Temperatură contor final	°C	9
Presiune contor inițial	mbar	-300
Presiune contor final	mbar	-311

**Tabel 3.17. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen O<sub>2 ref</sub> = 6 %**

Nr.crt.	C <sub>CO</sub> mg/m <sup>3</sup> N	C <sub>NOx</sub> mg/m <sup>3</sup> N	C <sub>SO<sub>2</sub></sub> mg/m <sup>3</sup> N	C <sub>CO<sub>2</sub></sub> g/m <sup>3</sup> N	C <sub>CmHn</sub> mg/m <sup>3</sup> N
1	99.17	295.15	4542.09	250.26	0.00
2	105.66	300.37	4467.28	254.68	0.00
3	124.90	294.80	4440.49	251.16	0.00
4	119.52	288.00	4492.83	248.48	0.00
5	107.99	295.54	4526.76	251.54	0.00
6	97.12	306.07	4491.14	251.26	0.00
7	91.88	299.18	4489.96	251.51	0.00
8	98.85	304.01	4530.95	252.66	0.00
9	106.07	299.68	4543.79	247.52	0.00
10	92.16	310.48	4541.31	253.38	0.00
Media	104.33	299.33	4506.66	251.25	0.00

\*) raportat la O<sub>2ref</sub>



**Tabel 3.18. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen  $O_{2\text{ ref}} = 6\%$**

CAF Nr.2	Poz. măsurare	$C_{CO}$	$C_{NOx}$	$C_{SO_2}$	$C_{CmHn}$	$C_{CO_2}$	$C_{CO_2}$ (ech)
		mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	g/ m <sup>3</sup> N	g/ m <sup>3</sup> N
	dreapta curent	104.33	299.33	4506.66	0.00	251.25	251.35
Concentrația limită conform legislației [1][2]		235	552.06	1067.6	-	-	-

\*) raportat la  $O_{2\text{ref}}$

**Tabel.3.19. Determinarea concentrației prafului de cenușă în gazele de ardere**

Denumire	U.M.	CAF 2
Masa inițială filtru vată	g	20.7362
Masa inițială filtru hârtie + cutie	g	84252
Masa finală filtru vată	g	20.8416
Masa finală filtru hârtie + cutie	g	8.4411
Temperatura gazelor la coș	°C	147.2
Diferența de presiune $D_p$	Mbar	0.64
Presiunea statică $p_s$	Mbar	2.33
Contor inițial	m <sup>3</sup>	316.6
Contor final	m <sup>3</sup>	318.62
Ora începerii	-	12h55min
Ora terminării	-	13h40min
Temperatură contor inițial $t_{ci}$	°C	4.0
Temperatură contor final $t_{cf}$	°C	9.0
Presiune contor inițial $\Delta p_{c.in}$	Mbar	-300
Presiune contor final $\Delta p_{c.f}$	Mbar	-300
Masa prafului colectat $\Delta m_{\text{praf}}$	g	0.1213
Volumul de gaz scurs prin contor $\Delta V_{\text{cont}}$	m <sup>3</sup>	2.0200
Concentrația prafului în gazele de ardere $C_{\text{praf}}$	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	60.0495
Concentrația raportată la 6% $O_2$ ( $C^x_{\text{praf}}$ )	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	75.2153
Data efectuării măsurătorii	-	07/12/2004
Concentrația limită conform legislației [2]	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	84.82

**Tabel 3.20. Date privind regimul de funcționare a cazanului**

Consum de cărbune $B_{hc}$	Kg/h	54000
Putere calorifică inferioară a cărbunelui $H_c$	Kj/kg	8204
Umiditate totală a cărbunelui raportat la starea inițială $W_t$	%	41.1
Conținutul de cenușă a cărbunelui raportat la starea inițială $A'$	%	20.8
Conținutul de sulf al cărbunelui raportat la starea inițială $S'$	%	0.24
Consumul de gaz natural $B_{gn}$	Mcs/h	2500
Putere calorifică inferioară a gazului natural $H_{ign}$	Kj/mcs	33704
Putere termică a cazanului $P_t$	MW	120.1
Debit apă fierbinte $D_w$	T/h	2110
Număr mori în funcție $n_M$	-	3
Număr arzătoare în funcție $n_A$	-	4
Temperatura gazelor de ardere la coș $t_{gc}$	°C	147.21

\*Consumul de gaz măsurat la 15°C

Consumul de gaz în m<sup>3</sup>N/h va fi :  $B_{ghn} = B_{ngn} \cdot 273, (273 + 15) = 2370 \text{ m}^3\text{N/h}$

Cantitatea de gaz ce revine unui kg de cărbune va fi :  $n_{Bh.gn}/Bh.c = 0.043889 \text{ [m}^3\text{N/kg]}$

Diametrul interior al coșului este :  $D_i = 5.04 \text{ m}$

**Tabel 3.21. Cantitatea de gaze uscate și umede pentru  $\lambda_r$  și  $\lambda_c$**

Denumire	Simbol	U.M.	Valoare
Cantitatea de gaze uscate pentru $\lambda_r = 1.4$	$(V_{gu})_{\lambda_r}^{am}$	m <sup>3</sup> N/kg <sub>carb.</sub>	4.179894
Cantitatea de gaze umede pentru $\lambda_c = 1.756$	$(V_{gt})_{\lambda_c}^{am}$	m <sup>3</sup> N/kg <sub>carb.</sub>	5.645966

### 3.4.3.3. Măsurători efectuate pe CA2, în 15 decembrie 2004

**Tabel 3.22. Temperatura și compoziția volumică a gazelor de ardere**

Nr. Crt.	tgc	O2	CO	NO	NO2	NOx	SO2	CO2	CmHn	H2	$\lambda$
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	103.5	10.97	43	115	0	115	779	8.55	0	12	2.12
2	103.6	11.16	38	113	0	115	828	8.37	0	11	2.14
3	103.9	11.11	46	114	0	114	834	8.67	0	12	2.07
4	104	10.93	42	110	0	110	837	8.11	0	13	2.23
5	104	11.69	44	111	0	111	807	8.33	0	13	2.15
6	104.2	11.12	34	115	0	115	833	8.47	0	11	2.11
7	104.4	10.96	35	119	0	119	850	8.49	0	9	2.11
8	104.2	11.2	39	119	0	119	837	8.2	0	10	2.18
9	104.4	11.33	39	115	0	115	817	8.36	0	9	2.14
10	104.4	11.3	30	110	0	110	810	8.1	0	0	2.21
Media	104.06	11.177	39	114.1	0	114.3	823.2	8.365	0	10	2.146

**P1 (VGA1)**

Nr. Crt.	tgc	O2	CO	NO	NO2	NOx	SO2	CO2	CmHn	H2	$\lambda$
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	102.9	11.11	39	109	0	109	831	8.46	0	11	2.11
2	103.8	11.33	41	112	0	112	820	8.35	0	9	2.15
3	104.4	11.2	40	120	0	120	830	8.21	0	10	2.17
4	104.3	11.28	40	115	0	115	827	8.26	0	8	2.16
5	104.2	11.21	38	112	0	112	841	8.26	0	8	2.16
6	104.2	11.3	39	119	0	119	838	8.31	0	12	2.14
7	104.3	10.99	51	123	0	123	848	8.45	0	7	2.1
8	104.3	11.2	41	119	0	119	819	8.35	0	14	2.15
9	104.2	11.25	40	108	0	108	826	8.25	0	12	2.16
10	104.2	11.29	36	108	0	108	831	8.26	0	8	2.15
Media	104.08	11.216	40.5	114.5	0	114.5	831.1	8.316	0	9.9	2.145

**P1 (VGA2)**



**Tabelul 3.23. Valorile măsurate în vederea determinării conținutului de praf în gazele de ardere**

	UM	
Masă inițială filtru vată	g	34.0089
Masă inițială filtru hârtie + cutie	g	8.4761
Masă finală filtru vată	g	34.1158
Masă finală filtru hârtie + cutie	g	8.4772
Temperatura	°C	154.0
Diferența de presiune	mbar	1.18
Presiunea statică	mbar	4.40
Contor inițial	m <sup>3</sup>	222.9100
Contor final	m <sup>3</sup>	224.6740
Ora inițială	hh:mm	09h15min
Ora finală	hh:mm	10h10min
Temperatură contor inițial	°C	1.0
Temperatură contor final	°C	7.0
Presiune contor inițial	mbar	-325
Presiune contor final	mbar	-330

**P1 (VGA1)**

	UM	
Masă inițială filtru vată	g	22.1768
Masă inițială filtru hârtie + cutie	g	8.5475
Masă finală filtru vată	g	22.2108
Masă finală filtru hârtie + cutie	g	8.5785
Temperatura	°C	138.0
Diferența de presiune	mbar	0.90
Presiunea statică	mbar	4.30
Contor inițial	m <sup>3</sup>	224.6740
Contor final	m <sup>3</sup>	225.7730
Ora inițială	hh:mm	10h15min
Ora finală	hh:mm	11h00min
Temperatură contor inițial	°C	3.0
Temperatură contor final	°C	7.0
Presiune contor inițial	mbar	-305
Presiune contor final	mbar	-315

**P2(VGA2)**

**Tabel 3.24. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen O<sub>2 ref</sub> = 6%**

Nr.crt.	C <sub>CO</sub>	C <sub>NOx</sub>	C <sub>SO2</sub>	C <sub>CO2</sub>	C <sub>CmHn</sub>
	mg/m3N	mg/m3N	mg/m3N	g/m3N	mg/m3N
1	80.38	353.00	3329.58	251.10	0.00

2	72.41	359.81	3607.35	250.56	0.00
3	87.21	354.88	3615.12	258.23	0.00
4	78.20	336.31	3563.28	237.24	0.00
5	88.61	367.07	3716.01	263.56	0.00
6	64.52	358.36	3614.44	252.53	0.00
7	65.36	364.91	3629.43	249.09	0.00
8	74.62	373.85	3661.45	246.48	0.00
9	75.62	366.14	3622.01	254.66	0.00
10	57.99	349.14	3579.87	245.98	0.00
Media	74.49	358.35	3593.85	250.94	0.00

\*) raportat la O<sub>2</sub>ref      **P1 (VGA1)**

Nr.crt.	C <sub>CO</sub> mg/m <sup>3</sup> N	C <sub>NO<sub>x</sub></sub> mg/m <sup>3</sup> N	C <sub>SO<sub>2</sub></sub> mg/m <sup>3</sup> N	C <sub>CO<sub>2</sub></sub> g/m <sup>3</sup> N	C <sub>CmHn</sub> mg/m <sup>3</sup> N
1	73.94	339.32	3602.12	251.98	0.00
2	79.50	356.59	3635.31	254.36	0.00
3	76.53	376.99	3630.83	246.78	0.00
4	77.16	364.26	3647.48	250.32	0.00
5	72.78	352.22	3682.70	248.53	0.00
6	75.39	377.70	3703.61	252.36	0.00
7	95.53	378.31	3631.74	248.66	0.00
8	78.44	373.85	3582.71	250.99	0.00
9	76.92	341.03	3631.86	249.25	0.00
10	69.52	342.44	3668.89	250.58	0.00
Media	77.57	360.27	3641.73	250.38	0.00

\*) raportat la O<sub>2</sub>ref      **P1 (VGA2)**

**Tabel 3.25. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate cu un conținut de Oxigen O<sub>2</sub> ref = 6%**

CAF Nr.2	Poz. măsurare	C <sub>CO</sub>	C <sub>NO<sub>x</sub></sub>	C <sub>SO<sub>2</sub></sub>	C <sub>CmHn</sub>	C <sub>CO<sub>2</sub></sub>	C <sub>CO<sub>2</sub></sub> (ech)
		mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	g/ m <sup>3</sup> N	g/ m <sup>3</sup> N
	P1 (VGA1)	74.49	358.35	3593.85	0.00	250.94	251.02
	P2 (VGA2)	77.57	360.27	3641.73	0.00	250.38	250.46
Concentrația limită conform legislației		235	506.2	972	-	-	-

\*) raportat la O<sub>2</sub>ref

**Tabel 3.26 Determinarea concentrației prafului de cenușă în gazele de ardere**

Denumire	U.M.	P1 (VGA1)	P2(VGA2)
Masa inițială filtru vată	g	34.0089	22.1768
Masa inițială filtru hârtie + cutie	g	8.4761	8.5475
Masa finală filtru vată	g	34.1240	22.2160
Masa finală filtru hârtie + cutie	g	8.4854	8.5837
Temperatura gazelor la coș	°C	154.0	138.0
Diferența de presiune Dp	mbar	1.18	0.90
Presiunea statică p <sub>s</sub>	mbar	4.40	4.30
Contor inițial	m <sup>3</sup>	222.9100	224.6740

Contor final	m <sup>3</sup>	224.6740	225.7730
Ora începerii	-	12h55min	14h13min
Ora terminării	-	13h40min	14h45min
Temperatură contor inițial t <sub>ci</sub>	°C	1.0	3.0
Temperatură contor final t <sub>cf</sub>	°C	7.0	7.0
Presiune contor inițial Δp <sub>c.in</sub>	mbar	-325	-305
Presiune contor final Δp <sub>c.f</sub>	mbar	-330	-315
Masa prafului colectat Δm <sub>praf</sub>	g	0.1244	0.0754
Volumul de gaz scurs prin contor ΔV <sub>cont</sub>	m <sup>3</sup>	1.7640	1.0990
Concentrația prafului în gazele de ardere C <sub>praf</sub>	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	70.5148	68.6080
Concentrația raportată la 6% o <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	88.2899	85.9032
Data efectuării măsurătorii	-	15/12/2004	15/12/2004
Concentrația limită conform legislației [2]	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	70.3	70.3

**Tabel 3.27. Date privind regimul de funcționare a cazanului**

Consum de cărbune Bh <sub>c</sub>	Kg/h	26000
Putere calorifică inferioară a cărbunelui	Kj/kg	8204
Umiditate totală a cărbunelui raportat la starea inițială	%	41.1
Conținutul de cenușă a cărbunelui raportat la starea inițială	%	20.8
Conținutul de sulf al cărbunelui raportat la starea inițială	%	0.24
Consumul de gaz natural Bh <sub>gn</sub>	mcs/h	2880
Putere calorifică inferioară a gazului natural	kj/mcs	33704
Putere termică	MW	72.4
Debit abur	t/h	99
Temperatura aburului	°C	245
Presiunea aburului	bar	15
Temperatura apei de alimentare	°C	104
Temperatura gazelor de ardere la coș	°C	73

\*Consumul de gaz măsurat la 15°C și 760 mmHh

Consumul de gaz în m<sup>3</sup>N/h va fi : Bh<sub>gn</sub> = Bngn\*273.15 / (273.5 + 15) = 2370 m<sup>3</sup>N/h

Cantitatea de gaz ce revine unui kg de cărbune va fi : n Bh<sub>gn</sub>/Bh<sub>c</sub> = 0.105 [m<sup>3</sup>N/kg]

Diametrul interior al coșului este : Di = 5.04 m

**Tabel 3.28. Cantitatea de gaze uscate și umede pentru λ<sub>r</sub> și λ<sub>c</sub>**

Denumire	Simbol	U. M.	Valoare
Cantitatea de gaze uscate pentru λ <sub>r</sub> =1.4	(V <sub>gu</sub> ) <sup>am</sup> <sub>Ar</sub>	m <sup>3</sup> N/kg <sub>carb</sub>	4.179894
Cantitatea de gaze umede pentru λ <sub>c</sub> = 2.1455	(V <sub>gt</sub> ) <sup>am</sup> <sub>Ac</sub>	m <sup>3</sup> N/kg <sub>carb</sub>	8.036115

#### 3.4.3.4. Măsurători efectuate pe CA 3 – 14 martie 2005 Prelucrarea datelor experimentale

**Tabel 3.29. Temperatura și compoziția volumică a gazelor de ardere**

Nr. Crt.	tgc	O <sub>2</sub>	CO	NO	NO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CmHn	H <sub>2</sub>	λ
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	114.9	9.93	49	135	0	135	1102	9.66	420	11	1.88
2	114.6	9.89	51	138	0	138	1125	9.68	440	15	1.86

**CONTRIBUTII LA REDUCEREA EMISIILOR DE NOXE REZULTATE  
DIN FUNCTIONAREA CENTRALEI TERMICE TIMISOARA SUD**

3	114.4	9.73	49	139	0	139	1182	9.52	440	14	1.89
4	114.4	9.72	47	139	0	139	1182	9.51	440	16	1.89
5	114.1	9.97	47	140	0	140	1123	9.23	450	15	1.95
6	114	10.23	51	140	0	140	1117	9.18	450	13	1.97
7	114.1	10.32	55	138	0	138	1148	9.52	440	16	1.91
8	113.9	9.97	46	140	0	140	1153	9.69	420	16	1.87
9	113.8	9.8	44	140	0	140	1152	9.66	440	13	1.83
10	114	9.6	49	140	0	140	1151	9.78	440	12	1.83
Media	114.22	9.916	48.8	138.9	0	138.9	1143.5	9.543	438	14.1	1.888

**P1 (VGA1)**

Nr. Crt.	tgc	O2	CO	NO	NO2	NOx	SO2	CO2	CmHn	H2	λ
	[°C]	[%]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[ppm]	[%]	[ppm]	[ppm]	[-]
1	137.7	9.53	35	156	0	156	1196	9.54	10	10	1.85
2	137.1	9.44	38	159	0	159	1227	9.87	0	10	1.83
3	147.4	9.75	29	161	0	161	1207	9.66	30	13	1.87
4	137.2	9.72	31	161	0	161	1213	9.83	30	9	1.84
5	136.8	9.7	30	162	0	162	1214	9.75	30	4	1.84
6	138	9.5	34	164	0	164	1209	9.77	30	7	1.87
7	136.8	9.73	30	163	0	163	1227	9.84	30	9	1.83
8	137.8	9.5	29	166	0	166	1225	9.8	30	11	1.83
9	135.4	9.6	29	165	0	165	1230	9.82	30	10	1.85
10	136.4	9.65	29	167	0	167	1242	9.75	30	10	1.85
Media	138.06	9.612	31.4	162.4	0	162.4	1219	9.763	25	9.3	1.946

**P1 (VGA2)**

**Tabel 3.30. Valorile măsurate în vederea determinării conținutului de praf în gazele de ardere**

	UM	
Masă inițială filtru vată	g	34.4872
Masă inițială filtru hârtie + cutie	g	8.5281
Masă finală filtru vată	g	34.6069
Masă finală filtru hârtie + cutie	g	8.5298
Temperatura	°C	114.4
Diferența de presiune	mbar	0.22
Presiunea statică	mbar	15.10
Contor inițial	m <sup>3</sup>	339.2010
Contor final	m <sup>3</sup>	341.3710
Ora inițială	hh:mm	13h50min
Ora finală	hh:mm	14h40min
Temperatură contor inițial	°C	18.0
Temperatură contor final	°C	16.0
Presiune contor inițial	mbar	-285
Presiune contor final	mbar	-305

**P1 (VGA1)**

	UM	
Masă inițială filtru vată	g	34.6188
Masă inițială filtru hârtie + cutie	g	8.5272
Masă finală filtru vată	g	34.7361
Masă finală filtru hârtie + cutie	g	8.5288
Temperatura	°C	137.0
Diferența de presiune	mbar	1.05
Presiunea statică	mbar	16.25
Contor inițial	m <sup>3</sup>	337.1360
Contor final	m <sup>3</sup>	339.0200
Ora inițială	hh:mm	12h20min
Ora finală	hh:mm	13h20min
Temperatură contor inițial	°C	17.0
Temperatură contor final	°C	17.0
Presiune contor inițial	mbar	-296
Presiune contor final	mbar	-320

**P2(VGA2)**

**Tabel 3.31. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate  
cu un conținut de oxigen O<sub>2 ref</sub> = 6%**

Nr.crt.	C <sub>CO</sub> mg/m3N	C <sub>NOx</sub> mg/m3N	C <sub>SO2</sub> mg/m3N	C <sub>CO2</sub> g/m3N	C <sub>CmHn</sub> mg/m3N
1	61.25	277.09	3149.52	189.70	2998.80
2	63.75	283.25	3215.25	190.10	3141.60
3	61.25	285.30	3378.16	186.95	3141.60
4	58.75	285.30	3378.16	186.76	3141.60
5	58.75	287.35	3209.53	181.26	3213.00
6	63.75	287.35	3192.39	180.28	3213.00
7	68.75	283.25	3280.98	186.95	3141.60
8	57.50	287.35	3295.27	190.29	2998.80
9	55.00	287.35	3292.42	189.70	3141.60
10	61.25	287.35	3289.56	192.06	3141.60
Media	61.00	285.09	3268.12	187.41	3127.32

\*) raportat la O<sub>2ref</sub>

**P1 (VGA1)**

Nr.crt.	C <sub>CO</sub> mg/m3N	C <sub>NOx</sub> mg/m3N	C <sub>SO2</sub> mg/m3N	C <sub>CO2</sub> g/m3N	C <sub>CmHn</sub> mg/m3N
1	43.75	320.19	3418.17	187.35	71.40
2	47.50	326.35	3506.77	193.83	0.00
3	36.25	330.45	3449.61	189.70	214.20
4	38.75	330.45	3466.75	193.04	214.20
5	37.50	332.51	3469.61	191.47	214.20
6	42.50	336.61	3455.32	191.86	214.20

7	37.50	334.56	3506.77	193.24	214.20
8	36.25	340.72	3515.34	192.85	214.20
9	36.25	342.77	3549.64	191.47	214.20
10	36.25	342.77	3549.64	191.47	214.20
Media	39.25	333.33	3483.90	191.73	178.50

\*) raportat la O<sub>2</sub>ref.      **P1 (VGA2)**

**Tabel 3.32. Concentrația masică a noxelor în gazele de ardere uscate cu un conținut de Oxigen O<sub>2</sub> ref = 6%**

CA Nr.3	Poz. măsurare	C <sub>CO</sub>	C <sub>NO<sub>x</sub></sub>	C <sub>SO<sub>2</sub></sub>	C <sub>CmHn</sub>	C <sub>CO<sub>2</sub></sub>	C <sub>CO<sub>2</sub></sub> (ech)
		mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	mg/m <sup>3</sup> N	g/ m <sup>3</sup> N	g/ m <sup>3</sup> N
	P1 (VGA1)	82.64	385.95	4423.54	42.34	253.66	254.1
	P2 (VGA2)	51.67	439.10	4589.32	23.57	252.56	253.5
Concentrația limită conform legislației		235	558,7	1102,7	-	-	-

\*) raportat la O<sub>2</sub>ref

**Tabel 3.33 Determinarea concentrației prafului de cenușă în gazele de ardere**

Denumire	U.M.	P1 (VGA1)	P2(VGA2)
Masa inițială filtru vată	g	34.4872	34.6188
Masa inițială filtru hârtie + cutie	g	8.5281	8.5272
Masa finală filtru vată	g	34.6198	34.7477
Masa finală filtru hârtie + cutie	g	8.5426	8.5404
Temperatura gazelor la coș	°C	114.5	137.0
Diferența de presiune Dp	mbar	0.22	1.05
Presiunea statică p <sub>s</sub>	mbar	15.10	16.25
Contor inițial	m <sup>3</sup>	339.2010	337.1360
Contor final	m <sup>3</sup>	341.3710	339.0200
Ora începerii	-	12h55min	14h13min
Ora terminării	-	13h40min	14h45min
Temperatură contor inițial t <sub>ci</sub>	°C	18.0	17.0
Temperatură contor final t <sub>cf</sub>	°C	16.0	17.0
Presiune contor inițial Δp <sub>c.in</sub>	mbar	-285	-296
-296 Presiune contor final Δp <sub>c.f</sub>	mbar	-305	-320
Masa prafului colectat Δm <sub>praf</sub>	g	0.1471	0.1422
Volumul de gaz scurs prin contor ΔV <sub>cont</sub>	m <sup>3</sup>	2.1700	1.8840
Concentrația prafului în gazele de ardere C <sub>praf</sub>	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	67.8000	75.4630
Concentrația raportată la 6% o <sub>2</sub>	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	84.8940	94.4868
Data efectuării măsurătorii	-	14/03/2005	14/03/2005
Concentrația limită conform legislației [9]	mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	77,42	



**Tabel 3.34. Date privind regimul de funcționare al cazanului**

Consum de cărbune B <sub>hc</sub>	Kg/h
Putere calorifică inferioară a cărbunelui H <sub>c</sub>	Kj/kg
Umiditate totală a cărbunelui raportat la starea inițială W <sub>t</sub>	%
Conținutul de cenușă a cărbunelui raportat la starea inițială A <sub>t</sub>	%
Conținutul de sulf al cărbunelui raportat la starea inițială S <sub>t</sub>	%
Consumul de gaz natural B <sub>hgn</sub>	Mcs/h
Putere calorifică inferioară a gazului natural H <sub>gn</sub>	Kj/mcs
Putere termică P <sub>t</sub>	MW
Debit abur D <sub>ab</sub>	T/h
Temperatura aburului t <sub>ab</sub>	-
Presiunea aburului P <sub>ab</sub>	-
Temperatura apei de alimentare t <sub>w1</sub>	°C
Temperatura gazelor de ardere la coș t <sub>gc</sub>	°C

\*Consumul de gaz măsurat la 15°C și 760 mmHh

Consumul de gaz în m<sup>3</sup>N/h va fi : B<sub>hgn</sub> = B<sub>ngn</sub> \* 273.15 / (273.5 + 15) = 1943 m<sup>3</sup>N/h

Cantitatea de gaz ce revine unui kg de cărbune va fi : n B<sub>h gn</sub>/B<sub>h.c</sub> = 0.071978 [m<sup>3</sup>N/kg]

Diametrul interior al coșului este : Di = 5.04 m

**Tabel 3.35. Cantitatea de gaze uscate și umede pentru λ<sub>r</sub> și λ<sub>c</sub>**

Denumire	Simbol	U. M.	Valoare
Cantitatea de gaze uscate pentru λ <sub>r</sub> = 1.4	(V <sub>gu</sub> ) <sup>am</sup> <sub>Ar</sub>	m <sup>3</sup> N/kg <sub>carb</sub>	5.273
Cantitatea de gaze umede pentru λ <sub>c</sub> = 2.1455	(V <sub>gt</sub> ) <sup>am</sup> <sub>Ac</sub>	m <sup>3</sup> N/kg <sub>carb</sub>	6.367

### 3.4.4. Prelucrarea datelor experimentale

Concentrația masică a noxelor gazoase în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen O<sub>2 ref</sub> = 6% a fost calculată cu ajutorul relațiilor:

$$C_{CO} = 1,25 \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} CO \quad [mg / m^3 N] \quad (3.8)$$

$$C_{NOX} = 2,05 \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} (NO + NO_2) \quad [mg / m^3 N] \quad (3.9)$$

$$C_{SO_2} = 2,85 \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} SO_2 \quad [mg/m^3 N] \quad [3.10]$$

$$C_{SO_2} = 1,9634 \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_2} CO_2 \cdot 10 \quad [mg/m^3 N] \quad [3.11]$$



Compoziția elementară a cărbunelui a fost acceptată conform Raportului de încercare nr. 727/dec. 2004 anexat prezentei lucrări.

Compoziția elementară a gazelor naturale a fost acceptată conform valorilor determinate de laboratorul Centrului de cercetare și inginerie tehnologică din Mediaș [68].

Calcululele privind stabilirea bilanțurilor materiale ale proceselor de ardere stoichiometrică a cărbunelui și gazelor naturale, s-au făcut în conformitate cu indicațiile din lucrările [1],[66], [68]. Rezultatul acestor calcule este prezentat în Tabelul 3.10 – 3.13.

Pentru efectuarea calculelor necesare dispersiei noxelor este necesar să se determine debitul masic al noxelor evacuate prin fiecare din cele două coșuri de fum, precum și viteza gazelor de ardere la ieșirea din acestea. Aceste valori le-am stabilit folosind relațiile de mai jos.

Debitul masic de noxe evacuate prin coșul de fum, s-a determinat din relația :

$$\dot{m}_{noxa} = B_{hc}^{CF} \cdot (V_{gu})_{\lambda_r}^{am} \cdot C_{noxa} \cdot 10^{-9} \quad [t/h] \quad [3.12]$$

în care :

$B_{hc}^{CF}$  – consumul orar de cărbune, al cazanelor aflate în funcțiune și legate la același coș de fum, în Kg/h;

$C_{noxa}$  - concentrația noxei respective în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen  $O_{2\ ref} = 6\%$ , exprimate în mg/m<sup>3</sup>N;

$(V_{gu})_{\lambda_r}^{am}$  - cantitatea echivalentă de gaze uscate cu un conținut de oxigen  $O_{2\ ref} = 6\%$ , rezultată la arderea simultană a 1 kg de cărbune și „n” m<sup>3</sup>N gaze naturale:

$$(V_{gu})_{\lambda_r}^{am} = (V_{gu}^0)_{\lambda=1}^{am} + (\lambda_r - 1)(L_{min})_{am} \quad [m^3N/kg_{c\bar{a}rbune}] \quad [3.13]$$

$$(V_{gu}^0)_{\lambda=1}^{am} = (V_{gu}^0)_c + n \cdot (V_{gu}^0)_{gn} \quad [m^3N/kg_{c\bar{a}rbune}] \quad [3.14]$$

$$\lambda = \frac{21}{21 - O_{2ref}} = \frac{21}{21 - 6} = 1.4 \quad [3.15]$$

$$n = \frac{B_{hg}}{B_{hc}} \left[ \frac{m^3 \text{ gaze naturale}}{kg \text{ carbune}} \right] \quad [3.16]$$

Viteza gazelor de ardere la ieșirea din coșul de fum cu diametrul interior  $D_i = 5,04$  m, s-a calculat cu relația:

$$W_{gc} = \frac{\frac{B_{hc}^{CF}}{3600} \cdot (V_{gt})_{\lambda_c}^{am} \cdot \frac{t_{gc} + 273}{273}}{\pi \cdot (D_i)^2 / 4} \quad [m/s] \quad [3.17]$$

în care :

$(V_{gt})_{\lambda_c}^{am}$  - reprezintă cantitatea totală de gaze rezultată la arderea simultană a 1 kg cărbune și „n”  $m^3N$  gaze naturale, cu un exces de aer  $\lambda_c$ :

$$(V_{gt})_{\lambda_c}^{am} = (V_{gt})_{\lambda_c} + n \cdot (V_{gt})_{\lambda_c}^{gn} = (V_{gt}^o) + (\lambda_c - 1)(L_{mm}) + n \cdot [(V_{gt}^o)^{gn} + (\lambda_c - 1)(L_{mm})^{gn}] \quad [m^3N/1 \text{ kg carbune}] \quad [3.18]$$

$t_{gc}$  - temperatura gazelor de ardere, în °C.

**Tabelul 3.36. Rezultatul măsurătorilor termotehnice efectuate în anul 2004 – 2005**

Cazan	$P_t$ [MW]	Consum combustibil		PM [mg/m <sup>3</sup> N]		NO <sub>x</sub> [mg/m <sup>3</sup> N]		SO <sub>2</sub> [mg/m <sup>3</sup> N]		CO [mg/m <sup>3</sup> N]		CO <sub>2</sub> [%]	O <sub>2</sub> [%]
		Cărbune [t/h]	Gaze nat. [mcs/h]	$C_{praf}^{mas}$	$C_{praf}^{lim}$	$C_{NO_x}^{mas}$	$C_{NO_x}^{lim}$	$C_{SO_2}^{mas}$	$C_{SO_2}^{lim}$	$C_{CO}^{mas}$	$C_{CO}^{lim}$		
CAF1	106	58	4060	83,5	71,2	452	508,5	4312	889,1	114,23	235	9,639	9,741
CAF2	120,1	54	2500	75,2	84,82	299,3	552,06	4506,7	1067,6	104,33	235	0,221	9,016
CA 2	72,4	26	2880	87,1	70,3	359,3	506,2	3617,8	972,0	78,03	235	8,335	11,194
CA 3	73	27	2050	89,69	77,42	412,5	558,7	4506,4	1102,7	51,67	235	9,853	9,814

\*) Conform [6]

În Tab. 3.36 sunt prezentate sintetic rezultatele măsurătorilor termotehnice în perioada noiembrie 2004 – martie 2005. Din analiza acestora se desprind următoarele observații referitoare la concentrația principalelor noxe, și anume:

1. Se constată că numai pentru cazanul CAF 2 care a fost modernizat în anul 2004, concentrația măsurată a prafului de emisie este mai mică decât concentrația

limită admisă de legislația actuală pentru instalații mari de ardere.

Noua tehnologie folosită în scopul îmbunătățirii randamentului Electrofiltrelor și a costurilor sistemului este aceea de a folosi un nou sistem de alimentare prin conversie de putere de înaltă frecvență folosind echipamente SIR moderne livrate de către ALSTOM.

Conform cu bibliografia [82], [83], [84] și în urma experienței acumulate se poate declara că tehnologia de alimentare a ESP cu convertizoare de putere de înaltă frecvență aduce beneficii în randamentul de colectare și este un mijloc eficient de aliniere la cererile guvernamentale de reducere a emisiilor de praf.

Electrofiltrele cazanelor CAF 1, CA 2 și CA 3, care n-au fost încă modernizate, nu realizează o funcționare ecologică. Pot să precizez însă că în urma demersurilor făcute, argumentate prin rezultatele acestor măsurători, s-a reușit să se obțină sumele necesare și, începând chiar din acest an, se vor demara lucrările de modernizare și a acestor trei electrofiltre.

2. În ceea ce privește concentrația noxelor gazoase, se poate afirma că situația nu s-a schimbat față de anii anteriori, întrucât nu s-au luat nici un fel de măsuri, nici primare, pentru minimizarea producției de noxe, nici secundare, pentru curățirea (epurarea) gazelor de ardere.

Valorile concentrațiilor oxidului de carbon și cele ale oxizilor de azot în gazele de ardere uscate, cu un conținut de oxigen  $O_2_{ref} = 6\%$ , se situează, în toate cazurile, sub valorile limită admise de lege.

O situație foarte proastă, nesatisfăcătoare, se prezintă în cazul concentrațiilor oxizilor de sulf, care depășesc de circa 4 – 5 ori valorile concentrațiilor limită admise de lege din cauza conținutului ridicat de sulf al cărbunelui. Această problemă va fi dezbătută în Capitolul 7.

3. Datorită folosirii în cadrul măsurătorilor a unui gazoanalizator performant (TESTO – 350), a fost posibilă măsurarea și a concentrației volumice a hidrocarburilor ( $C_mH_n$ ), cât și a hidrogenului ( $H_2$ ). Valorile acestora se situează în limite normale pentru cazul arderii simultane a lignitului și gazelor naturale.

Prezența hidrocarburilor și hidrogenului în gazele de ardere uscate afectează negativ valoarea randamentului energetic, dar într-o altă măsură foarte mică, chiar nesemnificativă, întrucât participarea lor este foarte scăzută. Prezența hidrocarburilor în gazele de ardere mărește întrucâtva efectul de seră al acestora.

4. Pe baza rezultatelor obținute din măsurătorile termotehnice prezentate mai înainte am considerat, că în vederea punerii în evidență și minimizării – în măsura posibilităților – a aportului CET Timișoara Sud la poluarea aerului din zonă, se întreprind în continuare următoarele studii și cercetări:

4.1. Dispersia noxelor emise prin coșurile de fum în jurul centralei termice și măsura în care acestea afectează calitatea aerului în orașul Timișoara;

4.2. Eliminarea sursei de poluare cu apă de infiltrație și praf de cenușă spulberat de vânt din depozitul de la Utvin, prin implementarea unui nou procedeu de evacuare a acesteia, cunoscut sub denumirea de „slam dens”, aplicat cu succes la CAF 2, începând din anul 2002.

4.3. Care dintre procedeele cunoscute de desulfurare a gazelor de ardere este cel mai potrivit pentru a fi aplicat în viitorul apropiat;

4.4. Reducerea emisiei de bioxid de carbon în mediul ambiant, prin înlocuirea procedurii de laminare a aburului cu destinderea acestuia într-o turbină, care antrenează un generator de curent electric.

## **CAP.4. CERCETĂRI PRIVIND DISPERSIA NOXELOR EMISE DE C.T. TIMIȘOARA SUD**

### **4.1. GENERALITĂȚI. FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ DISPERSIA NOXELOR**

Până nu demult , problema poluării mediului datorită instalațiilor de ardere se consideră rezolvată dacă, prin dimensionarea corespunzătoare a înălțimii coșului de fum, se asigură o anumită rază de răspândire a noxelor, astfel încât, concentrația acestora la nivelul solului să fie mai mică decât valoarea limită admisă de legislația în vigoare. Pornind de la această concepție s-a elaborat actul normativ P.E. 229/84, care stabilește metodologia de calcul pentru determinarea înălțimii coșurilor de fum, a concentrației SO<sub>2</sub> –ului și a prafului de cenușă. Astfel a fost posibilă determinarea prin curbele de izopoluare a zonelor afectate și estimarea frecvenței de apariție a acestor concentrații în decursul unui an [1].

În prezent acest mod de rezolvare se consideră necorespunzător , deoarece, din cantitățile enorme de noxe eliminate anual prin coșurile de fum, o parte se răspândește în jurul surselor de poluare, rămânând pe teritoriul țării respective, dar o altă parte este purtată de curenții aerieni și de ape, peste granițe. În plus, trebuie reținut că, efectul poluant se amplifică în decursul timpului, mai ales pentru noxele persistente, ce formează așa numite "gaze sursă" generatoare de efecte nocive. Amplificarea efectului poluant poate să apară și datorită altor surse secundare, plasate în apropierea centralei termice, care emit aceleași specii de noxe sau diferite, dar care prin sinergism pot înrăutăți situația. Ca urmare, în prezent, se impune un studiu mult mai aprofundat al dispersiei noxelor în jurul centralei termice, care să țină seama de factorii de emisie (debitul și calitatea noxei) de poziția geografică (altitudine, forma de relief) de înălțimea coșului de fum și viteza de ieșire a gazelor din coș, de anotimp și valoarea factorilor meteo etc.

După ce sunt emise în atmosferă, asupra substanțelor poluante acționează diferiți factori (difuziune, transport, factori meteorologici, reacții chimice etc.), care conduc la transformarea acestora și chiar la formarea de noi substanțe poluante. Astfel, după ce poluantul este eliberat în atmosferă, nu se mai poate vorbi de emisii poluante, ci de *imisii* poluante. Ca urmare, dacă emisia caracterizează impactul pe care sursa o are asupra mediului, imisia caracterizează calitatea aerului atmosferic după ce asupra poluantului emis au acționat factorii enumerați mai sus.

### **4.2. DETERMINAREA FACTORILOR METEO ȘI DE EMISIE**

Transportul și dispersarea poluanților de la sursă la receptor este influențată de un număr mare de factori meteo dintre care principali sunt: viteza și direcția vântului, temperatura și umiditatea relativă a aerului, presiunea atmosferică, radiația solară. Valorile acestor parametri depind în special de zona geografică și anotimp.

Datele meteo au fost achiziționate din banca de date a stației Meteo de la Pădurea Verde, care aparține U.P. Timișoara – Facultatea de Hidrotehnică. Această stație comunică prin linie telefonică cu serverul central amplasat în sala 131A din Facultatea de Mecanică, Catedra TMTAR la care mi-am desfășurat activitatea de doctorand fără frecvență și am rulat programul pentru dispersia noxelor.

Prin definiție se numește factor de emisie mărimea specifică cuantificată în unități de masă pe unitatea de timp prin care se caracterizează intensitatea de emisie a diverselor specii poluatoare [55], [57].

În cazul de față s-au luat în considerare patru specii poluatoare: particule de praf, oxizi de azot, monoxid de carbon și dioxid de sulf. Concentrațiile la emisie a acestor noxe au fost stabilite prin măsurători directe folosind aparatura și metodologia prezentată anterior în Cap.3. al tezei de doctorat. În Tab. 4.1. sunt prezentate valorile factorilor de emisie pentru cazanele CAF 1, CAF 2, CA2 și CA 3 obținute în urma măsurătorilor termotehnice efectuate în anii 2000, 2002 și 2005 precum și cele preliminate pentru anul 2012 după implementarea măsurilor de reducere a acestora. Consumul orar de cărbune.

**Tab.4.1. Valorile factorilor de emisie**

Instalația	PM mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	Nox mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	CO mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	SO2 mg/m <sup>3</sup> <sub>N</sub>	Bc t/h	PM g/s	Nox g/s	CO g/s	SO2 g/s
<b>2000</b>									
CAF 1	456	179.5	52.5	2143.5	58	38.7379	15.2488	4.4600	182.0936
CAF 2	428	134.5	283.5	2107	56	35.1055	11.0320	23.2533	172.8207
CA 2	162.5	95.5	607	1595.5	35	8.3304	4.8957	31.1172	81.7915
CA 3	239	163.5	118	1971.5	30	10.5018	7.1843	5.1850	86.6286
<b>2002</b>									
CAF 1	184.5	735.7	98.1	3108	58	15.6736	62.4988	8.3337	264.0293
CAF 2	203.6	389.1	110.9	1815.5	56	16.6997	31.9148	9.0963	148.9112
CA 2	206.4	507.1	125.8	2414	35	10.5809	25.9959	6.4490	123.7509
CA 3	125.9	334.6	133.8	1937.2	30	5.5321	14.7025	5.8792	85.1214
<b>2005</b>									
CAF 1	83.5	452	114.23	4312	58	7.0935	38.3981	9.7040	366.3109
CAF 2	75.2	299.3	104.33	4506.7	57	6.2782	24.9876	8.7102	376.2468
CA 2	87.1	359.3	76.03	3617.8	39	4.9754	20.5241	4.3430	206.6580
CA 3	89.69	412.5	51.67	4506.4	30	3.9410	18.1254	2.2704	198.0145
<b>2012 (emisii după implementarea măsurilor de reducere, pe coș)</b>									
CAF1, CAF2	90.5	570	235	1140	100	13.2554	83.4868	34.4200	166.9737
CA2, CA3	90.5	570	235	1290	65	8.6160	54.2664	22.3730	122.8135

A fost stabilit pentru funcționarea cazanelor la sarcina cu care funcționează cel mai frecvent (nominală sau apropiată de aceasta). Debitul noxelor la emisie au fost calculate cu ajutorul relației :

$$m_{noxa} = \frac{1}{3600} Bc (Vgn)_{\lambda r}^{am} C_{noxa} \quad [g/s] \quad [4.1]$$

în care :

$B_c$  este debitul de cărbune, în t/h

$(Vgn)_{\lambda r}^{am}$  - cantitatea echivalentă de gaze uscate cu un conținut de oxigen  $O_{2.ref} = 6\%$ , rezultată la arderea simultană de cărbune și „n”  $m^3_N$  gaze naturale, în  $m^3_N/kgc$ ; (vezi relația 3.13).

$C_{noxă}$  - concentrația noxei în gazele de ardere uscate cu un conținut de oxigen  $O_{2.ref}=6\%$  în  $mg/m^3_N$ .



Din practica exploatării C.T. Timișoara Sud rezultă că în perioada rece a anului numărul cazanelor aflate în funcțiune simultan, este de regulă trei și anume un CAF și două cazane de abur. Cu toate acestea, în mod deliberat, în stabilirea debitului maxim al noxelor evacuate prin coșurile de fum CF1 și CF2, s-a considerat situația cea mai defavorabilă, când s-ar afla în funcțiune simultan toate cele patru cazane.

### 4.3. DISPERSIA NOXELOR. PROGRAMUL ISCVIEW

Pentru a stabili impactul surselor de poluare investigate asupra calității aerului este necesară modelarea matematică a dispersiei noxelor pentru speciile considerate. Astfel pentru evaluarea dispersiei noxelor (determinarea imisiilor) am folosit programul ISC3View, versiunea 4.02, utilizat la scară largă (ex: EPA – Agenția de Protecție a Mediului – S.U.A).

Programul ISC4 este cel mai răspândit program de evaluare a dispersiilor, deci de determinare a imisiilor.

Programul este atestat internațional, dovadă că una dintre cele mai renumite agenții de protecție a mediului (EPA din SUA) le folosește pentru protocoalele sale de analiză a dispersiilor, a depunerilor solide sau umede, chiar și în condiții de teren complex (de ex. când receptorul este la cotă superioară emitentului și invers).

ISC4 este o versiune îmbunătățită și cea mai recentă a variantei ISC3 (Industrial Sources Complex), care a cunoscut până în prezent mai multe versiuni. Modelele au fost evolutive, în sensul îmbunătățirii interferenței cu utilizatorul și ușurinței de întocmire a fișierelor de intrare referitoare la localizarea spațială, cantitativă și calitativă a surselor precum și la datele meteorologice.

Cerințele legate de unitatea de calcul nu sunt deosebite. Pentru aplicații demonstrative sau cu un număr rezonabil de surse, condițiile oferte de calculatoarele IBM – PC, cu compilator FORTRAN și min. 640 k RAM, sunt suficiente.

Ipotezele simplificatoare adoptate se referă la următoarele aspecte (limitări) [55];

- sursa emitentă își păstrează puterea de emisie considerată infinită, nu au loc reacții chimice, emisia este o funcție ce admite pe durată analizată o soluție stabilă;

$$\frac{aQ}{aE} = 0 \quad [4.2]$$

- gradientul de vânt și cel de temperatură, în stratul unde are loc amestecul penei cu atmosfera liberă, sunt respectiv constanți;

- distribuțiile pe direcția verticală și transversal pe direcția vântului sunt de tip gaussian, marginile penei fiind atinse în momentul în care distribuția coboară sub 10% din valoarea de pe axa principală de înaintare;

- cele mai bune rezultate se obțin pentru analize legate de terenuri plane, pe distanțe de max. până la 100 km, după unii autori chiar și 200 km. Existența unor piedici topografice naturale sau arhitecturale, prezența unor zone cu apă întinse în vecinătate afectează veridicitatea și performanțele rezultatelor.;

- clasele de stabilitate se referă la condiții stabile, instabile și neutre, precum și la combinații la limită ale acestora.

Programele oferă răspunsuri la analizele de impact cele mai diverse, pentru orice emitent (staționar, mobil), la orice înălțime (de recepție), indiferent de proveniență sau număr (industrie, instalații de ardere, instalații de ventilare, intersecții, parcuri, garaje și tuneluri, etc.), de mărime, de amplasare (urbană sau rurală), etc. Se determină

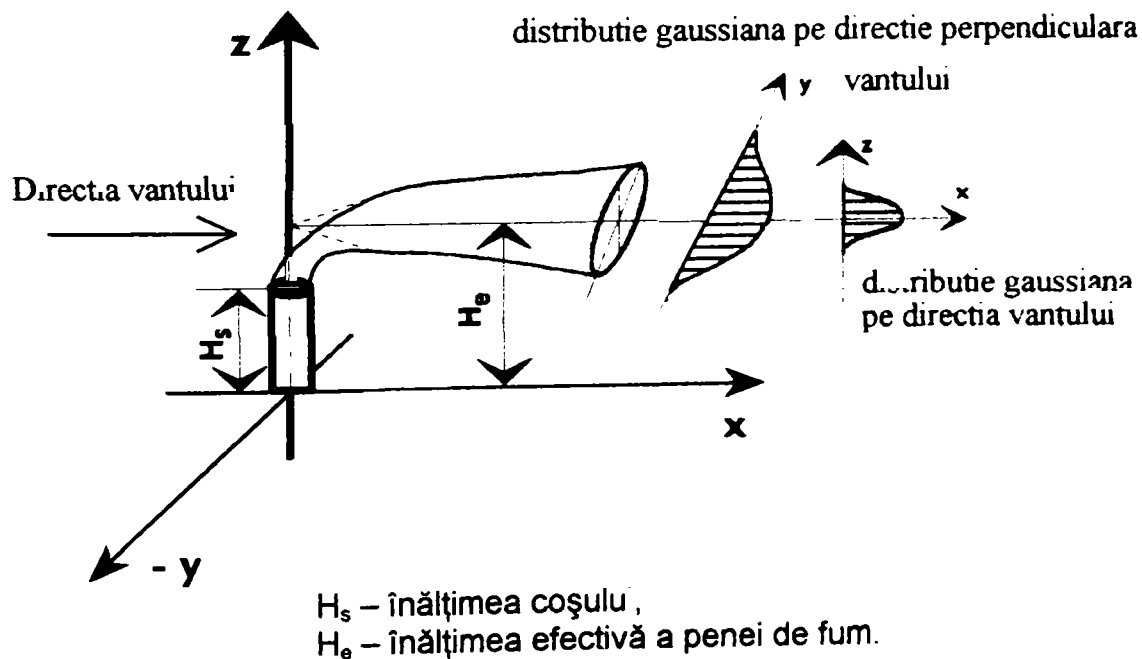
poluarea locală sau la distanță, după caz, și poluarea transfrontalieră, în directă dependență cu densitatea de probabilitate la intervalul ales.

Se pot analiza dispersii de substanțe mai ușoare sau mai grele decât aerul (de ex. gaze tipice de ardere, particule de zgură din halde, substanțe solide cancerigene, etc.), se pot stimula situații critice de incendii, spargeri de conducte de combustibil și apoi aprinderea volativilor, etc. Prin opțiunile pe care le oferă programele se pot calcula medii la 30 minute, zilnice, anuale, sau pe un interval definit de timp. Cu cât datele de intrare sunt mai reprezentative și mai aproape de adevăr, cu atât concluziile sunt mai veridice. ISCView4 are opțiunea de prelucrare grafică a rezultatelor.

Referitor la concentrațiile în emisie (date de intrare referitoare la sursă) se indică metoda măsurilor on-line, în condiții de durată reprezentativă, așa cum s-a procedat în cazul de față.

Se acceptă o distribuție gaussiană a concentrațiilor atât pe direcția verticală ( $z$ ), cât și pe direcție verticală ( $z$ ), cât și pe direcție perpendiculară pe direcția vântului ( $y$ ). Se remarcă supraînălțarea penei datorată vitezei și parametrilor termodinamici ai jetului de fum la ieșire, relativ la mediul ambiant. Receptorii sunt organizați într-o rețea simetrică, ce se definește în coordonate carteziene ( $X, Y, Z$ ). Desfășurarea spațiului are notații consacrate, de care depinde și scrierea ecuațiilor. În sistemul de coordonate cartezian axa  $X$  se consideră pozitivă înspre este (E) de la originea aleasă – coșul de fum CAF1 (și coincide cu direcția vântului). Axa  $y$  pozitivă este dirijată astfel spre nord (N).

În fig. 4.1. se reprezintă intuitiv modelul gaussian de distribuție a noxelor emise prin coșul de fum al unei surse (instalație) staționară. Supraînălțarea penei de fum rezultă din diferența ( $H_e - H_s$ ).



**Fig.4.1. Modelul gaussian de dispersie a poluanților din pana de fum emisă pe un coș.**

Înălțimea maximă de amestec se calculează conform relației Pasquill – Glznn și teoriei elaborate de Briggs, funcție de clasa de stabilitate și în ipoteza că aerul înconjurător este în mișcare relativă față de jetul de fum și cel care difuzează înspre pană, diluând-o. Se folosește efectul obținut în urma tendinței de reflectare a solului. Ecuația penei este:



$$C = \frac{Q \cdot k \cdot V \cdot D}{2 \cdot \pi \cdot u_s \cdot \sigma_z} \exp \left[ -0.5 \left( \frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \right] \left[ \frac{\mu g}{m^3} \right] \quad [4.3]$$

în care : C este concentrația de poluant în punctul (x,y,z), în  $\mu g / m^3$ ,  
 $\sigma_y, \sigma_z$  - coeficienții de dispersie pe direcție y, respectiv z, în m, la rândul lor  
 funcții de distanță de la sursă (x) și calculați conform curbelor Pasquill –  
 Gifford, în corelație cu cele ale lui Davis :

#### 4.4. PRELUCRAREA REZULTATELOR

Modelarea dispersiei atmosferice a emisiilor poluante s-a făcut pe baza valorilor factorilor de emisie prezentați în Tab. 4.1.

Pentru a studia impactul acestor surse de poluare asupra mediului înconjurător, datele prezentate mai sus au fost rulate în programul ISC3View, folosind datele meteo corespunzătoare lunii ianuarie 2002, considerată cea mai defavorabilă din punct de vedere al dispersiei noxelor.

Prelucrarea datelor meteorologice s-a făcut cu ajutorul programului WRPLOT View Version 3.5 produs de Lakes Environmental Software. WRPLOT View este un program pentru sistemul de operare Windows, program care generează roza vântului, și statisticile privind direcția, intensitatea și clasa de stabilitate pentru datele meteo introduse. Programul sortează datele în funcție de direcția vântului în 16 sectoare fiecare având 22.5 grade și în funcție de intensitate în 6 clase de viteză.

Figura 4.2. prezintă roza vântului pentru un set de date meteorologice din anul 2002, date achiziționate de stația meteo de la Pădurea Verde, iar în Fig. 4.3. este înfățișată vederea de ansamblu a C.T. Timișoara Sud. Coșul de fum CF1, (coșul din mijloc), care deservește cazanele CAF 1 și CAF 2 a fost considerat având coordonatele X = 0 și Y = 0.

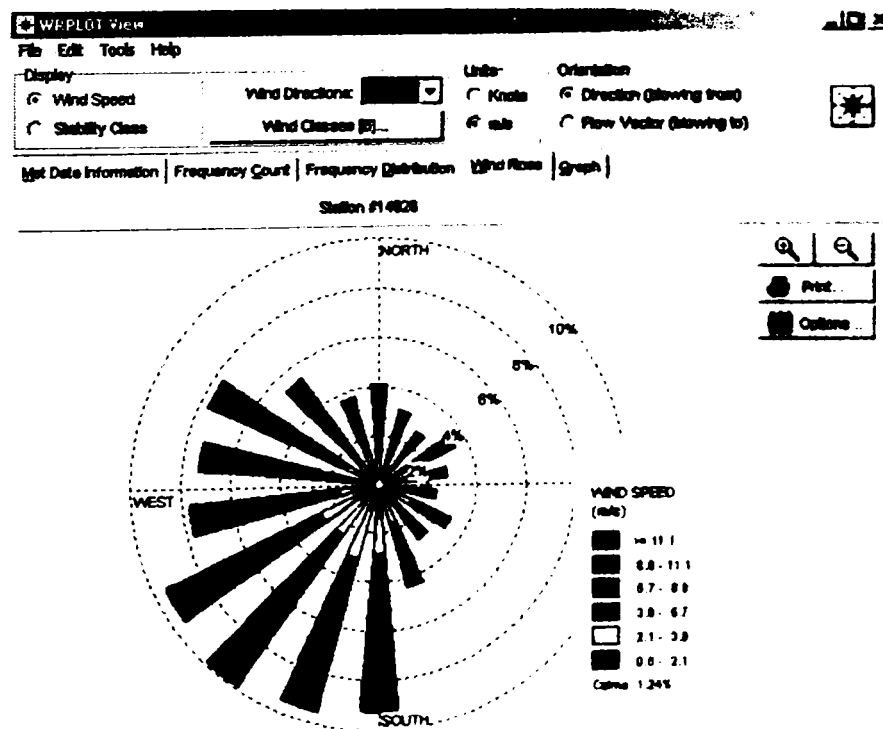


Fig. 4.2. Roza vântului



**Fig. 4.3. Vedere de ansamblu C.T. Timișoara Sud**

În figurile 4.4. ÷ 4.31 s-a prezentat dispersia pentru noxele gazoase, respectiv valori medii zilnice și anuale pentru particule de praf, suprapunând peste harta municipiului Timișoara curbele de izoconcentrație a noxelor (CO, Nox, SO<sub>2</sub> și particule) determinate ca valori medii orare și zilnice, pe baza măsurătorilor din anii 2000, 2002 și 2005, respectiv valorile preliminate pentru anul 2012, când va fi realizat planul de conformare al centralei.

Valorile maxime obținute în urma simulărilor numerice a dispersiei penei efluente sunt concentrate în tabelele 4.2. ÷ 4.3 în care se prezintă atât coordonatele punctului la care se referă, cât și valoarea limită admisă de norme.

**Tabel 4.2. Valori maxime obținute prin simulare numerică. Valori medii orare.**

Poluantul	Anul	Valoarea (emisii) În [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Valoare limită Admisă în [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Coordonate [m]	
				X	Y
NO <sub>x</sub>	2000	76.67452	200	707.11	707.1
	2002	304.15088		707.11	707.1
	2005	404.82623		707.11	707.1
	2012	348.96307		707.11	707.1
SO <sub>2</sub>	2000	1084.46606	350	707.11	707.1
	2002	1334.81042		707.11	707.1
	2005	2356.73999		707.11	707.1
	2012	722.95093		707.11	707.1

**Tabel 4.3. Valori maxime obținute prin simulare numerică. Valori medii zilnice.**

Poluantul	Anul	Valoarea (imisii) În [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Valoare limită Admisă în [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Coordonate [m]	
				X	Y
NO <sub>x</sub>	2000	13.29189	40	-923.88	382.68
	2002	51.37614		-923.88	382.68
	2005	36.20095		-923.88	382.68
	2012	59.83043		-923.88	382.68
SO <sub>2</sub>	2000	185.28606	125	-923.88	382.68
	2002	228.5845		-923.88	382.68
	2005	404.82623		-923.88	382.68
	2012	125.56353		-923.88	382.68

**Tabel 4.4. Valori maxime obținute prin simulare numerică, specia particule în suspensie.**

Poluantul	Anul	Valoarea (imisii) În [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Valoare limită Admisă în [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Coordonate [m]	
				X	Y
Particule Valori medii zilnice	2000	34.46526	50	-923.88	382.68
	2002	18.40697		-923.88	382.68
	2005	7.94327		-923.88	382.68
	2012	9.49866		-923.88	382.68
Particule Valori medii anuale	2000	4.49866	40	707.11	707.1
	2002	2.38229		707.11	707.1
	2005	1.05599		707.11	707.1
	2012	1.16613		707.11	707.1

**Tabel 4.5. Valori maxime obținute prin simulare numerică, specia CO, valori medii la 8 ore**

Poluantul	Anul	Valoarea (imisii) În [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Valoare limită Admisă în [ $\mu\text{g}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ]	Coordonate [m]	
				X	Y
CO	2000	43.99269	10	707.11	707.1
	2002	18.24603		707.11	707.1
	2005	16.93852		707.11	707.1
	2012	41.91788		707.11	707.1

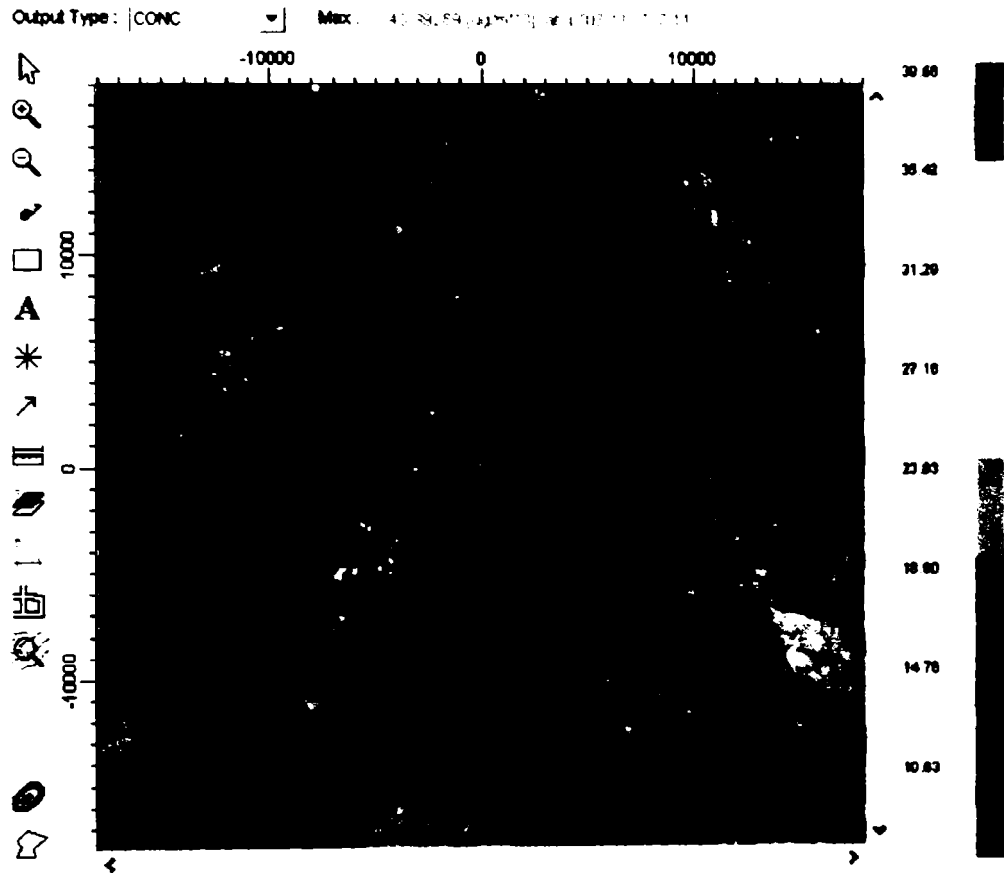


Fig. 4.4. Dispersia CO, valori medii maxime la 8 ore, 2000

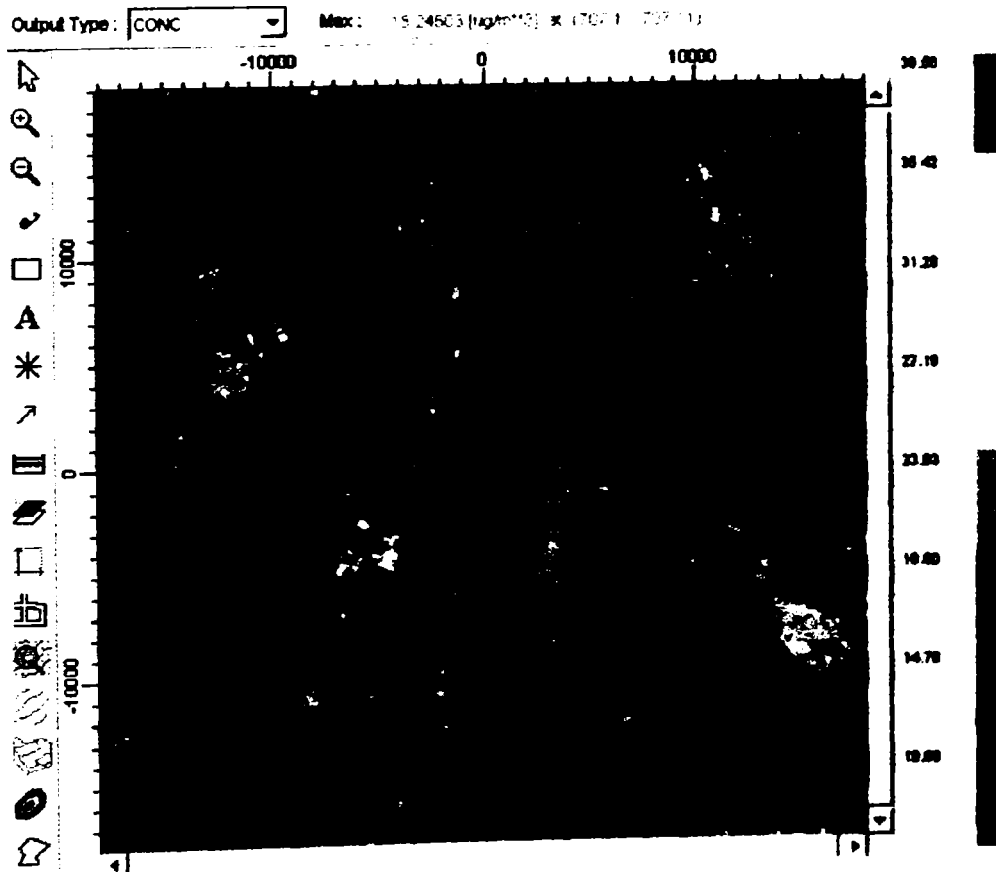


Fig. 4.5. Dispersia CO, valori medii maxime la 8 ore, 2002

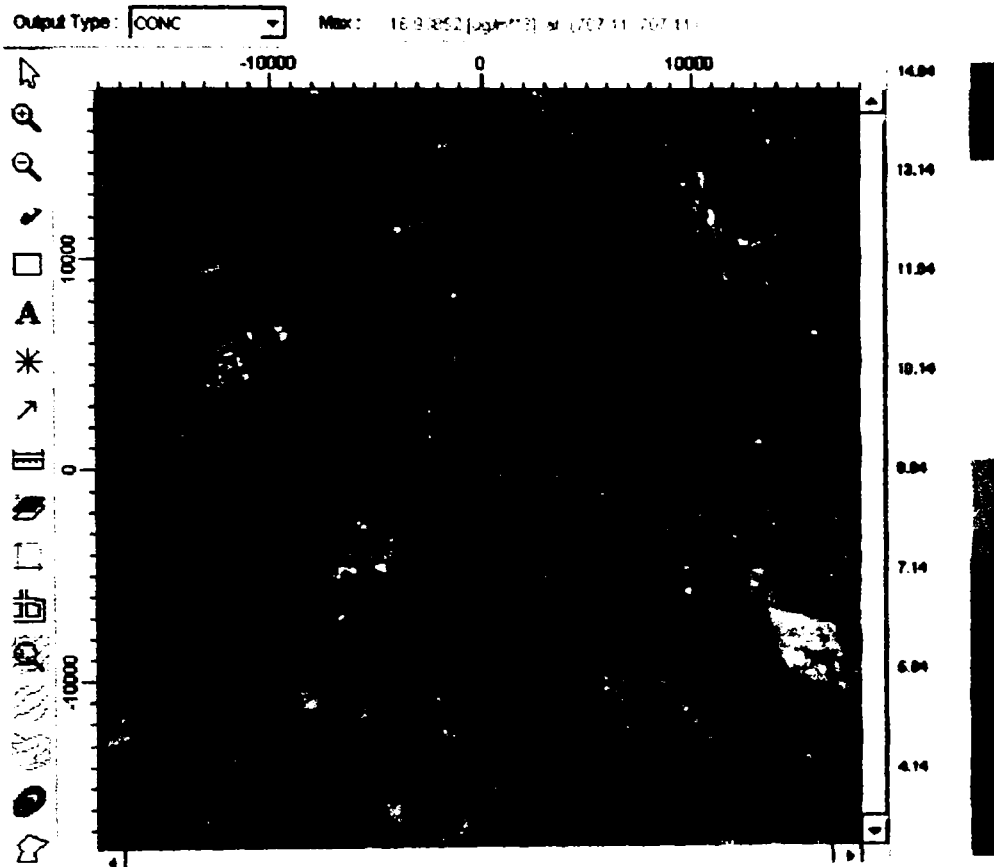


Fig. 4.6. Dispersia CO, valori medii maxime la 8 ore, 2005

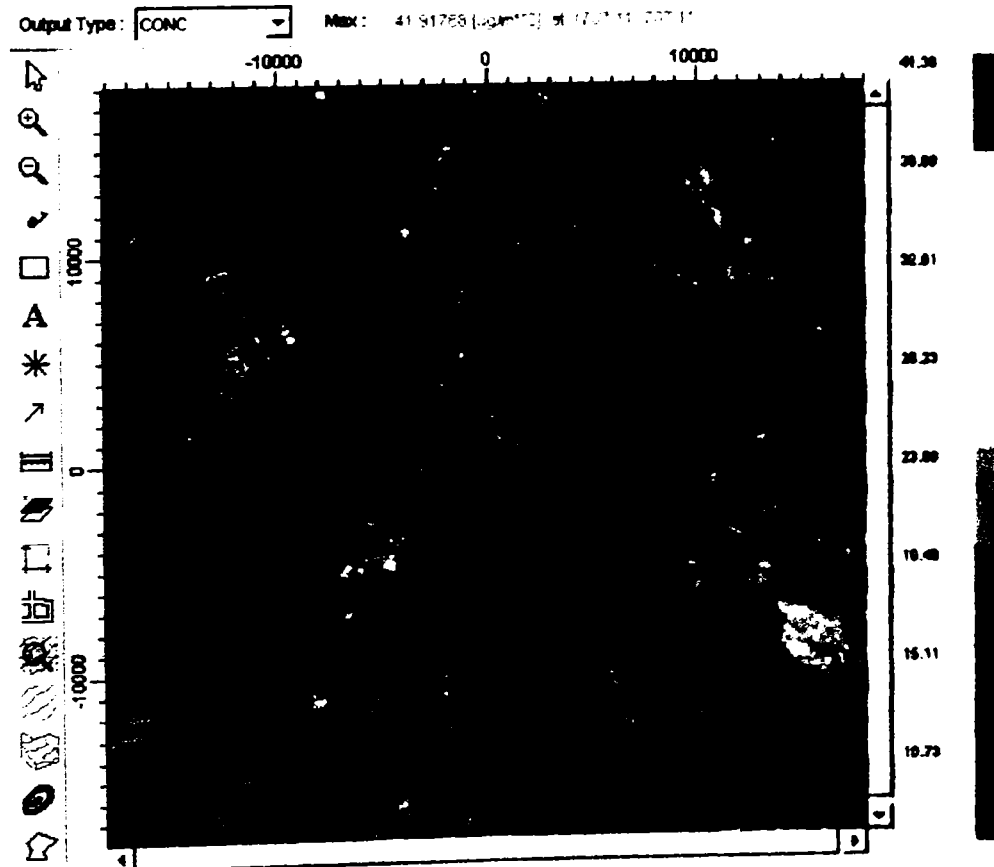


Fig. 4.7. Dispersia CO, valori medii maxime la 8 ore, 2012

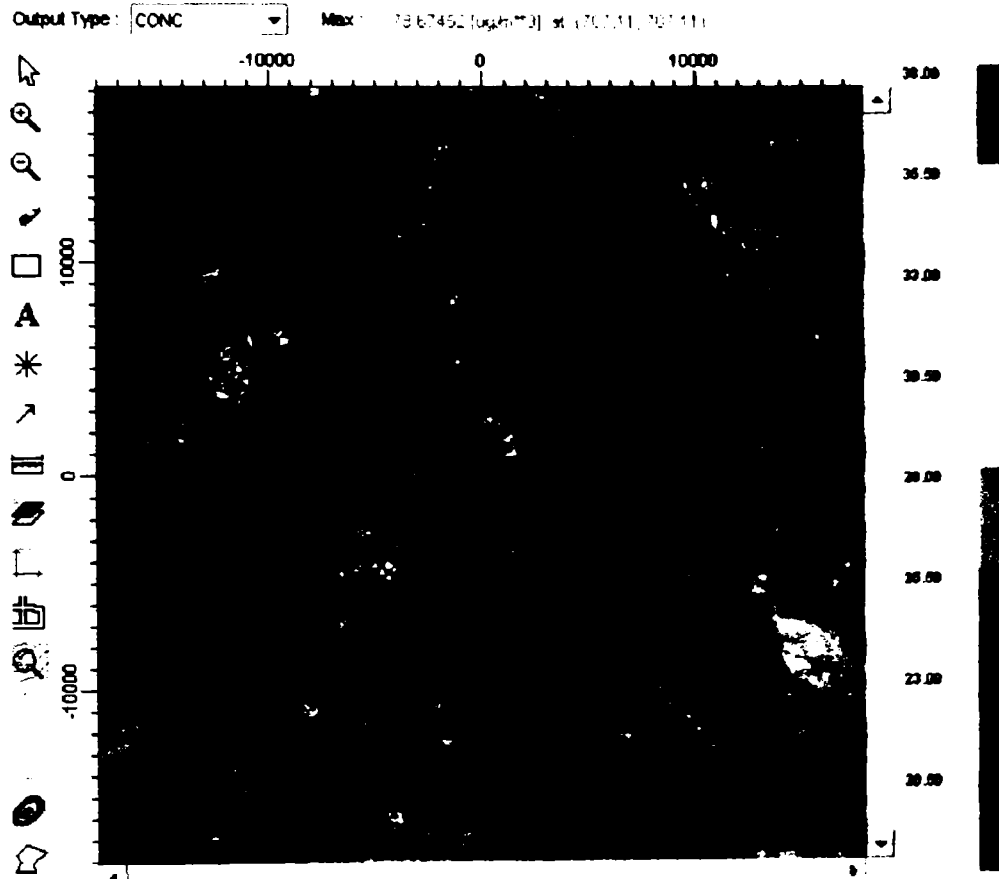


Fig. 4.8. Dispersia NO<sub>x</sub>, valori medii orare, 2000

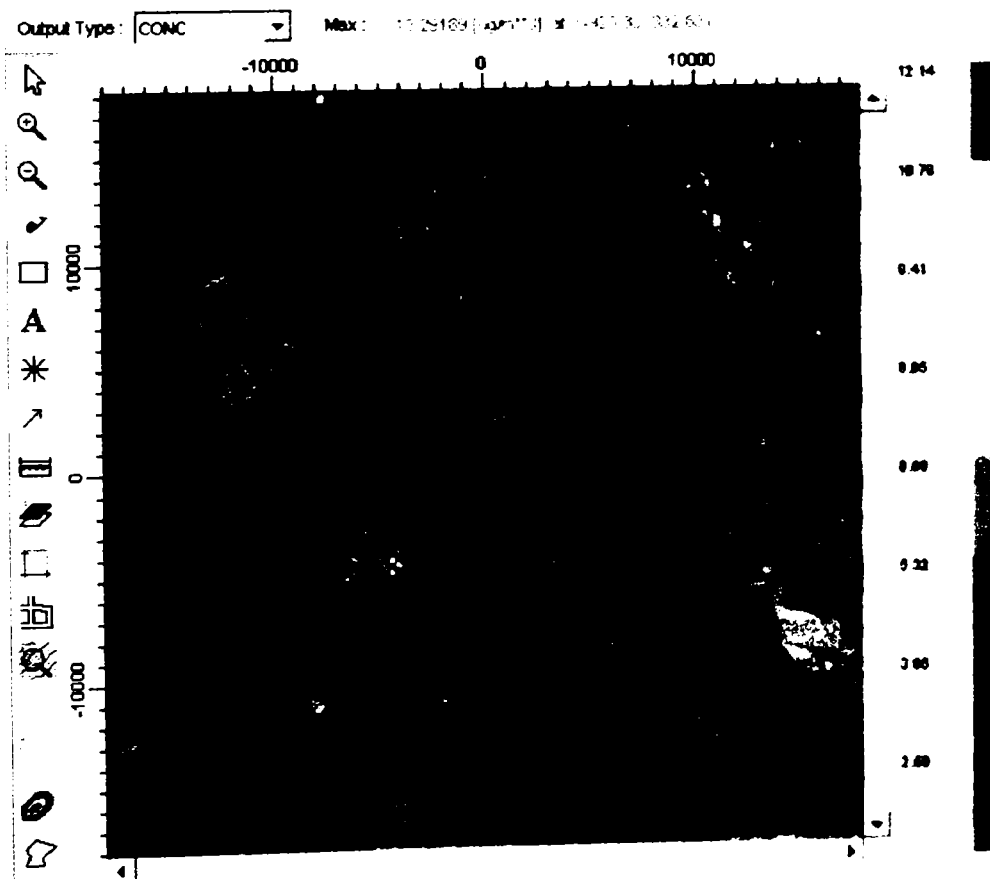


Fig. 4.9. Dispersia NO<sub>x</sub>, valori medii la 24 ore, 2000

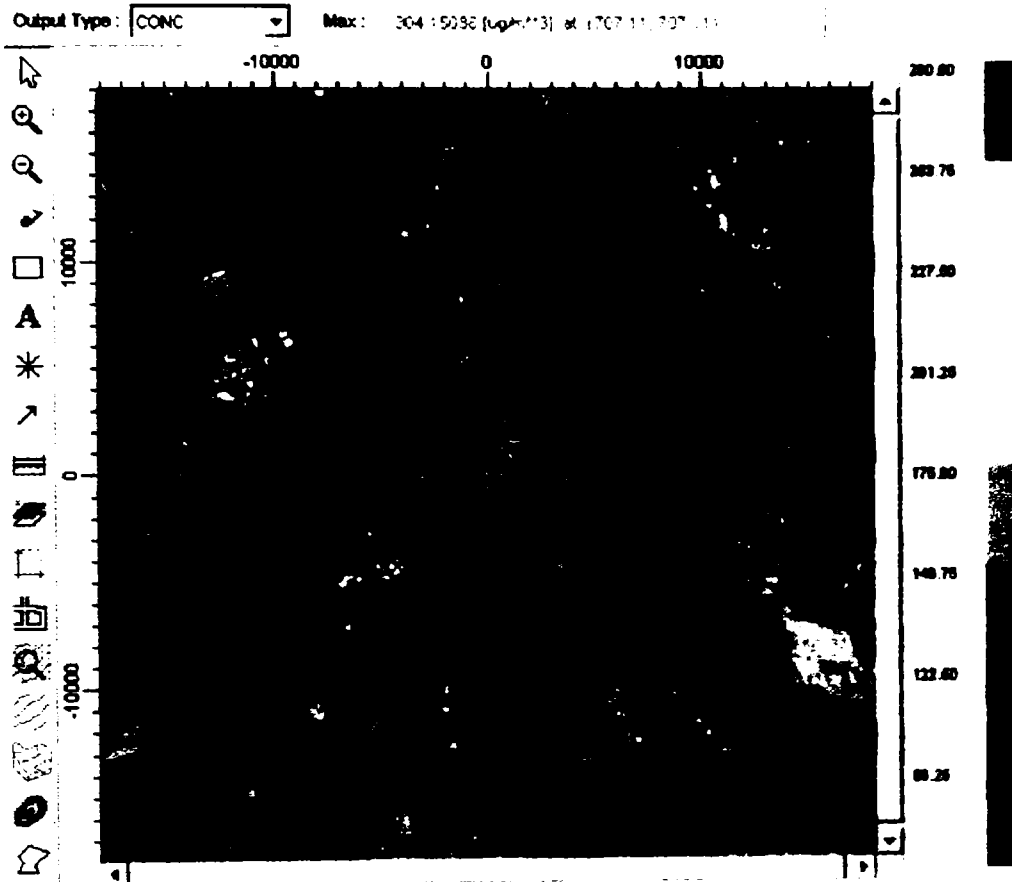


Fig. 4.10. Dispersia NO<sub>x</sub>, valori medii orare, 2002

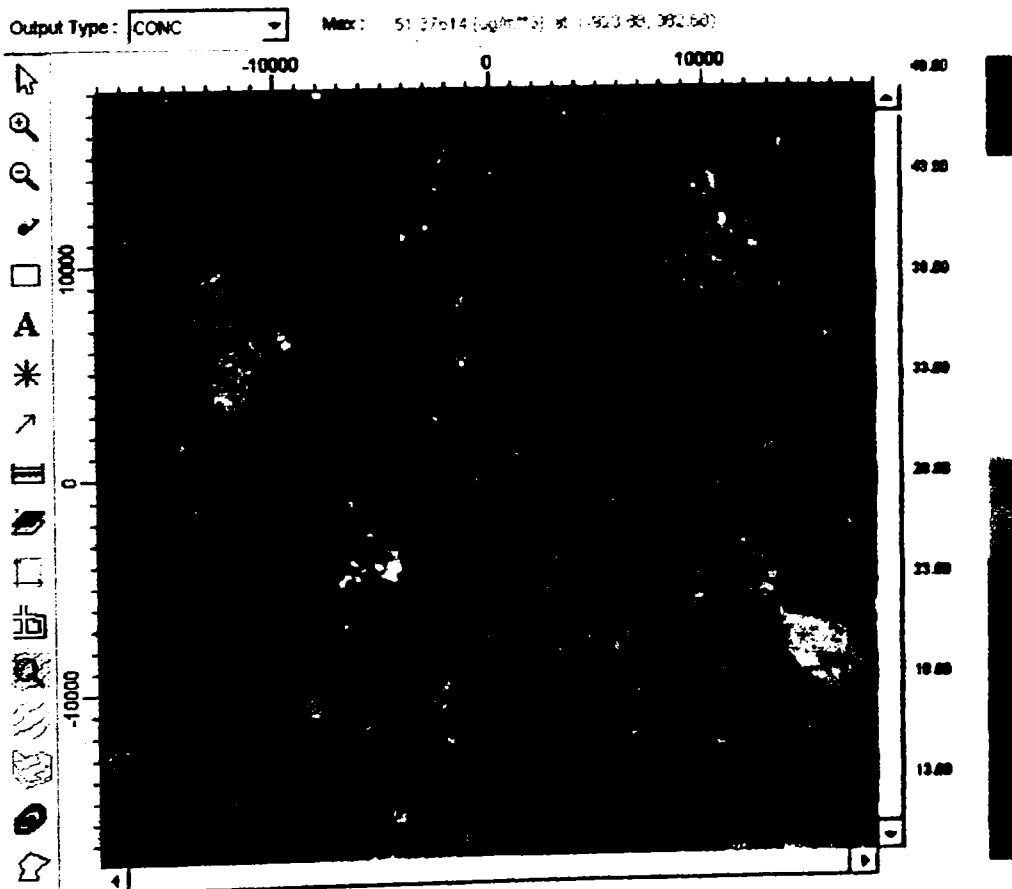


Fig. 4.11 Dispersia NO<sub>x</sub>, valori medii la 24 de ore, 2002



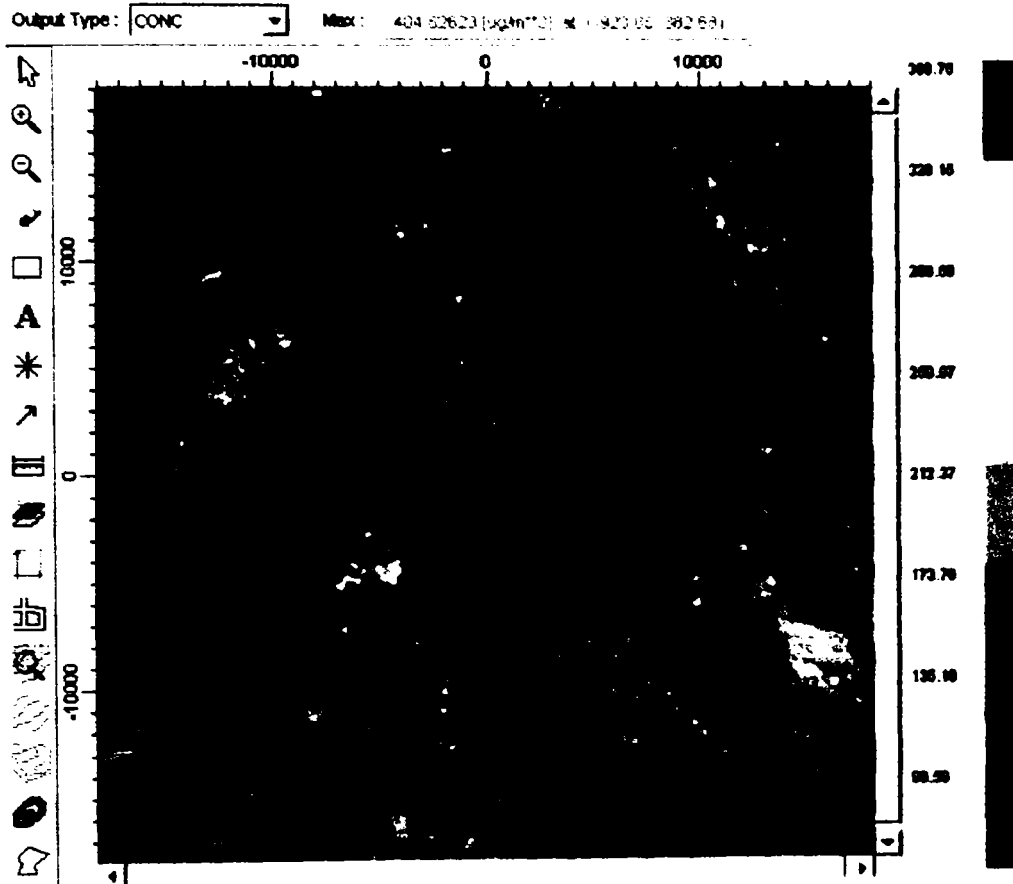


Fig. 4.12. Dispersia NO<sub>x</sub>, valori medii orare, 2005

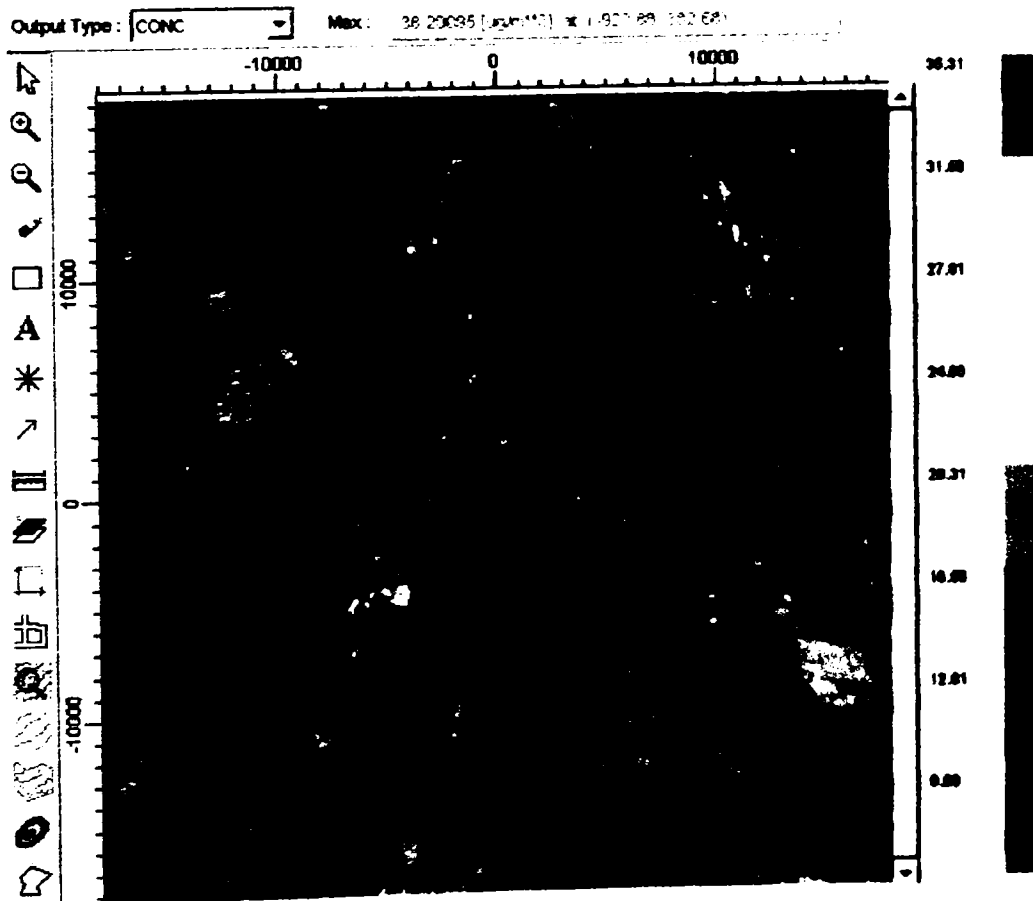


Fig. 4.13. Dispersia NO<sub>x</sub>, valori medii la 24 de ore, 2005

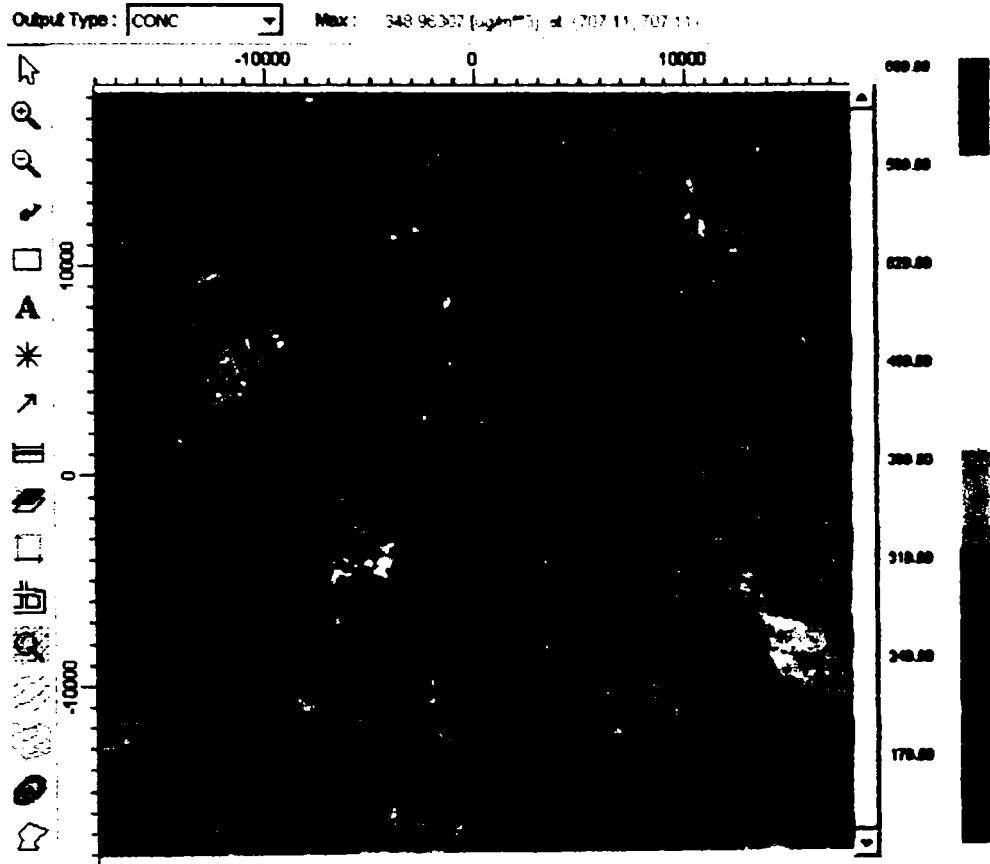


Fig. 4.14. Dispersia  $\text{NO}_x$ , valori medii orare, 2012

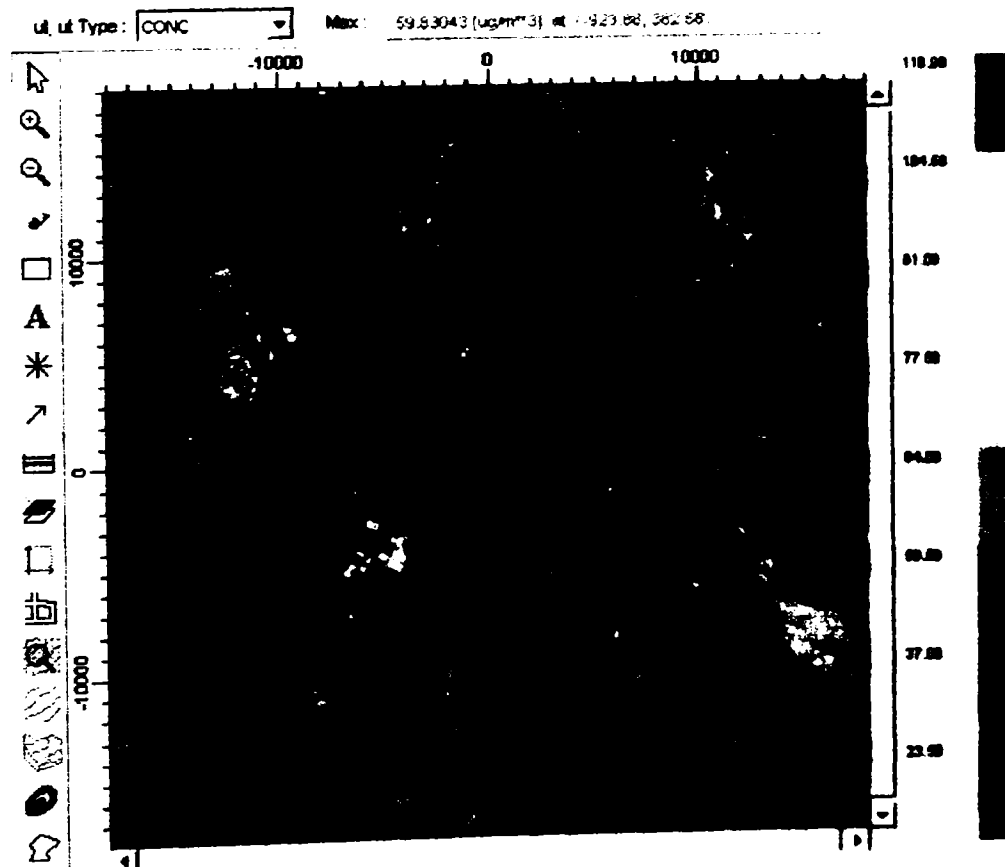


Fig. 4.15. Dispersia  $\text{NO}_x$ , valori medii la 24 de ore, 2012

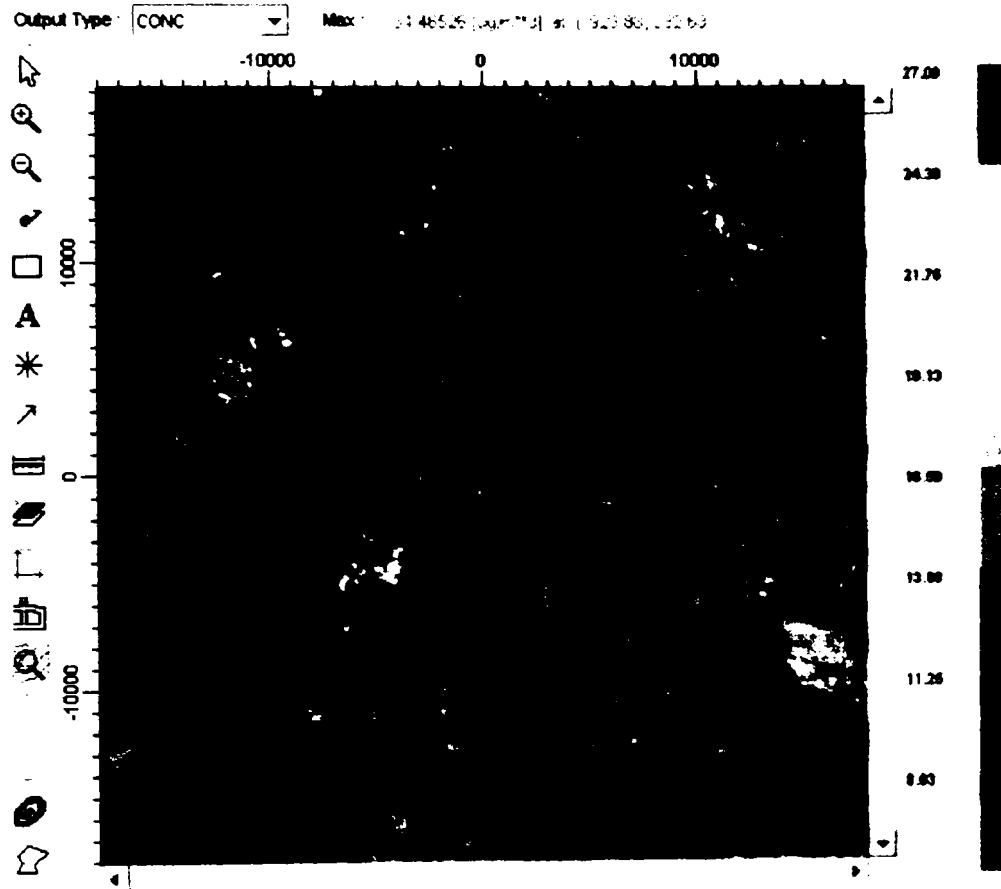


Fig. 4.16. Dispersia PM, valori medii la 24 de ore, 2000

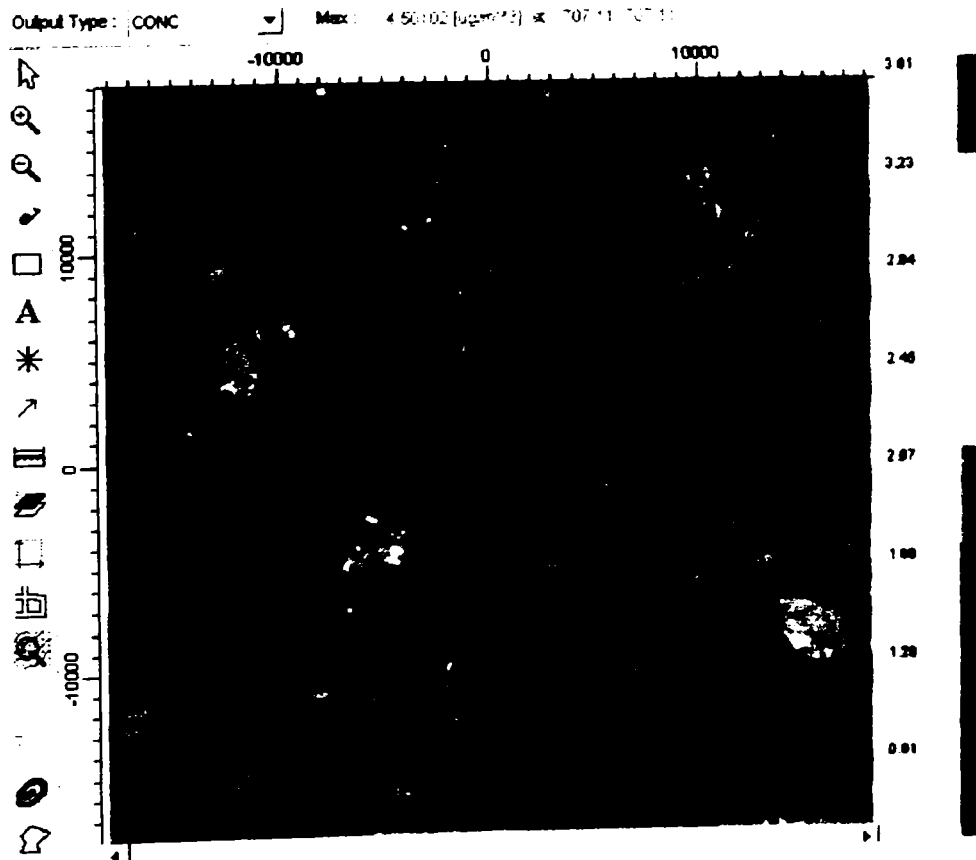


Fig. 4.17. Dispersia PM, valori medii anuale, 2000

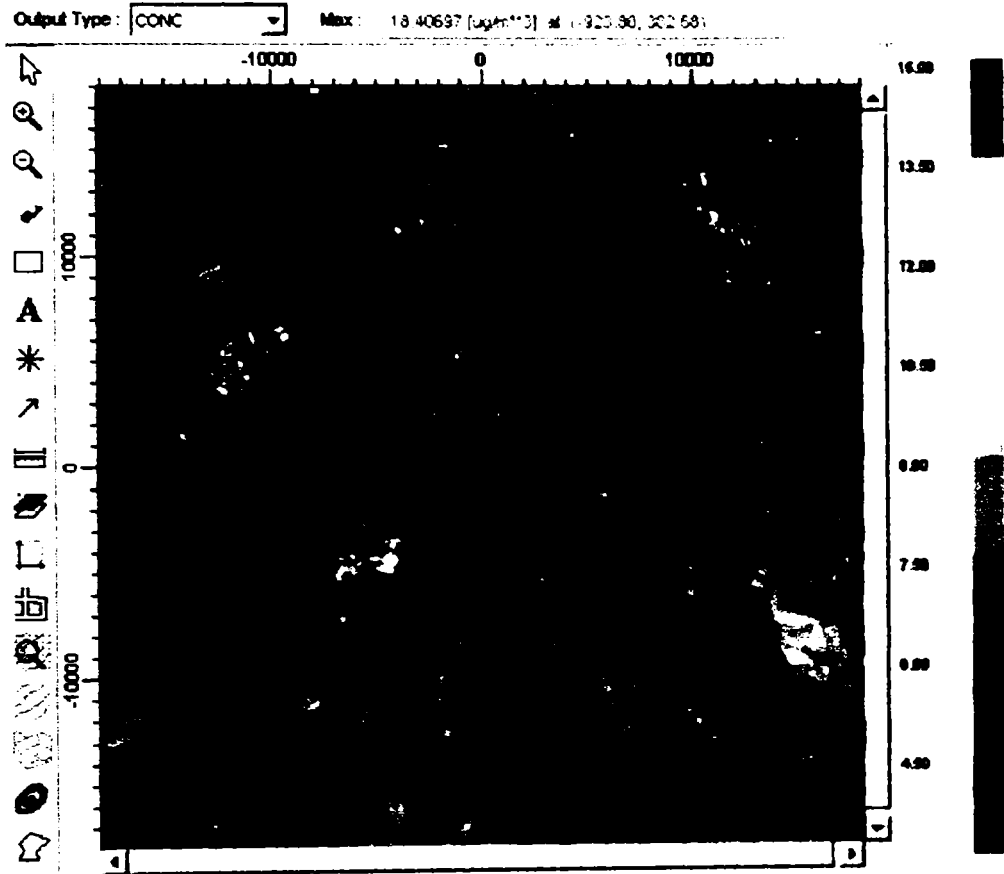


Fig. 4.18. Dispersia PM, valori medii la 24 de ore, 2002

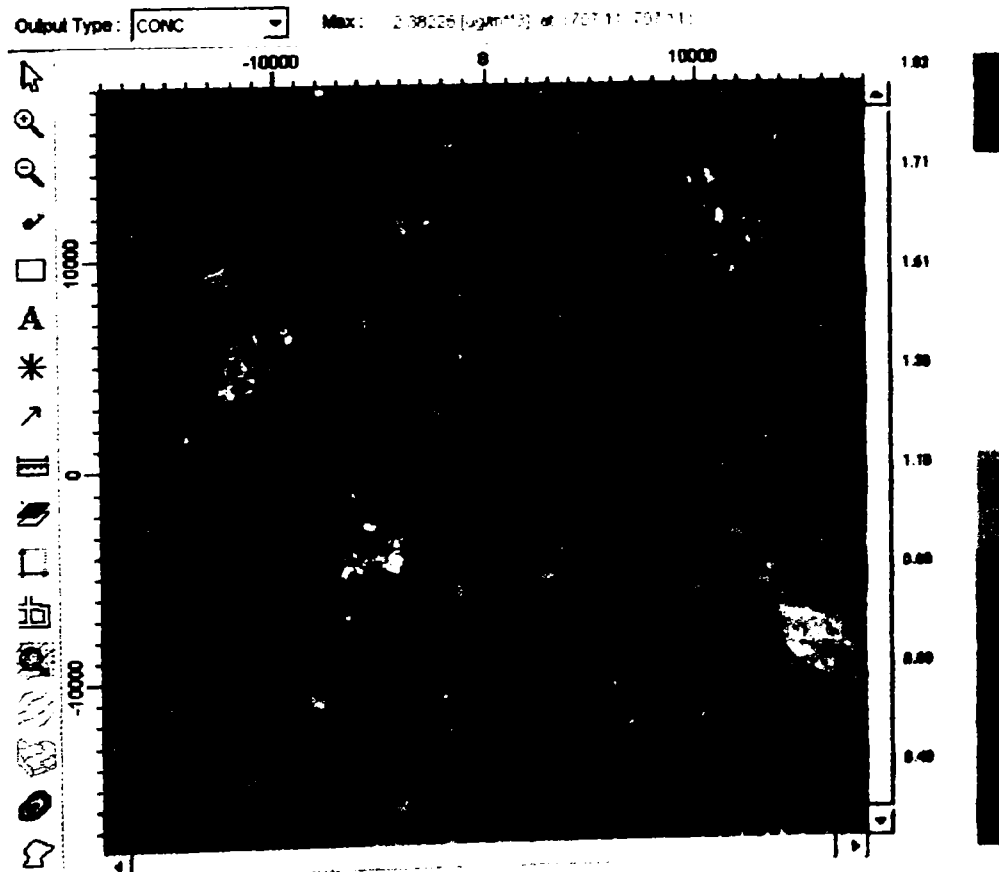


Fig. 4.19. Dispersia PM, valori medii anuale, 2002

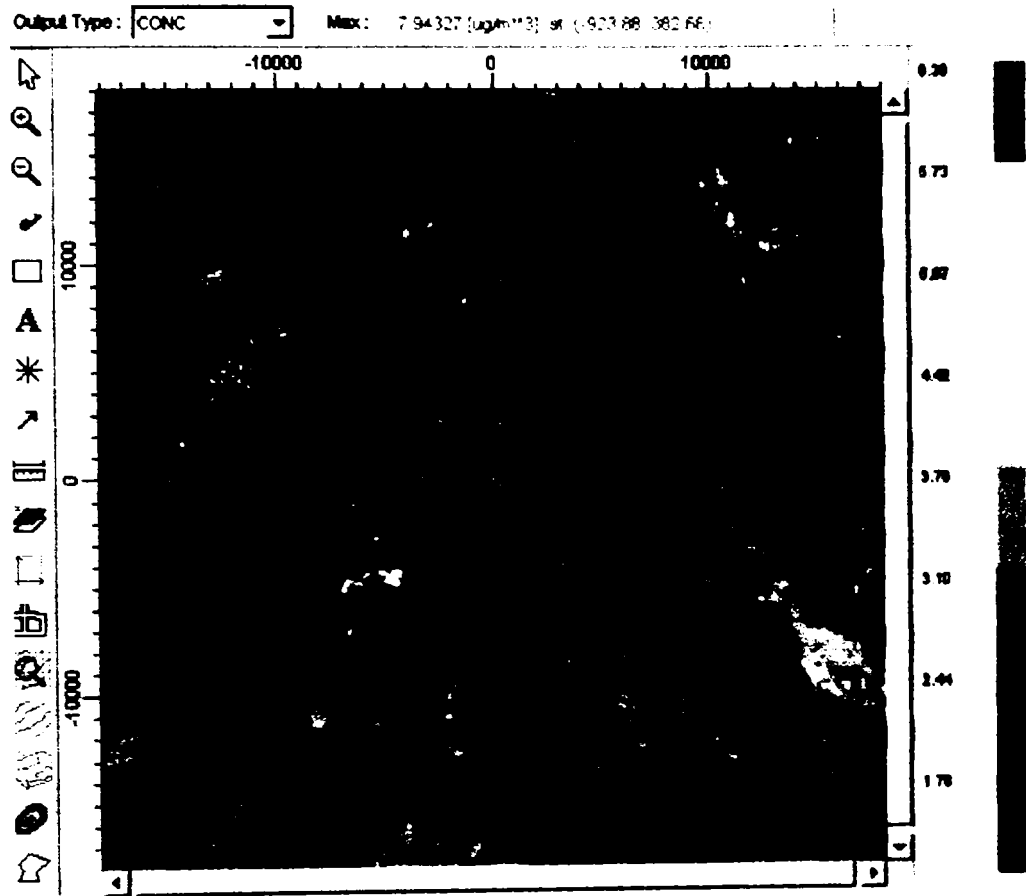


Fig. 4.20. Dispersia PM, valori medii la 24 de ore, 2005

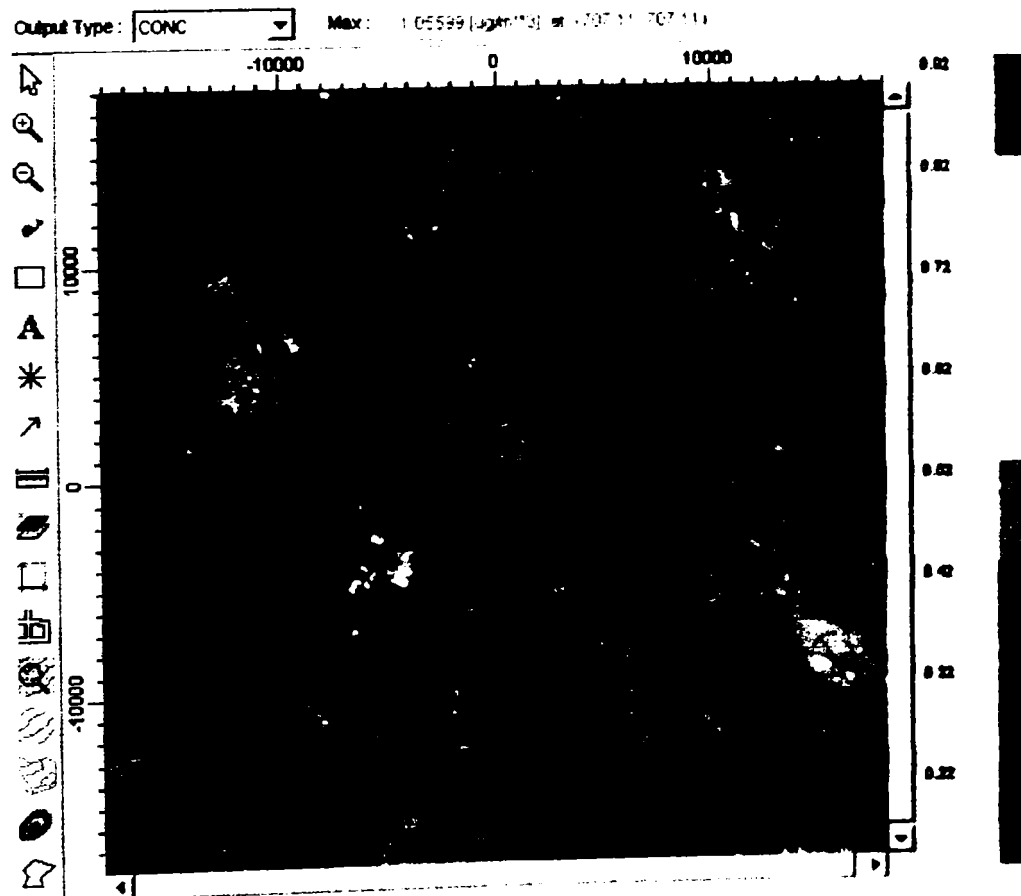


Fig. 4.21. Dispersia PM, valori medii anuale, 2005

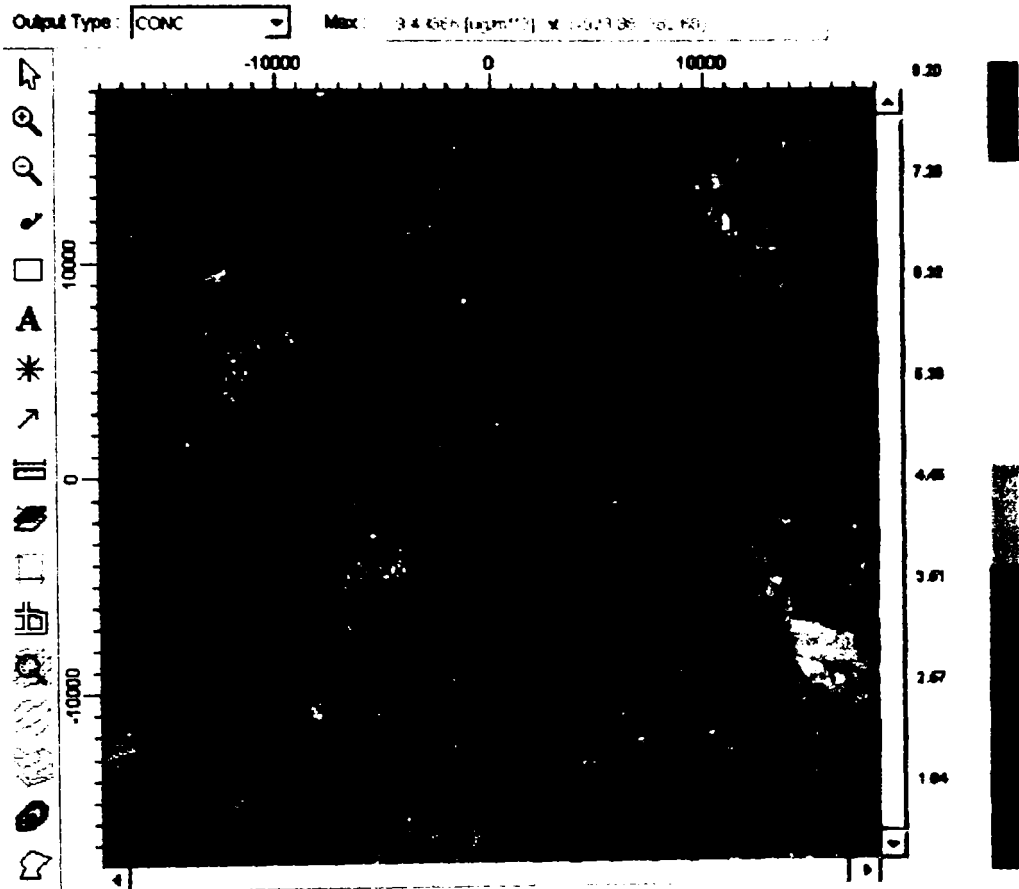


Fig. 4.22. Dispersia PM, valori medii la 24 de ore, 2012

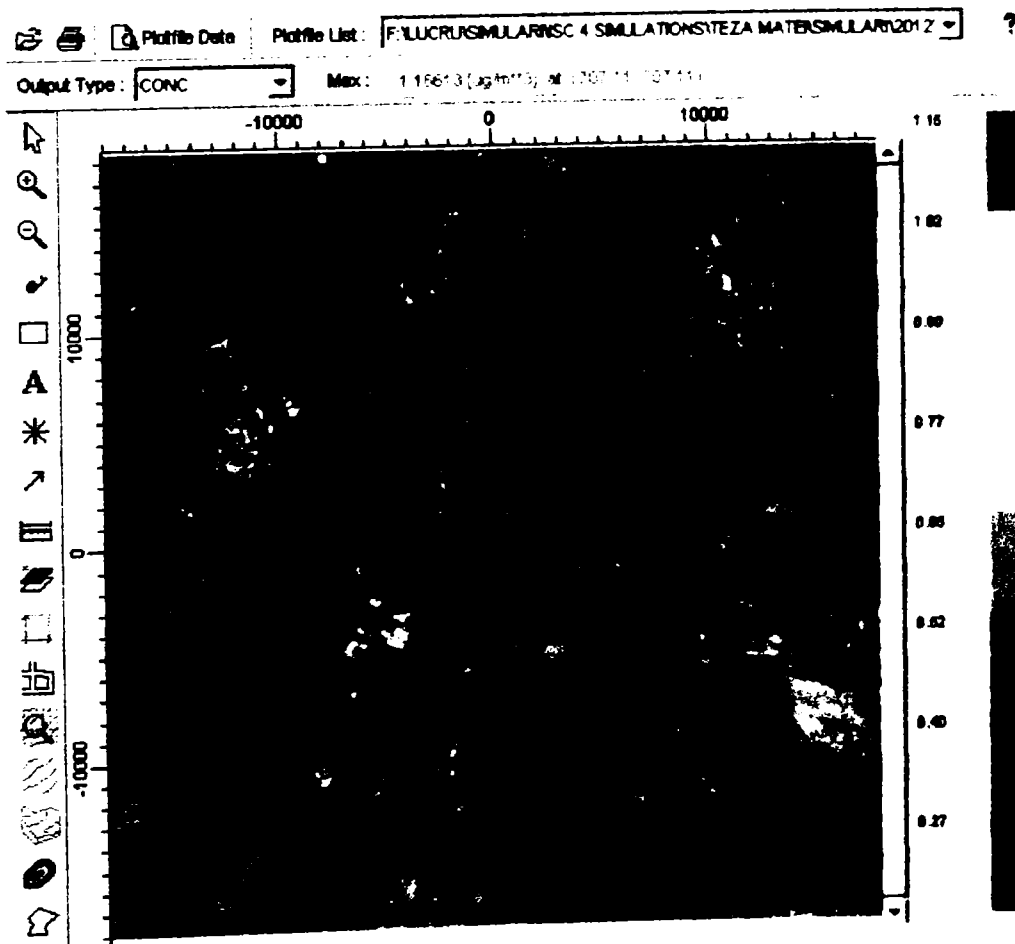


Fig. 4.23. Dispersia PM, valori medii anuale, 2012

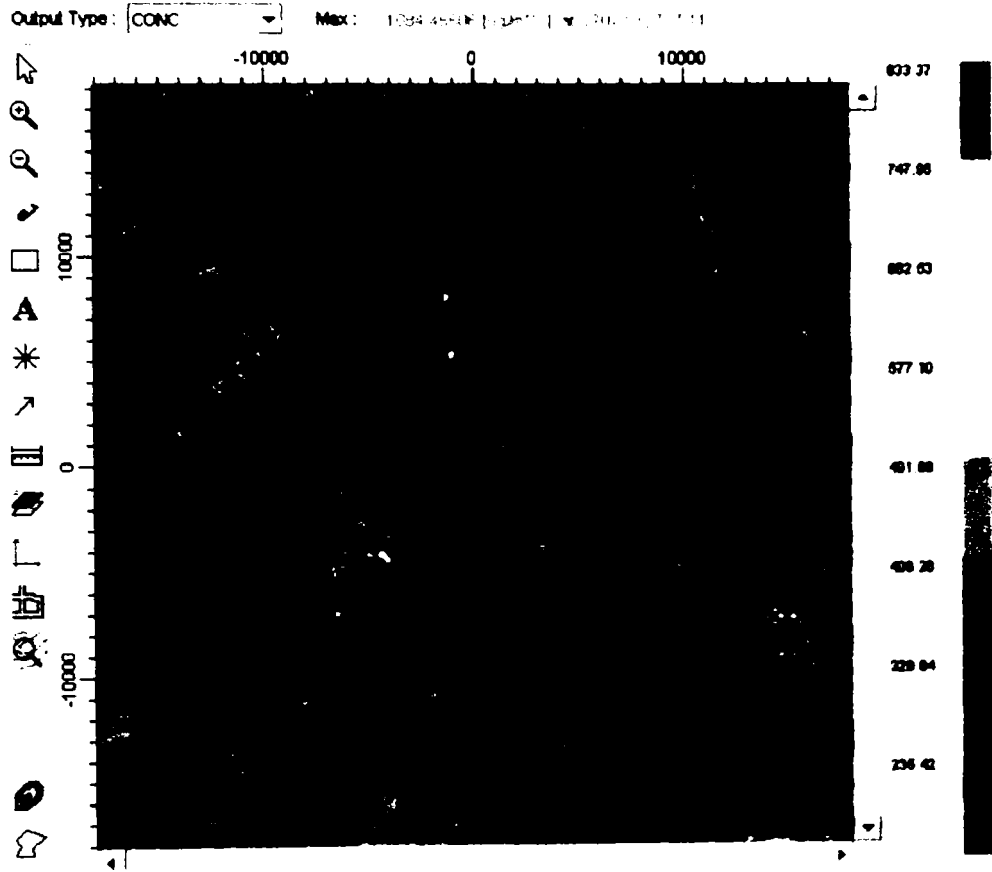


Fig. 4.24. Dispersia SO2 valori medii orare, 2000

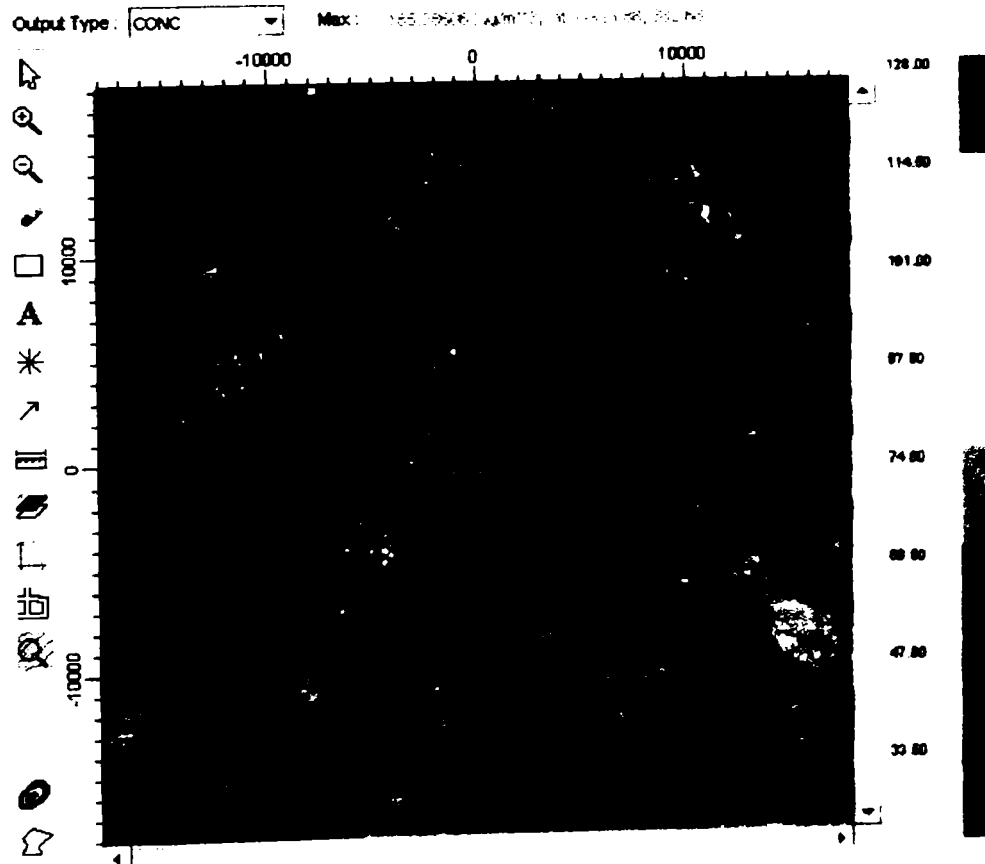


Fig. 4.25. Dispersia SO2, valori medii la 24 de ore, 2000



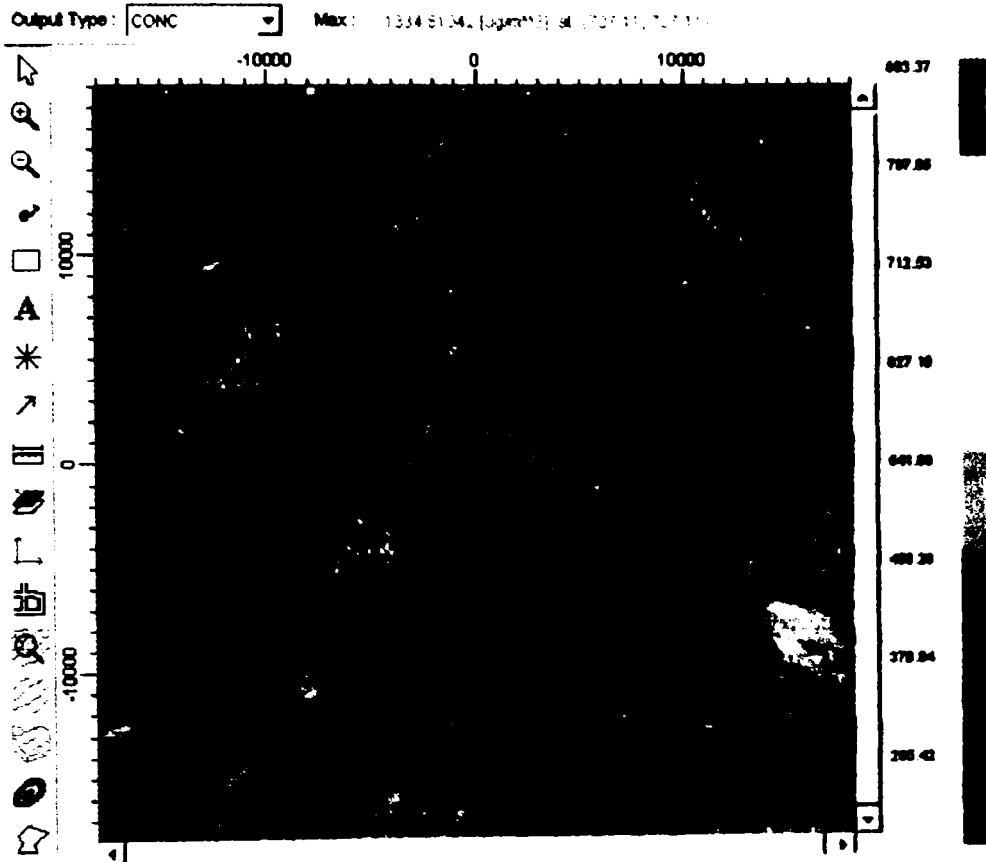


Fig. 4.26. Dispersia SO2 valori medii orare, 2002

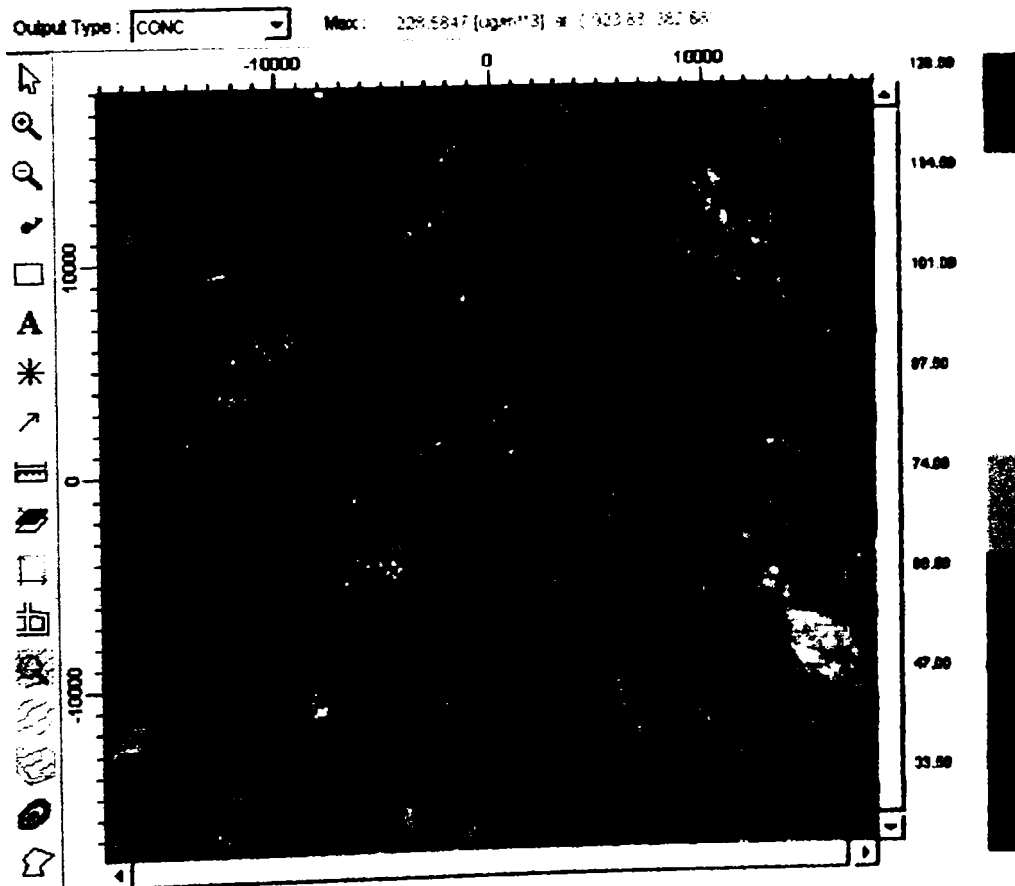


Fig. 4.27. Dispersia SO2, valori medii la 24 de ore, 2002

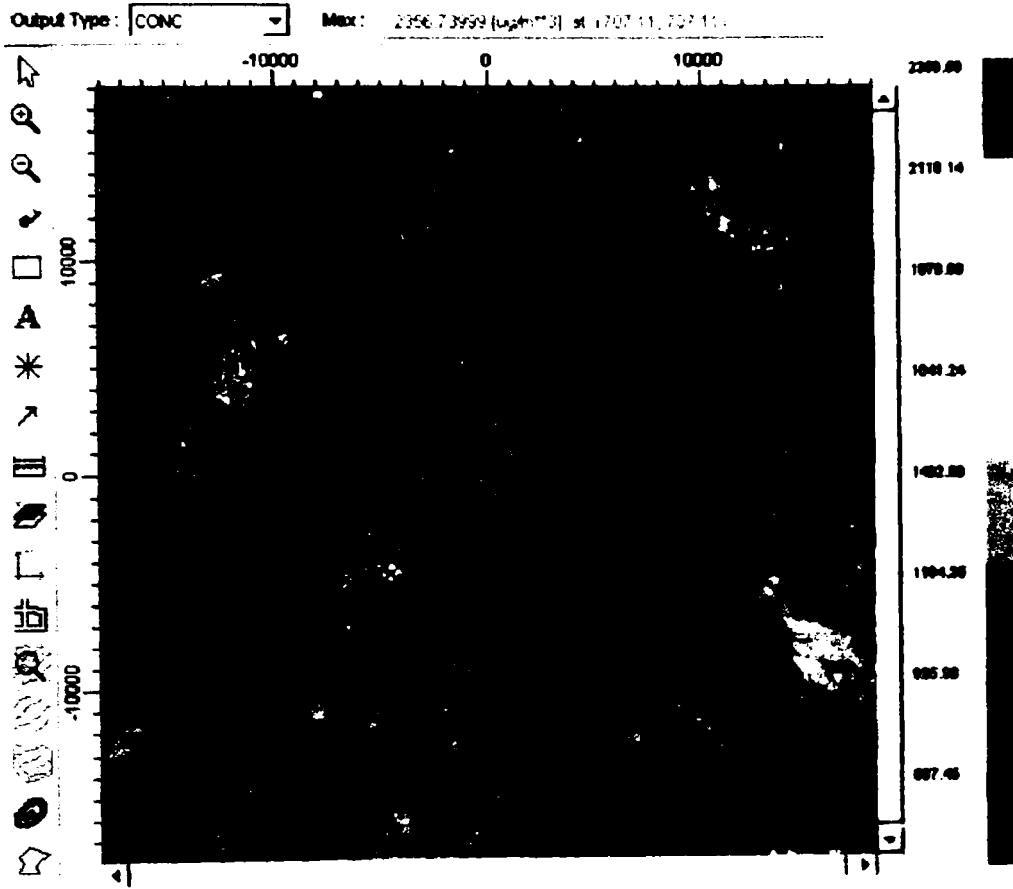


Fig. 4.28. Dispersia SO<sub>2</sub> valori medii orare, 2005

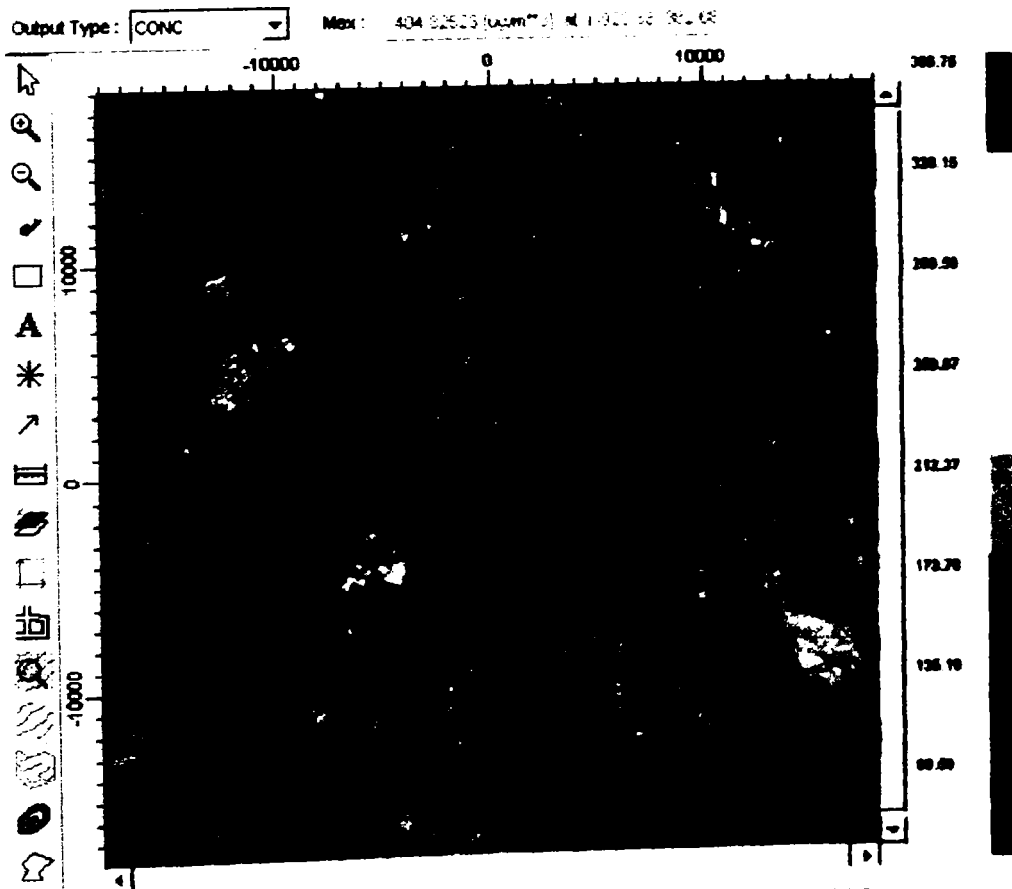


Fig. 4.29. Dispersia SO<sub>2</sub>, valori medii la 24 de ore, 2005

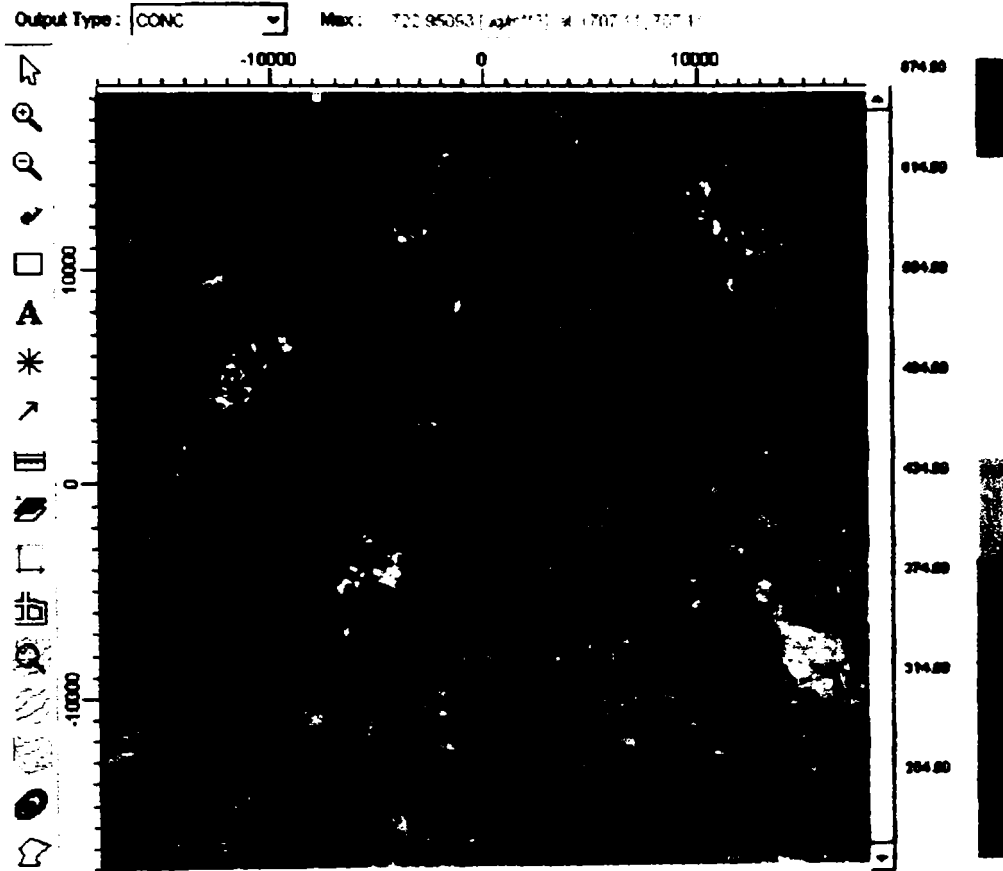


Fig. 4.30. Dispersia SO<sub>2</sub> valori medii orare, 2012

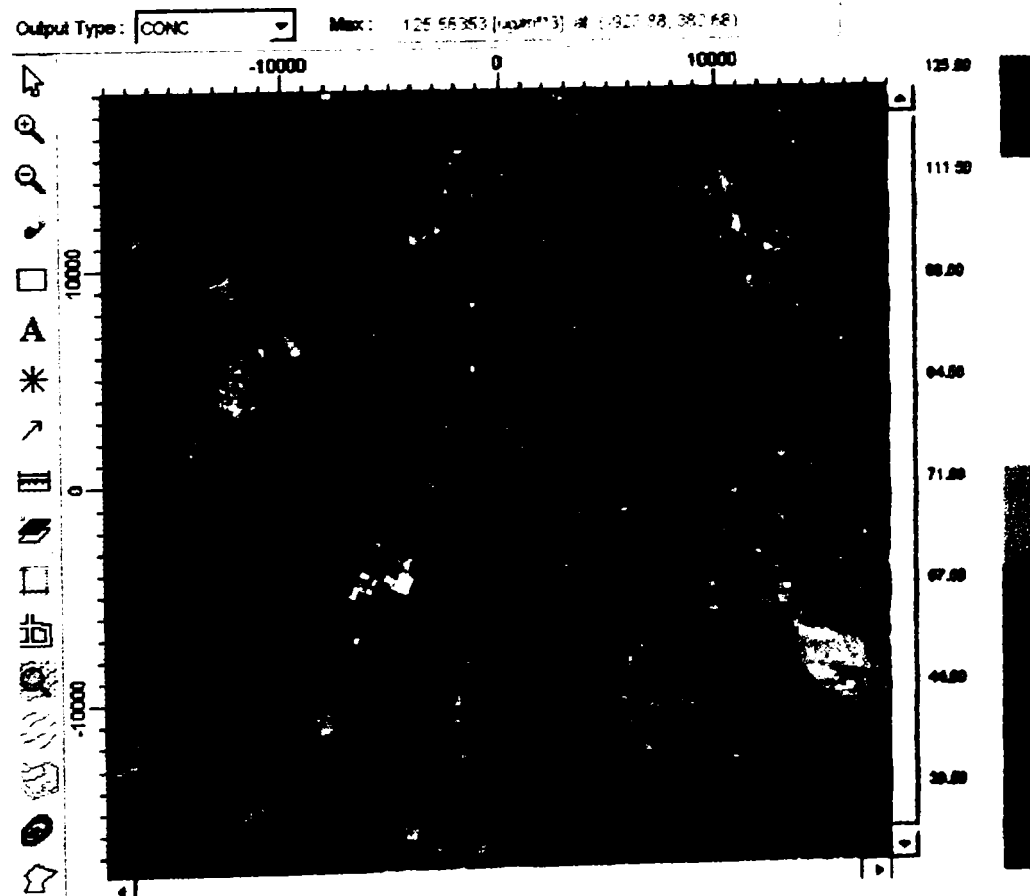


Fig. 4.31. Dispersia SO<sub>2</sub>, valori medii la 24 de ore, 2012

#### 4.5. CONCLUZII

Din graficele și tabelele prezentate se desprind următoarele observații și concluzii:

1. Există zone restrânse, situate în partea de Sud-Est a municipiului Timișoara, în care, datorită emisiilor de noxe din centrala termică, valorile emisiilor depășesc pe cele limită admise de norme.

Astfel valorile medii orare, respectiv zilnice ale emisiilor de  $\text{NO}_x$  și  $\text{SO}_2$  depășesc pe cele limită în coordonate  $X = 707,11$  și  $Y = 707,1$  respectiv  $X = 923,88$  și  $Y = 382,68$ .

Aceeași situație se constată și în cazul valorilor medii la 8 ore ale emisiilor de CO în punctul de coordonate  $X = 707,11$  și  $Y = 707,01$ .

2. Valorile maxime ale emisiilor, obținute prin simulare numerică pentru particulele de praf în suspensie, se situează sub cele limită, atât ca valori medii zilnice cât și ca valori medii anuale. Această situație, bizară la prima vedere, se explică prin rolul favorabil pe care îl are înălțimea foarte mare a coșurilor de fum ( $H_{CF1} = 160$  m ;  $H_{CF2} = 160$  m) stabilită de proiectantul cazanului, conform normativului P.E. 229/84. Așa cum s-a precizat și la începutul acestui capitol, până nu demult, problema poluării mediului datorită instalațiilor de ardere se consideră rezolvată dacă, prin dimensionarea corespunzătoare a înălțimii coșului de fum, se asigură o rază de răspândire a noxelor astfel încât, la nivelul solului, concentrația acestora să fie mai mică decât valoarea limită admisă de legislația valabilă atunci.

3. Ținând seama că atât valorile măsurate ale concentrațiilor noxelor la emisie cât și cele ale emisiilor obținute prin simulare numerică depășesc valorile limită admise de legislația actuală, în mod obligatoriu se impune luarea de măsuri specifice pentru ca funcționarea C.T. Timișoara Sud să devină ecologică. În mod concret, în prima etapă se urmărește desprăfuirea gazelor de ardere prin creșterea performanțelor electrofiltrelor, (lucrare care este în derulare) în cea de a doua etapă desulfurarea acestora, urmând ca în cea de a treia etapă să se realizeze denoxarea.

Această etapizare este impusă de mai mulți factori dintre care cel care se referă la asigurarea finanțării are cea mai mare pondere.

## CAPITOLUL 5. APLICAREA PROCEDEULUI DE EVACUARE A CENUȘII CU CONSUM SPECIFIC REDUS DE APĂ

### 5.1. TEHNOLOGII DE COLECTARE, TRANSPORT ȘI DEPOZITARE A ZGURII ȘI CENUȘII REZULTATE DIN ARDEREA COMBUSTIBILILOR SOLIZI

Arderea combustibililor solizi ridică numeroase probleme, printre care depozitarea produselor rezultate din acest proces ocupă un rol deosebit de important.

Amestecul de zgură și cenușă de termocentrală este constituit din două fracțiuni distincte:

- O fracțiune fină (cenușa zburătoare), preluată de la electrofiltre (mecanofiltre) și canale de gaze arse;
- O fracțiune grosieră (zgura), constituită din material vitrifiat, aglomerat în particule încadrabile granulometric în categoria nisipurilor și pietrișurilor ( $d = 2 - 20 \text{ mm}$ ) care este preluată direct de sub arzătoarele cazanului.

**Tehnologia actuală** de evacuare a produselor rezultate în urma arderii prevede preluarea ambelor fracțiuni într-un canal unic unde sunt amestecate cu apă (în diluție teoretică  $1/8 \div 1/10$ , dar în practică  $1/15 \div 1/20$ ) și transportate hidraulic la stația de pompare și apoi în depozit unde se depun prin procedee similare hidromecanizării, în iazuri de decantare. Debușarea șlamului de cenușă în incintele de depozitare se face urmând, în principiu, ca prin decantare să se obțină depunerea fracțiunii grosiere în apropierea talazului. În practica românească acest deziderat nu se realizează, în apropierea talazului depunându-se cantități de cenușă fină, astfel că materialul depus aici prezintă scădere a rezistenței la forfecare și sensibilitate ridicată la acțiunea sulfozivă a apelor de infiltrare.

Depozitele de zgură și cenușă sunt amenajări hidrotehnice complexe ce cuprind: un dig de bază de amorsare realizat în mod curent din materiale locale (pământ, pietriș etc.), diguri de supraînălțare (realizate din amestecul de zgură și cenușă depuse), estacade de conducte pentru transportul și debușarea hidroamestecului, puțuri inverse și conducte colectoare pentru captarea și evacuarea apei limpezite, bazine sau stații de pompare și conducte pentru recircularea spre centrală a apei limpezite, sisteme de drenare la digul de bază, cuveta depozitului și digurile de supraînălțare, rigole pe conturul digurilor pentru captarea apelor din precipitații, amenajări destinate protecției mediului, amenajări și instalații pentru urmărirea comportării în exploatare.

Astfel, pentru realizarea stabilității digurilor este necesară drenarea depozitelor prin balast sortat în cantități care ajung la volume de ordinul a sute de mii de metri cubi ceea ce duce la costuri deosebit de mari.

Actualul sistem de evacuare și transport are o serie de inconveniente, după cum urmează:

- Necesități mari de apă de transport și suprafețe mari de depozitare (care implică costuri mari);
- Acest tip de sedimentare conduce la un depozit având densitatea volumetrică mică ( $0,7 - 0,9 \text{ t/m}^3$ ) porozitate ridicată, respectiv permeabilitate mare ( $K = 10^{-3} \text{ cm/s}$ );
- Excesul de apă afectează siguranța, respectiv stabilitatea locală și generală a depozitului;

- Infiltrații de substanțe în subteran;
- Cenușă spulberată de vânt în perioadele secetoase ale anului;
- Înălțime de depozitare limitată.

Din motivele enunțate mai sus, depozitele de zgură și cenușă sunt construcțiile cu cea mai mare incidență a avariilor dintre toate construcțiile termoelectrice.

Continuitatea funcționării termocentralelor pe cărbune este, de regulă, asigurată prin dezvoltarea depozitelor existente; din acest motiv, siguranța în exploatarea depozitelor este deosebit de importantă.

Indiferent cât de riguros sunt respectate normele de exploatare ale acestui tip de depozite, impactul lor asupra mediului este unul nefavorabil, așa cum se observă și din datele menționate în Capitolul 1.

Urmărind evoluția tehnicilor de transport și depozitare a cenușii în țările Europei Centrale, subsemnatul, a susținut eforturile de realizare a unei serii de experimente privind utilizarea unei **tehnologii moderne cu impact redus asupra mediului**, pe cenușa rezultată din exploatarea CAF-urilor și CA-urilor din CET Timișoara Sud.

Prin această tehnologie cantitățile mari, uscate, de resturi de ardere, sub formă granulară și de praf, rezultate de la cazanele cu funcționare pe cărbune, pot fi depuse în depozite de mare capacitate, prin amestecare cu apă în cantități reduse.

Această tehnologie este cunoscută sub numele de **evacuare în șlam dens**.

Caracteristica cea mai importantă a **tehnologiei de evacuare în „șlam dens”** este faptul că în procesele interconectate de colectare - transport - depozitare, pentru obținerea stării de agregare de tip hidroamestec transportabil este folosită o cantitate masică aproximativ identică sau mai mică de apă decât cea a resturilor de ardere (zgură și cenușă).

Esența tehnologiei constă în amestecarea continuă cu apă a zgurii umezite de sub cazan și a cenușii uscate de la electrofiltru, prin circulație hidraulică, în raport solid/lichid supraunitar. Proporția în care apa și resturile arderii sunt amestecate are ca efect activarea substanțelor chimice de tip cimentoid aflate în cenuși și crearea unui șlam dens, omogen, care este pompat la depozit unde în timp se întărește, rezultând roca de cenușă. Cristalele minerale noi se depun treptat prin aderare la celelalte particule din masa șlamului, înglobându-le. În depozit, compușii nou creați se întăresc, înglobând și fixând în roca creată și substanțele nedizolvabile în leșie, respectiv resturi de cărbune (nears) și mare parte din materiile organice și anorganice aduse de resturile de ardere și apă de amestec.

Amestecarea cu apă trebuie să asigure în primul rând hidratarea întregii suprafețe a particulelor de cenușă pentru ca ionii de CaO și MgO din interiorul particulelor să poată participa la procesele chimice.

Șlamul autoîntăritor de zgură și cenușă conține numai cantitățile de apă necesare asigurării proprietăților hidraulice de curgere a fluidelor vâscoase (grele) pentru a putea fi transportat la distanță pe conducte sub presiune și în depozite de suprafață mare pentru a fi întins și, prin aceasta, să poată fi depozitat în trepte.

Cercetările și apoi practica au demonstrat că resturile de ardere depozitate, după oprirea curgerii, sub influența proceselor chimice ce au loc între substanțele ce se dizolvă în apa folosită, se transformă treptat schimbând compoziția granulară a acestuia, formându-se o „rocă de cenușă” în toată masa depozitului.

Transformarea din punct de vedere chimic și mineralogic este un proces complex ce are loc sub influența componentelor reactive dizolvate în apă - de tipul sistemului

calciu - aluminiu - sulfat - siliciu - hidrat. Se formează o nouă fază minerală , - hidratul de silicat de calciu și , minerală - sulfatul de calciu - aluminiu.

În urma transformărilor se formează parțial noi compuși minerali nedizolvabili și parțial compuși minerali greu dizolvabili în apă.

Cristalele minerale noi se depun treptat, prin aderare, pe suprafața particulelor de cenușă, în porii masei de depunere, înglobând particulele de zgură și cenușă.

Ca efect al transformărilor chimice menționate rezultă și parametrii geotehnici ai rocii de cenușă (rezistența la forfecare, compresiune, permeabilitate etc).

În tehnologia clasică – unde cantitatea de apă folosită pentru amestec este mult mai mare - , compușii minerali dizolvați într-o mare cantitate de apă rămân în diluție mare, fixându-se în timp pe pereții conductelor de hidrotransport și de recirculare, având un efect chimic mai redus asupra materiilor minerale depuse în depozit.

Depozitul realizat prin această tehnologie modernă prezintă următoarele caracteristici:

- Densitate volumetrică ridicată (1,4 t/mc), deci capacitate mărită de înmagazinare în unitatea de volum de depozit;
- Porozitate redusă , respectiv permeabilitate scăzută ( $K \approx 10^{-5}$  cm/s);
- Suprafața depozitului este întărită și insensibilă la acțiunea de spulberare a vântului;
- Nu prezintă apă în exces care să se infiltreze în pânza freatică;
- Elementele chimice nocive sunt reținute și fixate în roca de cenușă;
- Caracteristici geotehnice superioare privind stabilitatea . Caracteristicile geotehnice și hidrogeologice ale acestui tip de depozit sunt net superioare depozitelor clasice, asigurând în mai mare măsură stabilitatea, siguranța în exploatare și protecția mediului.

## **5.2. CERCETĂRI PRIVIND COMPOZIȚIA CENUȘII**

Având în vedere complexitatea, exigențele și importanța tematicii acestui obiectiv, pentru asigurarea succesului experimentărilor și credibilitatea acestora subsemnatul a evidențiat utilitatea realizării unor experimente cu ajutorul unei instalații pilot autorizată și funcțională.

Întrucât caracteristicile cenușii și zgurii sunt în strânsă legătură cu compoziția cărbunelui și cu tipul de ardere din cazane determinând și parametrii sistemului de șlam autoîntăritor, EGI Budapesta a realizat o instalație mobilă tip CIRCUMIX (HIDROMIX), la scară pilot, care permite realizarea de studii, teste și investigații asupra caracteristicilor cenușii și zgurii înaintea implementării la scară industrială a tehnologiei șlamului autoîntăritor din cenușă, în cazul fiecărei centrale în parte.

Experimentele au fost efectuate în perioada august - octombrie 1999 cu o stație pilot mobilă de către firma EGI Budapesta împreună cu ISPE Timișoara, după care probele au fost testate atât în Ungaria cât și în laboratoarele INCERC, U.P. Timișoara - Facultatea de Construcții și U.P. Timișoara - Facultatea de Chimie și Ingineria Mediului.

S-au efectuat determinări pentru observarea:

- granulozității;
- densității;
- caracteristicilor fizice (densitate aparentă, umiditate, densitate uscată, indice de porozitate);
- permeabilității;



- compatibilității;
- rezistenței la forfecare;
- caracteristicilor utilizării ca materiale de construcții.

Pentru observarea influenței nocive a noii soluții de evacuare a zgurii și cenușii asupra florei și faunei am efectuat o serie de teste ale influenței extractului apos din fluidul dens asupra algelor, dafniilor și peștilor.

### 5.3. ANALIZA REZULTATELOR EXPERIMENTĂRILOR

Am sintetizat, în Tabelul 5.1, rezultatele experimentărilor.

Analiza rezultatelor experimentărilor se prezintă pe tipurile de determinări de laborator după cum urmează:

#### A. Determinări de laborator specifice pământurilor consolidate:

- *Granulozitatea cenușilor* - am constatat faptul că cenușa de electrofiltre provenită de la CET Timișoara Sud este situată în domeniul prafului și al nisipului fin în proporție de 31 ... 45 %.

Finetea particulelor de cenușă joacă un rol important în procesele chimice de formare a rocii de cenușă consolidată prin mărirea suprafeței specifice a particulelor de cenușă în unitatea de volum. Suprafața specifică crește în funcție de finetea particulelor.

- *Caracteristicile fizice ale probelor de șlam dens consolidat față de cenușa din halda depusă cu tehnologia clasică diferă sensibil. Se constată :*
  - Diferențierea la valoarea densității scheletului mineral al cenușilor [ $\rho_s = (1,186 \dots 2,276) \text{ g/cm}^3$ ];
  - Creșterea densității aparente a șlamului dens [ $\rho = (1,396 \dots 1,549) \text{ g/cm}^3$ ] față de cea a cenușii din halda [ $\rho = (1,179 \dots 1,221) \text{ g/cm}^3$ ];
  - Creșterea semnificativă a densității uscate a materialului care, pentru cenușa din halda Utvin are valoarea  $\rho = (0,614 \dots 0,655) \text{ g/cm}^3$  față de cea a șlamului dens consolidat  $\rho_d = (1,024 \dots 1,071) \text{ g/cm}^3$ .
  - Reducerea indicelui porilor ( $e$ ) și a porozității ( $n$ ) la toate probele de șlam dens față de proba de cenușă din halda Utvin (cenușă depusă pe cale hidraulică după schema clasică-diluată).

Porozitatea  $n$  ( $y$ .) scade la 70,12÷72,02% aferent cenușii de haldă la 52,43÷57,73 la probele de șlam dens.

- Reducerea permeabilității de la coeficientul de permeabilitate  $k = (1,066 \dots 1,534) \times 10^{-3} \text{ cm/s}$ , pentru cenușa din depozitul de zgură Utvin, la  $k_d = (2,649 \dots 8,677) \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ , pentru probele de șlam dens.

**Tab.5.1. Cercetări de laborator- extras din registrul de probe**

1	Nr. ordine amestec	T-1	T-2	T-3	T-9	T-10	Cenușa din haldă		
2	Data efectuării amestecului	03.08.99	03.08.99	03.08.99	04.08.99	04.08.99			
3	Temperatura aer (°C)	27-30	30	31	28	28			
4	Compoziția amestec Raport apă/cenușă	1:1	1:1,3	1:1,5	1:1	1:1			
5	Cantitatea de cenușă (1)	22,5	43,1	49,723	20,5 G	2,2 1,46G 1,1C+ 2,2V	18,1 + +		
6	Temperatura cenușă (°C)	31	27	34	-	24			
7	Cantitatea de apă (l)	20	30	30	20	20			
8	Temperatura apei (°C)	23	24	24	24	23			
9	Timp de amestec (min)	14	7	9	10	12			
10	Densitate amestec (kg/dmc)	1,32	1,42	1,46	1,32	1,355			
11	Temperatura amestec (°C)	36-41	37	38	30	28			
<b>CARACTERISTICI GEOTEHNICE ȘLAM DENS ÎNTĂRIT</b>									
1	Densitatea aparentă (g/cmc)	1.418... 1.458	1.544... 1.549	1.396... 1.422	1.348... 1.425	-	1.179...1.221		
2	Densitatea uscată (g/cmc)	1,024 1,045	1,062... 1,071	1,046... 1,059	0,867... 0,885	-	0,614...0,655		
3	Porozitatea n (%)	52,98... 53,29	52,92... 53,32	52,43... 53,001	56,84... 57,73	-	70,12...72,02		
4	Permeabilitatea k (cm/sec)	2,65 2,73 $\times 10^{-5}$	7,70... 8,67 $\times 10^{-5}$	7,12... 8,12 $\times 10^{-5}$	9,05... 9,68 $\times 10^{-5}$	-	1,06...1,53 $\times 10^{-3}$		
5	Modulul de deformație edometric M (KPa) la inc. vertic. de 2 daN/cmp	16000... 16600	16260... 17390	16130... 18180	8160... 10260	-	4080...5880		
6	Rezistența la forfecare prin forfecare directă	w	$\sigma_{CU}^{\circ}$	45,80	41,20	48,90	28,90	-	35,9
			$c_{CU}$ (daN/cmp)	0,451	0,792	0,635	0,156	-	0,059
		w <sub>sat</sub>	$\sigma_{CU}^{\circ}$	29,70	40,80	39,30	27,70	-	38,4
			$c_{CU}$ (daN/cmp)	0,303	0,259	0,095	0,229	-	0,0201
7	Rezistența la forfecare prin compres. triaxială	CK <sub>0</sub> U In efort efec - tive	$\sigma_{CU}^{\circ}$	41,47	38	Fisurată 30	36	-	44,43
			c' (daN/cmp)	0,1898	-0,0133	0,1801	0,058	-	-0,0484
<b>DETERMINĂRI DE LABORATOR CARACTERISTICE MAT. DE CONSTRUCȚIE ȘI BETOANELOR</b>									
1	Rezistența la compresiune pe cilindru R <sub>med</sub> (N/mmp)	-	0,0299	0,0461	0,0392	3,2006	-		
2	Întindere din încovoiere u <sub>n</sub> (N/mmp)	-	-	-	-	2,50	-		
3	Compresiune (N) u <sub>c</sub> (N/mmp)					6,12			
4	Gelivitatea 11 cicluri	Compresiunea pe proba martor R <sub>m</sub> (N/mm <sup>2</sup> )				5,23			
		Compresiune pe probe supuse gelivității (N/mm <sup>2</sup> )				5,83			

Cicluri alternative Umezire- uscare	Compresiunea pe proba martor	$R_m$					5,08	
	Compresiune pe probe supuse gelivității (N/mm <sup>2</sup> )						5,17	

Categoria de extract	TESTELE DE TOXICITATE			
	ALGE	DAFNII	PEȘTI	REZULTATUL FINAL
Extract apos din cenusa de haldă	Netoxic	Toxic de gradul III	Toxic de gradul III	Puțin toxic
Extract apos din șlam dens întărit	Netoxic	Netoxic	Netoxic	Netoxic

Notă: Caracteristicile geotehnice pentru cenusa de haldă variază între limite mari ( $\phi = 15^\circ-35^\circ$ ;  $c = 0-0,3 \text{ daN/cm}^2$ ) spre deosebire de șlamul dens la care aceste caracteristici sunt mai constante. T-probă cu cenusa CET Timișoara; G-Fosfogips; V - Var Hidratant; C - Ciment

Se constată o variație a permeabilității și funcție de raportul solid-lichid folosit la prepararea probelor de șlam dens.

• *Referitor la compresibilitatea cenușilor – s-au constatat următoarele:*

- Cenusa din haldă prezintă o compresibilitate foarte mare cu o deformație de 8.05 ... 10,65 cm pentru un strat de grosimea de 1,00 m;

- Șlamul dens consolidat din cenusa aferentă CET Timișoara Sud prezintă o compresibilitate medie, comparabilă cu a unui nisip de îndesare medie;

- Caracteristicile fizice determinate pentru proba de șlam dens autoîntăritor cu adaos de fosfogips au fost mai slabe față de probele fără adaos, lucru ce se poate explica pe baza întârzierii proceselor de transformări chimice ce au loc în masa șlamului (vezi valorile probei T9 în comparație cu T1, T2 și T3 .

• *Referitor la rezistența la forfecare (unghiul de frecare interioară  $\phi$  și coeziunea specifică c) – s-au constatat următoarele:*

**a) forfecare directă:**

Pentru probele de șlam dens consolidat aferente CET Timișoara Sud, în condiții de umiditate naturală, valorile parametrilor rezistenței la forfecare sunt cuprinse între  $\Phi_{cu} = (41,20 \dots 48,90)^\circ$  și  $c_{cu} = (0,451 \dots 0,792) \text{ daN/cm}^2$  față de proba din haldă evacuată în tehnologie clasică  $\Phi_{cu} = 35,90^\circ$  și  $c_{cu} = 0,059 \text{ daN/cm}^2$ .

În cazul probelor saturate se observă o scădere a valorii unghiului de forfecare interioară, care la proba T1 (raport de amestec 1:1) ajunge la valoarea  $\Phi_{cu} = 29,70^\circ$  fiind cea mai scăzută valoare. Aceasta se explică parțial prin distrugerea legăturilor interioare dintre particulele solide datorită cantităților de apă în exces. La celelalte probe, unde raportul de amestec era de 1,3 : 1 și 1,5 : 1 valoarea unghiului de forfecare interioară a rămas la  $\Phi_{cu} = 40,80^\circ$  respectiv  $\Phi_{cu} = 39,30^\circ$ .

*Coeziunea specifică* la probele saturate T1 + 3 are valori cuprinse între  $C_{cu} = (0,303-0,095)$  daN/cm<sup>2</sup>.

Valorile scăzute ale parametrilor rezistenței la forfecare în cazul cenușii cu adaos de fosfogips (proba T9) se explică prin întârzierea, cauzată de fosfogips, în formarea legăturilor de cimentare dintre particulele solide.

#### **b) prin forfecare triaxială:**

Valorile eforturilor efective au fost determinate pe probe: consolidat - nedrenat.

Probele cu cenușă de electrofiltru de la CET Timișoara Sud, notate cu T1 - T9 sunt mai fine, având valorile unghiului de frecare mai mici și puțin variabile. La proba T3 care era fisurată, această valoare este de  $\Phi = 30^\circ$  spre deosebire de probele T1 și T2 unde au rezultat valorile  $\Phi = 41,47$ , respectiv  $\Phi = 38^\circ$ . În cazul probei cu adaos de fosfogips s-a obținut o valoare mai scăzută față de probele T1 și T2 ( $\Phi = 36^\circ$ ).

În legătură cu coeziunea, menționez faptul că aceste valori sunt mai mici decât valorile determinate prin forfecare directă. Valorile negative sunt datorate apariției unei presiuni negative în porii din apă.

*Pentru calculele de stabilitate ale parametrilor  $\Phi$  și  $c$  se menționează următoarele:*

- *Probele de șlam dens sunt mai omogene decât depunerile de zgură și cenușă în schema clasică;*
- *Valoarea unghiului de frecare interioară pentru depunerile de zgură și cenușă în sistem clasic prezintă variații mari;*
- *În cazul șlamului dens, valorile unghiului de frecare interioară pot fi mai mari, dar pentru stabilirea lor este necesară efectuarea unui număr mare de determinări.*

#### **B. Determinări de laborator caracteristice materialelor de construcții și betoanelor hidrotehnice.**

- *Rezistențele la compresiune ale probelor de șlam dens fără adaosuri, după o durată de păstrare de cca. 3 luni sunt relativ modeste.*

Probele confecționate cu diferite adaosuri (5% fosfogips, 10% var hidratat, 5% ciment, 80% cenușă) au dat cele mai mari rezistențe la compresiune: cca. 3 N/mm<sup>2</sup> (Mpa) în cazul epruvetelor cilindrice mici.

Epruvetele prismatice confecționate din probele de 30 litri se caracterizează prin rezistența la întindere de 2,5 N/mm<sup>2</sup> și rezistențe la compresiune de 6,12 N/mm<sup>2</sup> și densități de 1350 kg/m<sup>3</sup>.

Este de remarcat faptul că pe capetele de prisme au rezultat rezistențe diferențiate, mult mai mici pe capetele care au reprezentat partea superioară a probelor cilindrice și mai mari pentru partea inferioară. Această comportare diferită poate fi explicată prin cantitatea de apă existentă în epruvetă; la partea superioară proba are mai puțină apă și deci procesul de hidratare este deficitar.

- *Rezistența la îngheț - dezgheț a fost determinată tot pe prisme de 40 x 40 x 160 mm, pe epruvete cu adaos de fosfogips + ciment + var, constatându-se că după 11 cicluri de îngheț - dezgheț pierderea de masă depășește 5% pentru ambele tipuri de cenușă; rezistențele la compresiune nu au scăderi sensibile ci chiar sporuri pentru cenușa de la CET Timișoara Sud.*

Compactarea la ciclurile alternante umezire și uscare este bună după parcurgerea a 10 cicluri.

**C. Determinări privind chimismul componentelor șlamului dens din cenușă, inclusiv a apei drenate.**

- *Compoziția oxidică* a cenușii folosite este asemănătoare celor prezentate, în literatură, evidențiindu-se totuși modificări ale compoziției oxidice în privința contribuției fiecărui oxid component.

Din determinările efectuate s-a stabilit prezența sulfatilor și oxidului de calciu liber și de asemenea a sulfurilor. Prezența oxidului de calciu explică pH-ul ridicat al extractelor apoase. Ca urmare a oxidării lor în timp, prezența sulfurilor și a sulfurilor se diminuează.

- *Analiza granulometrică* a cenușii uscate folosite la prepararea probelor de șlam dens autoîntăritor a scos în evidență faptul că la CET Timișoara predomină cenușa cu un diametru sub 0,90 mm;
- Prezența granulelor de cărbune observată în fracția grobă și pierderea la calcinare de 2,95 % indică o *neomogenitate a temperaturii în zona de ardere* a cazanului și reținerea SO<sub>2</sub> și CO<sub>2</sub> de către oxidul de calciu în zona electrofiltrelor;
- Este cunoscut potențialul poluant al cenușii atât sub aspectul *capacității de salinizare* a apelor de infiltrație datorită prezenței sărurilor cât și a prezenței în cenușă a unor impurificatori prioritari reprezentați prin metalele grele.

➤ Caracteristicile extractului apos (1:10) au condus către următoarele observații:

- Cenușa prezintă 12.7 g/kg substanțe solubile în apa distilată, în care predomină ioni de calciu și sulfat;
- Extrasul în apa distilată (1:10) a prezentat un pH ridicat (10.6, care în decurs de cinci zile, cât a durat extracția s-a redus la 7.5. Reducerea pH-ului, în paralel cu cea a alcalinității față de metil-orange de la 3,6 la 0,2 mval/l s-a explicat prin precipitarea ionului de calciu ca și carbonat cât și prin oxidarea sulfurilor și sulfatilor prezenți în cenușă. Din punct de vedere a componentilor ionici și a metalelor grele extractul apos nu se încadrează în limitele maxime impuse de STAS 1342 - 91 pentru apa potabilă, indicatorii depășiți fiind CCO, Al, Pb, Ca și sulfatul, dar se încadrează în normele de deversare a apelor reziduale în apele naturale conform NTPA-001.
- Extracția cu acid azotic 2N a scos în evidență că cenușile se încadrează în limitele normale pentru soluri (O.G. 756/97) cu excepția concentrației ionului de Cu și Cr ale căror valori se situează între concentrațiile normale și pragul de alertă pentru folosință sensibilă.



- Apa reziduală rezultată la recondiționarea maselor ionice din procesul de dedurizare folosită la prepararea fluidului dens, a avut caracteristicile unei ape de spălare a maselor ionice și nu de regenerare, afirmație susținută de conținutul scăzut de cloruri și conductivitatea scăzută. Ea corespunde, din punctul de vedere al parametrilor determinați, apei potabile, cu excepția consumului chimic de oxigen (CCO) care depășește normele pentru apă potabilă dar se încadrează în normele de deversare a apelor reziduale.
- Pentru caracterizarea fizico-chimică a potențialului de poluare a șlamului dens solidificat au fost folosite aceleași mijloace ca și în cazul cenușii. În plus, au fost folosite și caracteristicile extrasului în soluție tampon (pH = 4,5) de acid acetic și acetat de amoniu.
- Extractul din apa distilată (1:10) a prezentat un pH ridicat la preparare (9,4) care însă pe parcursul celor 20 de zile, cât a durat recoltarea probelor și efectuarea analizei, a scăzut, pentru proba medie, la 7,78, în paralel cu scăderea alcalinității față de metil-orange la 0,3 mval/l. Scăderea pH-ului se explică și în acest caz prin precipitarea carbonatului de calciu și oxidarea sulfurilor și sulfitului prezenți în cenușă și dizolvați apoi în apă. Componentele ionice și metalele grele din extractul apos (1:10) indică faptul că în extractul apos CCO, Ca, sulfatii și aluminiul depășesc valorile maxime prescrise pentru apa potabilă (STAS 1342/91) dar nu depășesc limitele impuse de NTPA-001 privind caracteristicile apelor reziduale ce se deversează în apele naturale. În nici un caz extractul apos nu poate fi considerat un deșeu.
- Extractele la pH acid constant 4,5 realizate cu soluție tampon de acid acetic - acetat de amoniu, au demonstrat creșterea mobilității ionilor de calciu dar și a altor ioni, afirmație motivată atât de creșterea substanțială a concentrațiilor sărurilor dizolvate cât și a unor ioni prezenți în cenușă în cantități mari Ca, Al, Mn. Concentrația unor ioni ca cei de Cd, Cu, Cr, Pb nu au crescut semnificativ. Limitele NTPA - 001 referitor la calitatea apelor reziduale deversate în apele naturale, nu se depășesc decât în ceea ce privește pH-ul și reziduul fix de Al.

Conținutul de metale al fluidului dens solidificat, reflectat prin extractul în soluție 2N acid azotic, indică faptul că acesta nu depășește valorile normale prescrise în Ordinul nr. 756/97 pentru majoritatea metalelor cu excepția Cr și Cu care sunt însă sub pragul de alertă chiar pentru folosințele sensibile. Concentrația celor două metale este sub valoarea normală în soluri considerată pe plan internațional, în Quebec, iar față de cele olandeze numai cuprul depășește valoarea normală, fără a depăși valoarea de alertă.

- Apa scursă prin șlamul dens solidificat are caracteristicile fizico-chimice ale apei brute folosite la prepararea fluidului dens și a compușilor solubili ai cenușii. Salinitatea acestei ape este mai ridicată decât a probelor de extracție cenușă - apa distilată (1:10) dar și (1:2,5). Componenta ionică principală o reprezintă ionul sulfat a cărei concentrație a crescut de 75 de ori în comparație cu conținutul de apă brută. Contribuției acestuia la creșterea salinității se adaugă ionul clorură provenit în proporție de 75% din apa brută. Semnificativă și în acest caz este creșterea de două ori a CCO care s-a dublat indicând prezența în apă a



substanțelor reductoare care sunt conferite de prezența sulfiților și a sulfurilor în cenușă.

Relevantă, în cazul acestor probe, este scăderea accentuată a pH-ului, mai sensibil decât în cazul extractelor de cenușă sau fluid dens în apa distilată. Această comportare se explică prin prezența în apa folosită la prepararea fluidului dens a compușilor carbonici ( $m = 1,8 \text{ mval/l}$ ) care au determinat precipitarea carbonatului de calciu în cantități mari, fenomen mai puțin accentuat în cazul extractelor în apă distilată. Scăderea pH-ului a fost determinată și în acest caz de reacțiile paralele de oxidare a sulfiților și sulfurilor. Aceste observații pot explica comportarea fluidului dens solidificat, privind scăderea permeabilității acestuia și implicit a mobilității poluanților. Precipitarea carbonatului de calciu conduce la cimentarea particulelor fine antrenate de apă spre partea inferioară a masei solidificate.

Valorificarea eficientă a acestor observații, având în final ca obiectiv stabilirea logică a condițiilor de obținere a șlamului dens, conform procedurii propus, presupune continuarea studiului acestui proces în sensul stabilirii etapelor care concură la precipitarea carbonatului de calciu, al cineticii acestor etape, al factorilor care pot influența cinetica acestora, al stabilirii altor faze care precipită din soluțiile rezultate la prepararea fluidului dens precum și a ponderii acestora în masa precipitată.

- Analiza microscopică și de difracție cu raze X a confirmat morfologia particulelor din cenușa uscată și din șlamul dens cât și compoziția mineralogică cunoscută. Aceste analize nu au scos în evidență diferențe esențiale între cenușa uscată și pulberea rezultată prin uscarea probelor de șlam dens solidificat. Totuși ea a evidențiat sărăcirea probelor analizate prin microscopie optică în particule fine. Această observație precum și cea referitoare la turbiditatea scăzută a apei scurse indică reținerea acestor particule fine în straturile inferioare a masei de șlam dens, explicând, alături de precipitarea carbonatului de calciu scăderea permeabilității șlamului dens solidificat.

#### **D. Determinări ale efectelor utilizării tehnologiei de evacuare a zgurii și cenușii în șlam dens asupra biosferei**

- Studiile toxicologice pe alge (*Clorella vulgaris*), dafnii (*Daphnia magna*) și pești de acvariu (gupi - *Lebistes reticulatus*; xifo - *Xiphophrus helleri*) și de râu (carasul argintiu - *Carassius auratus gibelio*) au evidențiat existența în extractul apos de cenușă de termocentrală a unor componente cu potențial toxic de nivel inferior, care se evidențiază până la diluții de 1:10 - 1:100, dependent de condițiile de testare.
- Extractul apos din fluidul dens solidificat nu a influențat negativ procesele vitale la alge, dafnii și pești.
- Se poate considera că:
  - ✓ Extractul apos de cenușă de termocentrală se încadrează în categoria de toxicitate de gradul III.
  - ✓ Extractul apos din fluid dens solidificat intră în categoria netoxic.

- Atât extractul apos din cenușa de termocentrală cât și cel din șlam dens nu influențează în mod semnificativ germinația semințelor de grâu și muștar. Din acest punct de vedere cele două extracte se pot încadra conform criteriului de clasificare recomandat de GEA-EGI în grupa de substanțe netoxice.
- Creșterea bacteriilor din genul *Azobacter* este influențată negativ de extractul de cenușă numai la diluații mai mici de 1/10, ceea ce implică încadrarea extractului în categoria substanțelor netoxice pentru aceste bacterii.
- Specia *Pseudomonas fluorescens* este influențată puternic de prezența extractului de cenușă la diluția 1/10, însă lipsa testării efectului extractului la diluații mai avansate face imposibilă încadrarea într-o grupă de toxicitate.
- Datorită proprietăților chimice și fizice diferite ale tipurilor de sol, rezultatele obținute nu se pot generaliza și utiliza pentru stabilirea efectului ecotoxicologic al extractelor de cenușă asupra bacteriilor din sol.

#### 5.4. CONCLUZII ȘI RECOMANDĂRI

Rezultatele experimentărilor și determinărilor efectuate au confirmat parametrii geotehnici și de protecția mediului superiori depunerilor clasice din halda existentă, lucru ce permite elaborarea de soluții noi, mai economice și performante pentru realizarea sau punerea în siguranță a depozitelor de zgură și cenușă. În comparație cu tehnologia clasică, noua tehnologie aduce următoarele avantaje:

- Presupune cantități reduse de apă / hidroamestec vehiculat / cheltuieli de investiții și exploatare mult mai reduse.
- Capacitate de înmagazinare aproape dublă în unitatea de volum de depozitare, deci dublarea perioadei de funcționare a centralei pe aceeași suprafață de depozitare ocupată.
- Mărirea coeficienților de stabilitate a depozitelor, deci creșterea siguranței în funcționare.
- Face posibilă supraînălțarea și dezvoltarea depozitelor existente sau abandonate deja, deci creșterea capacității de depozitare pe unitatea de suprafață ocupată.
- Asigură ameliorarea substanțială a impactului asupra factorilor de mediu întrucât cenușa este fixată și nu este spulberată de vânt, iar apa de infiltrație este foarte redusă cantitativ și nepoluantă.
- Nu necesită lucrări importante pentru drenarea sau impermeabilizarea cuvetei depozitului, deci asigură reducerea cheltuielilor de investiții.
- Nu necesită lucrări pentru recircularea apei limpezițe, aceasta lipsind.
- Deschide noi posibilități de valorificare a cenușilor ca material de construcții.

Pentru stabilirea rețetei optime de preparare a șlamului dens autoîntărit, din punctul de vedere al dimensionării instalațiilor de preparare și transport al acestuia, cât și din punctul de vedere al utilizării șlamului dens obținut în realizarea depozitelor sau în alte scopuri, este necesară efectuarea unor încercări și determinări de laborator pentru fiecare tip de cenușă rezultată în termocentrală, cenușă a cărei compoziție mineralogică este în strânsă legătură cu natura cărbunelui ars în focarele cazanelor și tipul de ardere în cazan.

Din analizele și determinările de laborator, luând în considerare caracteristicile fizico-chimice precum și cele geotehnice ale șlamului dens preparat, se recomandă, pentru CET Timișoara Sud folosirea unui raport masic de 1,3 : 1 între resturile de ardere (zgură + cenușă) și apa necesară obținerii șlamului dens autoîntăritor.

În perspectiva utilizării șlamului autoîntăritor ca material de construcție, rețeta analizată - având compoziția: 5% fosfogips; 10% var hidratat; 5% ciment; 80% cenușă - a dat rezultate corespunzătoare în privința rezistenței la întindere și compresiune precum și cele pentru rezistența la îngheț - dezgheț.

În baza rezultatelor experimentărilor și determinărilor menționate, am decis realizarea unei instalații de evacuare a cenușii în șlam dens pentru execuția supraînălțării depozitului Utvin aferent CET Timișoara Sud, prin hidromecanizare, cu șlam dens autoîntăritor. Instalația a fost pusă în funcțiune în luna martie 2002.

Șlamul dens este produs într-o instalație fixă semiindustrială, din zgura și cenușa provenită de la un CAF de 100 Gcal/h. Capacitatea instalației este de 20 t/h cenușă, respectiv 30 mc/h șlam dens, asigurând preluarea integrală a produselor arderii de la acest cazan.

*Schema funcțională de principiu adoptată este prezentată în Fig. 5.1.*

Cenușa, colectată de sub preîncălzitoarele de aer (PAR) și electrofiltrele cazanului CAF2, este transportată pneumatic la un siloz, de unde un dozator o introduce în instalația HIDROMIX. Aici se întâlnește cu zgura, colectată de sub focarul aceluiași cazan, transportată hidraulic până la acest punct. Întreg procesul de preluare a reziduurilor de ardere de la CAF2, prepararea și pomparea șlamului dens este automatizat și urmărit pe calculator prin intermediul unui soft adecvat.

La depozitul de la Utvin, șlamul dens de cenușă este depus pe ampriza digunilor de supraînălțare, în incinte succesive create de cenușa depusă anterior în șlam dens și solidificată, asigurând în final supraînălțarea compartimentului I al depozitului. Totodată se are în vedere și acoperirea suprafeței compartimentului în rezervă cu un strat de șlam dens pentru prevenirea spulberării de către vânt.

Instalațiile de evacuare a cenușii și zgurii, produse prin funcționarea celorlalte cazane (CAF1, CA1, CA2 și CA3) lucrează după sistemul clasic. Zgura și cenușa provenite de la fiecare cazan în parte, sunt amestecate cu apă în proporție de 1/10 sau chiar mai mult și transportate hidraulic într-un bazin de colectare. De aici pompele Bagger preiau acest amestec și îl împing prin conductele de transport la halda de depunere de la Utvin, în compartimentele II și III.

Având în vedere experiența căpătată în decursul celor patru ani de exploatare și avantajele pe care le prezintă tehnologia în „șlam dens”, aplicată pentru prima dată în România, se prevede ca în viitorul apropiat să se generalizeze această tehnologie la toate cazanele din C.T. Timișoara Sud.

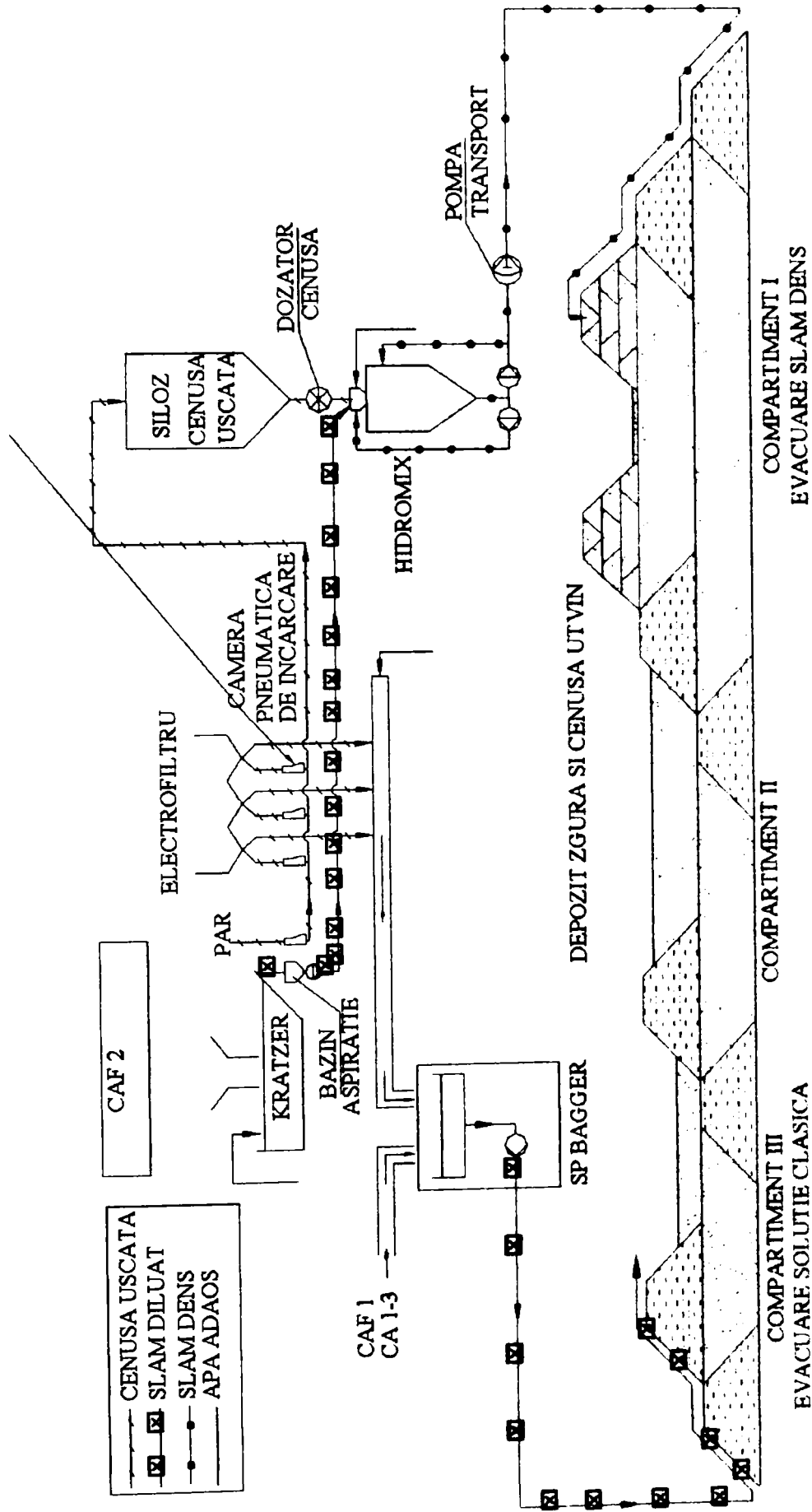


Fig. 5.1. Schema de principiu a evacuării în prezent a cenușii și zgurii de la C.T. Timișoara Sud

## CAPITOLUL 6. STUDIUL PRIVIND DIMINUAREA CONCENTRATIEI OXIZILOR DE SULF IN GAZELE DE ARDERE

### 6.1. METODE DE DESULFURARE A GAZELOR DE ARDERE

#### 6.1.1. Generalități

Efectele poluării cu compuși ai  $SO_x$  sunt dezastruoase pentru mediul înconjurător. Dacă emisiile de  $SO_x$  eliberate în mediul înconjurător din surse naturale (vulcani, fumarole etc.) (78 – 284 Mt  $SO_2$ /an) sunt imposibil de controlat sau de redus, emisiile de  $SO_x$  provenite din activitatea omului (150 – 200 Mt  $SO_2$ /an), pot fi cel puțin parțial, controlate.

Cea mai mare parte a emisiilor de  $SO_x$  rezultate din activitatea umană, provin din procesele de ardere a combustibililor.

Literatura de specialitate [1], [2], [7], [8], [18], [33], [34], [36], [37], [39], [40], [41], [42], [43], în unanimitate consideră că emisiile de  $SO_2$  din termocentrale pot fi reduse prin următoarele metode:

1. epurarea combustibililor în faza de precombustie sau prin arderea unor combustibili superiori, nesulfuroși;
2. măsuri primare bazate pe aplicarea unor tehnologii de ardere nepoluante - intracombustie : arderea cărbunilor în strat fluidizat circulant, concomitent cu desulfurare promptă cu calcar sau dolomită , injecția de carbonat de calciu în focar , ș.a.
3. măsuri secundare care constau în desulfurarea postcombustie a produselor arderii prin diferite procedee tehnologice.

*Epurarea combustibililor* este o metodă greu de utilizat în practica curentă deoarece implică realizarea unui proces de spălare a combustibililor în apă sau în alte medii dense. Costurile acestui proces, adăugate celor ale combustibililor, fac această metodă să fie una prohibitivă. Totuși, ca o metodă complementară epurării combustibililor, se poate decide utilizarea unor combustibili cu conținut redus de sulf.

*Măsurile primare* de diminuare a producerii de oxizi de sulf se bazează în principal pe introducerea în focar a unei cantități corespunzătoare de calcar sau dolomită. Arderea cărbunelui poate fi realizată fie în stare de praf fie în strat fluidizat circulant sau staționar.

*Măsurile secundare* utilizate pentru desulfurarea gazelor de ardere pot fi:

- Procedee uscate: cu cocs activ sau oxid de cupru, cu nahcolite sau trona, ș.a.
- Procedee semiuscate: cu hidroxid de calciu sau carbonat de sodiu;
- Procedee umede : cu absorbantți alcalini, cu amoniac sau absorbant alcalino-pământos.

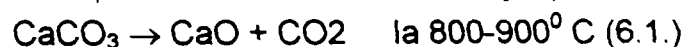
- cu absorbanți alcalini
- cu amoniac
- procedee hibrid

### 6.1.2. Procedeele aditivării cu calcar

Aditivarea cărbunelui praf ca modalitate de reducere a emisiilor de SO<sub>2</sub>, a început să fie studiată în 1971 în S.U.A. și a fost reluată în R.D.G. și R.S.C. în 1974 prin experimentarea pe cazane mari.

În condiții stoechiometrice, pentru legarea a 1 kg de sulf sunt necesare  $56/32 = 1,75$  kg oxid de calciu. Calcarul din R.D.G. a fost utilizat în așa fel, încât raportul molar a fost de  $Ca/S = 1/2$  adică 3,125 kg calcar la 1 kg de sulf conținut în combustibil.

Reacțiile chimice care au loc la injecția calcarului în focar sunt următoarele:



Reținerea pulberii de ghips ( sulfat de calciu) în aval, se realizează fie în electrofiltre calde ( $t_g = 300 - 350^{\circ} C$ ), fie în filtre cu saci.

Astfel de experimentări au avut loc și în Austria, unde 6 cazane ce aparțin unor grupuri de 20 - 330 MW<sub>e</sub> au fost echipate cu instalații de injecție a calcarului în focar [32].

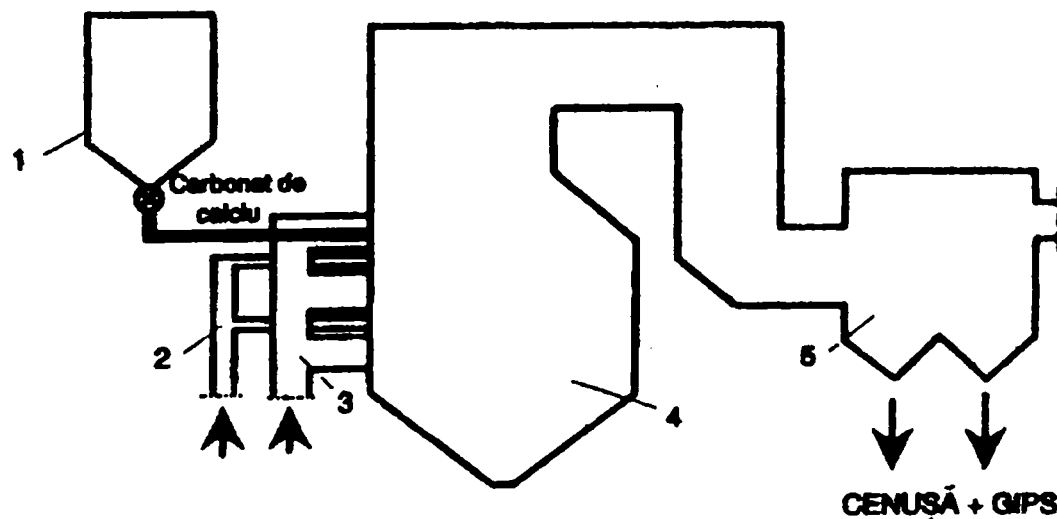


Fig. 6.1. Procedeele „Limestone Additive Process”, aplicat la CTE Voitsberg-Austria

- 1 – buncăr pentru pudră de calcar, 2 – tubatură pentru praf de lignit și aer primar,  
3 – tubatură pentru aer secundar, 4 – focar, 5 – electrofiltru

Introducerea pulberii de carbonat de calciu se face prin fantele de insuflare a aerului secundar. Eficiența instalației de desulfurare este de 50% la o putere a blocului de 330 MW respectiv de 70% la o putere de 180 MW.



In fig. 6.2. se redă variația conținutului de SO<sub>2</sub> prin injecția de carbonat de calciu.

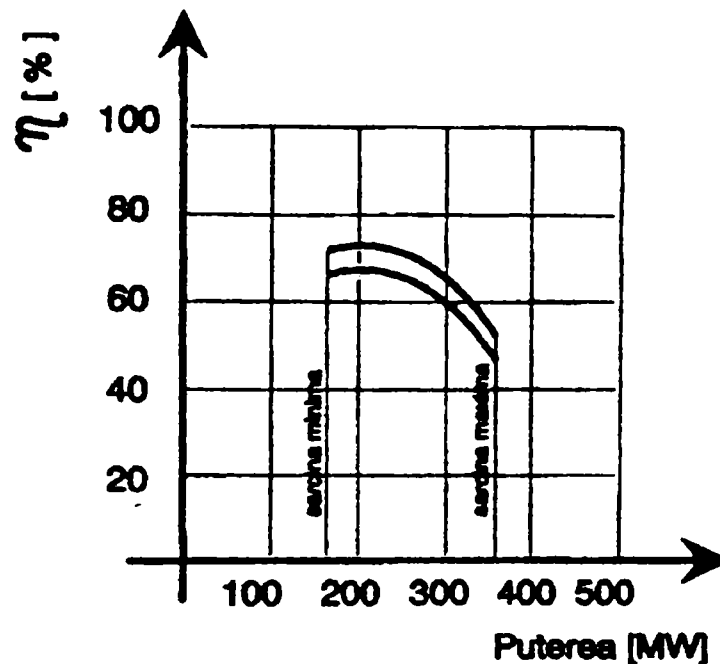
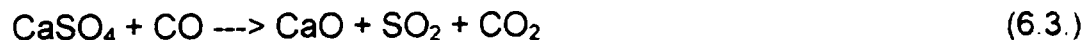


Fig.6.2. Reducerea conținutului de SO<sub>2</sub> prin injecția de carbonat de calciu

Calcinarea, duce la-îndepărtarea dioxidului de carbon din particula de calcar, ceea ce face să apară spații libere și condiții favorabile pentru absorbția dioxidului de sulf. Pentru ca reacția de calcinare și reținere a SO<sub>2</sub> să fie suficient de rapidă este necesară o temperatură în focar de 850 - 1080° C. Dacă t > 1080° C, apare pericolul sinterizării particulelor de oxid de calciu, iar temperatura inferioară valorii de 850° C duce la depunerea de sulfat de calciu pe suportul de calcar insuficient calcinat. Dacă temperatura este peste 1200° C, apare descompunerea termică a sulfatului de calciu după reacțiile:



Calitatea calcarului are un rol deosebit de important în cadrul procesului de desulfurare; s-a constatat că nu toate sortimentele de calcar prezintă aceeași capacitate de absorbție, chiar dacă au aceeași compoziție chimică. Calcarul de carieră este mai activ, comparativ cu carbonatul de calciu pur, obținut în laborator.

Cercetările experimentale au arătat că un rol important îl au granulația și dimensiunea particulei pudrei de oxid de calciu care se formează în focar. Diametrul



mediu optim cel mai vehiculat în literatura de specialitate este de 15 µm. [2], [41], [42], [43].

Concentrația reactanților are de asemenea un rol decisiv pentru rapoarte molare Ca/S de până la 4. Peste această valoare, se constată o aplatizare a curbei de reținere a dioxidului de sulf.

Aditivarea se poate realiza în două variante: pe bandă și în concasor, în ambele cazuri raportul molar Ca/S situându-se între 1,45 și 3, cu randamente ale desulfurării cuprinse între 43 % și 51 %.

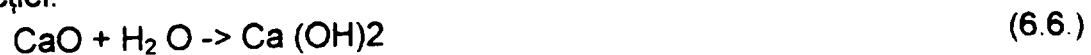
### **6.1.3. Desulfurarea umedă a gazelor de ardere folosind carbonatul de calciu**

Desulfurarea umedă a gazelor de ardere se bazează pe fenomenul de absorbție în care una sau mai multe componente gazoase se dizolvă într-un lichid de spălare.

#### **6.1.3.1. Procedeu de desulfurare a gazelor de ardere cu ajutorul absorbantilor alcalino-pământoși [2]**

În cazul acestui procedeu, se utilizează drept absorbant combinații ale magneziului sau calciului sub formă de oxizi sau carbonați.

Inițial, procedeul bazat pe utilizarea oxidului de calciu, a folosit drept absorbant oxidul de calciu (CaO). Ulterior acesta era „stins” formând hidroxidul de calciu Ca(OH)<sub>2</sub>, conform reacției:



S-a constatat însă că este mai ieftin să se folosească drept absorbant, carbonatul de calciu.

Reacțiile care au loc sunt următoarele:

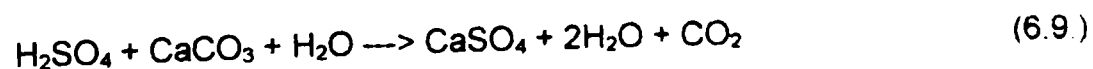
- Absorbția SO<sub>2</sub> și formarea acidului sulfuros



- Transformarea prin oxidare a acidului sulfuros în acid sulfuric



- Neutralizarea și formarea cristalelor de ghips



In fig. 6.3. este prezentată schema de principiu a procesului de desulfurare a gazelor de ardere pe bază carbonat de calciu.

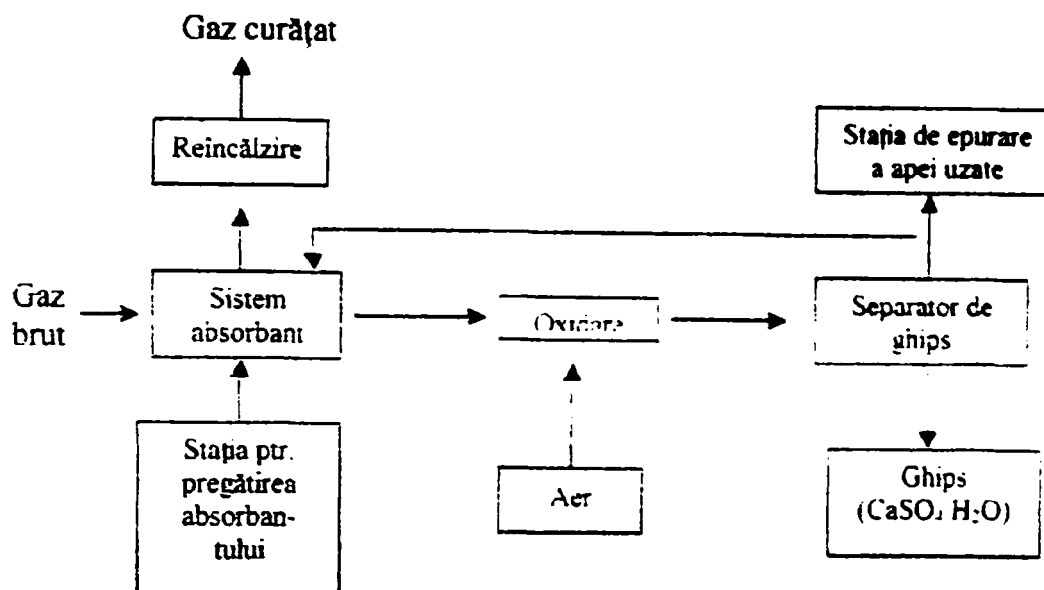


Fig.6.3. Schema de principiu a procesului de desulfurare umedă pe bază de carbonat de calciu

Principiul este următorul: gazele de ardere, în prealabil desprăfuite în electrofiltre sunt introduse în preîncălzitorul regenerativ și apoi în turnul de absorbție .

La intrarea în sistemul absorbant se găsește o zonă de răcire și de saturare în care gazele se răcesc până la temperatura de saturație printr-un sistem de injecție care pulverizează un debit corespunzător de apă de proces.

Gazele de ardere pătrund în zona principală de spălare, unde are loc pulverizarea soluției ce conține absorbantul. Soluția este preluată de pompele de circulație din bazinul de colectare și injectată în mod continuu în zona principală de spălare.

Deasupra zonei de spălare se găsește un separator grosier, apoi un separator fin în care se rețin picăturile sub formă de aerosoli.

Piatra de var, sub formă de pulbere fină, este introdusă cu ajutorul unei instalații de dozare într-un rezervor în care se aduce și apa, amestecul fiind pompat în bazinul turnului de absorbție.

Alimentarea cu material absorbant se realizează în funcție de procentul de dioxid de sulf, în corelație directă cu reglarea valorii pH-ului.

Oxidarea sulfitei de calciu în sulfat de calciu (gips) se petrece în zona de oxidare integrată în turnul de absorbție. Aici se introduce aer cu ajutorul unui compresor, suspensia de gips fiind vehiculată cu ajutorul pompelor de circulație spre hidrociclon, unde se concentrează până la atingerea unui conținut în materii solide de circa 40 % -60 %. Suspensia este apoi trecută printr-un filtru cu depresiune, care are formă de bandă, unde se realizează și spălarea gipsului cu apă pentru a se obține scăderea conținutului de clor.

### 6.1.3.2. *Procedeeul LIFAC și ARA de desulfurare a gazelor de ardere [2]*

Ordinul 462/1993 al MAPPM prevede că, începând cu 01.01.1998 să se reducă cu 50% conținutul de SO<sub>2</sub> din gazele de ardere, provenite de la cazane cu puteri termice mai mari de 150 MW<sub>t</sub>, cu o durată de viață de peste 15 ani a pus multe probleme legate mai ales de efortul financiar.

Ca modalități tehnice și strategice pentru obținerea acestui deziderat s-au preliminat două soluții:

- Schimbarea combustibilului, acolo unde este posibil prin trecerea cazanelor de la funcționarea pe lignit autohton la funcționarea cu ulei de import, cu conținut redus de sulf.
- Desulfurarea gazelor de ardere prin metode primare, intracombustie, secundate de metode secundare semiuscate.

Un astfel de procedeu hibrid este cunoscut sub denumirea LIFAC și a fost dezvoltat de firma Tampella Oy din Finlanda. Acest procedeu se derulează în două faze:

- Injecția carbonatului de calciu (CaCO<sub>3</sub>) sub formă de pudră fină în focar pentru legarea dioxidului de sulf imediat după formare, gradul de desulfurare atins fiind de 40 % - 50 %;
- Injecția de apă sau abur într-un reactor de activare dispus între PAR și electrofiltru unde oxidul de calciu în exces se transformă în hidroxid de calciu, care leagă o parte din dioxidul de carbon de sulful remanent în gazele de ardere rezultând sulfat de calciu.

Randamentul de desulfurare ajunge la mai mult de 80% chiar la un raport molar Ca/S = 1,72.

Dozarea injecției de apă este astfel realizată încât picăturile fine să se evaporeze iar sulfatul de calciu eliberat sub formă de praf prin oxidare să devină sulfat de calciu.

Din cele menționate se constată că rezultă o cantitate corespunzătoare de CaSO<sub>4</sub> și CaO sub formă de praf, care trebuie reținută ulterior în electrofiltru sau în filtru cu saci.

În cazul procedeeului, gazele de ardere se răcesc în reactorul de activare și înainte de a fi îndreptate spre coșul de fum se impune reîncălzirea lor la cca. (100 – 105)° C într-un schimbător de căldură.

Avantajele procedeeului constau în:

- Utilizarea unui reactiv ieftin și disponibil în cantități practic nelimitate;
- Obținerea unui produs final uscat, depozitabil, cu pericolozitate mică pentru mediu;
- Utilizarea unui număr redus de utilaje pentru linia tehnologică ;
- Flexibilitate mare în exploatare și posibilitatea creșterii randamentului de desulfurare, chiar în condițiile reducerii raportului molar Ca/S

Dezavantajele procedurii sunt legate de :

- Consumul mare de reactiv;
- Obținerea unui produs final - deșeu, care trebuie depozitat;
- Reducerea capacității maxime de încărcare a cazanului;
- Creșterea conținutului de praf în gazele de ardere ce intră în electrofiltru.

Reactivarea aditivului (CaO), rezultat din descompunerea calcarului (CaCO<sub>3</sub>), nefolosit în reacțiile de desulfurare a gazelor de ardere și aflat deci în exces în gazele desulfurate în raport de Ca : S = 6 pentru un raport molar inițial Ca : S = 3,5 se poate realiza și în cenușa separată de electrofiltre. Aceasta conține, pe lângă CaO și Ca(OH)<sub>2</sub>.

Cenușa este apoi dirijată spre un reactor de activare unde este introdus aburul care o va prelua și reintroduce în canalul de gaze de ardere desulfurate în prima treaptă, într-un dispozitiv special, propice contactului cât mai intim. Astfel se creează un proces ciclic de activare și recirculare a cenușii, denumit ARA (Ash Recycling Activation Process) care duce în final la randamente de desulfurare de 90%.

## **6.2. STUDIU DE CAZ PRIVIND REDUCEREA CONCENTRAȚIEI OXIZILOR DE SULF DIN GAZELE DE ARDERE PROVENITE DE LA CAZANUL DE APĂ FIERBINTE NR. 2.**

### **6.2.1. Premisele de calcul**

1. Cazanul de apă fierbinte CAF 2 consumă  $B_{hc} = 54.000$  kg/h lignit cu puterea calorifică inferioară  $Hi_c = 8203$  KJ/Kg și  $B_{hgn} = 2500$  mcs/h gaze naturale cu  $Hi_{gn} = 33704$  Kg/mcs.

Având un randament termic brut  $\eta_{tb} = 82\%$  cazanul realizează o putere termică de 120 MW<sub>t</sub> (cu circa 3% mai mare decât puterea termică nominală).

2. Compoziția elementară a cărbunelui și gazului natural sunt prezentate în Tab. 3.10 și 3.12., iar bilanțul material al procesului de ardere staichiometric în Tab. 3.11 și 3.13.

3. Pentru un conținut  $O_{2\ ref} = 6\%$  în gazele de ardere uscate, corespunde o valoare a coeficientului excesului de aer  $\lambda_r = 1,4$ , respectiv cantitatea de gaze uscate  $(V_{gu})_{\lambda_r}^{am} = 4,179894$  m<sup>3</sup><sub>N</sub>/Kg cărbune.

4. Concentrația măsurată a dioxidului de sulf fiind  $C_{SO_2}^* = 4506,66$  mg/m<sup>3</sup><sub>N</sub> (vezi Tab. 3.17) rezultă debitul masic:

$$\dot{m}_{SO_2} = B_{hc} (V_{gu})_{\lambda_r}^{am} \cdot C_{SO_2}^* \cdot 10^{-6} = 54.000 \cdot 4,179894 \cdot 4506,66 \cdot 10^{-6} = 1017,2176 \text{ Kg/h}$$

5. Randamentul desulfurării s-a preconizat  $\eta_{des} = 50\%$ .

6. Se folosește pudră de carbonat de calciu deșeu cu un conținut de carbonat de calciu ( $\text{CaCO}_3$ ) de 92%, diametrul mediu al particulelor mai mic de 15  $\mu\text{m}$  și un rest de a0% pe .....009.
7. Raportul calciu/sulf în focar s-a admis,  $\text{Ca/S} = 2$ .
8. Procentul de căzătură în focar  $a_{\text{cz}} = 10\%$ , iar randamentul electrofiltrului  $\eta_{\text{ef}} = 99,8\%$ .

### 6.2.2. Bilanțul material

Debitul masic de sulf:

$$\dot{m}_s = \frac{1}{2} \dot{m}_{\text{SO}_2} = \frac{1}{2} \cdot 1017,2176 = 508,6088 \text{ [Kg/h]} \quad [6.11]$$

Pentru raportul  $\frac{\text{Ca}}{\text{S}} = 2$ , debitul masic de calciu necesar a fi introdus în focar:

$$\dot{m}_{\text{Ca}} = 2 \cdot \dot{m}_s = 2 \cdot 508,6088 = 1017,2176 \text{ [kg/h]} \quad [6.12]$$

Întrucât masa moleculară a carbonatului de calciu este  $M_{\text{CaCO}_3} = 100$ , iar a calciului  $M_{\text{Ca}} = 40$ , debitul masic de carbonat de calciu deșeu având având 92%  $\text{CaCO}_3$  este :

$$\dot{m}_{\text{CaCO}_3} = \frac{\dot{m}_{\text{Ca}}}{0,92 \cdot 0,4} = 2644,178 \text{ [Kg/h]} \quad [6.13]$$

În focar are loc reacția de descompunere :



care,

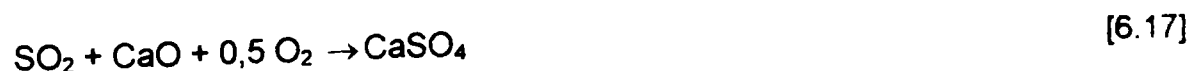
din punct de vedere cantitativ, poate fi scrisă :



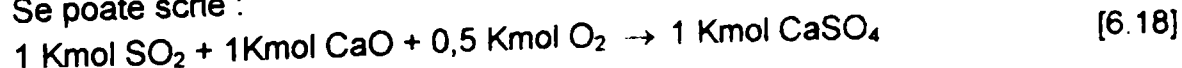
sau :



În mod similar, pentru reacția chimică de formare a sulfatului de calciu anhidru



Se poate scrie :



sau :

$$64 \text{ Kg SO}_2 + 56 \text{ Kg CaO} + 16 \text{ Kg O}_2 = 136 \text{ Kg Ca SO}_4 \quad [6.19]$$

Pe baza relației [6.16], rezultă că prin descompunerea termică a carbonatului de calciu deșeu, se va produce în focar cantitatea de oxid de calciu :

$$\dot{m}_{CaO}^F = 0,56 \dot{m}_{CaCO_3} \cdot 0,92 = 0,56 \cdot 2764,178 \cdot 0,92 = 1424,104 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.20]$$

respectiv cantitatea de dioxid de carbon:

$$\dot{m}_{CO_2}^F = 0,44 \dot{m}_{CaCO_3} \cdot 0,92 = 0,44 \cdot 2764,178 \cdot 0,92 = 1118,939 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.21]$$

În urma reacțiilor chimice în care se leagă doar jumătate din debitul masic de SO<sub>2</sub>, adică :

$$0,5 \cdot \dot{m}_{SO_2} = 0,5 \cdot 1017,2176 = 508,6088 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.22]$$

rezultă conform relației [6.19] un debit de sulfat de calciu

$$\dot{m}_{CaSO_4}^{CF} = \frac{0,5 \cdot \dot{m}_{SO_2} \cdot 136}{64} = \frac{0,5 \cdot 1017,2176 \cdot 136}{64} = 1080,7937 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.23]$$

din care 10% cade în focar, adică 108,07937 Kg/h iar restul de 90% merge împreună cu gazele de ardere la electrofiltru în care se reține :

$$\eta_{EF} \cdot \left( \dot{m}_{CaSO_4} - \dot{m}_{CaSO_4}^{CF} \right) = 0,998(1080,7937 - 108,07937) = 970,7689 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.24]$$

respectiv se evacuează în mediul ambiant :

$$\dot{m}_{CaSO_4}^{MA} = (1 - \gamma \cdot EF) \left( \dot{m}_{CaSO_4} - \dot{m}_{CaSO_4}^{CF} \right) = 1,9454 \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \quad [6.25]$$

Debitul masic de CaO care se leagă de SO<sub>2</sub> pentru a forma CaSO<sub>4</sub>, conform relației [6.19], rezultă

$$\dot{m}_{CaO} = \frac{\dot{m}_{SO_2} \cdot 56}{64} = \frac{1017,2176 \cdot 56}{64} = 890,0654 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.26]$$

Ca urmare în focar rămâne disponibilă cantitatea

$$\dot{m}_{CaO}^D = \dot{m}_{CaO}^F - \dot{m}_{CaO} = 1424,104 - 890,0654 = 534,0386 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.27]$$

din care se evacuează sub formă de „căzătură” :

$$\dot{m}_{CaO}^{CF} = 0,1 \cdot \dot{m}_{CaO}^D = 0,1 \cdot 534,0386 = 53,404 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.28]$$

- se reține în electrofiltru

$$\dot{m}_{CaO}^{EF} = \eta_{EF} \cdot \left( \dot{m}_{CaO}^D - \dot{m}_{CaO}^{CF} \right) = 0,998(534,0386 - 53,404) = 480,6364 \left[ \frac{\text{Kg}}{\text{h}} \right] \quad [6.29]$$

- se evacuează în mediul ambiant

$$\dot{m}_{Ca}^{MA} = (1 - \eta_{EF}) \left( \dot{m}_{CaO}^D - \dot{m}_{CaO}^{CF} \right) = (1/0,998)(534,0386 - 53,404) = 0,9613 \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad [6.30]$$

Debitul masic de cenușă format în focar :

$$\dot{m}_{cen}^{tot} = B_{hc} \cdot A = 54.000 \cdot 0,182 = 9828 \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad [6.31]$$

din care se elimină în focar

$$\dot{m}_{cen}^{CF} = 0,1 \cdot \dot{m}_{cen}^{tot} = 0,1 \cdot 9828 = 982,8 \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad [6.32]$$

iar restul ajunge în electrofiltru :

$$\dot{m}_{cen}^{EF} = \dot{m}_{cen}^{tot} - \dot{m}_{cen}^{CF} = 9828 - 982,9 = 8845,2 \left[ \frac{Kg}{h} \right] \quad [6.33]$$

Debitul total de praf ajuns la electrofiltru :

$$\begin{aligned} \dot{m}_{praf}^{EF} &= \dot{m}_{cen}^{EF} + \left( \dot{m}_{CaSO_4}^D - \dot{m}_{CaSO_4}^{CF} \right) + \left( \dot{m}_{CaO}^D - \dot{m}_{CaO}^{CF} \right) = 8854,2 + \\ &+ (1080,7939 - 108,07937) + (534,0386 - 53,404) = 10298,549 \left[ \frac{Kg}{h} \right] \end{aligned} \quad [6.34]$$

Creșterea sarcinii electrofiltrului :

$$\Delta S_{praf}^{EF} = \frac{\dot{m}_{praf}^{EF} - \dot{m}_{cen}^{EF}}{\dot{m}_{cen}^{EF}} \cdot 100 = \frac{10208,549 - 8845,2}{8845,2} \cdot 100 = 16,43[\%] \quad [6.35]$$

Creșterea conținutului de praf la emisie în gazele de ardere uscate cu  $O_{2\text{ ref}} = 6\%$ , rezultă :

$$\Delta C_{praf} = \frac{\left( \dot{m}_{CaSO_4}^{MA} \right) 10^6}{B_{hc} (Vgu)_{ar}} = \frac{(1,9454 + 0,9613) \cdot 10^6}{54.000 \cdot 4,179894} = 12,877 \left[ \frac{mg}{m^3 N} \right] \quad [6.36]$$

Dacă concentrația prafului la emisie înainte de aditivare a fost  $C_{praf}^* = 75,2 \left[ \frac{mg}{m^3 N} \right]$ ,

după aditivare va crește la valoarea :

$$C_{praf}^f = C_{praf}^* + \Delta C_{praf} = 75,2 + 12,877 = 88,077 \left[ \frac{mg}{m^3 N} \right] \quad [6.37]$$

Debitul volumic de  $CO_2$  rezultat din arderea combustibilului



$$V_{CO_2}^{ard} = B_{hc} \cdot V_{CO_2}^{am} = B_{hc} \left[ V_{CO_2}^{am} + n \cdot V \frac{gn}{CO_2} \right] = 54.00(0,433837 + 0,043889 \cdot 1,0091) =$$

$$= 26063,55 \left[ \frac{m^3 N}{h} \right] \quad [6.38]$$

în care :

$$V_{CO_2}^C = 0,43837 \left[ \frac{m^3 N}{Kg_c} \right], \quad \text{și}$$

$$V_{CO_2}^{gn} = 1,0091 \left[ \frac{m^3 N}{m^3 N} \right]$$

$$n = \frac{Bhg_n}{B_{hc}} = 0,043889 \left[ \frac{m^3 N}{Kg_c} \right]$$

conform datelor din tabelele 3.11, 3.13 și 3.20.

Debitul volumic de CO<sub>2</sub> rezultat prin descompunerea termică a carbonatului de calciu în focar, este :

$$V_{CO_2}^d = m_{CO_2}^F \frac{22,414}{44} = 1118,939 \frac{22,414}{44} = 569,9977 \left[ \frac{m^3 N}{h} \right] \quad [6.39]$$

Ca urmare debitul volumic total de CO<sub>2</sub> devine,

$$V_{CO_2}^t = V_{CO_2}^{ard} + V_{CO_2}^d = 26063,55 + 569,9977 = 26633,5477 \left[ \frac{m^3 N}{h} \right] \quad [6.40]$$

iar conținutul acestuia în gazele de ardere uscate cu O<sub>2</sub> ref = 6% ajunge

$$(CO_2)_f = \frac{V_{CO_2}^t \cdot 100}{B_{hc} \cdot (V_{gn})_{Ar} + V_{CO_2}^C} = \frac{26633,5477 \cdot 100}{54.000 \cdot 4,179894 + 569,9977} = 11,77[\%] \quad [6.41]$$

înregistrând o creștere

$$\Delta(CO_2)_f = \frac{V_{CO_2}^d \cdot 100}{B_{hc} (V_{gu})^{am}} = \frac{569,9977 \cdot 100}{54.000 \cdot 4,179894 + 569,9977} = 0,25\% \quad [6.42]$$

### **6.2.3. Concluzii**

1. Procedeu de desulfurare a gazelor de ardere prin introducerea carbonatului de calciu deșeu în focar poate asigura o micșorare cu circa 50% a concentrației oxizilor de sulf.
2. Procedeu este ieftin fiindcă nu reclamă decât investiții minore. Dintre cele două posibilități de introducere a carbonatului de calciu – insuflat sub formă de praf în focar sau dozarea pe banda Rädler – ultima variantă este cea mai simplă, motiv pentru care se va experimenta.
3. Aplicarea acestui procedeu prezintă și următoarele dezavantaje :
  - 3.1. Concentrația prafului la emisie crește de la  $C_{praf}^* = 75,2mg / m^3 N$  la  $C_{praf}^f = 88,077mg / m^3 N$  depășind astfel concentrația limită  $C_{praf}^{lim} = 84,82mg / m^3 N$
  - 3.2. Conținutul de CO<sub>2</sub> în gazele de ardere uscate crește cu circa 0,25% ceea ce conduce la umărirea efectului de seră, însă nesemnificativ.
4. Nu trebuie omis că acest procedeu, (când vor exista fondurile necesare), poate fi transformat relativ ușor într-un procedeu hibrid, mult mai eficient din punct de vedere al desulfurării gazelor de ardere

## CAPITOLUL 7. REDUCEREA EMISIILOR DE NOXE LA C.T.SUD PRIN MONTAREA UNUI GRUP DE 19,7 MW ÎN CONTRAPRESIUNE

### 7.1. DESCRIEREA PROIECTULUI

Scopul proiectului inițiat la CT Sud și gestionat în totalitate de subsemnatul, este și acela de a produce în cogenerare energia electrică și termică prin utilizarea aburului produs în cele trei cazane de abur industrial.

Prin implementarea acestui proiect, începând cu anul 2007 vom produce în cogenerare 66860 MWh/an, iar energia termică produsă va fi de 600240 Gcal/an.

Costul proiectului este de 5,433 milioane Euro. El este finanțat din fondurile proprii al societății SC COLTERM SA, dar s-a apelat, având în vedere acordurile dintre guvernele român și suedez, și la un program de tip „Joint Implementation”.

Proiectul propus înlocuiește energia electrică produsă în SEN în termocentrale în condensatie cu cărbune cu energie electrică produsă în cogenerare.

Energie electrică utilizată în prezent la CT Sud este produsă în centrale ce folosesc scheme cu eficiență scăzută. Această energie tranzitează și instalațiile de transport, transformare și distribuție, rezultând pierderi însemnate (aproximativ 14%).

Ciclul energetic estimat ce va include o turbină cu abur cu contrapresiune de 19,7 Mwe reprezintă soluția optimă pentru CT Timișoara Sud.

Prin implementarea proiectului propus mai sus apar reduceri de emisii de gaze cu efect de seră (GES) ce totalizează 36670 t CO<sub>2</sub>/an.

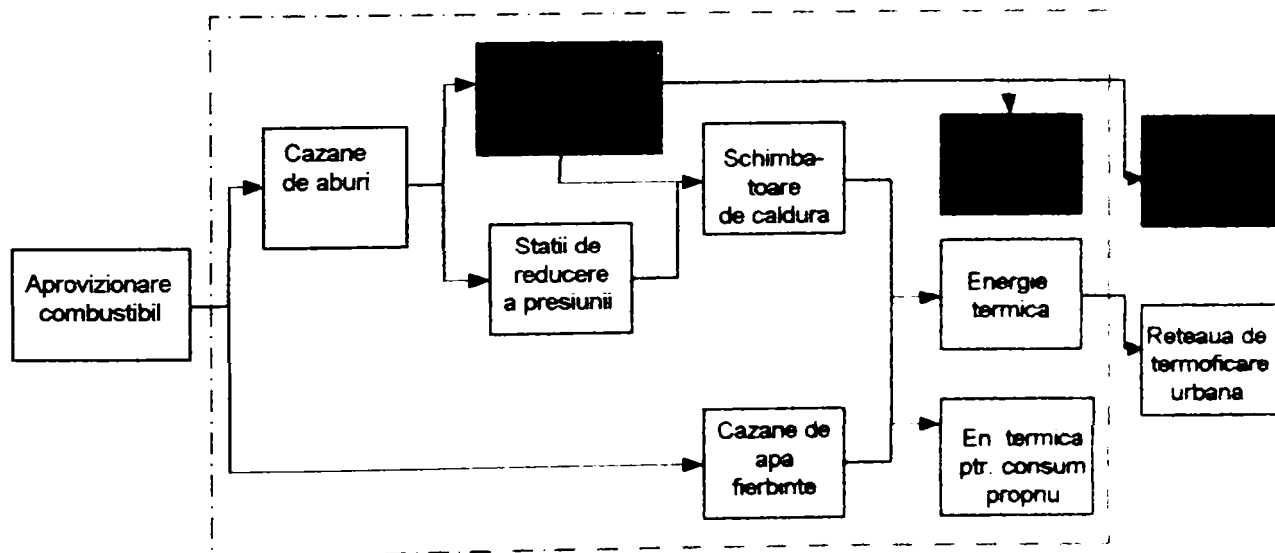


Fig. 7.1. Schema ciclului energetic C.T.Sud

În continuare se prezintă modul de calcul al reducerilor de emisii de gaze cu efect de seră pe surse.

## 7.2. DESCRIEREA FORMULEI FOLOSITE PENTRU ESTIMAREA EMISIILOR GENERATE DE ACTIVITĂȚILE PROIECTULUI

Pași în calcularea emisiilor de gaze cu efect de seră:

1. Calculul producției de căldură incluzând încărcarea echipamentului pentru fiecare regim specific de funcționare.
2. Calculul producției de căldură pentru fiecare regim de funcționare folosind formula:

$$Q_1 = q \times t, \quad [7.1.]$$

$$Q = \sum Q_i \quad [7.2.]$$

Q producția anuală de căldură [MWh/an]

$Q_i$  producția totală de căldură per încărcarea nominală a echipamentului [MWh/an]

q regimul mediu de funcționare per regim nominal de funcționare [MW]

t durata folosirii regimului nominal de funcționare [h/an]

3. Calculul producției de energie electrică pentru fiecare regim de funcționare folosind formula:

$$E_i = P \times t, \quad [MWh] \quad [7.3.]$$

$$E_{\text{proiect}} = \sum E_i \quad [MWh] \quad [7.4.]$$

$E_{\text{proiect}}$  producția anuală de energie electrică [MWh/an]

$E_i$  producție totală de energie electrică per încărcarea nominală a echipamentului [MWh/an]

P regimul mediu de funcționare per regim nominal de funcționare [MW]

t durata folosirii regimului nominal de funcționare [h/an]

4. Estimarea consumului de energie electrică folosită pentru consumul intern în [MWh/an] pe baza datelor istorice și a estimărilor făcute în studiul de fezabilitate (incluzând energia electrică pentru pomparea condensatului pe întregul lanț tehnologic până la cazanele de abur).

Estimarea energiei electrice înlocuite în SEN ca diferență între energia electrică produsă și cea consumată pentru nevoile proprii.

5. Calcularea consumului de combustibil pentru fiecare regim de funcționare:

$$B_{\text{proiect}} = b_{E_{\text{proiect}}} \times E_{\text{proiect}} + b_Q \times Q, \quad [MWh] \quad [7.5.]$$

$B_{\text{proiect}}$  consum anual de combustibil [MWh/an]

$b_{E\text{proiect}}$  consum specific de combustibil pentru energie electrică [kWh/kWh]

$b_Q$  consum specific de combustibil pentru energie termică [kWh/kWh]

(consumul specific de combustibil pentru producerea energiei termice este considerat a fi egal consumului specific de combustibil pentru producerea energiei termice în situația de bază).

6. Transformarea consumului anual de combustibil în [TJ/an].

7. Stabilirea cantității de gaz natural folosit (în TJ/an) și a cantității de cărbune (lignit) (în TJ/an) ținând cont de datele istorice furnizate de către entitatea proiectului.

Consum de gaz natural:  $B_{gnc} = 31 \% \times B_{\text{proiect}}$  [TJ/an] [7.6.]

Consum de lignit:  $B_l = 69 \% \times B_{\text{proiect}}$  [TJ/an] [7.7.]

8. Calcularea emisiilor de carbon pentru fiecare tip de combustibil folosind indicii IPCC privind conținutul de carbon al fiecărui tip de combustibil.

Conținutul de carbon pentru gnc:  $C_{cgnc} = 15.3 [t_c/an] \times B_{gnc} [TJ/an]$  [t<sub>c</sub>/an]

Conținutul de carbon pentru lignit:  $C_{cl} = 27.6 \times B_l [TJ/an]$  [t<sub>c</sub>/an]

Conținut de carbon total:  $C_C = C_{cgnc} + C_{cl}$  [t<sub>c</sub>/an] [7.8.]

9. Calcularea emisiilor de metan (CH<sub>4</sub>) pentru fiecare tip de combustibil folosind indicii IPCC (Comitet Interguvernamental privind Schimbările Climatice) privind conținutul de metan specific pentru fiecare combustibil.

CH<sub>4</sub> pentru gnc:  $C_{CH_4\ gnc} = 1.4 [kg/TJ] \times B_{gnc} [TJ/an]$  [kg<sub>CH<sub>4</sub></sub>/an] [7.9.]

CH<sub>4</sub> pentru lignit:  $C_{CH_4\ l} = 1 [kg/TJ] \times B_l [TJ/an]$  [kg<sub>CH<sub>4</sub></sub>/an] [7.10.]

Conținut de CH<sub>4</sub> total:  $C_{CH_4} = C_{CH_4\ gnc} + C_{CH_4\ l}$  [kg<sub>CH<sub>4</sub></sub>/an] [7.11.]

10. Calcularea emisiilor de oxid de azot (N<sub>2</sub>O) pentru fiecare tip de combustibil folosind indicii IPCC privind conținutul de oxid de azot pentru fiecare combustibil.

Conținut de N<sub>2</sub>O pentru gnc:  $C_{N_2O\ gnc} = 0.1 [kg/TJ] \times B_{gnc} [TJ/an]$  [kg<sub>N<sub>2</sub>O</sub>/an] [7.12.]

Conținut de N<sub>2</sub>O pentru lignit:  $C_{N_2O\ l} = 1.4 [kg/TJ] \times B_l [TJ/an]$  [kg<sub>N<sub>2</sub>O</sub>/an] [7.13.]

Conținut total de N<sub>2</sub>O:  $C_{N_2O} = C_{N_2O\ gnc} + C_{N_2O\ l}$  [kg<sub>N<sub>2</sub>O</sub>/an] [7.14.]

11. Corectarea cantității de carbon din combustibil folosind indicii IPCC.

Conținutul corectat de carbon pentru gaz natural:

$$C_{C\ gnc} = C_{cgnc} \times 0.995 \quad [t_c/an]$$

Conținutul corectat de C pentru lignit:  $C_{C\ l} = C_{cl} \times 0.98 \quad [t_c/an]$

Conținut total corectat de carbon:

$$C_{C_c} = C_{C_{gnc}} + C_{Cl} \quad [t_c/an] \quad [7.15.]$$

12. Determinarea emisiilor de CO<sub>2</sub> pentru proiect.

Cantitatea de CO<sub>2</sub> rezultată în urma activităților proiectului este:

$$C_{CO_2} = C_{C_c} \times 44/12 \quad [t_{CO_2}/an] \quad [7.16.]$$

13. Calcularea potențialului de încălzire globală a CH<sub>4</sub> și N<sub>2</sub>O folosind indicii IPCC.

Echivalentul de CO<sub>2</sub> pentru gaze este:

$$\begin{aligned} &21 - \text{pentru CH}_4 \\ &310 - \text{pentru N}_2\text{O} \end{aligned}$$

Cantitatea de CO<sub>2</sub> rezultată din arderea combustibililor este:

$$\text{Conținutul de CO}_2 = C_{CO_2} + 21 \times C_{CH_4} / 1000 + 310 \times C_{N_2O} / 1000 \quad [t_{CO_2}/an] \quad [7.17.]$$

### **Descrierea formulei ce determină reducerea indirectă a emisiilor de gaze cu efect de seră în afara granițelor proiectului (leakages)**

Considerând ca proiectul nu generează emisii indirecte rezulta ca nu există leakages. Sursa potențială de leakages este considerată o sursă de emisii de gaze cu efect de seră din afara granițelor proiectului.

### **Emisiile generate de către activitățile proiectului**

$$\text{Conținutul de CO}_2 (E3) = C_{CO_2} + 21 \times C_{CH_4} / 1000 + 310 \times C_{N_2O} / 1000 \quad [t_{CO_2}/an] \quad [7.18.]$$

### **Descrierea formulei folosite la estimarea emisiilor de gaze cu efect de seră în calculul de bază**

1. Calcularea producției de căldură incluzând regimul de funcționare al echipamentului per regimul nominal.
2. Calcularea producției de căldură conform datelor istorice se face conform 7.1, 7.2.

Conform datelor istorice și previziunilor făcute de către SC COLTERM SA, producția de căldură este de aproximativ 698079 MWth.

3. Estimarea energiei electrice pentru consumul propriu și producția suplimentară de energie electrică [MWh/an] pe baza datelor istorice și a estimărilor făcute în studiul de fezabilitate (conform datelor privitoare la pierderile de energie electrică în SEN)

NOTĂ: Zona Timișoara este alimentată cu energie electrică din SEN. Sursele de producere de energie electrică din zonă sunt foarte mici în comparație cu energia electrică necesară. De aceea, energia electrică este transportată de la producător în rețea; transportul și distribuția implică pierderi energetice. În calculul de bază am inclus numai pierderile energetice cauzate de consumul propriu al SC COLTERM SA, nu și pierderile datorate transportului și distribuției energiei electrice consumate în zona Timișoara. Există o lipsă acută de date privitoare la pierderile în SEN, totuși am preluat date din studii confidențiale ce evidențiază pierderi în SEN de aproximativ 14-15% (transport, transformare și distribuție).

Pe baza datelor privitoare la operarea noilor echipamente și a datelor privitoare la consumul propriu cât și a celor privitoare la pierderile energetice din SEN, am calculat cantitatea totală de energie electrică ce ar trebui produsă în SEN **dacă proiectul nu va fi implementat.**

$$E = E \text{ pentru consum propriu (operațiuni curente)} * \text{pierderi rețea} + E \text{ produsă de noul echipament} = 24578 \times 14 \% \text{ [MWh/an]} + 66862 \text{ [MWh/an]} = 70303 \text{ [MWh/an]}$$

Dacă proiectul nu va fi implementat, toată această cantitate de energie electrică va trebui fi produsă în SEN (70303 MWh/an).

Există trei opțiuni posibile pentru furnizarea energiei generate de către proiect, în absența acestuia:

1. Sursele existente ce acoperă vârful curbei de sarcină în SEN, la dispoziția dispecerului;
2. Sursele ce ar fi fost construite în SEN în absența proiectului propus pentru acoperirea vârfului curbei de sarcină, sau;
3. Ambele variante de mai sus.

Am calculat raportul dintre puterea instalată a noului echipament și puterea instalată a facilităților de producere a energiei electrice funcționând pe combustibil fosil în SEN. Datorită acestui raport (aproximativ 0,12 %) și a raportului dintre producția anuală de electricitate estimată a noului echipament și valoarea medie din ultimii cinci ani a producției de electricitate produsă prin arderea de combustibili fosili (aproximativ 0,3%), putem estima ca noua facilitate de producție nu va avea o influență semnificativă asupra SEN. De aceea putem estima că proiectul "va avea un impact neglijabil asupra planului de construire de noi capacități de producție a energiei electrice", variantele (2) și (3) fiind respinse.

De aceea, cel mai probabil scenariu de bază este varianta **(1), centrală marginală.**

Pentru a justifica și explica alegerea făcută, vom defini centralele electrice ce funcționează în baza curbei de putere și la vârful curbei de putere din sistemul energetic românesc (SEN). Datorită condițiilor de operare speciale și a prețurilor scăzute a energiei electrice, centrala nucleară de la Cernavodă operează în bază; la nivel de SEN, de asemenea centralele hidroelectrice mari funcționează tot în bază, din cauza unor restricții de funcționare. Ținta României pentru folosirea de energii regenerabile



(incluzând marile centrale hidro-electrice) este de 33% din totalul producției energetice, până în anul 2010. De aceea, sursele de energie regenerabilă vor fi de asemenea considerate ca surse ce operează în bază. Potrivit raportului ANRE pentru 2004, Hidroelectrică a produs în anul respectiv aproape 31% din totalul energiei electrice din SEN.

Așa cum este menționat în „Strategia pentru sectorul energetic 2003-2015”, o a doua unitate nuclear-electrică va fi operațională în anul 2010. Puterea instalată a acesteia va fi de 700MW. În același timp, este așteptată o creștere a PIB cu 4-5% pe an urmată de o creștere anuală a consumului de energie electrică cu 2,7%. Această creștere a consumului de energie electrică va permite noului grup nuclear să funcționeze fără a provoca perturbații semnificative în operațiunile curente din SEN.

În concluzie, singurele centrale din România ce funcționează în bază sunt cele hidroelectrice (incluzând și celelalte surse de energie regenerabilă) și centrala nuclear-electrică de la Cernavodă, cele marginale fiind centralele ce operează pe combustibili fosili. Considerând evoluția și prețul gazului natural pe piața internațională și puterea disponibilă pe cărbune, putem afirma că centralele marginale sunt cele pe cărbune.

MU	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Consum specific de combustibil pentru centralele pe lignit $g_{cc}/Kwh$	314	310	299	295	300	284	266	268	242	268	260	255
Consum specific de combustibil pentru centralele pe lignit $g_{cc}/Kwh$	449	443	427	421	429	406	380	383	346	383	371	364

**Tabel 1: Consum specific de combustibil pentru centrale electrice pe cărbune**

Pentru calculele următoare, din motive conservatoare se va folosi consumul minim specific de 346 gcc/kWh (2.816 kWh/kWh).

4. Calculul consumului de combustibil pentru electricitate:

$$B_E = b_E \times E \quad [MWh/an] \quad [7.21.]$$

$B_E$  – consumul anual de combustibil [MWh/an]

$b_E$  – consumul specific de combustibil pentru electricitate [kWh/kWh]

$E$  – producția anuală de energie electrică în SEN, incluzând pierderile din transportul energiei din rețea către CET Timișoara Sud, pentru consum propriu [MWh/an]

$$B_E = 2.816 \times 70303 = 197973 [MWh/an] = 713 [TJ/an]$$

5. Calculul cantității de CO<sub>2</sub> rezultat:

$$C_{CO_2E} = (714 \times 27,6 \times 0.98) \times 44/12 = 70706 [t_{CO_2}/an] \quad [7.22.]$$

6. Calculul emisiei de CH<sub>4</sub> în baza indicilor IPCC privind conținutul de CH<sub>4</sub> în combustibil.

Conținutul de emisii de metan (CH<sub>4</sub>) pentru lignit:

$$C_{CH_4} = 1 \text{ [kg/TJ]} \times B_1 \text{ [TJ/an]} \quad \text{[kg}_{CH_4}\text{/an]} \quad [7.23.]$$

Conținutul total de emisii de CH<sub>4</sub> :

$$C_{CH_4} = C_{CH_4} \quad \text{[kg}_{CH_4}\text{/an]}$$

$$\text{Total emisii CH}_4 = 713 * 1 / 1000 = 0.71 \quad \text{[t}_{CH_4}\text{/an]}$$

7. Calculul emisiei de N<sub>2</sub>O în baza indicilor IPCC privind conținutul de N<sub>2</sub>O în combustibil

Conținut de emisii N<sub>2</sub>O pentru lignit:

$$C_{N_2O} = 1.4 \text{ [kg/TJ]} \times B_1 \text{ [TJ/an]} \quad \text{[kg}_{N_2O}\text{/an]} \quad [7.24.]$$

Conținut de emisii N<sub>2</sub>O total:  $C_{N_2O} = C_{N_2O}$  [kg<sub>N2O</sub>/an]

Emisii totale de N<sub>2</sub>O = 713 \* 1.4 / 1000 = 1 [t<sub>N2O</sub>/an]

8. Calculul potențialului de încălzire globală pentru CH<sub>4</sub> și N<sub>2</sub>O folosind indicii IPCC:

Echivalentul de CO<sub>2</sub> pentru aceste gaze este:

21 – pentru CH<sub>4</sub>

310 – pentru N<sub>2</sub>O

$$\begin{aligned} \text{Echivalentul CO}_2 &= \text{Emisii totale de CH}_4 * 21 + \\ &+ \text{Emisii totale de N}_2\text{O} * 310 = 1.71 \end{aligned} \quad \text{[t}_{CO_2eq}\text{/an]} \quad [7.25.]$$

Din motive de abordare conservatoare nu vom include această sumă în cantitatea de emisii totale de CO<sub>2eq</sub>.

9. Calculul consumului de combustibil pentru energie termică la fiecare regim de funcționare, pentru operațiunile curente, folosind formula:

$$B = b_Q \times Q, \quad \text{[MWh/an]} \quad [7.26.]$$

$b_Q$  – consum specific pentru energie termică [kWh/kWh]

Conform datelor furnizate de către SC COLTERM SA, consumul mediu specific de combustibil al echipamentului instalat în CET Sud este de aproximativ 1.267 MWh/MWth. Energia termică realizată este de 698079 MWth.

$$B = b_Q \times Q = 1.267 * 698079 = 884466 \quad \text{[MWh]} \quad [7.27.]$$

10. Transformarea consumului anual de combustibil în TJ/an

$$B = 884466 * 0.036 = 3184 \text{ TJ/an}$$

**11. Stabilirea cantității de gaz natural folosit (în TJ/an) și a cantității de cărbune (lignit) (în TJ/an) pe baza datelor istorice colectate de la S.C. COLTERM S.A.**

Consum de gaz natural:  $B_{gnc} = 31,33 \% \times B$  [TJ/an] [7.28.]

Consum de lignit:  $B_l = 68,66 \% \times B$  [TJ/an] [7.29.]

Conform datelor istorice, structura combustibilului pentru producția de energie termică la CET Sud este:

- gaz natural: 31,33 %
- lignit: 68,66 %

Calculul emisiilor de carbon pentru fiecare tip de combustibil în parte, folosind indicii IPCC:

Conținutul de carbon pentru gaz natural:

$$C_{cgnc} = 15,3 \text{ [tC/an]} \times B_{gnc} \text{ [TJ/an]} \text{ [tC/an]} \quad [7.30.]$$

Conținutul de carbon pentru lignit:  $C_{cl} = 27,6 \times B_l$  [TJ/an] [tC/an] [7.31.]

Conținut total de carbon:  $C_C = C_{cng} + C_{cl}$  [tC/an] [7.32.]

Conținutul de carbon corectat pentru fiecare combustibil folosind indicii IPCC:

Conținut corectat de C pentru gaz natural:  $C_{C_{cng}} = C_{cgnc} \times 0,995$  [tC/an] [7.33.]

Conținut corectat de C pentru lignit:  $C_{C_{cl}} = C_{cl} \times 0,98$  [tC/an] [7.34.]

Conținut total corectat de C:  $C_{Cc} = C_{C_{cng}} + C_{C_{cl}}$  [tC/an] [7.35.]

Determinarea emisiilor de CO<sub>2</sub> pentru proiect:

Cantitatea de CO<sub>2</sub> rezultată în urma activității proiectului:

$$C_{CO_2} = C_{Cc} \times 44/12 \text{ [tCO}_2\text{/an]} \quad [7.36.]$$

$$C_{CO_2} = (3184 \times 31,33 \% \times 15,3 \times 0,995 + 3184 \times 68,67 \% \times 27,6 \times 0,98) \times 44/12 = 272439 \text{ [tCO}_2\text{/an]}$$

**12. Calculul emisiilor de CH<sub>4</sub> pentru fiecare tip de combustibil folosind indicii IPCC:**

Conținut CH<sub>4</sub> pentru gaz natural:

$$C_{CH_4 \text{ gnc}} = 1,4 \text{ [kg/TJ]} \times B_{ng} \text{ [TJ/an]} \text{ [kg CH}_4\text{/an]} \quad [7.37.]$$

Conținut CH<sub>4</sub> pentru lignit:  $C_{CH_4 l} = 1 \text{ [kg/TJ]} \times B_l$  [TJ/an] [kg CH<sub>4</sub>/an] [7.38.]

Conținut total CH<sub>4</sub>:  $C_{CH_4} = C_{CH_4 \text{ gnc}} + C_{CH_4 l}$  [kg CH<sub>4</sub>/an] [7.39.]

$$\text{Total emisii CH}_4 = 3184 \times 31,33 \% \times 1,4 / 1000 + 3184 \times 68,67 \% \times 1 / 1000 = 3,6 \text{ [tCH}_4\text{/an]}$$

**13. Calculul emisiilor de N<sub>2</sub>O pentru fiecare tip de combustibil folosind indicii IPCC:**

Conținut N<sub>2</sub>O pentru gaz natural:  $C_{N2Ognc}=0.1[\text{kg/TJ}]\times B_{ng}[\text{TJ/an}]$  [kgN<sub>2</sub>O/an] [7.40]

Conținut N<sub>2</sub>O pentru lignit:  $C_{N2OI}=1.4[\text{kg/TJ}]\times B_l[\text{TJ/an}]$  [kgN<sub>2</sub>O/an] [7.41.]

Conținut total CH<sub>4</sub>:  $C_{N2O}=C_{N2Ognc}+C_{N2OI}$  [kgN<sub>2</sub>O/an] [7.42.]

Emisii totale de N<sub>2</sub>O = 3184 \* 31,33 % \* 0.1 / 1000 + 3184 \* 68,67 % \* 1.4 / 1000 = 3.2 [t<sub>N2O</sub>/an]

14. Calculul potențialului de încălzire globală a CH<sub>4</sub> și N<sub>2</sub>O folosind indicii IPCC:

Echivalentul de CO<sub>2</sub> pentru aceste gaze este:

21 – pentru CH<sub>4</sub>

310 – pentru N<sub>2</sub>O

Echivalentul de CO<sub>2</sub> = Emisii totale de CH<sub>4</sub> \* 21 +

+ Emisii totale de N<sub>2</sub>O \* 310 = 1055 [t<sub>CO2eq</sub>/an] [7.43]

Cantitatea de CO<sub>2eq</sub> rezultată din arderea combustibilului este:

Conținut de CO<sub>2eq</sub> (E4) = C<sub>CO2E</sub> + C<sub>CO2</sub> + echivalent CO<sub>2</sub> =

70706 + 272439 + 1055 = 344200 [t<sub>CO2</sub>/an] [7.44.]

**Reduceri de emisii rezultate din activitatea proiectului**

E4 – E3 = Reduceri de emisii [7.45.]

*În scenariul „business as usual” reducerile de emisii rezultate sunt:*

344'200 – 309'529 = 34'671 t CO<sub>2</sub>/an

**Tabel 7.1. Ciclul energetic existent**

Căldura produsă la CET Timișoara Sud	600240	Gcal/an	
Energie electrică produsă la CET Timișoara Sud	0	MWh/an	
Energie electrică pentru consum propriu	24578	MWh/an	
Pierderi în rețea	0.14		
Energie electrică livrată în Sistemul Energetic Național (SEN) din centralele pe cărbune	70303	MWh/an	
Dacă se produce energie electrică pentru SEN (valoare: da=1, nu=0)	1	-	
Consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice pentru SEN	346	gcc/kWh	
Consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice la CET Timișoara Sud	0	gcc/kWh	
Consum specific de combustibil pentru căldura produsă la CET Timișoara Sud	181	Kgcc/Gcal	
Gaze naturale – putere calorifică inferioară	8500	Kcal/Nm <sup>3</sup>	
Cărbune - putere calorifică inferioară	1600	Kcal/kg	
Cărbune - putere calorifică inferioară	6.70	TJ/10 <sup>3</sup> t	
Gaze naturale – putere calorifică inferioară	0.036	TJ/10 <sup>3</sup> Nmc	
Densitatea gazelor naturale	0.7168	Kg/m <sup>3</sup>	
Consum total de combustibil la CET Timișoara Sud, din care	108601	tcc/an	
Gaze naturale	34026	tcc/an	31.33%
Cărbune	74575	tcc/an	68.67%
Consum de combustibil în centralele SEN	24325	tcc/an	
Consum comb. Gaze naturale la CET Sud	28021	mii Nm <sup>3</sup> /an	
Cărbune la CET Sud	326267	t/an	
Consum de combustibil în centralele SEN	106421	t/an	
Consum de combustibil în centralele SEN	713	TJ/an	
Consum total de combustibil la CET Timișoara Sud	2187	TJ/an	
Gaze naturale	997.27	TJ/an	
Cărbune	2186	TJ/an	
Consum total de combustibil	2900	TJ/an	
Cărbune – conținut de carbon	27.6	tC/TJ	
Gaze naturale - conținut de carbon	15.3	tC/TJ	
Conținutul de carbon anual pentru gazele naturale consumate la CET Timișoara Sud	15258	tC/an	
Conținutul de carbon anual pentru combustibilul consumat în centralele SEN	19677	tC/an	
Conținutul de carbon anual pentru cărbunele consumat la CET Timișoara Sud.	60326	tC/an	
Rectificare carbon pentru gazele naturale	0.995		
Rectificare carbon pentru cărbune	0.98		
Conținut total de carbon pentru gazele nat.	15182	tC/an	
Conținut total de carbon pentru cărbune	78403	tC/an	
<b>Emisii de CO<sub>2</sub></b>	<b>343145</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/an</b>	
Cărbune – conținut de CH <sub>4</sub>	1	kg/TJ	
Gaze naturale – conținut de CH <sub>4</sub>	1.4	kg/TJ	
Conținutul total de CH <sub>4</sub> din combustibil	3.58	t/TJ	
Cărbune – conținut de N <sub>2</sub> O	1.4	kg/TJ	
Gaze naturale – conținut N <sub>2</sub> O	0.1	kg/TJ	
Conținut total de N <sub>2</sub> O în combustibil	3.16	t/TJ	
Gaze cu efect de seră rezultate din CH <sub>4</sub>	21		
Gaze cu efect de seră rezultate din N <sub>2</sub> O	310		
Echivalent CO <sub>2</sub>	1054.7	tCO <sub>2</sub> /an	
<b>Emisii totale de CO<sub>2</sub> [E4.]</b>	<b>344200</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/an</b>	

**Tabel 7.2. Ciclu energetic previzionat**

Căldura produsă la CET Timișoara Sud	600240	Gcal/an
Energie electrică produsă la CET Timișoara Sud	66862	MWh/an
Energie electrică pentru consum propriu	30597	MWh/an
Pierderi în rețea	0 00	
Energie electrică livrată în Sistemul Energetic Național (SEN) din centralele pe cărbune	0	MWh/an
Dacă se produce energie electrică pentru SEN (valoare: da=1, nu=0)	0	-
Consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice pentru SEN	346	gcc/kWh
Consum specific de combustibil pentru producerea energiei electrice la CET Timișoara Sud	214	gcc/kWh
Consum specific de combustibil pentru căldura produsă la CET Timișoara Sud	181	Kgcc/Gcal
Gaze naturale – putere calorică inferioară	8500	Kcal/Nm <sup>3</sup>
Cărbune - putere calorică inferioară	1600	Kcal/kg
Cărbune - putere calorică inferioară	6.70	TJ/10 <sup>3</sup> t
Gaze naturale – putere calorică inferioară	0.036	TJ/10 <sup>3</sup> Nmc
Densitatea gazelor naturale	0 7168	Kg/m <sup>3</sup>
Consum total de combustibil la CET Timișoara Sud, din care	122910	tcc/an
Gaze naturale	38508	tcc/an
Cărbune	84402	tcc/an
Consum de combustibil în centralele SEN	0	tcc/an
Consum comb. Gaze naturale la CET Sud	31712	mii Nm <sup>3</sup> /an
Cărbune la CET Sud	369260	t/an
Consum de combustibil în centralele SEN	0	t/an
Consum de combustibil în centralele SEN	0	TJ/an
Consum total de combustibil la CET Timișoara Sud	3602	TJ/an
Gaze naturale	1129	TJ/an
Cărbune	2474	TJ/an
Consum total de combustibil	3602	TJ/an
Cărbune – conținut de carbon	27.6	tC/TJ
Gaze naturale - conținut de carbon	15.3	tC/TJ
Conținutul de carbon anual pentru gazele naturale consumate la CET Timișoara Sud	17268	tC/an
Conținutul de carbon anual pentru combustibilul consumat în centralele SEN	0	tC/an
Conținutul de carbon anual pentru cărbunele consumat la CET Timișoara Sud.	68275	tC/an
Rectificare carbon pentru gazele naturale	0.995	
Rectificare carbon pentru cărbune	0.98	
Conținut total de carbon pentru gazele nat.	17182	tC/an
Conținut total de carbon pentru cărbune	66910	tC/an
<b>Emisii de CO<sub>2</sub></b>	<b>308335</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/an</b>
Cărbune – conținut de CH <sub>4</sub>	1	kg/TJ
Gaze naturale – conținut de CH <sub>4</sub>	1.4	kg/TJ
Conținutul total de CH <sub>4</sub> din combustibil	4	t/TJ
Cărbune – conținut de N <sub>2</sub> O	1.4	kg/TJ
Gaze naturale – conținut N <sub>2</sub> O	0.1	kg/TJ
Conținut total de N <sub>2</sub> O în combustibil	4	t/TJ
Gaze cu efect de seră rezultate din CH <sub>4</sub>	21	
Gaze cu efect de seră rezultate din N <sub>2</sub> O	310	
<b>Echivalent CO<sub>2</sub></b>	<b>1194</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/an</b>
<b>Emisii totale de CO<sub>2</sub> [E 3]</b>	<b>309529</b>	<b>tCO<sub>2</sub>/an</b>

În tabelul 7.1 este redat calculul cantității totale de echivalent CO<sub>2</sub> emise în atmosferă în cazul ciclului energetic existent. Această cantitate este de 344.200 + CO<sub>2</sub>/an.

În tabelul 7.2. este redat calculul cantității totale echivalent CO<sub>2</sub> emise în atmosferă în situația în care se implementează proiectul de cogenerare, conform figurii 7.1.

Această cantitate este de 309.529 tCO<sub>2</sub>/an.

### **7.3. CONCLUZII**

Se constată din tabelele 7.1 și 7.2 că prin implementarea proiectului, pe lângă avantajele economice ale soluției cogenerării la C.T.Sud apare și o **importantă componentă de reduceri de emisii de noxe.**

Conform metodologiei existente toate emisiile de gaze au fost calculate în echivalent tCO<sub>2</sub>.

Reduceri de emisii rezultate din activitatea proiectului se calculează ca diferență între E4 (tCO<sub>2</sub>/an) (tab.7.1.) și E3 (tCO<sub>2</sub>/an) (tab.7.2).

$$\Delta E = E4 - E3 \qquad 7.45$$

Rezultă cantitatea totală de reduceri de emisii din aplicarea proiectului

$$\Delta E = 34671 \text{ (tCO}_2\text{/an)}$$

Fac mențiunea că toate demersurile necesare au fost efectuate, iar contractul de vânzare al gazelor, încheiat cu Guvernul Suedez prin Agenția Suedeză de Energie, a fost semnat în anul 2005 și intră în vigoare odată cu punerea în funcțiune a instalației.



## CAPITOLUL 8. CONCLUZII FINALE. APORTUL PERSONAL LA REDUCEREA EMISIILOR DE NOXE LA C.T.TIMIȘOARA SUD.

Monitorizarea emisiilor de noxe efectuate în decursul anilor, începând cu anul 2000 a arătat că sunt depășite valorile limită admise și, primul pas pe care l-am făcut au fost o serie de lucrări de mică anvergură pentru reabilitarea electrofiltrelor gen uniformizarea curgerii gazelor, dotarea electrofiltrelor existente cu o instalație cu pas mărit, câmpuri electrice suplimentare.

Rezultatul a fost că la măsurătorile din anul 2002, valorile măsurate ale prafului de cenușă au fost mult mai mici dar totuși funcționarea cazanelor nu a fost ecologică.

Pentru a decide ce am de făcut pentru etapa a doua, cu ajutorul Catedrei TMTTAR am efectuat măsurători în anul 2004-2005 care au dus la concluzia că numai pentru CAF2 concentrația măsurată a prafului de emisie este mai mică decât concentrația limită a prafului și asta pentru că electrofiltrul de la CAF-ul nr.2 a fost singurul modernizat.

În lucrarea „Despre experiența privind aplicațiile și exploatarea convertoarelor de putere de înaltă frecvență la energizarea electrofiltrelor de la COLTERM S.A. Timișoara” sunt prezentate avantajele folosirii SIR-urilor (Swiched Integrated Rectifier) ca și rezultatele obținute.

În urma acestor concluzii pe care le-am tras, am programat fonduri și am reușit să le obținem, astfel încât, s-a finalizat și modernizarea electrofiltrului de la cazanul de abur nr. 2, iar pentru celelalte unități s-au contractat lucrările.

Pe baza rezultatelor obținute din măsurători am decis în continuare să întreprind o serie de alte măsuri :

- Studiul dispersiei noxelor emise prin coșurile de fum în jurul centralei și aportul la poluarea orașului Timișoara;
- Care dintre procedeele cunoscute de desulfurare este cel mai potrivit pentru a fi aplicat;
- Reducerea emisiilor de bioxid de carbon prin înlocuirea procedeeului de laminare a aburului cu destinderea acestuia într-o turbină cu abur și producerea în cogenerare a energiei electrice și termice.

Prin eforturile pe care le-am depus am reușit ca până în prezent să reușesc să achiziționez grupul energetic de 19,7 MW și prin aceasta să reduc emisia de noxe cu 34671 tCO<sub>2</sub>/an așa cum este prezentat în capitolul 7 al lucrării.

Eforturile personale au durat o perioadă de 4 ani ceea ce a însemnat studii, licitații contractări de lucrări și execuție iar eforturile au fost răsplătite în anul 2005 prin semnarea contractului de vânzare de reduceri de emisii cu Guvernul Suedez.

Fac mențiunea că gestionarea acestui proiect tip Joint Implementation mi-a aparținut în totalitate, de la calculele efectuate în P.D.D. până la finalizarea lui, inclusiv prin negocierea prețului de reduceri de emisii.

De fapt, prin reducerea acestor emisii de noxe s-a obținut și o finanțare a lucrărilor de investiții, prin obținerea unui avans din contract.

Un alt domeniu al poluării în care m-am implicat începând cu anul 1999 a fost depozitul de zgură și cenușă.

Și aici am încercat diverse soluții - acoperire cu bitum cu latex, stropiri cu aspersoare etc. – dar în final am recurs la metoda de evacuare a zgurii și cenușii în „fluid dens” soluție prezentată pe larg în capitolul 5.

Soluția a rezolvat problema spulberărilor de cenușă iar implementarea primei unități a fost posibilă după 3 ani de eforturi tehnice și de obțineri de finanțare, sistemul fiind aplicat pentru prima dată în România.

Am decis în anul 2004 ca să extindem sistemul de evacuare la CAF-ul nr. 2, iar în prezent lucrez la partea de contractare și pentru cazanele nr. 1,2 și 3 de abur.

Eforturile se vor axa în continuare și la reducerea emisiilor de SO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub>. Aceste lucrări vor necesita însă fonduri mult mai mari dar am demarat lucrările pregătitoare.

Tot ce am realizat până în prezent și tot ceea ce voi realiza în privința emisiilor de SO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub> au la bază studiile efectuate în perioada amintită în lucrare ca și concluziile rezultate în urma măsurărilor efectuate.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] Ungureanu C., P[noiu N., Zubcu V. și Ionel Ioana - *Combustibili, instalații de ardere cazane*, Ed. Politehnica, Timișoara;
- [2] Ionel Ionel, Ungureanu C. - *Termoenergetica și mediul*, Ed. Tehnică, București, 1996, ISBN 973-31-0746-8;
- [3] Ghia Victor, Gaba Aurel - *Poluarea aerului prin arderea combustibililor fosili. Depoluarea primară*, Ed. AGIR, București, 2000;
- [4] \* \* \* - *Norme de limitare a emisiilor de poluanți pentru instalații de ardere. Ordinul 462 din 1994 elaborat de Ministerul Apelor, Pădurilor și Protecției mediului*;
- [5] \* \* \* - *Aerul din zonele poluante. Condiții de calitate STAS 12574-87*;
- [6] \* \* \* - *Legea Protecției Mediului (nr. 137) în România. Monitorul Oficial al României, Anul VII, nr. 304/30.12.1995*;
- [7] Baumbach G. - *Luftreinhaltung. Entstehung, Ausbreitung und Wirkung von Luftverunreinigungen. Messtechnik, Emissionsminderung und Vorschriften*, 2 Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1992;
- [8] Ionel Ioana, Ungureanu C. - *Arderea și combaterea poluării la cazane*, Curs universitar, Universitatea Tehnică Timișoara, 1994;
- [9] \* \* \* - *Hotărârea 541/17.05.2003 stabilirea unor măsuri pentru limitarea emisiilor anumitor poluanți, proveniți din instalații mari de ardere, aprobată prin Legea nr. 645/2002. Protejarea aerului atmosferic*, Ed. Tehnică, București, 1978;
- [10] Ursu P. ș.a. - *Conferința internațională privind tehnologii ecologice de utilizare a cărbunilor*, Energetica, Seria A, Nr. 5, 1992, p. 216-217;
- [11] Țuțuianu O. ș.a. - *Activități de studii și proiectare necesare pentru încadrarea în prevederile convențiilor internaționale asupra reducerii poluării din centralele termoelectrice*, - Energetica, Seria A, Nr. 1, 1991, p. 25-28;
- [12] Groza L. - *Calculul termic al generatoarelor de abur*, Ed. Tehnică, București, 1988;
- [13] Neaga C. - *Reducerea emisiilor de NO<sub>x</sub> prin controlul temperaturii de ardere*, Energetica, Seria A Nr. 1, 1994, p. 31-36;
- [14] Antonescu N. - *Strategii posibile în energetica românească*, Energetica, Seria A, Nr. 5, 1994, p. 216-228;
- [15] Leca A.

- [16] Ianculescu S., Adler S. - *Principii de mediu din România*, Energetica, Seria A, nr. 5, 1994, p. 239-241;
- [17] Ungureanu C., Ionel Ioana, Goia Horia - *Aspecte ale arderii cărbunilor inferiori în România*, Ses. anuală de comunicări științifice Oradea, iunie 1996, ISSN 1224-1261, Fasc. de energetică, p. 172-185;
- [18] Ionel Ioana, Goia Horia, Ungureanu C. - *Puncte de vedere privind rețehnologizarea CTE Oradea*, Ses. com. științifice a Univ. Oradea, 1997. Analele Universității Oradea Fasc. de energetică ISSN 1224-1261, p. 124-129;
- [19] Ionel Ioana, Ungureanu C. ș.a. Stoica R., Traicu R., Ebetiuc V. - *Cercetări experimentale privind noxele emise de cazanul C-420-L, ECOTIM Timișoara*, martie 2000, ISBN 973-802744-6 EUROSTAMPA, Timișoara, p. 7-14;
- [20] Ataman E., ș.a. - *Metodologie pentru analiza impactului centralelor asupra mediului. Rezultate și concluzii*, Sesiunea omagială ICEMENERG Vol. III-5, București, 1995;
- [21] Țuțuianu O., Anghel M. - *Metodologie de evaluare operativă a emisiilor de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, pulberi (cenușă zburătoare) și CO<sub>2</sub> din centralele termice și termoelectrice*, PE-1001/1994, ICEMENERG, București, 1994;
- [22] Țuțuianu O. ș.a. - *Premise și soluții privind abordarea globală a emisiilor de poluanți gazoși pe ansamblul termocentralelor RENEL*, Sesiunea omagială ICEMENERG, III-6, București, 1995;
- [23] Goleșteanu Ioana, Ungureanu C. - *Considerații cu privire la alegerea combustibilului pentru focare cu evacuarea cenușii în stare lichidă*. – Energetica, București, Seria A, nr. 12, 1986;
- [24] Ungureanu C. - *Generatoare de abur pentru instalații energetice clasice și nucleare*, EDP, București, 1977;
- [25] Voicu V., ș.a. - *Realizări recente în combaterea poluării atmosferei în industrie*, E.T. București, 1977.
- [26] Nibeleanu Șt., ș.a. - *Instalații de separare a prafului cu electrofiltre*. E.T., București, 1984;
- [27] Schröder K. - *Centrale termice de putere mare*, E.T., București, 1971;
- [28] Moțoiu C. - *Centrale termice și hidroelectrice*, EDP., București, 1974;
- [29] Leca A., ș.a. - *Centrale electrice. Probleme*, EDP, București, 1977;
- [30] Ataman E. - *Procedee uscate de desulfurare a gazelor de ardere*, ENER, E.T., București, nr. 1, 1986, p. 158-173;

- [31] Koleev N. - *Îmbogățirea cărbunilor inferiori în R.P. Bulgaria*, Simpozion, B3, București, 1985.
- [32] Cârdu M. - *Rezent, trecut și viitor la centrala termoelectrică Voitsberg din Austria*, Energetica, seria A, nr. 3, 1992, p. 115-121;
- [33] Ataman E., ș.a. - *Desulfurarea gazelor de ardere prin aditivarea cărbunilor precombustie*, Energetica, seria A, nr. 3, 1991, p. 121-124;
- [34] Philippe J. - *Les centrales à lit fluidisé circulant, Epure, Electricité de France*, Direction des Etudes et Recherches, nr. 35, Juillet, 1992, p. 15-27;
- [35] \* \* \* - *Cazane cu ardere în strat fluidizat circulant (ASFC)*, Studiu documentar, ICSITTE, București, 1990;
- [36] Manea Gh. - *Estimări privind poluarea atmosferei cu bioxid de sulf în România*, Energetica, seria A, nr. 5, 1992, p. 200-206;
- [37] Ataman E. - *Considerații asupra reducerii poluării cu SO<sub>2</sub>*, Energetica, seria A, nr. 5, 1992, p. 207-213;
- [38] Moțoiu C. - *Centrala termoelectrică și mediul înconjurător*, ENERG, vol. I, E.T., București, 1986, p. 140-144;
- [39] Ataman E. - *Desulfurarea gazelor de ardere de la cazanele ce ard păcură și gaze naturale*, Energetica, seria A, nr. 4, 1994, p.169-173.
- [40] Hristescu G., ș.a. - *Tehnologii de desulfurare*, Energetica, seria A, nr. 4, 1994, p. 174-181;
- [41] Ataman E. - *Reducerea emisiilor de bioxid de sulf prin desulfurarea gazelor de ardere*, Energetica, seria A, nr. 2, 1994, p. 242-248;
- [42] Dragoș L., Savu A. - *Desulfurarea umedă cu calcar a gazelor de ardere provenind de la cazane funcționând pe păcură, cărbune sau mixte*, Energetica, seria A, nr. 4, 1994, p. 182 – 184;
- [43] Constantin M. - *Realizarea unei instalații experimentale de desulfurare a gazelor de ardere la un cazan energetic*, Conferința ICEMENERG, București, 4-5 mai, 1995;
- [44] Ataman E. - *Considerații asupra reducerii poluării cu NO<sub>x</sub>*, Energetica, seria A, nr. 2, 1993, p. 75-78.
- [45] Ionel Ioana, Ungureanu C. - *Denoxarea gazelor de ardere folosind procedeul SNCR cu injecție de uree*, Energetica seria A, nr. 6, 1993, p.76 – 80;
- [46] Fritz Ute, Ionel Ioana, Meyer – Pittroff R. - *Einfluss verschiedener Zusatzstoffe im Reduktionsmittel Hornstoff auf die Bildung der Sekundäremissionen bei dem SNCR – Verfahren*, Buletin tehnic UT Timișoara, Tom 40 (54), Mecanica, 1995, p. 65-78;

- [47] Ionel Ioana, Ungureanu C. Stoian Floriana - *Unele considerații privind construcția și funcționarea cazanului ABA 2.1. Denoxarea gazelor de ardere prin procedeul SNCR cu injecție de amoniac*, Energetica, seria A, nr. 3, 1994, p. 117-124;
- [48] Păsculete E., ș.a. - *Reducerea emisiilor poluante în centralele termoelectrice pe combustibili fosili, prin îndepărtarea oxizilor de azot din gazele de ardere prin procedee catalitice*. Conferința ICEMENERG, București, mai, 1995;
- [49] Păsculete E., ș.a. - *Tehnologii moderne pentru îndepărtarea NO<sub>x</sub> din gazele de ardere ale centralelor care folosesc combustibili solizi*, Energetica, seria A, nr. 4, 1994, p. 185-192;
- [50] Ataman E. - *Considerații asupra reducerii poluării cu NO<sub>x</sub>*, Energetica, seria A, nr. 2, 1993, p. 75-78;
- [51] Ionel Ioana - *Genesis of the nitrous oxide formation during the SNCR of the flue gas, by using ammonia as reducing agent*, Energetica, seria A, nr. 5, 1994, p. 229-234;
- [52] Jeleu Ioan - *Relația energie – mediu înconjurător în contextul integrării României în Uniunea Europeană*, Partea I, EMERG 1, Editura AGIR, București, 2005, p. 9-30, ISBN 973-720-005-5;
- [53] Cârdu Mircea, Baica Malvina - *O abordare globală energo-ecologică și sintetică a problemei emisiilor de gaze poluante ale centralelor termoelectrice*, EMERG 1, Ed. AGIR, București, 2005, p. 233-248, ISBN 973-720-005-5;
- [54] Cârdu Mircea, Ionel Ioana, Ungureanu C. - *Ecological aspects concerning the Combustion of lignite in Romanian thermopower plants*, *Energy Conversion and Management* 46 (2005), p. 1645-1654;
- [55] Ionel Ioana, ș.a. - *Măsurarea calității aerului și dispersarea noxelor*, Ed. Politehnica, Timișoara, 2004, ISBN 973-625-187-x;
- [56] Ionel Ioana, ș.a. - *Energoecologia combustibililor fosili*, Ed. Politehnica, Timișoara, 2004, ISBN 973-625-186-1;
- [57] Ionel Ioana - *Dispersia noxelor*. Curs universitar. Universitatea Politehnica Timișoara;
- [58] Neaga Constantin - *Tratat de generatoare de abur*, vol. I, Ed. AGIR, București, 2001, ISBN 973-8130-67-0;
- [59] Neaga Constantin - *Tratat de generatoare de abur*, vol. 2, Ed. MATRIX ROM, București, 2002, ISBN 973-685-650-x;



- [60] Neaga Constantin - *Tratat de generatoare de abur*, vol. 3, Ed. PRINTECH, București, 2005, ISBN 973-718-262-6;
- [61] Zellinger G., ș.a. - *Measures and Operating Experience regarding SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> Reduction at the Lignite Fired Power Plant Voitsberg 3, Meeting on Industrial Cooperation for Air Pollution Control Technology*, Dubrovnik, September, 1990;
- [62] Medeleanu V. - *Contribuții privind depoluarea atmosferei de oxizi de azot reziduali*, Teză de doctorat, IPTVT, Timișoara, 1983;
- [63] Zelkowski J. - *Kohlenverbrennung, Brennstoff, Physik und Theorie*, Technik, Essen, 1986;
- [64] \* \* \* - *Determinarea concentrației de poluanți gazoși și a concentrației de pulberi în gazele de ardere în conformitate cu caietul de sarcini nr. 2900/26.02.2004., Măsurători la CET Sud*, comanda nr. 1219/28.12.04. Document intern;
- [65] Popa Bazil (coordonator) - *Manualul Inginerului Termotehnician*, vol. I, Ed. Tehnică București, 1986;
- [66] Ungureanu C., Ionel Ioana - *Generatoare de abur. Calculul termic*. U.P. Timișoara, 1993;
- [67] Ionel Ioana, Ungureanu C. - *Centrale termoelectrice. Cicluri termodinamice avansate*, Ed. Politehnica, Timișoara, 2004, ISBN 973-625-162-4;
- [68] Ungureanu C., Secrețeanu Ionel Ioan - *Gaze combustibile. Proprietăți, distribuție, ardere*. Ed. Politehnica Timișoara, 2003, ISBN 973-625-051-2;
- [69] \* \* \* - *Calculul termic de proiectare al cazanului de abur (100t/h, 15 bar și 250°C) pe cărbune*, elaborat de ICPET București în 1983 – document intern;
- [70] Ungureanu I. - *Situația actuală a S.C. „Termoelectrica” S.A. și opțiuni strategice pentru perioadele 2001-2004 și 2005-2010*, Energetica 49, nr. 3 București, 2001;
- [71] \* \* \* - *Convenție privind limitarea emisiilor de CO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub> provenite din CTE*, elaborată de RENEL, document intern;
- [72] Mușatescu V., ș.a. - *Sistemul energetic românesc: Alternative și opțiuni posibile de dezvoltare*, Energetica 46 nr. 6, București, 1998;
- [73] Pănoiu N., ș.a. - *Instalații de ardere a combustibililor solizi*, București, Ed. Tehnică, 1985;
- [74] Mihăilescu L., ș.a. - *Arzătoare turbionare*, Ed. Tehnică, București 1986;
- [75] Valea E.Ș.; Mițu C.; Matei A.: - *Transferul de căldură la vaporizare prin suprafețe acoperite cu țesături din sârmă* ;



- [76] Valea E.Ș.; Matei A.:  
 Lucrările Conferinței Naționale de Termotehnică, ediția a X-a, Sibiu, 23-25 mai 2000, Editura Universității „Lucian Blaga” Sibiu 2000, p.293-298;  
*Metode de intensificare a transferului de căldură în cadrul vaporizării cu bule*,  
 Lucrările Sesiunii Anuale de Comunicări Științifice – SACS 2001, Oradea 24-26 mai 2001. Analele Universității din Oradea Fascicola de Energetică, volumul II, p. 257-264;
- [77] Matei A.; Mițu C.; Valea E.Ș. :  
*Preocupări privind reducerea poluării aerului la Electrocentrale Timișoara*, Lucrările celei de-a 4-a Conferințe Internaționale de Electroenergetică PSC 2001, Timișoara, 8-9 noiembrie 2001. Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, România, Tom 46 (60) Fascicola 1-2, ISSN 1582-7194, p. 281 – 285;
- [78] Valea E.Ș.; Matei A.; Jădăneanț M.:  
*Fierbere intensificată pe suprafețe metalice poroase*, Conferința de Inginerie Energetică Oradea, 29-30 mai 2002. Analele Universității din Oradea Fascicola de Energetică nr. 8 volumul II, p. 386-395;
- [79] Valea, E.Ș.; Matei A.; Jădăneanț M.:  
*Reducerea gabaritelor schimbătoarelor de căldură prin îmbunătățirea suprafețelor de schimb termic*. Lucrările celei de-a 5-a Conferințe Internaționale de Electroenergetică PSC 2003, Timișoara, 6-7 noiembrie 2003. Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, România, Tom 48 (62), Fascicola 1-2, ISSN 1582-7194, p.521-524;
- [80] Matei A., Constantin C.:  
*Centrale municipale de cogenerare – o afacere profitabilă pe piața liberă de energie*-COLTERM S.A. – proiect tip JI; Lucrările Foren 2006 11-15 iunie 2006; Buletin Forum Energetic;
- [81] Matei A.; Constantinescu D. :  
*Despre experiența privind aplicațiile și exploatarea convertoarelor de putere de înaltă frecvență la energizarea electrofiltrelor de la COLTERM S.A. Timișoara*. Lucrările Foren 2006 11-15 iunie 2006. Buletin Forum Energetic;
- [82] Per Ranstad, Kjell Porle :  
*High frequencz power conversion: A new technique for ESP energization*, EPRI/DOE International conference on managing hazardous and particulate air pollutants, Toronto, august 1995;

- [83] Per Ranstad : *On high-frequencz soft-switching converters for high-voltage applications* , Licentiate thesis, Rozal Institute of Technologz, Stocolm, Sweden, 2004;
- [84] Kirsten, Mauritzon, Thimansson, Karlsson : *Advanced Switched Integrated Rectifier for ESP Energization*, ICESP VIII, Birmingham, USA, 2001;
- [85] Matei Aurel *Centrala electrică de termoficare Timișoara Sud*, referat nr.1., UPT, Timișoara, 1999;
- [86] Matei Aurel *Generatoare de abur*, referat nr.2, 1999;
- [84] Matei Aurel *Emisii de noxe la cazanele de abur*, referat nr.3, UPT, Timișoara, 2002.