

**MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI CERCETĂRII  
UNIVERSITATEA POLITEHNICA DIN TIMIȘOARA  
FACULTATEA DE MECANICĂ**

**Contribuții la studiul producerii și dispersiei noxelor  
rezultate la arderea ligniților inferiori cu aplicare la  
Filiala Electrocentrale Craiova – C.E.T. Ișalnița**

**TEZA DE DOCTORAT**

BIBLIOTECA CENTRALA  
UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"  
TIMIȘOARA

**Inginer Emil Văcaru**

**Conducător științific: Profesor doctor inginer Corneliu Ungureanu**

**- Timișoara 2003 -**

*Protejarea mediului ambiant reprezintă din ce în ce mai mult o necesitate presantă, necesitate de care depinde chiar viitorul umanității. Efectele degradării continue a mediului natural încep să se simtă din zi în zi tot mai mult, încălzirea globală a climei fiind aspectul cel mai sesizat de majoritatea populației.*

*La degradarea mediului o contribuție importantă o are și industria energetică. La centralele construite până în anii 1980, reținerea cenușii din gazele de ardere și dispersia poluanților prin coșuri cât mai înalte, au constituit principalele preocupări legate de protejarea atmosferei, C.E.T. Ișalnița făcând și ea parte din această categorie de centrale.*

*Teza de doctorat își propune să realizeze o analiză critică a impactului asupra mediului, a uneia din cele mai importante centrale termoelectrice din țară și să găsească soluții pentru reducerea acestuia.*

*La elaborarea lucrării și pe parcursul întregii perioade de pregătire, o deosebită importanță au avut-o cunoștințele dobândite în timpul anilor de studii în cadrul secției de Mașini Termice de la Facultatea de Mecanică a Institutului Politehnic "Traian Vuia" din Timișoara, unde am avut șansa să mă formez ca specialist sub îndrumarea unui prestigios colectiv de cadre didactice.*

*Doresc să mulțumesc în primul rând domnului profesor doctor inginer Cornel Ungureanu, pentru întreaga activitate de îndrumare și coordonare a perioadei de pregătire generală și elaborare a tezei de doctorat, pentru sugestiile, recomandările și sprijinul permanent acordat, inclusiv în perioadele dificile.*

*Doresc, de asemenea, să mulțumesc doamnei profesor doctor inginer Ioana Ionel, care s-a remarcat prin realizări deosebite în domeniul studiului dispersiei poluanților și a protecției mediului înconjurător, pentru sprijinul acordat la elaborarea modelării dispersiei poluanților și punerea la dispoziție a programului de modelare a dispersiei poluanților ISC3 View.*

*Doresc să mulțumesc și personalului de la Stația Meteorologică Craiova pentru sprijinul acordat.*

*Nu în ultimul rând vreau să mulțumesc familiei care m-a susținut pe tot parcursul elaborării lucrării.*

Autorul

# CUPRINS

	<b>Cuvânt înainte</b>	<b>2.</b>
<b>I.</b>	<b>Introducere</b>	<b>5.</b>
	Bibliografie	11.
<b>1.</b>	<b>Prezentarea C.E.T. Ișalnița</b>	<b>12.</b>
1.1	Scurt istoric	12.
1.2	Amplasament	12.
1.3	Elemente ale regimului hidrometeorologic al zonei	13.
1.4	Organizare generală a C.E.T. Ișalnița	14.
1.5	Grupurile energetice de 315MW	16.
1.5.1.	Cazanul M.A.N. de 510t/h	16.
1.5.2.	Turbina de abur Rateau Schneider de 315MW - Instalația aferentă circuitului termic	19.
1.6	Instalațiile hidrotehnice	22.
1.7	Instalațiile de tratare chimică a apei	22.
1.8	Instalațiile de combustibil	22.
1.9	Evacuarea zgurii și cenușii	23.
1.10	Cazanele de apă fierbinte	23.
	Bibliografie	24.
<b>2.</b>	<b>Prepararea și arderea prafului de cărbune</b>	<b>25.</b>
2.1.	Prepararea prafului de cărbune	25.
2.2.	Arderea prafului de cărbune	27.
2.3.	Arzătorul pentru praf de cărbune	28.
	Bibliografie	31.
<b>3.</b>	<b>Emisiile poluante rezultate la arderea combustibililor în centralele termoelectrice</b>	<b>32.</b>
<b>3.1.</b>	<b>Emisia de oxizi de sulf</b>	<b>32.</b>
3.1.1.	Mecanismul de formare al oxizilor de sulf	32.
3.1.2.	Efectele dioxidului de sulf asupra organismului uman	33.
3.1.3.	Efectele dioxidului de sulf asupra vegetației	34.
3.1.4.	Efectele dioxidului de sulf asupra materialelor metalice	35.
3.1.5.	Efectele dioxidului de sulf asupra altor materiale	37.
<b>3.2.</b>	<b>Emisia de oxizi de azot</b>	<b>38.</b>
3.2.1.	Mecanismele de formare a oxizilor de azot	38.
3.2.1.1.	Mecanismul termic de formare a oxizilor de azot	39.
3.2.1.2.	Mecanismul prompt de formare a oxizilor de azot	42.
3.2.2.	Mecanismul de formare a oxidului de azot din azotul existent în compoziția combustibilului	42.
3.2.3.	Formarea oxidului de azot din azotul existent în compoziția cărbunelui.	44.
2.2.1.5.	Formarea dioxidului de azot	46.
2.2.2.	Efectele nocive ale oxizilor de azot	46.
2.2.2.1.	Efectele nocive ale oxizilor de azot asupra organismului uman	46.
2.2.2.2.	Efectele nocive ale oxizilor de azot asupra mediului	47.
<b>3.3.</b>	<b>Emisia de pulberi</b>	<b>49.</b>
3.3.1.	Geneza pulberilor la arderea combustibililor fosili	49.
3.3.2.	Efectele nocive ale pulberilor	50.
3.3.2.1.	Efectele nocive ale pulberilor asupra organismului uman	50.

3.3.2.2.	Alte efecte nocive ale pulberilor	51.
<b>3.4.</b>	<b>Emisia de oxizi de carbon</b>	<b>52.</b>
3.4.1.	Mecanisme de formare a oxizilor de carbon	52.
3.4.2.	Efectele nocive ale dioxidului de carbon	52.
3.4.3.	Efectele nocive ale monoxidului de carbon	55.
	Bibliografie	56.
<b>4.</b>	<b>Metode de evaluare a emisiilor poluante</b>	<b>58.</b>
<b>4.1.</b>	<b>Metodă de evaluare operativă a emisiilor de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, pulberi și CO<sub>2</sub></b>	<b>58.</b>
4.1.1.	Prezentarea metodei de evaluare	58.
4.1.2.	Determinarea factorilor de emisie	58.
4.1.2.1.	Calculul factorului de emisie pentru SO <sub>2</sub>	59.
4.1.2.2.	Determinarea factorului de emisie pentru NO <sub>x</sub>	59.
4.1.2.3.	Calculul factorului de emisie pentru pulberi	60.
4.1.2.4.	Calculul factorului de emisie pentru CO <sub>2</sub>	61.
4.1.2.5.	Determinarea factorului de emisie pentru CO	61.
4.1.3.	Verificarea încadrării în norme	62.
<b>4.2.</b>	<b>Calculul emisiilor poluante de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și pulberi</b>	<b>63.</b>
4.2.1.	Emisia de oxizi de sulf	63.
4.2.2.	Emisia de oxizi de azot	63.
4.2.2.1	Emisia de oxizi de azot la arderea combustibililor solizi	63.
4.2.2.2	Emisia de oxizi de azot la arderea combustibililor lichizi și gazoși	65.
4.2.3.	Emisia de pulberi	66.
	Bibliografie	68.
<b>5.</b>	<b>Dispersia poluanților</b>	<b>69.</b>
<b>5.1.</b>	<b>Modelarea matematică a dispersiei poluanților</b>	<b>69.</b>
5.1.1.	Scurt istoric	69.
5.1.2.	Relațiile de calcul ale lui O. G. Sutton	69.
5.1.3.	Relațiile de calcul ale lui Bosanquet și Pearson	70.
5.1.4.	Relațiile de calcul ale lui P. I. Andreev	71.
5.1.5.	Modelarea gaussiană a dispersiei	72.
5.1.6.	Supraînălțarea penei de poluant	76.
<b>5.2.</b>	<b>Determinarea claselor de stabilitate a atmosferei</b>	<b>80.</b>
	Bibliografie	83.
<b>6.</b>	<b>Evaluarea emisiilor poluante la C.E.T. Ișalnița</b>	<b>84.</b>
<b>7.</b>	<b>Evaluarea dispersiei poluanților la C.E.T. Ișalnița</b>	<b>92.</b>
7.1.	Evaluarea datelor primare	92.
7.2.	Modelarea dispersiei poluanților la C.E.T. Ișalnița	93.
7.3.	Determinări	99.
<b>8.</b>	<b>Concluzii</b>	<b>100.</b>
	Bibliografie	104.

## I. INTRODUCERE

Dezvoltarea producției materiale din ultimele decenii, concomitent cu creșterea populației, și respectiv, a cerințelor de energie, de materii prime pentru industrie și de produse alimentare, au accentuat conflictul dintre om și natură, dintre procesele de dezvoltare economico-socială și resursele naturale, cu urmări tot mai îngrijorătoare asupra echilibrului ecologic al planetei.

Alături de fenomene complexe, precum rata explozivă la care populația globului continuă să se mărească, creșterile asociate și inevitabile ale consumului de energie și realitatea rezultantă a deteriorării mediului ambiant, umanitatea este confruntată cu o triadă de probleme deosebit de serioase – creșterea economică, consumul de energie și resurse, conservarea mediului ambiant – cu alte cuvinte, lumea se găsește astăzi în fața unei trileme fără precedent. [I.1.], [I.2.].

Deși electricitatea reprezintă doar 13% din energia finală utilizată (17% în țările industrializate), aceasta este o formă de energie indispensabilă economiilor și stilului de viață din zilele noastre, fie că ne gândim la comunicații sau la producerea de bunuri și servicii. Producerea și distribuția electricității au devenit, pe plan mondial, una din cele mai mari afaceri, cu venituri anuale de mai mult de 800 miliarde de dolari. Centralele electrice, cu valori de miliarde de dolari, ce produc mare parte din energia mondială, includ unele dintre cele mai mari utilaje din lume, iar rețeaua de distribuție ce pornește de la aceste centrale poate fi asemănată cu un vast sistem circulator ce asigură servicii vitale pentru milioane de consumatori [I.2.].

Pe lângă electricitate, industria energetică generează unele dintre cele mai serioase probleme legate de mediul înconjurător. Această industrie este principalul consumator de combustibili fosili, în special cărbune, care este considerat a fi cel mai poluant dintre aceștia. Industria energetică este răspunzătoare pentru aproximativ o treime din totalul emisiilor de dioxid de carbon, principalul gaz ce conduce la apariția efectului de seră, și pentru aproximativ două treimi din totalul emisiilor de dioxid de sulf, principalul factor de poluare al aerului, atât local, cât și la distanță. Practic toate etapele procesului de producere a energiei electrice din combustibili fosili (extracția, transportul, procesarea și arderea combustibililor, produsele secundare și reziduale) au efecte importante, directe sau indirecte, la scară locală, regională sau globală asupra aerului, apelor, solului și subsolului.

În România se apreciază că furnizorii de energie au contribuit pe ansamblu cu 40% la emisiile poluante, iar separat pe emisii cu 78% la oxizii de sulf, cu 43% la oxizii de azot, cu 68% la emisiile de praf și cu 44% la dioxid de carbon [I.2.], [I.3.].

Dioxidul de sulf prezintă efecte biologice cu un spectru larg de acțiune, începând cu simpla iritare a căilor respiratorii, până la provocarea unor boli cronice ca: emfizem, astm, iar la concentrația de  $1\text{g}/\text{m}^3$  provoacă moartea.

Efectele atât la expunerea pe termen scurt, 10÷30 minute, cât și la expunerea pe termen mediu, 24 ore, și lung, an, sunt legate de alterarea funcției respiratorii. Există o mare variabilitate a sensibilității la  $\text{SO}_2$  a subiecților umani. Expunerea repetată la concentrații mari pe termen scurt combinată cu expunerea pe termen lung la concentrații mai mici crește riscul apariției bronșitelor cronice în special la fumători. Expunerea pe termen lung la concentrații mici conduce la efecte în special asupra subiecților sensibili,

asmatici, copii, oameni în vârstă. La copiii care trăiesc în zone industrializate s-a remarcat scăderea capacității vitale [I.4.].

Dioxidul de sulf și particulele în suspensie au efect sinergetic, asocierea acestor poluanți conduce la creșterea mortalității, morbidității prin afecțiuni cardiorespiratorii și a deficiențelor funcției pulmonare.

Acumularea SO<sub>2</sub> în cantitate mare în atmosferă poate duce la situații catastrofale, așa cum s-a întâmplat în Franța pe valea Meusei în anul 1930 și la Londra, în 1952, când s-au declanșat îmbolnăviri în masă soldate cu numeroși morți [I.5.].

În funcție de cantitatea de SO<sub>2</sub> la care sunt expuse plantele, apar efecte biochimice și fiziologice: degradarea clorofilei, reducerea fotosintezei, creșterea ratei respiratorii, schimbări în metabolismul proteinelor, în bilanțul lipidelor și al apei în activitatea enzimatică. Aceste efecte conduc în final la necroze, reducerea creșterii plantelor, creșterea sensibilității la agenți patogeni și la condiții climatice excesive. În comunitățile de plante apar schimbări ale echilibrului între specii; reducerea varietăților sensibile determină alterarea structurii și funcțiilor întregii comunități [I.6.].

Împreună cu chimia, metalurgia și celălalte domenii ale activității economice din țările dezvoltate, centralele termoelectrice sunt responsabile de aproximativ 50% din emisia de NO<sub>x</sub>, celelalte 50 de procente revenind transporturilor auto [I.10.].

Expuneri pe termen scurt la oxizi de azot conduc la schimbări în funcția respiratorie atât la subiecți normali, cât și la cei cu bronșită. În amestec cu ozonul au efecte sinergice, ca și în prezența pulberilor în suspensie.

Expuneri pe termen lung conduc la efecte asupra plămânului, splinei, ficatului și sângelui. S-au observat apariția enfizemelor, alterarea celulelor pulmonare, creșterea susceptibilității la infecții bacteriologice ale plămânului.

Până la anumite concentrații, oxizii de azot au efect benefic asupra plantelor, contribuind la creșterea acestora. Totuși s-a constatat că în aceste cazuri crește sensibilitatea la atacul insectelor și la condițiile de mediu. Peste pragurile toxice, oxizii de azot au acțiune fitotoxică foarte clară. Mărimea daunelor suferite de plante este în funcție de concentrația poluantului, timpul de expunere, vârsta plantei, factorii edafici, lumina și umezeala. Simptomele pot fi vizibile sau nu. Simptome vizibile apar numai la concentrații mari și constau în cloroze și necroze [1.12.].

Dioxidul de azot contribuie la efectul de seră cu aproximativ 4%, și la distrugerea păturii protectoare de ozon din stratosferă, datorită efectului său catalitic în cadrul unor reacții fotochimice, ce dezvoltă radicali activi care atacă pătura de ozon [I.6.].

Poluarea aerului duce la ploii acide, datorate în primul rând emisiilor de oxizi de sulf și de oxizi de azot, ploii care cauzează distrugerea pădurilor pe suprafețe din ce în ce mai mari. Impactul ploilor acide depinde de condițiile climatice, (care determină regimul pluviometric), biologice și de capacitatea solului de a atenua aciditatea.

Nu numai plantele și viețuitoarele sunt afectate de poluarea cu dioxid de sulf și oxizi de azot ci și apele și solul.

Poluarea apelor are loc prin depunere uscată și umedă și se resimte în special în apele de suprafață stătătoare. La suprafața de contact aer-apă are loc transformarea SO<sub>2</sub> și NO<sub>x</sub> în acizi care duc la scăderea pH-ului apei și la încărcarea acesteia cu sulfati și nitriți. Scăderea pH-ului conduce la accelerarea disocierii compușilor metalelor grele, la eliberarea și creșterea mobilității ionilor acestora. Pulberile contribuie la creșterea opacității apei, și dacă ele conțin compuși toxici, la încărcarea apei cu acești compuși.



Acțiunea toxică a tuturor acestora are efect asupra faunei și florei acvatică, asupra florei spontane și de cultură și a omului, prin ingerarea apei și alimentelor contaminate. Prin precipitații poluanții, ajung în apă, modificând pH-ul, conductivitatea apei și încărcând-o cu sulfuri, nitrați, cloruri, metale etc,

Solul integrează toate consecințele poluării, el prezentând cea mai redusă variabilitate în timp. Gazele acide evacuate prin arderea combustibililor fosili se depun pe sol, prin depunere uscată sau umedă și pot duce la creșterea acidității acestuia determinând perturbări ale proceselor sale de regenerare, modificarea compoziției, eliberarea ionilor metalici, cu efecte negative asupra vegetației și asupra apei subterane.

Alături de autovehiculele rutiere, care în atmosfera marilor orașe au cea mai mare contribuție la impurificarea atmosferei cu monoxid de carbon, industria metalurgică, industria chimică, termocentralele, prin arderea incompletă a combustibililor, contribuie în mare măsură la poluarea cu monoxid de carbon.

Efectul nociv al monoxidului de carbon se manifestă imediat datorită faptului că reacționează cu hemoglobina formând carboxihemoglobina, responsabilă de intoxicații grave, ale cărei prime semne sunt cefaleea, oboseala și amețeaua, deces la om și la alte viețuitoare. Principalele efecte cunoscute sunt cele cardiovasculare și neurocomportamentale [I.7.].

Dioxidul de carbon nu constituie o noxă în sine, el fiind unul din constituenții naturali ai aerului, prezența sa fiind strâns legată de materia organică și de viața pe pământ. În lipsa dioxidului de carbon din atmosfera terestră, temperatura medie a planetei ar fi de  $-18^{\circ}\text{C}$ , față de temperatura medie anuală la sol, care este de  $+15^{\circ}\text{C}$  [I.8.].

Nu prezența dioxidului de carbon este îngrijorătoare ci creșterea concentrației acestuia în medie cu 0,4% pe an și efectul asupra creșterii temperaturii medii globale datorată efectului de seră. Se apreciază la 50%, contribuția dioxidului de carbon la creșterea temperaturii medii globale prin efectul de seră.

Se estimează, pe baza modelelor de calcul existente, că în condițiile de astăzi, în care prin ansamblul activităților umane se evacuează anual în atmosferă o cantitate de circa 20÷22 miliarde tone  $\text{CO}_2$  dacă se menține creșterea consumului de energie conform tendințelor din trecut, concomitent cu mărirea populației globului de la 5,9 miliarde locuitori la 9÷10 miliarde peste 50 de ani, creșterea temperaturii medii cu 2÷5 $^{\circ}\text{C}$  [I.2.].

Dacă aceste tendințe s-ar menține pe durata unui secol, creșterea concentrației de  $\text{CO}_2$  ar putea atinge praguri ireversibile și dezastruoase modificând structura vieții pe pământ, îndeosebi echilibrul dintre suprafața uscatului și cea a oceanului planetar.

Modificarea temperaturii la suprafața pământului ar conduce la creșterea nivelului mării cu până la un metru, modificându-se geografia lumii, prin acoperirea cu apă a teritoriilor cu relief scăzut și micșorarea suprafețelor acoperite cu gheață. Regimul pluviometric și eolian se va modifica esențial, fapt ce va putea avea consecințe greu previzibile asupra distribuției termice între ecuator și poli, atrăgând schimbări în harta zonelor de vegetație și deșertice.

Acțiunea complexă a impurificării aerului cu pulberi și gaze determină creșterea morbidității unor grupuri de populație, pusă în evidență de numeroase cercetări epidemiologice, fie sub formă nediferențiată, fie sub forma anumitor boli pulmonare ca bronșita cronică, astmul, emfizemul [I.13.].

Unele particule pot produce o iritație mecanică prin forma lor ascuțită, neregulată, tăioasă, exerctând un efect traumatic mai ales asupra mucoasei oculare, când particulele au dimensiuni relativ mari, dar și asupra mucoasei căilor respiratorii superioare și întrgului arbore respirator.

Aerosolii formați de cenușă pot fi toxici în măsura în care conțin metale grele: crom, nichel, cadmiu, arseniu, plumb. În general însă cenușile conțin în puține cazuri astfel de substanțe [I.14.].

Cenușa contribuie la murdărirea și degradarea mediului prin depunere și la vehicularea gazelor nocive, purtându-le la distanțe mari de locul de emisie.

Probleme deosebite apar în perioadele uscate și cu vânturi când apare fenomenul spulberării pe haldele de zgură și cenușă. Acest fenomen este frecvent în ultima perioadă în România când datorită reducerii gradului de utilizare a capacităților de producție a energiei electrice și termice produse prin arderea cărbunelui haldele de zgură și cenușă nu mai sunt menținute umede prin procesul tehnologic propriu zis.

Poluanții accelerează procesele de degradare a materilelor datorate factorilor naturali. Piatra de construcție este erodată, se murdărește și se acoperă cu crustă, metalele sunt mătuite și corodate, vopseaua se decolorează, se murdărește, crapă, se umflă și se cojește. Ceramica și sticla sunt erodate și formează crustă, iar cauciucul crapă. [1.15.]

Amploarea problemelor energetice ale lumii de astăzi și evoluția acestora în perspectiva orizontului anului 2020 au fost evaluate de către Ian Lindsay, secretarul General al Consiliului Mondial al Energiei [1.9.], [1.16.].

În contextul creșterii populației globului de la 5,4 miliarde de oameni în prezent la circa 8,0 miliarde în anul 2020 (potrivit estimărilor medii ale ONU) și al unei dezvoltări economice globale cu un ritm anual de creștere de 1,6÷2,4%, cererea de energie va înregistra o creștere globală cu 65÷95% până în anul 2020, caracterizată prin următoarele date:

- consumul zilnic de petrol din anul 2020 este apreciat la circa 90 milioane barili, înregistrând o creștere de circa 27 milioane barili pe zi, echivalentul întregii producții a OPEC în prezent;

- extracția de cărbune se va dubla, atingând circa 7 miliarde tone pe an, mai mult decât dublul rezervelor totale cunoscute ale Canadei sau Angliei;

- cererea anuală de gaze naturale se va ridica la mai mult decât dublu, atingând circa 4000 miliarde m<sup>3</sup>, aproape tot atât de mult ca întreaga rezervă actuală de gaze a SUA;

- în următorii 25 de ani se va construi mai multă capacitate de generare a energiei decât în secolul trecut; 90% din această creștere energetică va avea loc în țările aflate astăzi în curs de dezvoltare, în special în Asia și America Latină;

- acele țări în curs de dezvoltare care consumă astăzi 30% din energia totală a lumii vor consuma 50% în anul 2020 și probabil 70% în anul 2100 și vor produce până în anul 2020 mai mult CO<sub>2</sub> prin arderea combustibilului fosil, decât a produs întreaga lume industrializată în anul 1990;

- în anul 2020 circa 73% din rezervele de petrol ale lumii și 72 din rezervele de gaze naturale vor fi probabil concentrate în numai două zone majore, Orientul Mijlociu și Confederația Statelor Independente, punându-se întrebarea dacă acest factor, precum și solicitarea mai intensă a căilor de aprovizionare implicate vor conduce la mai multă sau mai puțină securitate a resurselor globale.



Congresul Mondial al Energiei (Tokyo 1995) a sesizat că omenirea este înclinată să mențină predominantă utilizarea combustibililor fosili pentru multe decenii ce vor urma și nu este entuziasmată de o dezvoltare nucleară imediată. Cu excepția progresului realizat în Asia, se consideră improbabil ca sectorul nuclear să crească semnificativ până când tehnologia nu dovedește că întregul ciclu al combustibilului, inclusiv tratarea deșeurilor nucleare, este inofensiv și acceptat public, și preferința nu se întoarce către o industrie care încă este marcată de sindromul Cernobîl [I.2].

În aceste condiții dezvoltarea economiei în general și a industriei energetice în special nu se mai poate realiza ca până în prezent acordându-se prioritate creșterii economice cu orice preț fără a ține seama de protecția mediului pentru că va implica riscuri majore la adresa mediului și însăși a umanității. Este important ca în această etapă a dezvoltării umane obiectivele economice și ecologice, incluzând și acțiunile de protecție a mediului, să fie integrate de la început pentru a fi posibilă o dezvoltare durabilă.

Dezvoltarea durabilă presupune găsirea optimului interacțiunii dintre sistemele economic, tehnologic, ambiental și uman și reprezintă ca semnificație fundamentală, acea asigurare de bunuri și servicii economice, sociale și de mediu adresată colectivității umane, făcută astfel încât să nu reducă în timp cantitatea și calitatea bunurilor și serviciilor pe care sistemele economice, sociale și de mediu ale Pământului sunt capabile să le furnizeze.

România dispune de o rezervă industrială de cărbune de circa 2,7 miliarde tone, ceea ce asigură o durată medie de exploatare de peste 90 de ani. Rezervele exploatabile în carieră sunt de circa 1,4 miliarde tone și asigură o durată de exploatare de 40÷50 ani. Rezervele exploatabile în subteran sunt de circa 1,3 miliarde tone și asigură o durată de exploatare de peste 200 ani. Rezervele geologice omologate sunt de 9,2 miliarde tone, astfel încât se poate afirma cu certitudine perspectiva favorabilă utilizării acestora în domeniul energetic [I.11.].

Din aceste perspective continuarea producției de energie electrică și termică în România utilizând lignitul trebuie continuată dar nu oricum ci pe baza unei politici energetice durabile care să conțină componentele strategice [I.2.]

- Creșterea eficienței la utilizarea energiei;
- Dezvoltarea unui portofoliu echilibrat de resurse energetice interne ;
- Investiția în știință și tehnologii avansate;
- Reinventarea protecției mediului ambiant;
- Anagajarea pieței internaționale.

Utilizarea combustibililor solizi inferiori, ce se exploatează în țară, este o opțiune viabilă în condițiile acordării atenției cuvenite protecției mediului, începând de la extracția cărbunelui și până la evacuarea deșeurilor.

În aceste condiții dezvoltarea durabilă a C.E.T. Ișalnița nu se poate realiza decât utilizând tehnologii noi în vederea asigurării unui impact cât mai redus asupra mediului.

Teza de doctorat își propune să prezinte, pe baza literaturii de specialitate din țară și străinătate mecanismele de formare a poluanților la arderea ligniților inferiori, modelele de dispersie a poluanților, să realizeze o analiză critică a nivelului de poluare a aerului datorat funcționării C.E.T. Isalnița și să identifice posibilitățile de reducere a emisiei poluanților.

În acest scop a fost consultată o bibliografie vastă, cuprinzând lucrări de specialitate publicate în țară și străinătate, documentațiile tehnice, datele de exploatare existente la C.E.T. Ișalnița și datele climatologice puse la dispoziție de Stația Meteorologică Craiova. Autorul a participat împreună cu specialiștii ICEMENERG București și KEMA-Olanda la efectuarea măsurătorilor de noxe la grupurile energetice de 315 MW.

Evaluarea dispersiei poluanților a fost realizată utilizând programul de calcul ISC3 View, aflat în dotarea colectivului de cercetare de la Catedra de Termotehnică, Mașini Termice și Autovehicule Rutiere, a Facultății de Mecanică de la Universitatea "Politehnica" din Timișoara, unde s-a acumulat o bogată experiență la rularea programelor gaussiene, programme care sunt adaptate pentru aplicare la condițiile climatologice din România.

## BIBLIOGRAFIE

- I.1. Yoda, S., TRILEMMA: Three Major Problems Threatening World Survival. Central Research Institute of Electric Power Industry, Tokio, 1995.
- I.2. Leca, A., ș.a., Principii de management energetic, Editura Tehnică, București 1997.
- I.3. National Institute for Public Health and Environment Protection. Bilthoven, Olanda.
- I.4. Rojanschi, V., Bran, F., Diaconu, G., Iosif, N., Gh., Toderoiu, F.: Economia și protecția mediului, Editura Tribuna Economică, București, 1997.
- I.5. Barnea, M., Ursu, P., Protecția atmosferei împotriva impurificării cu pulberi și gaze, Editura Tehnică, București, 1969.
- I.6. Ionel, I., Ungureanu, C., Termoenergetica și mediul, Editura Tehnică, București, 1996.
- I.7. Rojanschi, V., Bran, F., Diaconu, Gh., Protecția și ingineria mediului, Editura Economică, București, 1997.
- I.8. Zamfir, N., Dezvoltare durabilă și protecție ecologică, Editura Sitech, Craiova 1996.
- I.9. Lindsay, I., Energy in an Era of Change – and the WEC within it. National Energy Conference, Neptun, România, septembrie 1996.
- I.10. Lăzăroiu, Gh., Apostol, T., Reducerea NO<sub>x</sub> emis de centralele termoelectrice, Producerea transportul și distribuția energiei electrice, Nr.5/mai 2001, pg 23÷32, ICEMENERG, București 2001.
- I.11. Flueraru, C., Scarlat, N., Tehnologii moderne și curate, cu emisii poluante reduse, pentru utilizarea combustibililor solizi, Seminar ESF-OPET România "Tehnologii moderne și curate, cu emisii poluante reduse, pentru utilizarea combustibililor solizi", București, 23 februarie 2001.
- I.12. Lăzăroiu, Gh., Protecția atmosferei împotriva poluării, Editura Printech, București 1998.
- I.13. Mănescu, S., Dumitrache, S., Cucu, M., Fuiogă, E., Igiena mediului, Editura Medicală, București 1981.
- I.14. M., Barnea, ș.a., Efectele biologice ale poluării mediului, Editura Academiei, București, 1973.
- I.15. Bonnefous, E., Omul sau natura?, Editura Politică, București 1976.
- I.16. Mihăileanu, C., Evoluția resurselor energetice mondiale în viziunea C.M.E., Energetica, seria A, nr.6, 1999, pag. 29÷37.

# 1. PREZENTAREA C. E. T. IȘALNIȚA

## 1.1. SCURT ISTORIC

Centrala Electrică și de Termoficare Ișalnița (C.E.T. Ișalnița) a fost proiectată pentru a livra energie electrică în Sistemul Energetic Național, pentru a alimenta cu abur tehnologic și apă demineralizată combinatul chimic situat în imediata vecinătate, iar cu apă fierbinte serele din localitatea Almăj.

Construcția centralei propriu zise a început în 1964, iar punerea în funcțiune s-a realizat în trei etape [1.1.]:

- prima etapă, cu o putere totală instalată de 350 MW, formată din două blocuri de 100MW și trei grupuri de termoficare de 50MW, pusă în funcțiune în perioada 1965 ÷ 1966 cu furnitură provenită din fosta Cehoslovacie.

- a doua etapă, cu o putere instalată de 630MW, formată din două grupuri de 315MW, furnitura fiind de proveniență germană pentru cazanele de abur și franceză pentru turbogeneratoare. Cele două grupuri au fost puse în funcțiune în perioada 1967 ÷ 1968.

- a treia etapă, cu o putere de 55MW, constând din un singur grup de proveniență din fosta Cehoslovacie, a intrat în funcțiune în anul 1978.

Pentru a valorifica potențialul hidroenergetic al apei de răcire returnate de C.E.T în Jiu pe canalul de evacuare al apei din centrală s-a construit o microhidrocentrală.

În prezent echipamentele energetice aferente primei etape și celei de a treia etape sunt în curs de dezafectare.

## 1.2. AMPLASAMENT

C.E.T. Ișalnița este amplasată în partea central nordică a județului Dolj, în lunca Jiului pe malul stâng în amonte de confluența cu râul Amaradia, la 11 km NNV de centrul municipiului Craiova și la aproximativ 7 km de cartierul Craiovița Nouă situat în extremitatea nord-vestică a municipiului.

Față de principalele căi de comunicație din zonă C.E.T. Ișalnița este situată în imediata apropiere a drumului european DN65-E70-TEM, a liniei de transport urban cu tramvai a municipiului Craiova și a magistralei de cale ferată București - Timișoara.

Din punct de vedere al cadrului natural amplasamentul este situat în zona de contact dintre limita sudică a Piemontului Getic, la nord și Câmpia Olteniei, la sud. În această zonă lunca Jiului se constituie într-un culoar larg, cu dispunerea generală pe direcția NV-SE, în care albia majoră realizează lățimi între 4,2 și 4,8 km.

Cadrul natural limitrof al luncii este delimitat, la vest de un versant bine conturat atât ca înclinare cât și ca înălțime, reprezentat de segmentul Piemontului Getic și anume Câmpia Înaltă a Bălăciței. Altitudinea reliefului nu depășește 200 m. Limita estică este determinată de un sistem de terase ale Jiului și Amaradiei a căror desfășurare spre est ajunge la 8 ÷ 10 km, delimitate de prezența versanților zonei colinare a Piemontului Oltețului. Altitudinea reliefului nu depășește 180 m [1.2.].

Perimetrul ocupat de C.E.T. Ișalnița este situat la o altitudine medie de aproximativ 87m NMN (între 86,6 și 88m NMN) și ocupă o suprafață de peste 440 ha (din care centrala propriu-zisă 134 ha, iar haldele de zgură și cenușă 306 ha).

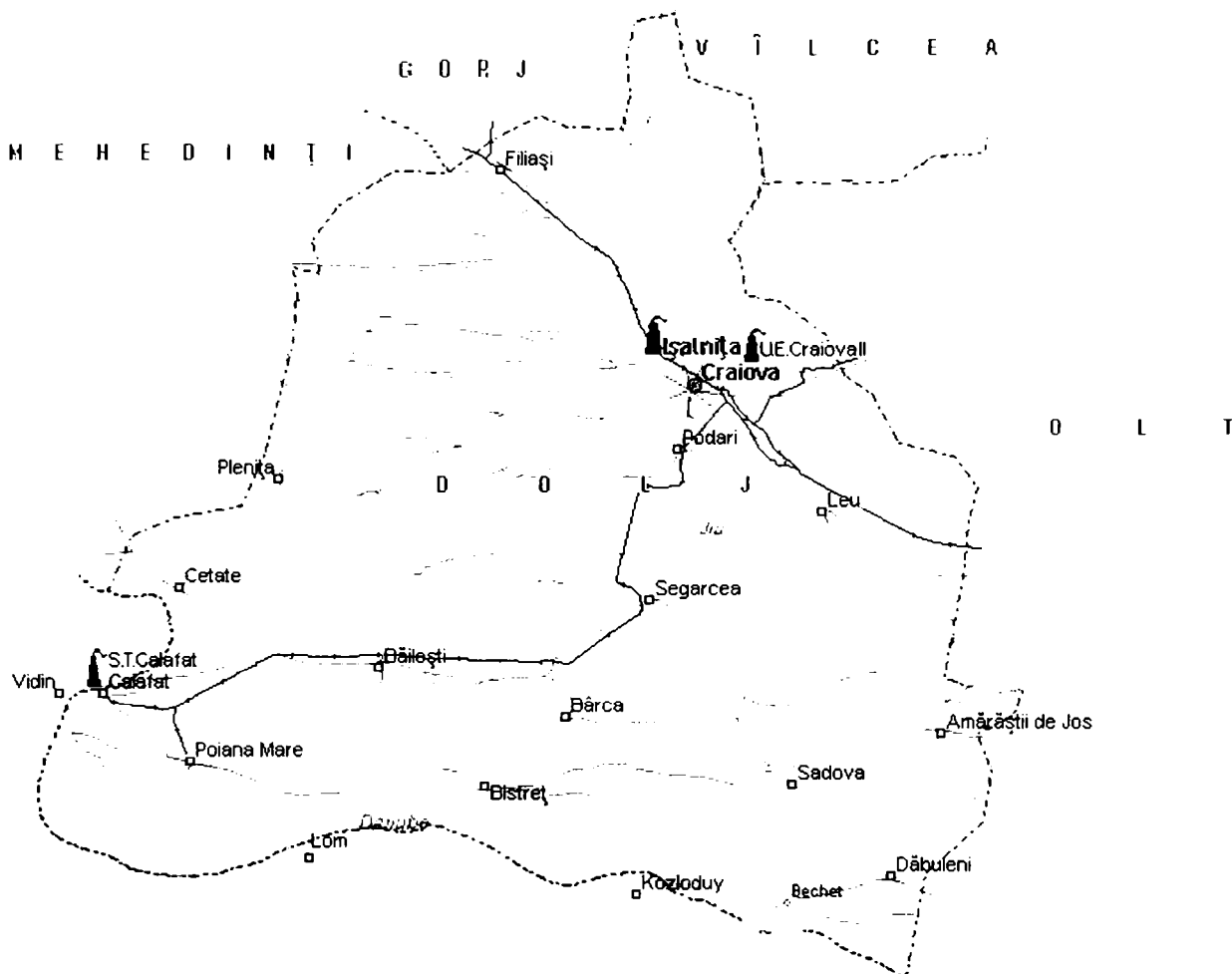


Fig. 1.1. Localizarea C.E.T. Ișalnița

### 1.3. ELEMENTE ALE REGIMULUI HIDROMETEOROLOGIC AL ZONEI

Hidrografia zonei se caracterizează, în principal, prin prezența râului Jiu pe cursul căruia în amonte la 2,2 km de centrală s-a construit barajul-priză Ișalnița, cu un volum de acumulare de peste 2 milioane metrii cubi, având inițial scopul de a alimenta centrala cu apă industrială. Din punct de vedere hidrologic, scurgerea maximă se realizează în mai-iunie, iar cea minimă în august-septembrie. Manifestările hidrologice deosebite sunt constituite din viituri, fenomenul de secetă și cel de îngheț.

Climatul general al zonei este temperat continental cu nuanțe locale caracterizate de primăveri timpurii, ierni relativ blânde, veri calde și secetoase și toamne târzii.

Temperatura medie multianuală este  $10,4^{\circ}\text{C}$ , luna cea mai rece fiind ianuarie ( $-2,8^{\circ}\text{C}$ ) și cea mai caldă iulie ( $+21,7^{\circ}\text{C}$ ). Maxima termică absolută a fost cuprinsă între  $14,8^{\circ}\text{C}$  în luna ianuarie și  $38,0^{\circ}\text{C}$  în luna iulie. Temperatura minimă absolută a variat între  $-36,4^{\circ}\text{C}$  în luna decembrie și  $8,3^{\circ}\text{C}$  în luna iulie.

Numărul mediu de zile cu îngheț este 98,2 pe an din care în lunile de iarnă (decembrie÷februarie) 72,5.

Cantitatea medie anuală a precipitațiilor este de  $583\text{ mm/m}^2$ , cu cele mai mici medii lunare în ianuarie și martie și cu maximele în lunile iunie și mai.

Ceața, este un fenomen meteorologic relativ frecvent în zonă. Media multianuală de zile cu ceață este de 67,2 zile pe an. Ceața este frecventă iarna, când este prezentă în jumătate din numărul de zile; în lunile de vară frecvența apariției ceții este de o zi pe lună.



Regimul vânturilor se caracterizează prin frecvența predominantă a acestora din vest, cu frecvențe multianuale de 20,22% și est cu frecvențe multianuale de 19,96%. O altă direcție a vântului care apare relativ frecvent este NE (12,16%). Cele mai puțin frecvente direcții sunt cele dinspre SEE (0,75%) și SSV (1,10%).

Zona este caracterizată de viteze slabe de vânt. În 32,4% din cazuri viteza vântului este egală sau mai mică de 1m/s, în 59,43% din cazuri este egală sau mai mică de 3m/s. Vântul moderat cu viteze cuprinse între 5 și 8m/s apare cu o frecvență de 18,6%. O viteză de peste 8m/s apare cu o frecvență anuală de 11,6%. Viteza medie a vântului din vest este de 4m/s, a celui din est este de 4,3m/s. Direcția de vânt cu viteza medie cea mai mare este ENE cu 4,7 m/s.

Din punct de vedere al stratificării aerului cele mai frecvente cazuri sunt cele neutre (54,47%) urmate de cele stabile (15,76%) și puțin stabile (11,28%) [1.2.], [1.3].

#### **1.4. ORGANIZAREA GENERALĂ A C.E.T. IȘALNIȚA**

C.E.T. Ișalnița are în componența sa: clădirea principală compusă din sala mașinilor, corpul buncărilor și sala cazanelor; zona exterioară cazanelor unde sunt amplasate preîncălzitoarele de aer regenerative, ventilatoarele de aer și de gaze de ardere, instalațiile de desprăfuire, coșurile de fum, stațiile pentru evacuarea zgurii și cenușii, estacadele de conducte; stațiile electrice de 110 și 220 kV și camera de comandă aferentă acestora; gospodăria de combustibil; construcții hidrotehnice; stația pentru tratarea apei de adaos; construcții și instalații anexe: blocul administrativ, ateliere de întreținere și reparații, laboratoare, fabrica de hidrogen, dotări sociale, magazii și depozite, pichetul de incendiu, garaje, instalația de cântărire în mers a vagoanelor; căi de acces și împrejmuiri; depozite de zgură și cenușă; cazane de apă fierbinte.

Sala mașinilor are o lungime de 319m și o deschidere de 35m. Turbinele și generatoarele grupurilor 1; 2; 3; 4; 5; 6 sunt instalate transversal în raport cu axa sălii mașinilor, la nivelul cotei 8m, iar turbinele și generatoarele grupurilor 7 și 8 sunt amplasate longitudinal față de axa sălii mașinilor la nivelul cotei 10,5m. La cota 0m, sunt amplasate electropompele de alimentare, pompele de circulație, ejectorii, pompele de condensat de bază, instalațiile de preparare a apei fierbinți, iar la cota 5m, turbopompele de alimentare și rezervoarele de apă de adaos. Pentru manipularea componentelor instalațiilor în timpul lucrărilor de întreținere și reparații există trei poduri rulante.

Grupurile 1 și 2. sunt de 100 MW fiecare, cu turbine în condensatie, cazane cu supraîncalzire intermediară a aburului, schema de funcționare bloc cazan turbină. Apa de alimentare este furnizată la fiecare cazan cu trei pompe de alimentare acționate de motoare electrice (1100 kW), fiecare pompă asigurând 60% din debitul cazanului fiecărui grup energetic, o pompă constituind rezervă.

Grupurile 3,4,5 și 6 au fost destinate producerii combinate de energie electrică și termică fiind legate la bare comune de abur viu și apă de alimentare. Apa de alimentare este furnizată la cazane de 6 pompe de alimentare acționate de motoare electrice (3200kW), două pompe fiind în rezervă.

Grupurile 7 și 8 sunt de 315 MW fiecare, cu turbine în condensatie, cazane cu străbateră și supraîncalzirea intermediară a aburului, o turbină fiind alimentată cu abur de la două cazane. Fiecare grup este prevăzut cu o turbopompă de alimentare pentru funcționarea normală și două electropompe de alimentare, care asigură fiecare 50% din

debitul maxim al grupului. Condensatul principal trece printr-o instalație de tratare a condensatului, formată din patru filtre cu celuloză și trei filtre cu pat mixt, amplasată la cota -3,5m.



Fig 1.2. C.E.T. Ișalnița-vedere C.E.T.

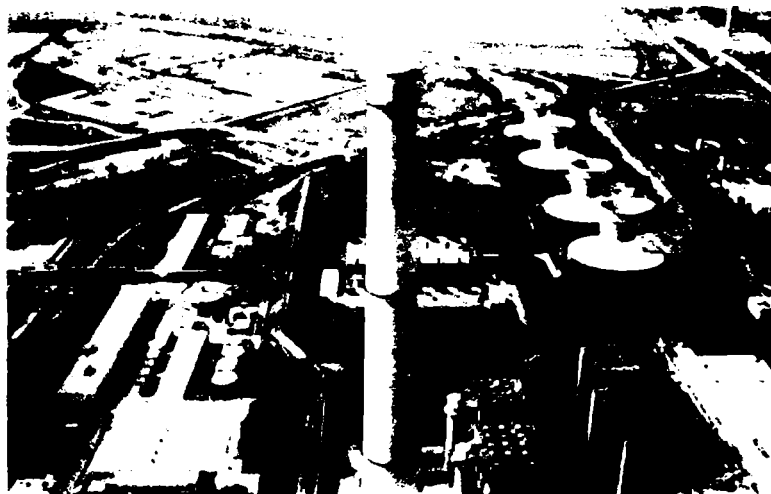


Fig. 1.3. C.E.T. Ișalnița-coșul de fum

Corpul buncărilor situat între sala mașinilor și sala cazanelor are o deschidere de 9m, aici fiind amplasate la cota 0m stațiile electrice de 6 și 0,4 kV pentru serviciile auxiliare, bateriile de acumulare, sălile de relee, camerele de comandă tehnologice; [camera de comandă termică (CCT) 1 pentru grupul 1 și 2, CCT 2 pentru grupul 3 și 4, CCT 3 pentru grupul 5, CCT, grup 6 situate la cota 12m și CCT grup 7 și 8 situată la cota 10,5m], iar deasupra buncării de cărbune și rezervoarele de apă de răcire.

În sala cazanelor sunt amplasați degazorii (cu rezervor vertical la prima etapă și orizontal la cea de a doua), expandorii de pornire, benzile Redller (la cota +18 m) care alimentează cu cărbune morile situate la cota 0 m.

În spatele sălii cazanelor sunt amplasate preîncălzitoarele de aer rotative tip Rothemühle, ventilatoarele de aer, electrofiltrele și ventilatoarele de gaze de ardere.

Generatoarele antrenate de turbina nr.1 și nr.2 sunt de 125 MVA, cu o tensiune la borne de 13,8 kV; cele antrenate de turbinele 3 și 4 sunt de 63 MVA, cu o tensiune la borne de 10,5 kV, cel antrenat de turbina 5 este de 75 MVA cu o tensiune la borne de 10,5 kV, iar cel antrenat de turbina 6 este de 68,7 MVA la o tensiune de 10,5 kV. Aceste generatoare livrează puterea prin intermediul transformatoarelor ridicătoare de tensiune cuplate direct la stația de conexiuni de 110 kV. Din stația de 110 kV pleacă: 4 linii spre combinatul chimic; linii de racord cu sistemul energetic național; legătura cu stația de 220kV prin două autotransformatoare de 200 MVA fiecare, legături cu transformatoarele de servicii generale și pentru alimentarea cazanelor de apă fierbinte.

Transformatoarele pentru servicii proprii au o putere de 16MVA (13,8/6 kV) fiecare, pentru grupurile de 100MW și 16MVA (10,5/6kV) fiecare pentru grupurile de 50 și 55 MW. Transformatoarele bloc au raportul de transformare 121/13,8 kV respectiv 121/10,5 kV.

Generatoarele electrice de la etapa II-a sunt de 370 MVA, 24kV, 50 hz și furnizează energia electrică prin transformatoare bloc de 400 MVA; 24 /220 kV în stația de 220 kV prin două întreruptoare situate pe bare diferite.

Alimentarea serviciilor generale pentru pornirea și oprirea grupurilor se face cu două transformatoare de 40 MVA racordate astfel: unul la barele de 220 kV și celălalt la barele de 110 kV. Transformatoarele bloc, servicii proprii și generale sunt amplasate în fața sălii mașinilor [1.1.].

## **1.5. GRUPURILE ENERGETICE DE 315MW**

### **1.5.1. Cazanul M.A.N. de 510 t/h**

Cazanul de abur M.A.N. de 510t/h (fig.1.4.) este cu circulație forțată tip Benson. Camera focară este înaltă de 17m, secțiunea transversală este pătrată cu latura de 12,5m și la partea inferioară are forma unei pâlnii. După ce părăsesc camera focară gazele de ardere parcurg succesiv un tiraj vertical ascendent, un tiraj orizontal și un tiraj vertical descendent.

Parametrii principali ai cazanului sunt: debit de abur 510 t/h; presiune abur viu 196 bar; temperatura abur viu 540<sup>0</sup>C; presiune apă alimentare 235 bar; temperatură apă de alimentare 264<sup>0</sup>C; presiune abur medie presiune la intrare 48 bar; temperatura abur medie presiune la intrare 345<sup>0</sup>C; presiune abur medie presiune la ieșire 45 bar; temperatura abur medie presiune la ieșire 540<sup>0</sup>C; debitul de aer în focar 687000 m<sub>N</sub><sup>3</sup>; debitul de gaze de ardere la ieșirea din preîncălzitorul de aer 943000 m<sub>N</sub><sup>3</sup> [1.5.].

Sistemul apă-abur al cazanului este alcătuit din două părți identice, partea dreaptă și partea stângă, dispuse simetric în cazan și care după supraîncălzitorul 3, respectiv după supraîncălzitorul intermediar 1 se inversează pentru uniformizarea temperaturii aburului viu respectiv intermediar. Suprafețele de schimb de căldură ale cazanului sunt înseriate, circulația apei realizându-se cu ajutorul pompelor de alimentare.

Din economizorul 1, (ECO1), amplasat în partea inferioară a tirajului doi, între cotele 10,240m și 19,460m, apa trece prin colectoarele de ieșire amplasate la cota 19,71m și prin țevile de legătură în colectorele de intrare ale economizorului 2 amplasate la cota 8,950 m.

Țevile economizorului 2, (ECO2), sunt țevi de susținere pentru suprafețele de schimb de căldură din tirajul doi al cazanului. Din colectorele de ieșire ale economizorului 2, amplasate la cota 44,500m în podul cazanului, apa curge prin țevile de legătură în conductele coborâtoare amplasate în afara drumului gazelor de ardere la partea din față a tirajului doi și de aici în colectorele de intrare ale vaporizatorului 1 amplasate la cota -0,50 m, pentru partea dreaptă în spatele focarului iar pentru partea stângă în fața focarului.

Vaporizatorul, (VAPO), ecranează camera focară, fiind împărțit în cinci părți pentru fiecare circuit: vaporizatorul 1a, ecranează camera focară față și spate până la cota 9,795m și o parte din lateralele stânga și dreapta până la cota 10,614m; vaporizatorul 1b, ecranează lateralele camerei focare până la cota 9,255 în zonele necranate de vaporizatorul 1a; vaporizatorul 1c, ecranează părțile laterale ale camerei focare de la cota 9,225m până la cota 17,620m, în unele porțiuni ajungând la cota 18,867m; vaporizatorul 2, ecranează pereții față și spate ai camerei focare de la cota 9,862m până la cota 19,031m. Între vaporizatoarele 1a, 1b, 1c și 2 nu există colectoare. Vaporizatorul 3, ecranează pereții camerei focare de la cota 17,669m până la cota 21,305m. Între vaporizatorul 2 și 3 există colectoare pentru uniformizarea temperaturii, montate astfel: lateral spate pentru partea dreaptă a sistemului apă-abur, și lateral față

pentru partea stângă a sistemului apă apă-abur. Colectorul de ieșire din vaporizatorul 2 este colector de intrare în vaporizatorul 3. La cota 22,30m sunt amplasate și colectoarele de ieșire din vaporizatorul 3, în spate pentru partea dreaptă și în față pentru partea stângă.

La ieșirea din vaporizator emulsia apă-abur trece prin separatoarele de apă, câte unul pentru fiecare circuit al cazanului, apa separată evacuându-se la expandorul de pornire.

Supraîncălzitorul 1, (S1), este amplasat în drumul doi al gazelor de ardere deasupra economizorului, între cotele 23,400m și 28,580m. Admisia aburului saturat în supraîncălzitorul 1 se face prin 24 țevi care fac legătura între separatoarele de apă și colectoarele de intrare în supraîncălzitorul 1. Din colectoarele de ieșire ale supraîncălzitorului 1, aburul intră în colectoarele de intrare ale supraîncălzitorului 2.

Supraîncălzitorul 2, (S2), ecranează pereții laterali ai tirajului transversal, pereții laterali și spate ai părții superioare a tirajului doi de la cota 35,685m până la cota 43,459m. Din colectoarele de ieșire ale supraîncălzitorului 2, amplasate la cota 43,920m, aburul intră în colectoarele de intrare ale supraîncălzitorului 3, câte un colector pentru fiecare parte de circuit.

Supraîncălzitorul 3, (S3), ecranează plafonul cazanului în tirajul II, tirajul transversal și camera focară. Pentru fiecare circuit sunt amplasate în afara drumului de gaze două colectoare intermediare amplasate în afara drumului de gaze. După supraîncălzitorul 3 are loc o inversare a circulației aburului de pe partea dreaptă pe partea stângă, pentru uniformizarea temperaturii astfel: aburul din colectorul de ieșire al S3 dreapta intră în colectorul de intrare al S4 stânga, iar aburul din colectorul de ieșire al S3 stânga intră în colectorul de intrare al S4 dreapta.

Supraîncălzitorul 4, (S4), ecranează pereții laterali și față focar de la cota 21,380m până la 31,884m, iar peretele spate până la cota 34,230m. Colectoarele de ieșire din supraîncălzitorul 4 sunt comune și pentru intrarea în supraîncălzitorul 5, fiind amplasate în afara cazanului, în partea din față a focarului la cota 32,00m.

Supraîncălzitorul 5, (S5), ecranează pereții laterali și față ai camerei focare de la cota 32,256m la cota 43,219m. Împreună cu supraîncălzitorul 4, supraîncălzitorul 5 formează țevăria părții superioare a camerei focare deasupra părții îngustate. Din colectoarele de ieșire ale supraîncălzitorului 5, amplasate la cota 44,200m în partea din față a cazanului, aburul trece prin schimbătoarele de căldură abur-abur, câte două pe fiecare parte a cazanului, situate în afara lui. În schimbătorul de căldură abur-abur, aburul de înaltă presiune care circulă prin țevi, cedează o parte din căldura sa aburului de medie presiune care circulă printre țevi. În acest mod se realizează o primă reglare a temperaturii aburului viu și o preîncălzire a aburului de medie presiune înainte de a intra în supraîncălzitorul intermediar 1. Colectorul de ieșire al aburului de înaltă presiune din schimbătorul de căldură este în același timp colectorul de intrare pentru injecția nr.1.

Supraîncălzitorul 6, (S6), este montat la partea superioară a camerei focare, de la cota 30,672m până la cota 43,460m, fiind format din pachete de serpentine în formă de dublu "U". După ieșirea din supraîncălzitorul 6 aburul ajunge în injecția nr.2.

Supraîncălzitorul 7, (S7), în formă de "U", este amplasat în partea din față a tirajului transversal între cotele 35,060m și 43,500m. Fiecare colector de ieșire din S7 este legat de colectorul final prin 30 țevi.



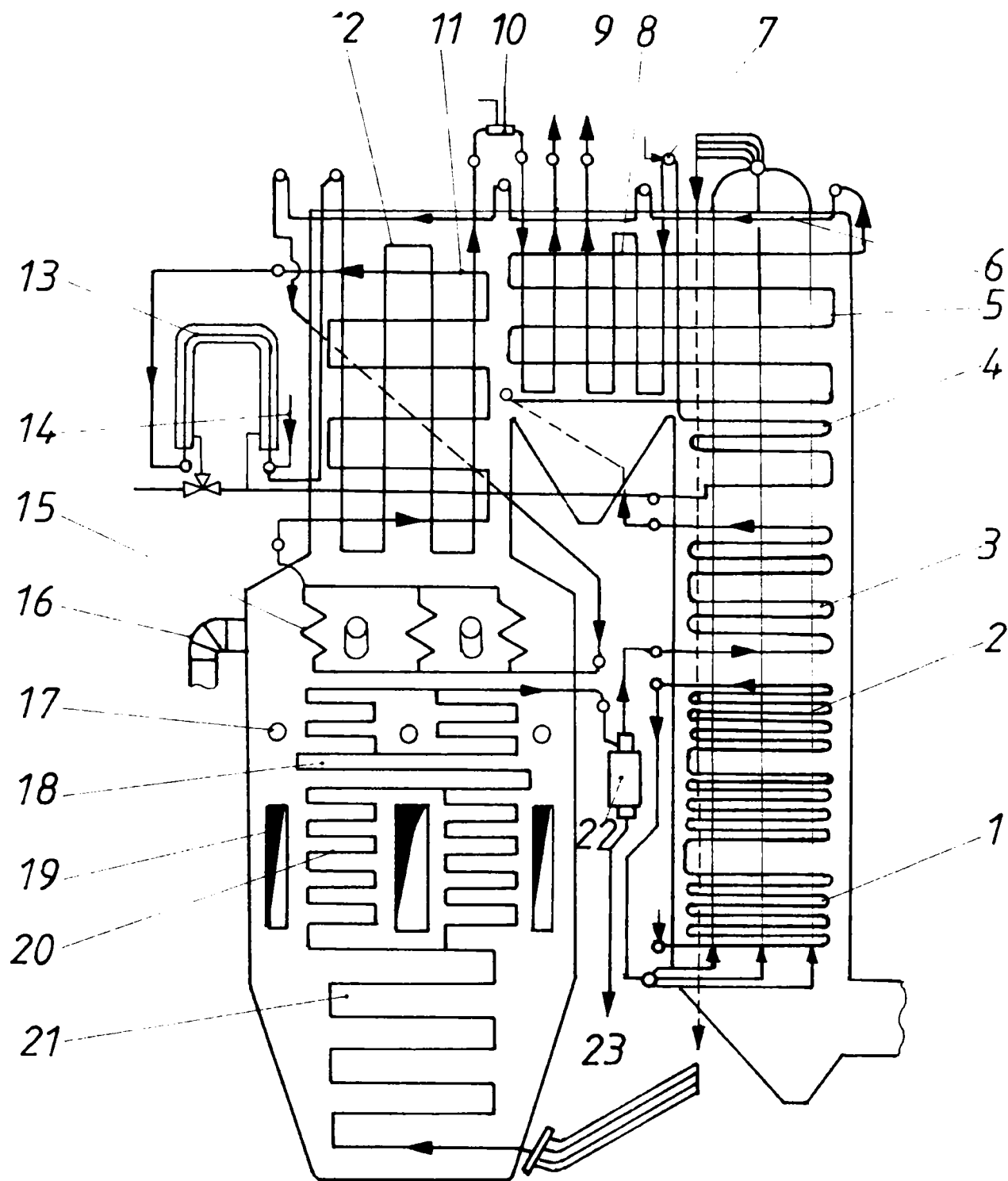


Figura 1.4. Cazanul de abur M.A.N. 510 t/h

1.-economizor 1; 2.-economizor 2; 3.-supraîncălzitor 1; 4. -supraîncălzitor intermediar 1;  
 5.- supraîncălzitor 2; 6.-supraîncălzitor 3; 7.-injecție MP; 8.-supraîncălzitor intermediar 2;  
 9.-supraîncălzitor 7; 10.-injecția 2 IP; 11. –supraîncălzitor 5; 12.-supraîncălzitor 6; 13.-schimbător  
 de căldură abur-abur; 14.-injecția 1IP; 15.-supraîncălzitor 4; 16.-aspirație moară cărbune; 17.-arzător  
 gaz; 18.-vaporizator 3; 19.-arzător praf cărbune; 20.- vaporizator 2; 21.-vaporizatoare 1a, 1b, 1c;  
 22.-butelie de separare; 23.-conductă golire la expanderul de pornire.



Supraîncălzitorul intermediar 1, (SI1), este montat în tirajul doi între cotele 30,200 și 43,500m. Legătura cu SI2 este realizată prin două conducte DN 400, câte una pe fiecare parte, inversându-se circuitele de pe dreapta pe stânga și invers.

Supraîncălzitorul intermediar 2, (SI2), este montat în tirajul transversal sub formă de serpentine verticale dublu "U" între cotele 34,957 și 43,500m. Între SI1 și SI2 se face o inversare a circulației aburului de pe stânga pe dreapta și sunt amplasate injecțiile stânga și dreapta pentru reglarea temperaturii aburului supraîncălzit intermediar. Injecția se face cu apă de alimentare.

În timp au fost aduse unele modificări în raport cu situația inițială a instalației, modificări ce vor fi prezentate în continuare [1.6.]:

a.) Datorită unor defecțiuni apărute la separatorul de apă acesta nu mai poate fi folosit în prezent fiind by-passat;

b.) Din cauza unor defecțiuni la ventilul cu trei căi aburul intermediar este condus de la eșaparea corpului de înaltă presiune al turbinei în supraîncălzitorul 1. Aburul de înaltă presiune continuă să treacă prin țevile schimbătorului de căldură.

### **1.5.2. Turbina cu abur Rateau Schneider de 315 MW, instalația aferentă circuitului termic**

Turbina cu abur Rateau-Schneider de 315MW este o turbină cu acțiune în condensatie, având patru corpuri dispuse pe o singură linie de arbori. Corpul de înaltă presiune, (CIP), are 11 trepte (o treaptă de reglare și 10 trepte de presiune), corpul de medie presiune, (CMP), 13 trepte, iar corpurile de joasă presiune, (CJP), 6 trepte dispuse în dublu flux [1.1.].

Principali parametri ai turbinei sunt: puterea nominală 315MW; puterea de suprasarcină 345 MW; turația 3000rot/min; abur admisie CIP (presiunea 186 at, temperatura 535<sup>0</sup>C, debitul 926 t/h); abur eșapare CIP (presiunea 46,9 at, temperatura 337<sup>0</sup>C, debitul 926 t/h); abur admisie CMP (presiunea 42,2 at, temperatura 535<sup>0</sup>C, debitul 863 t/h); Eșapare CJP (presiunea 0,036at, debitul 562 t/h) [1.7.].

Aburul viu de la cazane este adus la corpul de înaltă presiune al turbinei prin două conducte de abur. La ieșirea din cazan pe fiecare conductă de abur viu este prevăzută câte o vană de linie: 15Vv și 25Vv și un by-pas: 815Vv și 825Vv, pentru încălzirea conductelor între vanele de linie și ventilele de închidere rapidă de înaltă presiune. Înainte de admisia în corpul de înaltă presiune aburul trece prin patru ventile de închidere rapidă, 31Vv; 41Vv; 51Vv; 61Vv, câte două pe fiecare conductă de abur viu de înaltă presiune și prin patru ventile de reglare de înaltă presiune, 33Vv; 43Vv; 53Vv; 63Vv (figura 1.5.).

Aburul destins în corpul de înaltă presiune este dirijat spre supraîncălzitorul intermediar. La ieșirea din corpul de înaltă presiune este montată o clapetă de reținere cu acționare pneumatică rapidă, 1Vr. Din conducta de ieșire din corpul de înaltă presiune se ramifică priza 7, cu clapete de reținere și vane de izolare spre PIP7, spre degazor (alimentare cu abur la declanșarea turbinei).

Aburul intermediar cald trece prin două ventile de închidere rapidă de medie presiune 91Vv și 101Vv; de la fiecare ventil de închidere rapidă de medie presiune există câte două ramificații spre ventilele de reglare de medie presiune montate două la partea superioară, ventilele 93 Vr și 95Vr, respectiv la partea inferioară, ventilele 103Vr și 105Vr, a corpului de medie presiune al turbinei. Aburul destins în corpul de medie

presiune al turbinei este condus prin două conducte exterioare în cele două corpuri de joasă presiune și din acestea în condensatorul turbinei.

Din corpul de medie presiune se fac următoarele prelevări de abur: priza 6 pentru PIP6 S, PIP6 N; priza 5 pentru PIP5; priza 4 pentru degazor; priza 3 pentru PJP3, pentru TPA și pentru boilerele de termoficare (acest racord nu a fost folosit nici o dată); priza 2 pentru PJP2; priza 1 pentru PJP1. Pe conductele de la prizele 2, 3, 4, 5 și 6 sunt montate clapete de reținere cu acționare pneumatică și vane de izolare cu acționare electrică; pe conductele de la priza 1 nu sunt clapete de reținere și vane de izolare. Turbina pompei de alimentare, primește abur de la priza 3, sau la sarcină redusă a blocului, din conductele de abur viu.

Condensatul de bază este aspirat din condensatorul turbinei de electropompa de condens de bază treapta 1 (EPCB1), o pompă este în funcțiune și una în rezervă, și este refulat prin condensatorul de abur labirinți (CAL), răcitorul de vară, răcitorii de hidrogen, răcirorii bare stator și apoi prin stația de tratare a condensatului de bază. La ieșirea din stația de tratare, condensatul este aspirat de electropompa de condensat de bază treapta 2 (EPCB2), o pompă este în funcțiune și una în rezervă și refulat prin PJP1, PJP2, și PJP3 spre degazor. La intrarea în PJP1 este montat ventilul de reglare a nivelului în degazor.

Apa degazată este aspirată din degazor de turbopompa de alimentare (TPA), sarcină 100%, sau de electropompele de alimentare (EPA), sarcină 2x50% și este refulată prin preîncălzitoarele de înaltă presiune în cazan. Degazorul funcționează cu presiune alunecătoare în funcție de sarcină.

Condensatul secundar de la preîncălzitoarele de joasă presiune, este evacuat în cascadă dintr-un preîncălzitor în altul la condensator. În cazul în care evacuarea condensatului secundar nu se realizează în cascadă, condensatul secundar de la PJP3, respectiv PJP2 este trimis la expandorul de purje de 7m<sup>3</sup> și de acolo la condensatorul turbinei. PJP3 poate primi și condensul secundar rezultat de la preîncălzitoarele de înaltă presiune. Preîncălzitoarele de joasă presiune se pot izola individual sau în bloc prin închiderea tuturor vanelor de pe intrările și ieșirile din PJP-uri și deschiderea tuturor by-passurilor la PJP-uri. Reglarea nivelului de condensat în preîncălzitoare se asigură pe fiecare evacuare a preîncălzitorilor de joasă presiune la condensator sau în cascadă cu ventilele de reglare cu acționare electrică montate în acest scop.

La preîncălzitoarele de înaltă presiune condensatul secundar poate fi evacuat în cascadă până la PIP5 și de aici în degazor sau în PJP3 sau direct în condensatorul principal prin rezervorul de 7m.

Pentru pornirea blocului și pentru menținerea în funcțiune a cazanelor la declanșarea turbinei sunt prevăzute stațiile de by-pass de înaltă presiune (ocolire CIP) care reduc presiunea și temperatura aburului viu pentru asigurarea răcirii supraîncălzitorului intermediar și stația de by-pass de medie-joasă presiune (ocolire CMP și CJP), care reduce presiunea și temperatura aburului de la ieșirea din supraîncălzitorul intermediar până la parametrii condensatorului turbinei.

Pentru răcirea condensatorului turbinei sunt prevăzute două electropompe de circulație, care aspiră apa de răcire din canalul de apă rece și o refulează prin condensator în canalul de apă caldă. Răcirea condensatorului turbinei pompei de alimentare se face cu apa de răcire de la refularea acelorași pompe de circulație.

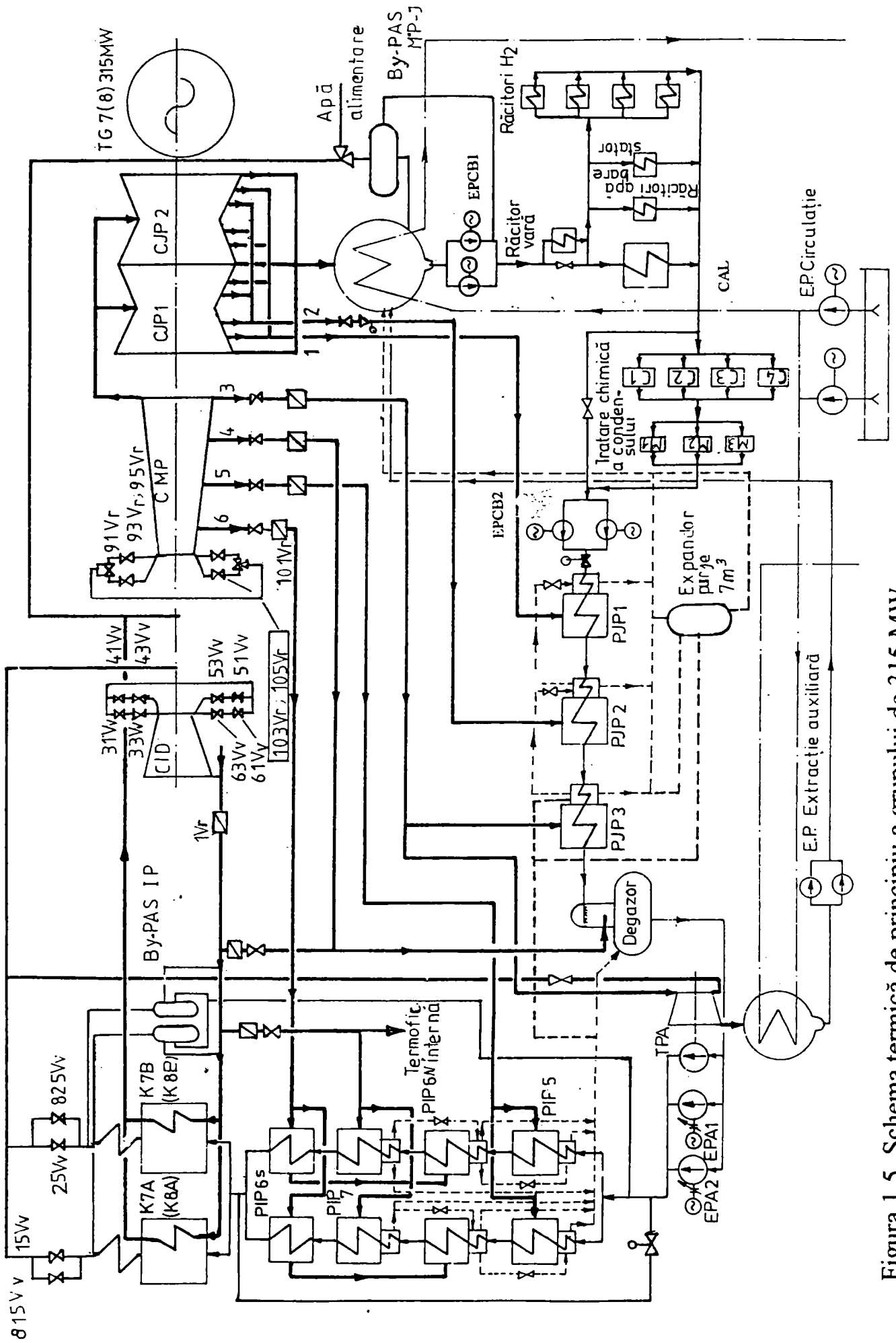


Figura 1.5. Schema termică de principiu a grupului de 315 MW.

## 1.6. INSTALAȚIILE HIDROTEHNICE

Pentru a se dispune de apă necesară întregului proces tehnologic s-a construit un baraj pe râul Jiu (având o deschidere de 138 m) și o instalație de decantare formată din 12 compartimente, fiecare compartiment asigurând un debit de 3m/s. Prin două canale unul deschis și unul acoperit apa ajunge la casa sitelor unde se curăță de impuritățile grosiere (trecând prin grătare și site rotative), de unde se împarte la blocurile 1 și 2; la termoficare și la grupurile 7 și 8, răcește condensatoarele turbinelor, lagărele de la etapa a doua și este returnată în râul Jiu. De la casa sitelor și din canale se preia apă și pentru secția chimică.

În perioadele în care râul Jiu nu asigură debitul de apă necesar funcționării în circuit deschis, se utilizează turnurile de răcire Hamon (4 turnuri).

Turnurile de răcire au următoarele caracteristici:

- sunt cu tiraj forțat, fiecare turn având un ventilator;
- pentru toate turnurile sunt prevăzute patru pompe de circulație, fiecare pompă asigurând un debit de 20000m<sup>3</sup>/h.

## 1.7. INSTALAȚIILE DE TRATARE CHIMICĂ A APEI

Instalațiile de tratare chimică a apei asigură necesarul de: apă demineralizată de adaos pentru completarea pierderilor și consumurilor în circuitele apă-abur ale grupurilor: apă dedurizată pentru adaos în circuitele de termoficare; apă decantată pentru răcirea în circuit deschis a lagărelor de la mori și ventilatoare, a compresoarelor, etc.

Pentru a realiza necesarul de apă menționat mai sus apa provenită din Jiu trece prin reactoare, filtre minerale, trei rânduri de filtre cationice și două rânduri de filtre anionice. Apa de răcire se obține utilizând decantorul tip Wabag.

## 1.8. INSTALAȚIILE DE COMBUSTIBIL

Combustibilul de bază este lignitul din bazinul carbonifer al Olteniei, care ajunge în centrală pe calea ferată în convoaie de 40 vagoane, fiecare vagon având capacitatea de 55 t. La intrarea în centrală vagoanele sunt cântărite cu ajutorul unei instalații de cântărire din mers a vagoanelor.

Instalațiile de descărcare sunt de tip subteran, și comportă două unități distincte din punct de vedere funcțional, atașate celor două etape.

Fiecare etapă dispune de două stații de descărcare, benzi transportoare, stație de concasare, de unde cărbunele poate fi trimis la cazane sau la depozit. Sunt instalate cântare de bandă atât pe benzile ce transportă cărbunele spre depozit cât și pe benzile transportoare spre sala cazanelor.

Depozitul de cărbune este comun celor două etape, manipularea cărbunelui în și din depozit făcându-se cu buldozere și autoscrepere.

Combustibilul utilizat pentru pornire și susținerea flăcării, este gazul natural primit prin prin trei conducte pentru cazanele de abur din centrală și una pentru CAF, de la stația de reglare a gazelor, situată în afara teritoriului centralei. Pe teritoriul centralei pentru fiecare etapă există un colector de unde sunt racordate prin conducte cazanele aferente.

Capacitățile instalate sunt: 42000 m<sup>3</sup>/h la etapa I, 160000 m<sup>3</sup>/h la etapa a II a și 40000 m<sup>3</sup>/h pentru CAF.

## **1.9. EVACUAREA ZGURII ȘI CENUȘII**

Zgura și cenușa de la cazane se evacuează hidraulic, în două depozite: unul cu o suprafață la bază de 136 ha situat pe malul stâng al Jiului la o distanță de 3km și celălalt pe malul drept al Jiului la o distanță de 2,5 km, cu o suprafață la bază de 165 ha.

Pentru reținerea cenușii din gazele de ardere sunt instalate electrofiltre.

Cazanele 1,2,3,4 și 5 au electrofiltre cu un randament de 97% precedate de mecanofiltre iar evacuarea gazelor de ardere în atmosferă se face printr-un coș înalt de 163 m.

Cazanele 6, 7A, 7B, 8A și 8B au fost dotate cu electrofiltre cu un grad de reținere de 99%, iar evacuarea gazelor de ardere în atmosferă se face printr-un coș înalt de 200 m.

## **1.10. CAZANELE DE APĂ FIERBINTE**

Pentru alimentarea cu căldură a complexului de sere de la Almăj, au fost instalate 5 cazane de apă fierbinte de 100 Gcal/h, amplasate la circa 3 km de centrală. Combustibilul utilizat este păcura și gazul natural. În prezent sunt dezafectate.



## BIBLIOGRAFIE

- 1.1. Văcaru, E., Parametrii tehnico-funcționali ai CET Ișalnița, Referat nr.1. la teza de doctorat, Timișoara, 1996.
- 1.2. ICEMENERG București, Studiu de impact asupra mediului la funcționarea la înălțime redusă a coșului de fum nr.2 din S.E. Ișalnița
- 1.3. \*\*\*\*\* Clima R.S.R. vol II, Date climatologice, Editura Institutului Meteorologic, București, 1966.
- 1.4. 1.4. S.P.I.E., La centrale thermique de Craiova II.
- 1.5. \*\*\*\*\* Instrucțiunea de exploatare a cazanului de abur M.A.N 510 t/h., ediția 2000.
- 1.6. Consenerg S.A., Cartea tehnică și documentația "As built", București 1995.
- 1.7. \*\*\*\*\* Instrucțiunea de exploatare a blocurilor de 315 MW., ediția 2000.

## 2. PREPARAREA ȘI ARDEREA PRAFULUI DE CĂRBUNE

Combustibilul de bază utilizat la cazanele M.A.N. de 510 t/h este lignitul din bazinul carbonifer al Olteniei.

Sistemul de preparare și ardere al prafului de cărbune (figura 2.1.) se compune din 6 linii de alimentare, măcinare și ardere (5 linii în funcțiune și o linie în rezervă), fiecare linie având în componență: racordul la buncărul de cărbune, cu sistemul aferent de închidere cu tije, transportorul tip Redller (având în componență banda principală și banda de curățire), moara de cărbune și arzătorul de praf de cărbune.

### 2.1. Prepararea prafului de cărbune

Transportorul preia cărbunele de la baza buncărului și-l deversează în turnul de uscare al morii. Cărbunele căzut de pe banda principală este preluat de banda de curățire amplasată sub banda principală, în aceeași carcasă și este deversat tot în turnul de uscare al morii. Izolarea deversării cărbunelui în turnul de uscare al morii se realizează cu șibărul K24.

Capacitatea de transport a cărbunelui este reglabilă, prin modificarea vitezei de deplasare, cu ajutorul unui convertizor de frecvență [2.1.] și a înălțimii stratului de cărbune cu ajutorul unui șibăr. Prezența cărbunelui pe bandă este sesizată de un clapet amplasat după șibărul de reglare, clapet reglat astfel încât să semnalizeze scăderea grosimii stratului de cărbune sub 100mm. Pentru a asigura o alimentare uniformă a morii cu cărbune se funcționează cu o viteză ridicată a benzii și cu o înălțime mică a stratului de cărbune [2.2.].

Caracteristicile tehnice ale transportorului sunt [2.3.] :

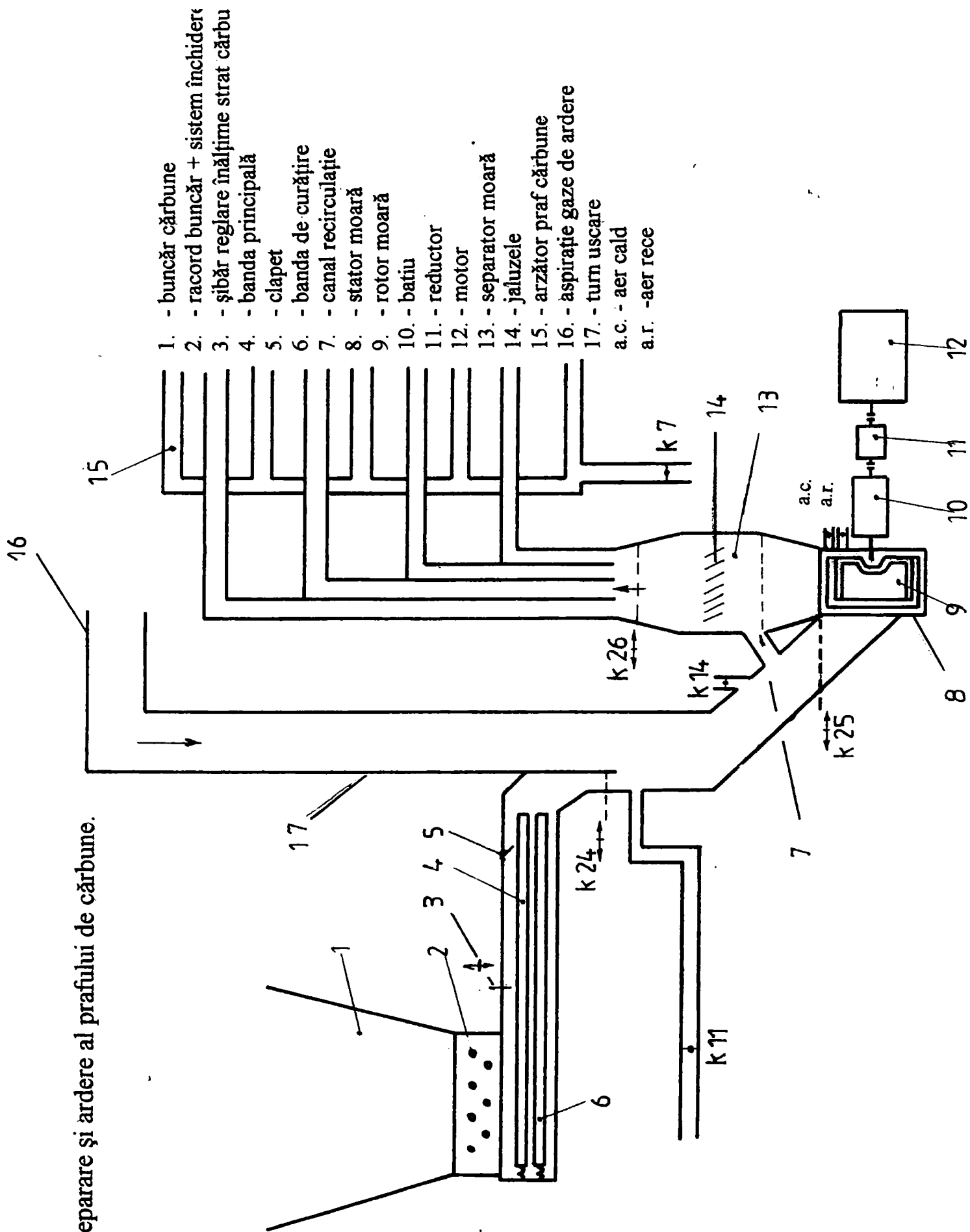
- capacitatea de transport:	reglabilă între 25 și 55 t/h;
- densitatea cărbunelui:	750 ÷ 950 kg/m <sup>3</sup> ;
- înălțimea maximă a stratului:	380 mm;
- lățimea stratului:	1150 mm;
- viteza de deplasare:	1,5 ÷ 4 m/s;
- viteza nominală de deplasare:	3,5 m/s.

Moara ventilator constă din: turnul de uscare; statorul în formă de spirală, protejat la interior împotriva uzurii cu blindaje; separatorul morii; rotorul fixat pe arbore și grupul de antrenare (motor, reductor, batiu cu lagăre). Rotorul este format din disc, inel și palete. Partea superioară a paletelor este protejată cu blindaje ce pot fi înlocuite după uzare.

Principalele caracteristici tehnice ale morii de cărbune sunt [2.4]:

- tipul morii	moară ventilator;
- capacitate măcinare	55 t/h;
- debit amestec cărbune-gaze de ardere aer	199 t/h;
- granulație cărbune la intrare în moară	0÷20 mm;
- finețe de măcinare	reziduu 50% pe sita 0,09 mm;
- putere absorbită	700 kW;
- turația	490 rot/min;
- diametru rotor	3200 mm.

Fig. 2.1. Sistemul de preparare și ardere al prafului de cărbune.



Morile de cărbune au rolul de a usca și măcina cărbunele. Agentul de uscare îl constituie gazele de ardere, prelevate din focar cu temperatura de aproximativ  $900^{\circ}\text{C}$  și aerul de ardere cu temperatura de  $282^{\circ}\text{C}$ , preluat de după preîncălzitorul de aer rotativ. Uscarea cărbunelui începe în turnul de uscare al morii și se finalizează în moară simultan cu măcinarea.

Punerea în funcțiune a morii are loc atunci când temperatura gazelor de ardere la aspirația morii atinge cel puțin  $600\div 650^{\circ}\text{C}$ . În momentul în care temperatura în separatorul morii este de  $160\div 180^{\circ}\text{C}$  se poate alimenta moara cu un debit redus de cărbune, la o încărcare a benzii Redller de  $20\div 25\%$ .

Amestecul primar împreună cu cărbunele pulverizat este refulat în separatorul morii, unde datorită micșorării bruște a vitezei de transport, și trecerii prin sistemul de jaluzele înclinate particulele măcinate grosier sunt returnate în moară prin canalul de recirculație. Reglarea fineții de măcinare a prafului de cărbune se realizează prin modificarea unghiului de înclinare a jaluzelor separatorului. Un alt factor care influențează finețea de măcinare dar și capacitatea de măcinare a morii este uzura paletelor de măcinare.

Temperatura de ieșire a amestecului primar din moară este controlată în separator. Această temperatură este reglată automat cu ajutorul clapetului K11 în limitele  $120^{\circ}\text{C}\div 180^{\circ}\text{C}$  printr-o buclă de reglaj, buclă care acționează asupra debitului de aer primar introdus în moară. O temperatură prea ridicată crează condiții de autoaprindere și explozie a prafului de cărbune, iar o temperatură prea scăzută duce la înfundarea morii datorită unei uscări insuficiente.

Pentru a menține, în limitele admisibile, temperatura amestecului primar, instalația este prevăzută și cu clapeta K14, clapetă ce este comandată manual și permite aspirarea de aer rece din sala cazanelor. Introducerea de aer rece este utilizată în mod normal numai la scoterea morii din funcțiune. În scopul reducerii uzurilor între rotor și carcasă și a controlului jocurilor axiale ale rotorului la diferite regimuri de funcționare, între rotor și stator se introduce aer cald (AC) respectiv aer rece (AR).

Izolarea morii în perioadele de reparații se realizează pe partea de aspirație cu șibărul K25, iar pe partea de refulare cu șibărul K26.

Funcționarea corectă a morii se monitorizează prin parametrii:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| - temperatura în turnul de uscare: | $200\div 600^{\circ}\text{C}$ ;                 |
| - temperatura după separator:      | $120^{\circ}\text{C}\div 180^{\circ}\text{C}$ ; |
| - presiune după separator:         | $0\div 250\text{mmCA}$ .                        |

## 2.2. Arderea prafului de cărbune

Cazanul a fost conceput să funcționeze cu trei tipuri de combustibil. Regimurile de funcționare ale cazanului pot fi [2.5.] [2.6.]:

1. 100% lignit cu  $H_i = 1400 \div 2000 \text{ kcal/kg}$ ;
2. 100% ulei cu  $H_i = 3800 \div 4800 \text{ kcal/kg}$ ;
3. 100% gaze naturale cu  $H_i = 8500 \text{ kcal/m}_N^3$ ;
4. lignit (minim 30%) și gaze naturale;
5. ulei și gaze naturale.

Reglarea sarcinii cazanului se poate realiza în următoarele variante:

1. debit gaz și debit cărbune reglabil simultan, raportul dintre ele menținându-se constant;
2. debit de cărbune constant și debit de gaz variabil;
3. debit de gaz constant și debit de cărbune variabil.

Cazanul este echipat cu 6 arzătoare de praf cărbune ampasate pe colțurile camerei focare (4x1 arzătoare) și pe fețele laterale ale camerei focare (2x1 arzătoare).

Pentru arderea gazului natural au fost prevăzute 14 arzătoare, dispuse pe două nivele: 4 arzătoare la cota 10,00 m (două pe frontul și două pe peretele spate al camerei focare) și 10 arzătoare la cota 18,00 m (câte un arzător pe colțul camerei focare, două pe frontul și două pe peretele spate al camerei focare, câte un arzător pe fețele laterale ale camerei focare). Fiecare arzător are o capacitate nominală de  $3500\text{m}_N^3/\text{h}$  gaze natural, la o presiune a gazelor naturale la intrare în arzător de  $3000\text{mmH}_2\text{O}$ ). La cazanele grupului 8 s-au eliminat o parte din arzătoarele de gaz, rămânând la cota 10m, patru arzătoare (dispuse două pe frontul și două pe peretele spate al camerei focare), iar la cota 18m, patru arzătoare (dispuse pe colțul camerei focare).

Aerul necesar arderii este asigurat de două ventilatoare de aer axiale care aspiră aerul din atmosferă și-l refulează în preîncălzitorul de aer rotativ. Temperatura aerului la aspirație este de  $50^\circ\text{C}$ , temperatură obținută prin amestecarea aerului din atmosferă cu aer cald la o temperatură de  $282^\circ\text{C}$ , preluat după ieșirea din preîncălzitorul de aer. Debitul unui ventilator de aer este de  $110\text{m}^3/\text{s}$ , iar presiunea realizată este de  $420\text{mmH}_2\text{O}$ . Reglajul debitului de aer se face în funcție de sarcina cazanului și de coeficientul excesului de aer din focar, prin modificarea debitului refulat de ventilatorul de aer și prin acționarea clapetilor de pe circuitul aerului de ardere.

Din totalul aerului necesar arderii 95% este reprezentat de aerul primar și secundar, restul de 5% fiind aerul terțiar introdus prin pâlnia rece a focarului.

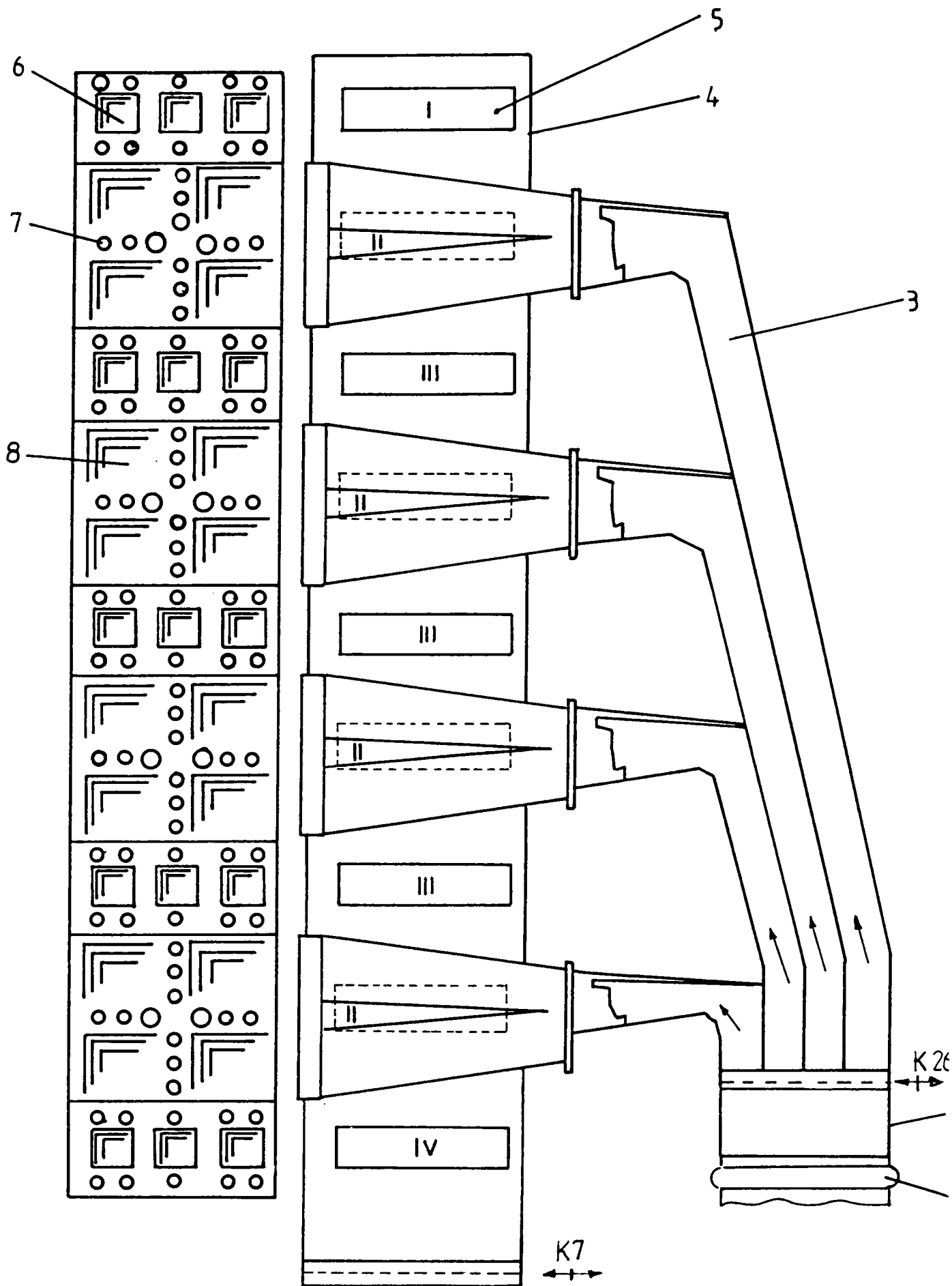
Cazanul funcționează cu o depresiune de  $46\text{mmH}_2\text{O}$  în focar, depresiune realizată de două ventilatoare de gaze de ardere capabile să extragă fiecare un debit de gaze de ardere de  $236,5\text{m}^3/\text{s}$  la o depresiune pe aspirație de  $316\text{mmH}_2\text{O}$ .

Arderea se monitorizează prin parametrii: coeficientul excesului de aer la ieșirea din focar: 1,28; conținut CO în fum la ieșirea din focar:  $0 \div 0,03$ ; conținut  $\text{O}_2$  în fum  $4 \div 6\%$ ; conținut  $\text{CO}_2$  în fum  $14\%$ ; presiunea relativă a aerului la intrarea în arzător:  $120\text{mmH}_2\text{O}$ . [2.7.]

### 2.2.1. Arzătorul pentru praf de cărbune

Arzătoarele sunt cu fante înclinate, amestecul prafului de cărbune cu aerul secundar având loc în camera focară. Arzătoarele sunt fixate de cadrul metalic al cazanului. Legătura între arzătoarele de praf și pereții focarului se realizează prin intermediul unui sistem rigid, iar pentru preluarea dilatărilor, la partea inferioară, imediat după separatorul morii este prevăzut un compensator de dilatare. Partea metalică a arzătorului este realizată în construcție sudată. Protecția termică a părții finale a arzătorului se realizează prin înzidire cu cărămidă refractară.





1.- compensator dilatare; 2.- cutie arzător; 3.- canal praf cărbune; 4.- cutie aer secundar;  
 5.- canal aer secundar; 6.- gură insuflare aer secundar; 7.- țeavă insuflare aer secundar;  
 8.- fantă.

I.- aer superior; II.- aer în cărbune; III.- aer intermediar; IV.- aer inferior.

Fig. 2.2. Arzătorul pentru praf de cărbune.

Arzătorul de praf de cărbune (figura 2.2.) este compus din:

1. Cutia arzătorului, asigură transportul și distribuția prafului de cărbune la fantele arzătorului. La partea inferioară, deasupra separatorului morii, înainte de a se ramifica în patru ramuri (canale praf cărbune) este prevăzută cu șibărul de izolare K26.

2. Canalele praf de cărbune, sunt în număr de 4 și corespund celor 4 fante ale arzătorului.

3. Fantele arzătorului sunt dispuse pe verticală între cotele 10,00 m și 18,00 m, în interiorul lor fiind amplasate în formă de cruce, țevile de insuflare a aerului secundar.

4. Cutia de aer secundar cu cele nouă canale de distribuție ale aerului, este prevăzută la partea inferioară cu șibărul de izolare K7, și este ampasată în laterala cutiei arzătorului. Șibărul K7, cu comandă electrică, funcționează pe sistemul "tot sau nimic" și are o fantă (circa 5% din secțiunea cutiei de aer) pentru a se asigura accesul aerului secundar necesar răcirii arzătorului, atunci când moara corespunzătoare nu funcționează.

Pentru a asigura distribuția aerului secundar, fiecare canal de distribuție este prevăzut cu un șibăr de reglare, cu comandă manuală. Șibărele se reglează pe pozițiile prestabilite, și odată reglate nu se mai acționează. Șibărele de reglare se pot poziționa și pe alte poziții decât cele precizate mai sus, dacă se dorește modificarea parametrilor arderii.

5. Gurile de insuflare a aerului secundar. Sunt dispuse între cele 4 fante, precum și deasupra ultimei fante și sub prima fantă.

Insuflarea amestecului primar și a aerului secundar se face după câte o direcție tangențială la cercul de foc, care generează cilindrul vertical al turbionului.

Amestecul praf de cărbune, gaze de ardere și aer primar (10÷15% din aerul de ardere) refulat de moară este introdus în focar prin 4 fante înclinate cu o viteză de 10÷12 m/s.

Aerul secundar încălzit la o temperatură de 282<sup>0</sup>C se distribuie din cutia de aer a arzătorului prin 9 canale de aer la gurile și țevile de insuflare sub formă de aer superior (60m/s), aer intermediar (40m/s) și aer inferior (40m/s)

Caracteristic acestui tip de arzător este introducerea unei părți din aerul intermediar în fantele arzătorului (aer în cărbune), prin 12 conducte dispuse în formă de cruce, cu o viteză de aproximativ 35m/s [2.8.].

În acest fel se realizează un efect de ejecție și o amestecare mai bună a prafului de cărbune cu aerul în focar.

## BIBLIOGRAFIE

- 2.1. Zamfirescu, C., V., Văcaru, E, Optimizarea acționării benzilor Redler de la cazanele de 510t/h în vederea reducerii indisponibilităților de la grupurile de 315 MW de la S.E. Craiova – C.E.T. Ișalnița, Simpozionul Național ”Siguranța în funcționare a sistemului energetic, Deva 2001.
- 2.2. \*\*\*\*\* Instrucțiunea de exploatare a benzii Redler;
- 2.3. Pohlig-Heckel-Bleichert Köln, Ersatzteil-Katalog fur Abzugsstahlrogbänder nach Of44839.
- 2.4. Stein et Roubaix. Instruction d' exploitation du Broyeur K.S.G. TYPE N. 150.50.
- 2.5. \*\*\*\*\* Instrucțiunea de exploatare a cazanului de abur M.A.N 510 t/h.
- 2.6. \*\*\*\*\* Instrucțiunea de exploatare a blocurilor de 315 MW., ediția 2000.
- 2.7. M.A.N., Reglajul combustibilului – Instrucțiune de exploatare., ediția 2000.
- 2.8. Consenerg S.A., Cartea tehnică și documentația "As built", București 1995.

### 3. EMISIILE POLUANTE REZULTATE LA ARDEREA COMBUSTIBILILOR ÎN CENTRALELE TERMOELECTRICE

#### 3.1. EMISIA DE OXIZI DE SULF

##### 3.1.1. Mecanismul de formare al oxizilor de sulf

Oxizii de sulf sunt rezultatul oxidării în procesul de ardere a sulfului conținut de combustibil.

Participarea sulfului în compoziția cărbunilor este cuprinsă în general între 0,1 și 7% [3.1.]. Proveniența sulfului în cărbuni este diversă și poate fi grupată astfel: sulful organic; sulful din sulfuri, (piritic); sulful din sulfați și sulful mineral.

Sulful organic,  $S_o$ , este constituit din sulful existent în cărbuni sub forma diferitelor combinații organice. El reprezintă între 30% și 70% din conținutul total de sulf, fiind cu atât mai ridicat cu cât conținutul total de sulf al cărbunelui este mai scăzut [3.2.].

Sulful din sulfuri (piritic),  $S_s$ , este constituit din sulful aflat în combinații chimice sub formă de monosulfuri sau bisulfuri în masa minerală.

Sulful din sulfați,  $S_{so_4}$ , este constituit de sulful aflat în combinații chimice sub formă de sulfați solubili sau insolubili în masa minerală. Sulful din sulfuri și sulful din sulfați constituie sulful mineral.

Din punct de vedere al arderii sulful poate fi combustibil sau necombustibil. Sulful combustibil,  $S_c$ , este constituit din sulful organic și sulful din sulfuri, iar sulful necombustibil,  $S_A$ , este constituit din sulful din sulfați, acesta din urmă rămâne în cenușă după ardere.

În combustibili lichizi, păcură, sulful se găsește sub formă de sulf organic și sulf din sulfați.

Numai o mică parte a sulfului combustibil, se transformă în trioxid de sulf,  $SO_3$ , cea mai mare parte a sulfului combustibil, peste 95%, arde sub formă de dioxid de sulf,  $SO_2$ .

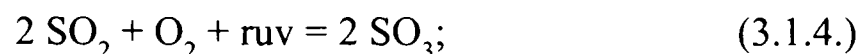


Transformarea  $SO_2$  din gazele de ardere în  $SO_3$  se realizează atât în sistemul de ardere cât și în atmosferă după evacuarea gazelor de ardere.

În cazanul de abur transformarea se realizează în flacără, în prezența unui exces mare de oxigen, dar și pe traseul gazelor de ardere, mai ales la temperaturi de peste  $800^{\circ}C$ , fiind favorizantă prezența unor oxizi cu rol de catalizator, oxizii de vanadiu și chiar oxizii de fier.

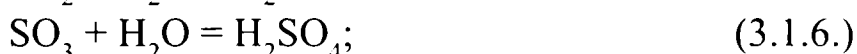


În atmosferă transformarea se realizează sub acțiunea radiațiilor ultraviolete,  $ruv$ , în proporție de  $1 \div 2\%$  [3.3.].

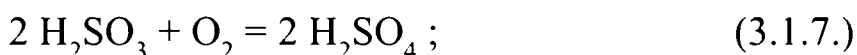


Oxizii de sulf se combină cu vaporii de apă atât în generatorul de abur cât și în atmosferă rezultând acidul sulfuros și acidul sulfuric. În condiții de ceață și în zilele

foarte umede, în atmosferă se poate ajunge la un grad de transformare de până la 15,7%. [3.3].



Prin oxidare în atmosferă acidul sulfuros se transformă în acid sulfuric:



Ecuatiile 3.1.5. și 3.1.7. descriu mecanismul prin care dioxidul de sulf este convertit în acidul sulfuric din ploile acide, iar ecuațiile 3.1.3., 3.1.4. și 3.1.6. caracterizează formarea particulelor acide de praf și aerosolilor acizi [3.4].

Diluat în apa ploilor acidul sulfuric constituie unul din constituenții majori ai ploilor acide, acidul azotic fiind celălalt constituent major.

### 3.1.2. Efectele dioxidului de sulf asupra organismului uman

Prezența dioxidului de sulf este remarcată prin miros și acțiunea iritantă asupra mucoaselor, efectele fiind legate în principal de alterarea funcției respiratorii [3.3].

Pragul olfactiv este de aproximativ  $1,6\text{mg}/\text{m}^3$  pentru persoanele sensibile și de  $4\div 5\text{mg}/\text{m}^3$  pentru persoanele mai puțin sensibile [3.5].

Comportarea organismului uman în mediu poluat cu dioxid de sulf diferă în limite destul de mari de la un subiect la altul, în funcție de sensibilitate. Expunerea repetată la concentrații mari pe termen scurt, combinată cu expunerea pe termen lung la concentrații mai mici crește riscul apariției bronșitelor cronice, în special la fumători, iar expunerea pe termen lung la concentrații mici este resimțită în general de asmatici, oameni în vârstă și copii [3.6.] [3.7.].

S-a constatat că sensibilitatea organismului uman suferă modificări, putând să crească sau să scadă, în situația expunerii repetate la concentrații cuprinse între 2 și  $3\text{mg}/\text{m}^3$ . Scăderea sensibilității, practic o creștere a toleranței la poluant, poate însemna o adaptare a organismului sau ridicarea pragului de percepție ca urmare a unor tulburări funcționale [3.5.].

La concentrații de ordinul zecilor de miligrame pe mertu cub dioxidul de sulf provoacă iritație și senzație de arsuri asupra mucoaselor respiratorii și conjunctivale, tuse, tulburări de respirație, spasm glotic, senzație de sufocație.

Intoxicația cronică cu bioxid de sulf constată în proliferarea țesutului glandular din mucoasa respiratorie, corespondentul fiziopatologic al acestor modificări morfologice fiind apariția bronșitei cronice, cu secreție mucoasă crescută, tuse și expectorație. Bronșita cronică apare și se agravează la concentrații de aproximativ  $1\text{mg}/\text{m}^3$ , fenomenele persistând și după întreruperea acțiunii toxicului asupra căilor respiratorii [3.5.]. O concentrație medie anuală a pulberilor de peste  $0,150\text{mg}/\text{m}^3$  poate să scadă valoarea medie anuală a dioxidului de sulf la care poate să apară creșteri ale frecvenței bronșitei cronice la populația adultă la aproximativ  $0,2\text{mg}/\text{m}^3$ .

În localitățile cu concentrații medii de dioxid de sulf de  $0,25\text{mg}/\text{m}^3$  s-a constatat creșterea numărului de afecțiuni respiratorii și vasculare care necesită internări și creșterea morbidității cardiovasculare la persoanele în vârstă de peste 55 ani. Concentrații de  $1,3\div 2,6\text{mg}/\text{m}^3$  cauzează o incidență de 4 ori mai mare a pulseelor de bronșită [3.5.].



În zonele industriale ale orașelor Detroit și Nashville din S.U.A. și în orașul Salford din Anglia s-a constatat o mortalitate generală și infantilă mai ridicată la concentrații medii ale dioxidului de sulf sub  $1\text{mg}/\text{m}^3$  [3.5.]. R.A. Prindle a scos în evidență că la Nashville, frecvența crizelor de astm era dependentă de nivelul poluării atmosferice cu dioxid de sulf.

În România cercetările efectuate în orașele cu aer impurificat prin evacuări de dioxid de sulf ale întreprinderilor siderurgice, chimice și energetice au pus în evidență îndeosebi la copii o creștere a morbidității prin boli respiratorii și O.R.L [3.8].

Intoxicațiile acute în masă, cele care au avut loc în Londra, precum și studii statistice asupra morbidității au arătat o serie de aspecte care evidențiază rolul dozelor mici de poluanți în scăderea rezistenței organismului. Decesele și îmbolnăvirile ce au avut loc în accidente în masă nu s-au produs la concentrații foarte ridicate. Concentrațiile de bioxid de sulf determinate sistematic în cel mai mare accident în masă (Londra, decembrie 1952) nu a depășit  $4,5\text{mgSO}_2/\text{m}^3$ , iar media a fost de aproximativ  $1\text{mg}/\text{m}^3$ . Nici în accidente mai mici ulterioare nu s-au înregistrat în urma analizelor concentrații mai mari de toxice, totuși este cunoscut că și în aceste cazuri s-a produs o creștere considerabilă a cazurilor de deces [3.5].

Intoxicația cronică cu dioxid de sulf conduce la scăderea funcțiilor imunologice antiinfecțioase, formarea de anticorpi la pătrunderea în organism de substanțe proteice străine este tulburată, anticorpii producându-se într-o mică măsură. Un alt efect constatat este scăderea concentrației de vitamina C din sânge [3.5.].

Posibilitatea de formare a aerosolilor de acid sulfuric și asocierea cu aerosoli fini de particule netoxice conduce la un efect sinergic accentuat. Efectul sinergic apare atât la expunerea pe termen scurt cât și la cea pe termen lung [3.7.],[3.9.].

Acumularea dioxidului de sulf a determinat apariția unor situații catastrofale în Franța pe valea Meusei în anul 1930 și în Anglia la Londra în anul 1952, când au fost declanșate îmbolnăviri în masă, soldate cu numeroși morți. [3.10.]

### **3.1.3. Efectele dioxidului de sulf asupra vegetației**

Efectul asupra plantelor este dependent de concentrația dioxidului de sulf, de specia plantei și de vârsta părților plantei.

Dacă concentrațiile sunt sub limita toxică planta rezistă și detoxifică gazul sau soluția acidă care ia naștere prin dizolvarea gazului în apă, dar dacă concentrațiile sunt ridicate se produce distrugerea unor celule, în primul rând a celulelor stomei, echilibrul metabolic și conținutul în apă al frunzei se dereglează, iar când părțile cele mai importante ale frunzei își pierd funcția și structura, urmează vestejirea și uscarea [3.5.], [3.6.], [3.7]

Coniferele sunt cel mai mult afectate în perioada de activitate maximă a plantei, primăvara și începutul verii, prin leziuni de culoare roșcată și decolorarea parțială sau totală. În timpul iernii se produce schimbarea culorii verde închis în verde deschis. Efectul este căderea frunzelor aciculare, în funcție de sensibilitatea fiecărei specii, cea mai sensibilă fiind larița, urmată de anumite soiuri de pin și brad. Sensibilitatea este mai redusă la cele specii la care baza acelor posedă o cuticulă protectoare (pinul negru austriac) [3.5.].

Foioasele sunt afectate prin apariția unor pete marginale și între nervuri, cu margini neregulate, de culoare albicioasă sau ușor gălbuie, iar uneori decolorare și îngălbenire totală.

La fag dioxidul de sulf provoacă leziuni caracteristice de culoare brună, care încep de la centru spre marginile frunzelor, producând răsucirea, uscarea și căderea lor.

Iarba suferă leziuni necrotice, luând o culoare albicioasă în benzi, de-a lungul nervurii centrale.

Cerealele au o comportare pendulară în ce privește rezistența la dioxidul de sulf, plantele fiind mai rezistente în primele stadii de dezvoltare și extrem de sensibile când apare cel de al doilea rând de frunze, frunze ce vor fi afectate de leziuni foliare. După aceasta, rezistența crește, apoi urmând o perioadă de sensibilitate, în faza dinaintea înfloririi [3.5.].

Sensibilitatea plantelor la dioxid de sulf este dependentă și de gradul de succulență și frăgezime a diverselor părți ale plantei. În perioadele când planta dezvoltă sucuri tinere, el devine mai nociv. De aceea, acțiunea toxică a concentrațiilor cronice mici este mai redusă decât acțiunea unor concentrații momentane mai ridicate. Acest fapt depinde de capacitatea de absorbție a gazului de către frunze. Cele mai sensibile sunt plantele cu aspect succulent, care posedă o activitate fiziologică intensă ca de exemplu vița de vie și lucerna.

Randamentul recoltei se reduce proporțional cu concentrația toxicului și cu repetarea intoxicației. Cu cât sunt distruse mai multe frunze, cu atât randamentul este mai redus. La cereale interesează în mod deosebit momentul când are loc intoxicația cu distrugerea frunzelor, aceasta având consecințe mai nocive în perioada înfloririi, în timp ce distrugerea frunzelor în primele perioade de creștere ca și în timpul coacerii are efecte mai puțin importante asupra randamentului.

Uniunea Internațională a Organizațiilor pentru Cercetarea Pădurilor recomandă următoarele concentrații ca valori ghid pentru protecția plantelor [3.6.]: medie anuală  $50\mu\text{g}/\text{m}^3$  pentru a se menține întreaga producție în cele mai multe locuri și  $25\text{g}/\text{m}^3$  pentru a menține întreaga producție și a proteja mediul; medie pe 30 minute  $150\mu\text{g}/\text{m}^3$  pentru a se menține întreaga producție în cele mai multe locuri;  $75\mu\text{g}/\text{m}^3$  pentru a menține întreaga producție și a proteja mediul;

Organizația Mondială a Sănătății recomandă limita de  $30\mu\text{g}/\text{m}^3$  ca medie anuală [3.6.].

#### **3.1.4. Efectele dioxidului de sulf asupra materialelor metalice**

Coroziunea afectează atât materialele feroase cât și pe cele neferoase, manifestându-se în principal prin pierderi de metal, dar și prin modificarea proprietăților electrice, magnetice și optice. Ea este dependentă de natura materialului metalic, natura și concentrația substanței agresive, umiditate și temperatură. Este evident că pentru un anumit agent agresiv, în cazul de față dioxidul de sulf, creșterea concentrației conduce la accentuarea coroziunii.

După datele furnizate de Sereda [3.11.], calculul efectului coroziunii dat de dioxidul de sulf se poate determina cu relația:

$$J = 0,131 x + 0,018 t + 0,787; \quad (3.1.8.)$$

unde: J - logaritmul gradului de coroziune, în  $\text{mg}^4/\text{dm}^3/\text{zi}$  umedă; x - poluarea, în  $\text{mgSO}_2/\text{dm}^3/\text{zi}$ ; t - temperatura medie în  $^{\circ}\text{C}$ .

Viteza de coroziune a metalelor crește odată cu creșterea temperaturii. Un alt factor important în favorizarea coroziunii este variația temperaturii. Prin răcirea bruscă, metalul răcindu-se mai repede se favorizează producerea de rouă pe obiectele metalice, ceea ce înlesnește coroziunea produsă mai ales la piesele din oțel. Pe suprafața metalului se formează mici celule electrochimice, care devin anodi și catodi. Datorită diferențelor locale, fizice sau chimice, se crează astfel diferențe de potențial care constituie energie de corodare, favorizată de prezența unor substanțe electroconducătoare.

Umiditatea atmosferică influențează coroziunea tot în sensul creșterii acesteia odată cu creșterea umidității. Există un nivel de umiditate critică, în raport de care fenomenul de coroziune se produce cu o mare rapiditate. După unii cercetători (B.Sanyal și D.V. Bhadwar) umiditatea critică pentru atacarea aluminiului de către dioxidul de sulf este de 50%, pentru oțel 60÷75%, iar pentru nichel și cupru este de 63% și respectiv 70%. [3.11.]

Experimentările efectuate de diferiți cercetători au vizat în principal expunerea unor probe din materiale metalice pe diferite durate de timp în locuri diferite și monitorizarea concentrației dioxidului de sulf, respectiv a pierderii de masă, iar rezultatele au evidențiat influența defavorabilă a dioxidului de sulf asupra metalelor. Rezultatele unor astfel de experimentări sunt prezentate în figura 3.1.1 și tabelul 3.1.1.

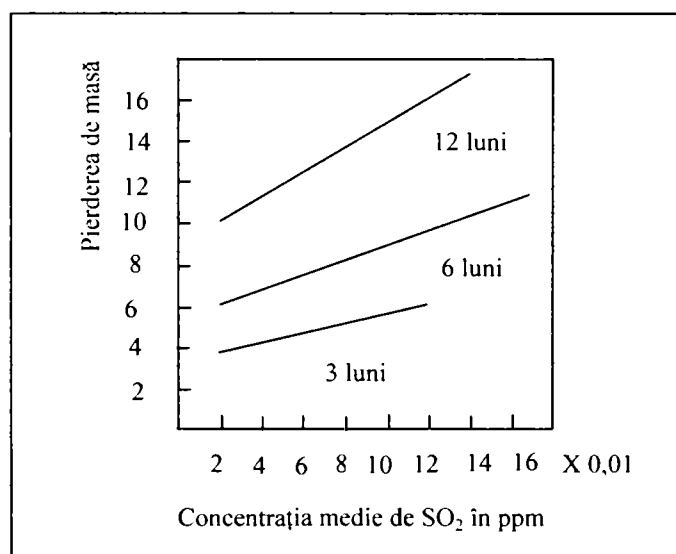


Fig 3.1.1. Pierderea de masă a oțelului [3.2.]

Construcțiile metalice sunt afectate de fenomenul de coroziune, durata vieții obiectelor de metal se reducându-se de 23 ori în zonele intens poluate, iar acoperișurile din tablă de oțel galvanizată sunt mult mai afectate la locuințele din mediul urban în comparație cu cele din mediu rural, observațiile efectuate arătând o scădere a durabilității de două până la trei ori [3.32].

Aluminiul se comportă mai bine, însă și el este corodat, prezența prafului și a altor agenți poluanți favorizând o coroziune mai rapidă. Dioxidul de sulf formează cu apa și aluminiul un sulfat de aluminiu și apoi un oxid de aluminiu și hidrogen sulfurat.

În anumite condiții locale, printre care și prezența prafului și a fumului, favorizează totuși o coroziune rapidă.

PIERDEREA DE MASĂ MEDIE [%]							
Localitatea	Tipul zonei de expunere	Cupru (99%)	Aluminiu (99%)	Alamă (85%Cu, 15%Zn)	Nichel (99%)	Plumb (99,92%Pb, 0,06%Cu)	Zinc (99%Zn, 0,85%Pb)
Altoona	industrială	6,1	-	8,5	25,2	1,8	30,7
New York	industrială	6,4	3,4	8,7	16,6	-	25,1
La Jolla	de coastă	5,4	2,6	1,3	0,6	2,1	6,9
Key West	de coastă	2,4	-	2,5	0,5	-	2,9
State College	rurală	1,9	0,4	2,0	1,0	1,4	5,0
Phoenix	rurală	0,6	0,3	0,5	0,2	0,4	0,8

Tabelul 3.1.2. Pierderile procentuale de masă a unor materiale metalice neferoase expuse timp de 20 ani [3.12.]

### 3.1.5. Efectele dioxidului de sulf asupra altor materiale

Materialele de construcție se degradează în ritm accentuat în prezența poluanților. În S.U.A. s-a constatat că obeliscul egiptean adus la New York în 1881 s-a degradat mai mult în 90 de ani decât în aproximativ 3000 de ani (perioada de timp scursă de la realizarea lui până la aducerea lui). La Strasbourg, pietrele din zidurile catedralei înlocuite au rezistat aproximativ 30 ani, după care s-au degradat atât de mult încât s-a considerat necesară înlocuirea. Nenumărate statui din piatră din orașele europene sunt deteriorate în pofida numeroaselor încercări de restaurare și protejare [3.30].

Materialele de construcții pe bază de calcar sunt afectate prin transformarea dioxidului de sulf în acid sulfuric și acid sulfuros, acizi care reacționează cu carbonatul de calciu formând sulfat de calciu și gips. Acești ultimi compuși fiind solubili în totalitate în apă și având caracteristici de rezistență mecanică scăzută contribuie la degradarea rapidă a construcțiilor și monumentelor [3.31].

Prezența alături de dioxidul de sulf și a altor substanțe agresive, particulele de praf și umiditatea acționează sinergetic accentuând și mai mult degradarea.

## 3.2. EMISIA DE OXIZI DE AZOT

### 3.2.1. MECANISMELE DE FORMARE ALE OXIZILOR DE AZOT

Procesele de formare a oxizilor de azot în instalațiile de ardere sunt complexe și până în prezent nu sunt pe deplin cunoscute.

Oxizii de azot rezultați în urma procesului de ardere a combustibililor provin din:

- azotul molecular conținut în aerul de ardere care, în condițiile de temperatură ridicată din flacără și din jurul flăcării, post flacără, reacționează cu oxigenul, formând așa numitul monoxid de azot termic, respectiv monoxidul de azot prompt. Geneza oxizilor de azot în nucleul flăcării, este concomitentă cu arderea combustibilului;

- azotul conținut în combustibil, sub formă de compuși azotați, care se descompun, în procesul de ardere, formând așa numitul monoxid de azot combustibil.

Monoxidul de azot astfel format, reacționează în continuare cu oxigenul formând o gamă largă de oxizi de azot, notați în literatura de specialitate cu  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$ ). Aceste reacții, au loc în mediul oxidant pe traseul gazelor de ardere din focar, începând din flacără, până la coș, inclusiv, dar în special după evacuarea gazelor de ardere în atmosferă, datorită razelor ultraviolete și concentrației mari a oxigenului. Emisia de  $\text{NO}_x$  provine, preponderent, din  $\text{NO}$  termic în cazul combustibililor superiori, spre deosebire de combustibilii solizi inferiori, la care de regulă predomină oxidarea compușilor azotați, conținuți în combustibil. În general se cunoaște că monoxidul de azot are ponderea cea mai mare între oxizii de azot rezultați prin arderea combustibililor, dioxidul de azot fiind cotate cu o participare de sub 5%.

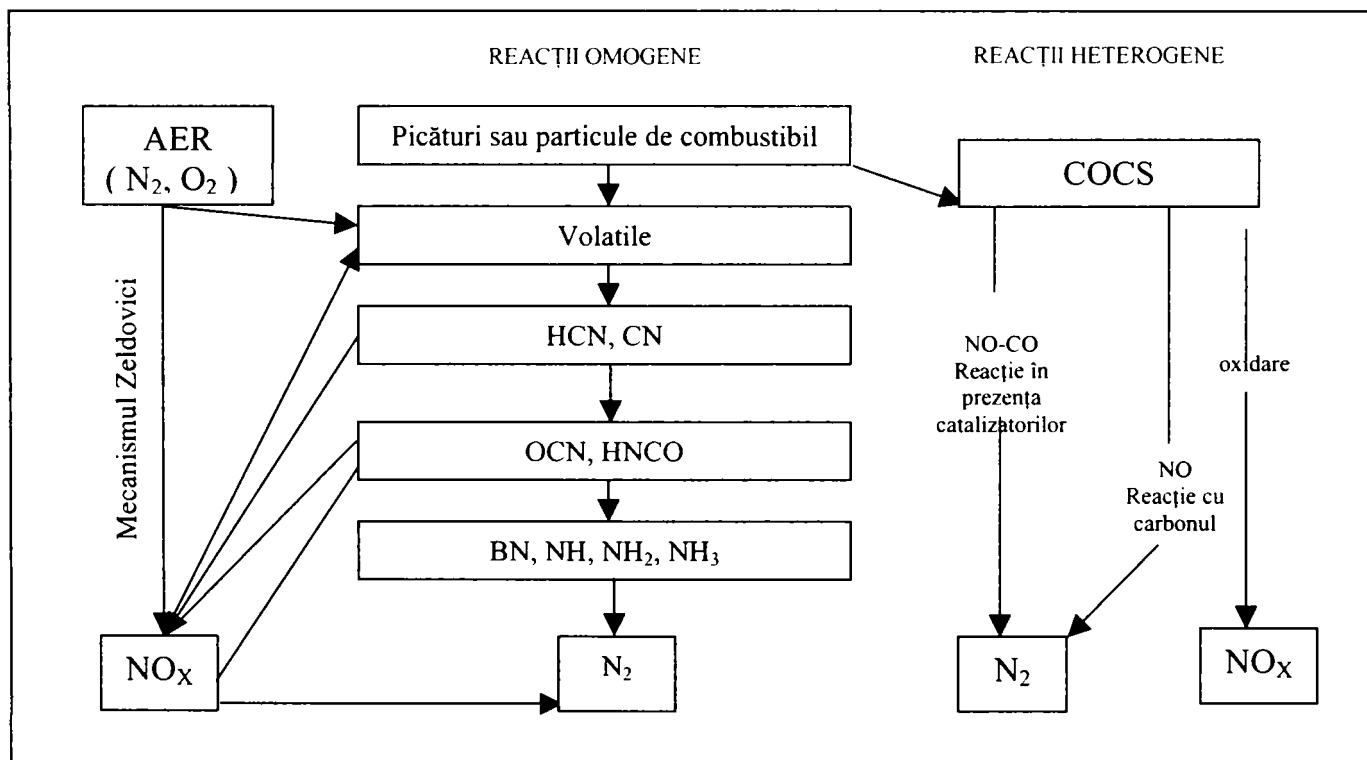


Figura 3.2.1. Formarea oxizilor de azot la arderea combustibililor fosili propusă de J. Levy și colaboratorii [3.13.].

Până în prezent sunt cunoscute trei moduri, mecanisme, de formare a monoxidului de azot:

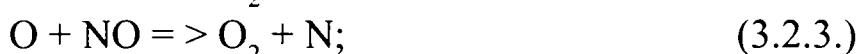


- mecanismul termic de formare a oxidului de azot din azotul existent în aerul necesar arderii;
- mecanismul formării oxidului de azot prompt sau timpuriu.
- mecanismul de formare a oxidului de azot din azotul existent în compoziția combustibilului;

### 3.2.1.1. Mecanismul termic de formare a oxizilor de azot

Formarea monoxidului de azot termic are loc la temperaturi ridicate, printr-un mecanism lent care începe în flacără, continuând și în zona produșilor de combustie de după flacără (zona de după reacție).

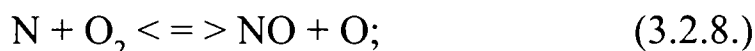
Modul de formare al monoxidului de azot termic este descris de un număr mare de reacții, cele mai importante fiind cele stabilite de Zeldovici (Zeldovich) [3.3.], [3.20], [3.33], [3.34.], [3.35.]. Primele patru ecuații constituie așa numitul "mecanism Zeldovici simplificat".



În procesul de ardere, în unele zone ale focarului sau camerei de ardere, acesta se desfășoară în condiții de exces de oxigen, iar în altele în condiții de exces de combustibil. În situația excesului de oxigen, moleculele de azot reacționează cu oxigenul atomic rezultat din descompunerea termică, la temperaturi ridicate, a moleculelor de oxigen.



În urma acestei reacții, vor rezulta radicali de azot. Acești radicali de azot împreună cu cei rezultați din descompunerea termică a moleculelor de azot, reacționează cu moleculele de oxigen..



Cele două ecuații prezentate mai sus pot fi scrise sub forma unei ecuații globale astfel:



Pentru această ecuație constanta de echilibru poate fi exprimată prin relațiile [3.3.]:

$$K_{\text{NO}} = \frac{C_{\text{NO}}}{(C_{\text{N}_2})}; \quad (3.2.10.)$$

$$K_{\text{NO}} = 4,71e^{\left(\frac{94000}{RT}\right)}; \quad (3.2.11.)$$

în care:  $K_{\text{NO}}$  - constanta de echilibru;  
 $C_{\text{NO}}$  - concentrația masică de NO, în  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ;  
 $C_{\text{N}_2}$  - concentrația masică de  $\text{N}_2$ , în  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ;

$C_{O_2}$  - concentrația masică de  $O_2$  în  $mg/m^3_N$ ;

R - constanta generală a gazului perfect în  $kJ/molK$ ;

T - temperatura absolută în K

În situația excesului de combustibil radicalii OH produși în procesul de ardere al combustibilului, reacționează cu azotul atomic, provenit din descompunerea termică .



În ansamblu viteza de formare a monoxidului de azot depinde de raportul în care se găsesc vitezele reacțiilor în urma cărora rezultă monoxid de carbon cu vitezele reacțiilor în care monoxidul de carbon reacționează cu alte elemente chimice din zona de ardere. S-a constatat că raportul este net favorabil primei categorii de reacții, motiv pentru care influența celei de a doua categorii de reacții se neglijează de cele mai multe ori.

Viteza de formare a monoxidului de azot poate fi exprimată cu relația [3.3.]:

$$\frac{d(C_{NO})}{dt} = 2k_{NO} C_{N_2} C_{O_2}; \quad (3.2.13)$$

în care:  $k_{NO}$  - constanta vitezei de reacție în  $cm^3/mols$ ;

$C_{N_2}$  - concentrația masică de  $N_2$ , în  $mg/m^3_N$ ;

$C_{O_2}$  - concentrația masică de  $O_2$ , în  $mg/m^3_N$ ;

Formarea monoxidului de azot prin mecanismul termic este dependentă de existența unor temperaturi ridicate, în general de peste  $1300^0C$ ; de concentrația oxigenului atomic, rezultat în urma descompunerii oxigenului molecular și de timpul de desfășurare al reacției.

Dependența de temperatură poate fi pusă pe seama valorii mari ale energiei de activare pentru reacțiile în urma cărora rezultă monoxidul de carbon. De asemenea pentru descompunerea termică a oxigenului molecular în oxigen atomic este nevoie de o temperatură ridicată. În figura 3.2.2. este prezentată variația cantității de  $NO_x$  formată în condiții de echilibru în funcție de temperatură [3.14.].

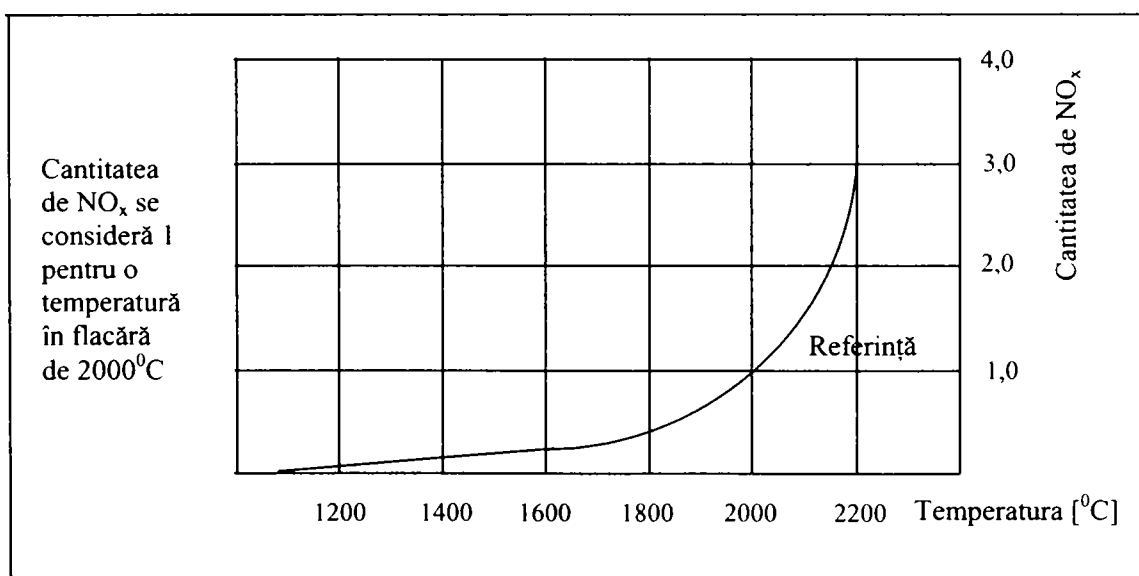


Figura 3.2.2. Cantitatea de  $NO_x$  formată în condiții de echilibru în funcție de temperatură.

Este evident că timpul de reacție influențează favorabil cantitatea de monoxid de azot formată, mai ales pentru că mecanismul de formare este complicat și lent.

În figura 3.2.3. se prezintă calitativ emisia de  $\text{NO}_x$  în funcție de timpul de reacție și temperatură. la arderea combustibililor gazoși [3.14.].

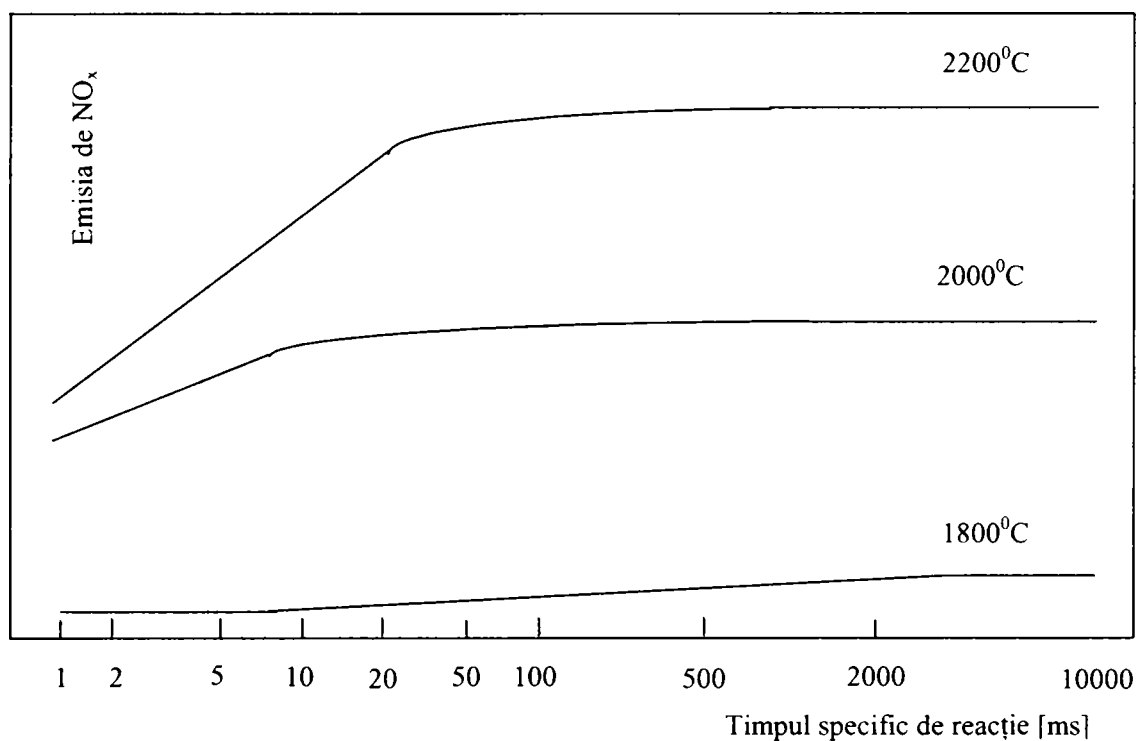


Figura 3.2.3. Emisia de  $\text{NO}_x$  în funcție de timpul de reacție și temperatură la arderea combustibililor gazoși.

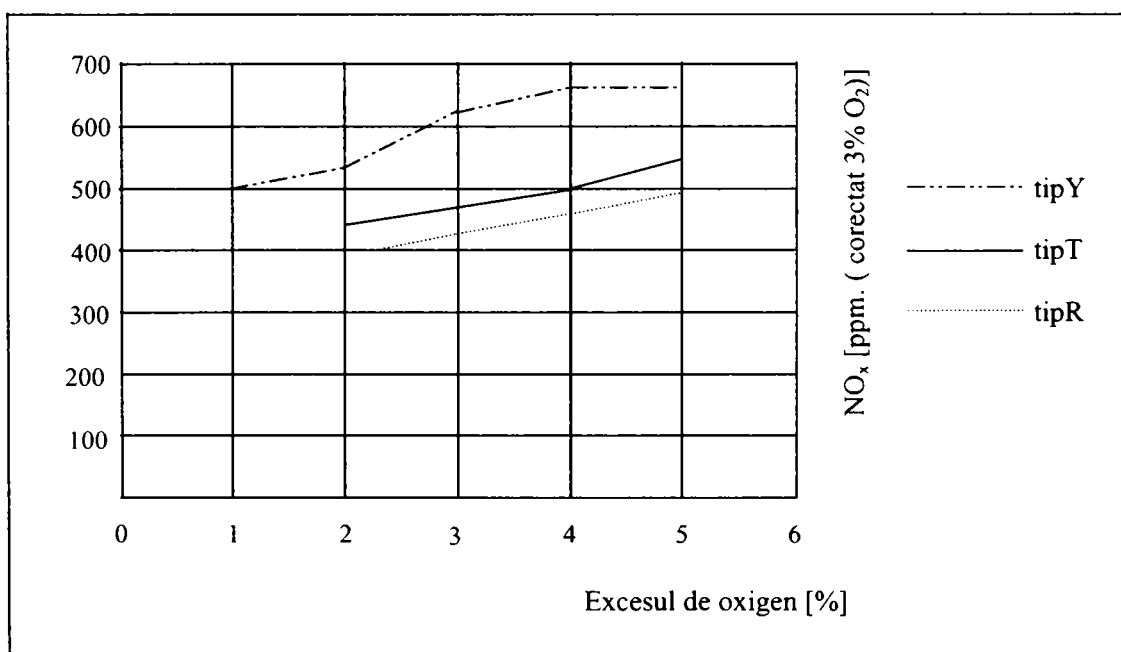


Figura 3.2.4. Influența excesului de oxigen asupra emisieii de  $\text{NO}_x$ , la arderea combustibililor lichizi utilizând diferite tipuri de capete de pulverizare la injector

Creșterea concentrației oxigenului în zona de reacție produce o evoluție în același sens a concentrației de monoxid de azot (figura 3.2.4. și 3.2.5.) [3.15], [3.16].

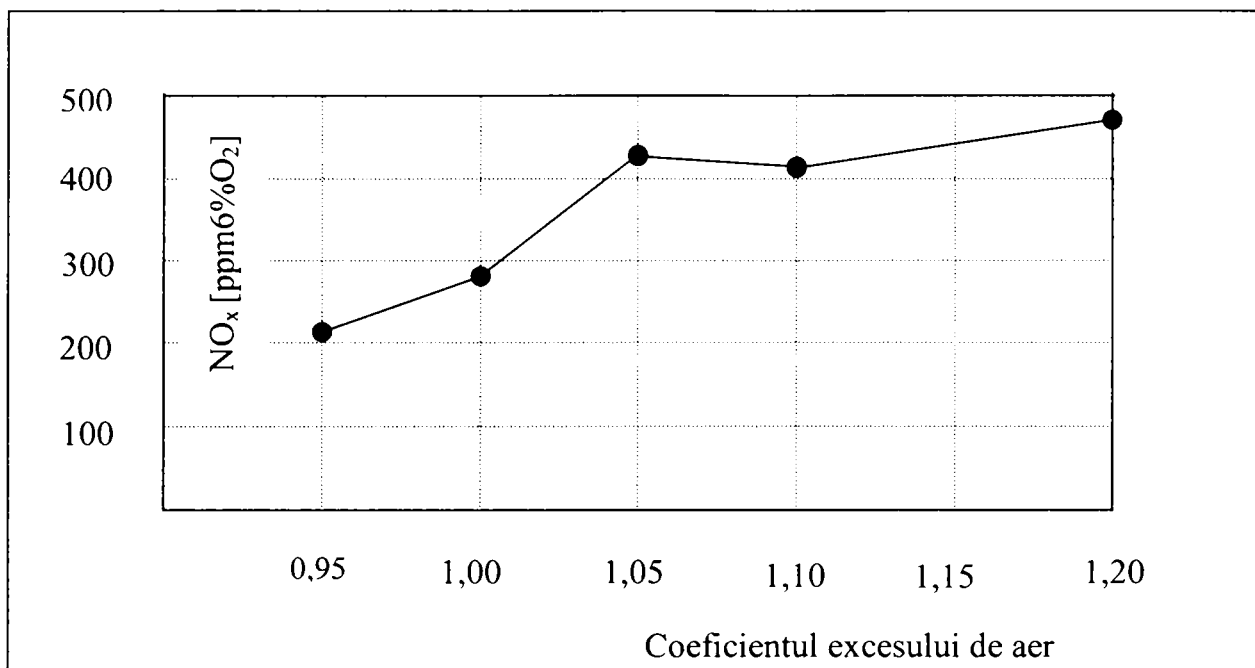


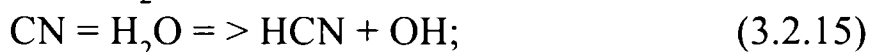
Figura 3.2.5. Influența excesului de oxigen asupra emisiei de NO<sub>x</sub> la arderea unui combustibil solid într-o instalație pilot de 1MW<sub>t</sub>

### 3.2.1.2. Mecanismul prompt de formare a oxizilor de azot

Mecanismul prompt de formare a oxizilor de azot este cunoscut cu o contribuție foarte scăzută la oxizii de azot rezultați în urma arderii, până la aproximativ 100 ppm volum din totalul NO [3.4.], în mod normal însă fiind cuprins între 10 la 20 ppm [3.17], principalii factori de influență fiind concentrația oxigenului atomic și coeficientul excesului de aer.

Formarea oxidului de azot prompt are loc în zona flacării, din azotul din aer, fiind o consecință a reacțiilor radicalilor CN și CH cu moleculele de H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O și N<sub>2</sub>. Rezultatul acestor reacții este formarea cianizilor. Radicalii de tip CN și azotul atomic apar în zonele de ardere bogate în combustibil.

Mecanismul prompt de formare al oxizilor de azot a fost descris de Fenimore prin următoarele reacții:



Cianizii rezultați conform ecuațiilor de mai sus se transformă ulterior în radicali de tipul NH<sub>2</sub>, care în prezența oxigenului atomic sau a radicalilor OH vor genera monoxid de azot.

### 3.2.1.3. Mecanismul de formare a oxidului de azot din azotul existent în compoziția combustibilului

Oxidul de azot provenit din azotul existent în combustibil are o pondere importantă în ce privește emisia totală de oxizi de azot în procesul de ardere, în cazul combustibililor petrolieri, dar mai ales în cazul combustibililor solizi inferioari. Studiile de laborator indică o contribuție de aproximativ 50% din totalul emisiilor în cazul

combustibililor petrolieri și mai mult de 80% în cazul cărbunilor [3.4.]. Mecanismul de formare al acestuia este complex și nu este încă pe deplin cunoscut.

Oxidul de azot se poate forma atât în urma unor reacții omogene cât și în urma unor reacții heterogene. Azotul este eliberat din combustibil, unde se găsește sub formă de compuși alifatici (amine) sau aromatici (piridina, pirol), în timpul degajării materiilor volatile, cu o rată egală cu rata medie de pierdere a masei de către particula de combustibil. Azotul din combustibil intră în combinații cu radicali de forma CH, formând compuși de forma HCN, CN și NH<sub>1</sub>, care reacționează formând NO sau N<sub>2</sub>, în funcție de caracterul oxidant sau reducător al mediului din focar. În urma reacțiilor de oxidare se vor produce NO, CO și vapori de apă. Între NO și compuși de forma NH<sub>1</sub> pot să apară reacții cu formare de N<sub>2</sub>.

Cantitatea de NO care se formează este dependentă de: conținutul de azot al combustibilului; concentrația de oxigen în flacără; timpul de reacție și temperatura flăcării, o influență importantă având însă numai primii doi factori.

Pentru calculul cantității de azot conținut în combustibil care se transformă în monoxid de azot în [3.3.] se dă relația:

$$P_{N_2} = \frac{x_{O_2}^i k_{NO}}{x_{N_2}^i k_{N_2}} e^{\frac{E_{N_2} - E_{NO}}{2RT}} ; \quad (3.2.17.)$$

unde: P<sub>N</sub> - partea de azot conținut în combustibil care se transformă în monoxid de azot;

$x_{O_2}^i$  - raportul molar al concentrației inițiale de O<sub>2</sub>;

$x_{N_2}^i$  - raportul molar al concentrației combinațiilor cu azot în amestecul inițial;

$k_{NO}$  - constanta vitezei de reacție pentru NO, în s<sup>-1</sup>;

$k_{N_2}$  - constanta vitezei de reacție pentru N<sub>2</sub>, în s<sup>-1</sup>;

R - constanta generală a gazului perfect în J/kmolK;

T - temperatura absolută în K;

E<sub>NO</sub> - energia de activare pentru NO în J/KmolK;

E<sub>N<sub>2</sub></sub> - energia de activare pentru N<sub>2</sub>, în J/KmolK;

Pentru mecanismul de formare a NO și N<sub>2</sub> din azotul existent în combustibil s-au determinat experimental [3.3] valorile constantei vitezei de reacție și energiei de activare.

Compus	Formarea de NO		Formarea de N <sub>2</sub>	
	k <sub>NO</sub> [s <sup>-1</sup> ]	E <sub>NO</sub> [kJ/mol]	k <sub>N<sub>2</sub></sub> [s <sup>-1</sup> ]	E <sub>N<sub>2</sub></sub> [kJ/mol]
(CN) <sub>2</sub>	3,0 x 10 <sup>8</sup>	168	1,2 x 10 <sup>10</sup>	134
HCN	1,0 x 10 <sup>10</sup>	287	3,0 x 10 <sup>12</sup>	252
NH <sub>3</sub>	4,0 x 10 <sup>6</sup>	134	1,8 x 10 <sup>8</sup>	113
N <sub>2</sub>	1,2 x 10 <sup>7</sup>	252	-	-

Tabelul 3.2.1. Valorile constantei vitezei de reacție și ale energiei de activare determinate pentru mecanismul de formare a NO respectiv N<sub>2</sub> din diferiți compuși.



Mecanismul de formare al oxidului de azot combustibil poate fi schematizat astfel:

Oxidul de azot provenit din azotul existent în combustibil se formează tot în flacără, după un mecanism complex parțial cunoscut până în prezent. Într-o primă etapă iau naștere radicali de forma CN, a căror evoluție în prezența oxigenului duce la formarea NO.

În general din azotul conținut în combustibil se formează compuși secundari, HCN; NH<sub>3</sub>; CN, care reacționează formând NO sau N<sub>2</sub>, în funcție de caracterul oxidant sau reducător al mediului din focar.

Cantitatea de NO care se formează este dependentă de: conținutul de azot al combustibilului; concentrația de oxigen în flacără; timpul de reacție și temperatura flăcării.

#### **3.2.1.4. Mecanismul de formare a oxidului de azot din azotul existent în compoziția cărbunelui**

O particulă de cărbune introdusă în focar, datorită temperaturii ridicate a gazelor de ardere, este supusă unui proces de încălzire, a cărui primă consecință este uscarea acesteia. După uscarea particulei, încălzirea continuă și începe prima etapă a pirolizei, piroliza primară, în urma căreia are loc degajarea intensă a materiilor volatile și începe formarea cocsului. Durata în timp a primei etape a pirolizei este foarte scurtă. În această etapă a pirolizei are loc și degajarea azotului conținut de combustibil sub formă de azot molecular. Cantitatea de materii volatile degajate este dependentă de temperatura particulei și de vârsta geologică a cărbunelui. Astfel la cărbunii tineri degajarea volatilelor începe la temperaturi mai scăzute decât la cărbunii cu vârste geologice ridicate, se înregistrează un prim maxim de degajare al volatilelor la temperaturi între 200<sup>0</sup>C și 400<sup>0</sup>C și un al doilea maxim, mai puțin pronunțat, la temperaturi cuprinse între 400<sup>0</sup>C și 700<sup>0</sup>C. Acest din urmă maxim se observă și la cărbunii "mai vârstnici". Pentru ligniții din bazinul carbonifer al Olteniei studiile au pus în evidență un prim maxim în jurul temperaturii de 350<sup>0</sup>C și un al doilea în jurul temperaturii de 750<sup>0</sup>C. [3.18]. În perioada degajărilor materiilor volatile cantitatea de azot eliberată din combustibil crește pe măsura creșterii temperaturii, pentru aceeași temperatură fiind mai mare la cărbunii tineri.

În a doua parte a pirolizei, piroliza secundară, se definitivează degajarea materiilor volatile și formarea cocsului. Acum din gudroane se formează compuși pe bază de azot, amine și cianizi, care în funcție de oxigenul disponibil se vor transforma în monoxid de azot sau azot molecular. Transformarea în monoxid de azot are loc dacă mediul de ardere este oxidant, iar transformarea în azot molecular dacă mediul de ardere este reducător.

În general cocsul este sărac în azot, cantitatea depinzând de conținutul degajat în timpul celor două faze ale pirolizei. Natura mediului din focar va determina și de această dată formarea monoxidului de azot sau a azotului molecular.

Emisia de oxizi de azot se poate determina cu relația [3.16.]

$$\text{NO}_x = \frac{117,36}{100 - \text{H}_2\text{O} - 4,76\text{O}_2} [100(\text{N} - 0,8) + A(\text{FR} - 2) + 250] \quad (3.2.18)$$

- în care:
- $\text{NO}_x$  - emisia de  $\text{NO}_x$ , în  $\text{mg}/\text{m}_N^3$ ;
  - $\text{H}_2\text{O}$  - conținutul de apă în gazele de ardere, în procente de volum;
  - $\text{O}_2$  - conținutul de oxigen în gazele de ardere în procente de volum;
  - $\text{N}_2$  - conținutul de azot în combustibil în procente;
  - A - factor ( $A = 80$ , dacă  $\text{FR} < 1,6$ ;  $A = 50$ , dacă  $\text{FR} > 1,6$ );
  - FR - raportul dintre carbonul fix și materiile volatile.

Raportul masic între cantitatea de  $\text{NO}_x$  format și cantitatea maximă de  $\text{NO}_x$  care s-ar putea forma dacă tot azotul din combustibil s-ar transforma în  $\text{NO}_x$  este cunoscut sub denumirea de grad de conversie al azotului. În general cantitatea maximă de  $\text{NO}_x$  care s-ar putea forma dacă tot azotul din combustibil s-ar transforma în  $\text{NO}_x$  se consideră egală cu cantitatea maximă de dioxid de azot și se poate determina cu relația [3.12.]

$$\text{NO}_{2\text{MAX}} = 1000 \frac{46}{14} \frac{\text{N}}{\text{V}_{\text{gu}}^0} \rho_g^0 \quad (3.2.19)$$

în care:

- $\text{NO}_x$  - cantitatea de azot din combustibil, în  $\text{g}/\text{kg}$ ;
- $\text{H}_2\text{O}$  - densitatea gazelor de ardere, în  $\text{kg}/\text{m}_N^3$ ;
- $\text{V}_{\text{gu}}^0$  - masa gazelor uscate, în  $\text{Kg}_{\text{gaze}} / \text{Kg}_{\text{combustibil}}$ .

Este cunoscut că cu cât conținutul de azot al combustibilului este mai mare cu atât gradul de conversie este mai mic, gradul de conversie scăzând însă mai lent decât creșterea conținutului de azot al combustibilului.

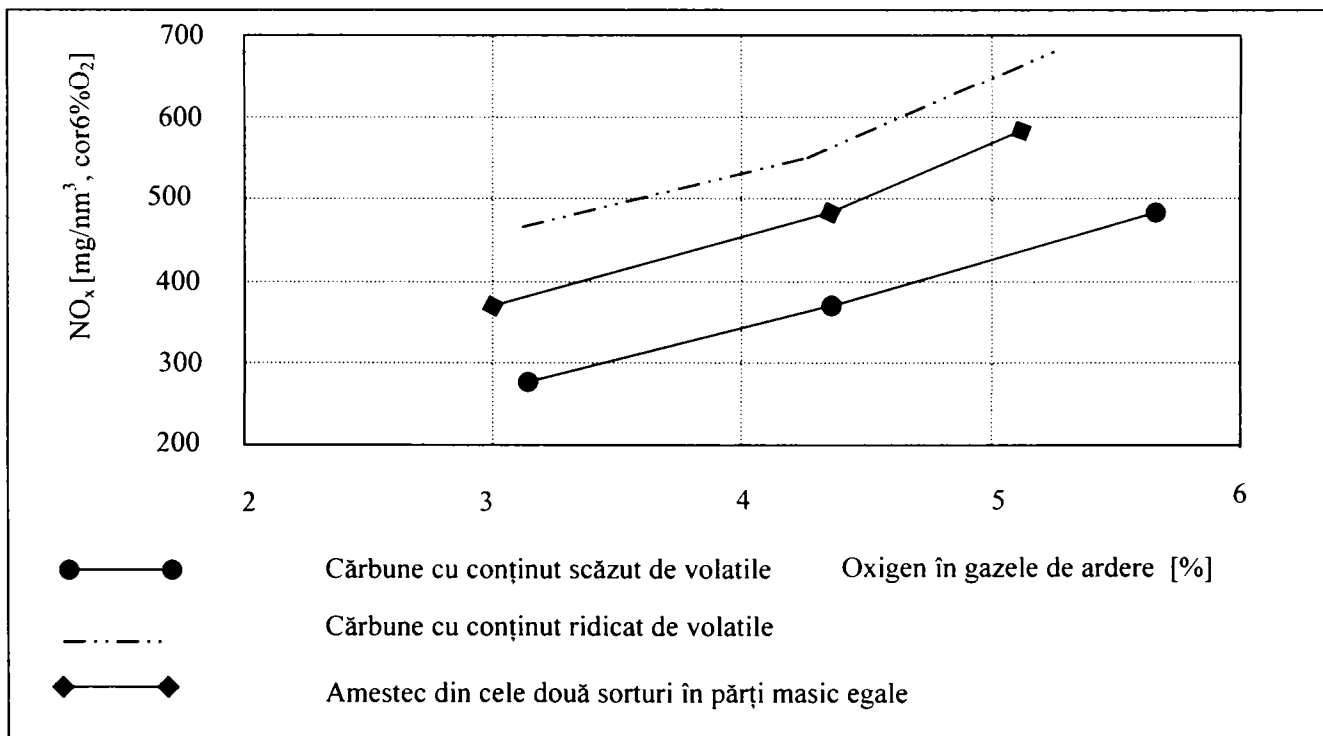


Figura 3.2.6. Influența excesului de aer și a conținutului de materii volatile asupra emisieii de  $\text{NO}_x$ ; [3.20.]

Formarea monoxidului de azot este determinată în principal de conținutul de azot al combustibilului; concentrația de oxigen în flacără; timpul de reacție, temperatura

flăcării și conținutul de materii volatile (acest ultim aspect nefiind pe deplin acceptat). Influența temperaturii este mare la temperaturi scăzute, și mult mai mică la temperaturi ridicate.

### 3.2.1.5. Formarea dioxidului de azot

Dioxidul de azot se formează în procesul de ardere, în flacără, pe traseul gazelor de ardere din cazan până la coșul de fum, inclusiv, și după evacuarea gazelor de ardere în atmosferă.

În procesul de ardere se produce o cantitate redusă de dioxid de azot, sub 5% din totalul oxizilor de azot, ecuația care descrie formarea acestuia fiind dată de Fenimore:



Pe traseul gazelor de ardere până la evacuarea lor în atmosferă dioxidul de azot se formează prin oxidarea monoxidului de azot, procesul fiind lent și determinat de timpul de reacție, concentrația de oxigen în gazele de ardere, și de temperatura scăzută, sub 650<sup>0</sup>C. Reacția după care are loc această transformare, dată de Bodenstein are forma:



După evacuarea în atmosferă transformarea monoxidului de azot în dioxid de azot se accelerează datorită conținutului ridicat de oxigen din aer și prezenței radiațiilor ultraviolete în lumina solară.



unde P, reprezintă un partener de ciocnire, iar ruv, radiație ultravioletă.

### 3.2.2. EFECTELE NOCIVE ALE OXIZILOR DE AZOT

Principalii oxizi de azot responsabili de degradarea condițiilor de mediu sunt protoxidul de azot, monoxidul de azot și dioxidul de azot.

Protoxidul de azot N<sub>2</sub>O, gazul ilariant, este un gaz incolor cu gust dulceag, solubil în apă, este stabil descompunându-se la temperaturi de peste 600<sup>0</sup>C. Monoxidul de azot NO este un gaz incolor, puțin solubil în apă, dar colorat slab albastru în stare lichefiată. Dioxidul de azot NO<sub>2</sub> este un gaz roșiatic cu miros înțepător. În anumite condiții împreună cu apa formează acidul azotic.

#### 3.2.2.1. Efectele nocive ale oxizilor de azot asupra organismului uman

Amestecul de oxizi de azot, dintre care în cea mai mare concentrație este dioxidul de azot, reprezintă gaze cu potențial toxic ridicat, cu multiple efecte asupra organismului, caracterul iritant fiind predominant.

În aerul atmosferic oxizii de azot se găsesc rareori în concentrații ridicate, capabile să dea intoxicație acută. În mediul industrial și în condiții experimentale la animale au fost înregistrate și intoxicații care se manifestă prin endem pulmonar acut, tulburări nervoase, leziuni ale căilor respiratorii superioare urmate de infecții și diferite forme de scleroză (fibroză pulmonară, emfizem, bronșiectazie). Redusa solubilitate în

apă a oxizilor de azot favorizează pătrunderea în profunzimea căilor respiratorii, fără o leziune evidentă a căilor superioare și fără o reacție din partea mucoaselor.

Acțiunea cronică și repetată a anumitor doze de toxice poate determina însă leziuni deosebit de marcante ale căilor respiratorii profunde.

Dioxidul de azot, cel mai toxic și mai important dintre oxizii de azot, are un prag de miros de aproximativ  $2\text{mg}/\text{m}^3$ . La concentrații mai mici ( $0,30,45\text{mg}/\text{m}^3$ ), L.A. Ripperton și colaboratorii au pus în evidență o modificare a activității catalazice sanguine, în sensul unei creșteri în primele cinci săptămâni și scăderii în săptămânile următoare. La  $0,84\text{mg}/\text{m}^3$ , P.P. Iakimciuc a înregistrat modificări iritative asupra activității nervoase superioare (activitatea reflex-condiționată, stări fazice, inhibiție de diferențiere) [3.5.].

Pe măsură ce concentrația toxicului crește s-au înregistrat modificări atât la animale de experiență cât și la muncitori: scădere în greutate și creșterea frecvenței respirației.

La concentrații de  $2,8\text{mg}/\text{m}^3$ , L.S. Mitina nu a constatat modificări evidente ale greutății corporale și tumorilor, în timp ce la  $5,7\text{mg}/\text{m}^3$  a înregistrat scădere în greutate, anemie, prin scăderea numărului de hematii și a hemoglobinei și inversarea raportului serine/globuline. Pragul acțiunii toxice scade la jumătate când dioxidul de azot este asociat cu dioxid de sulf [3.5.].

O.I. Balchum și colaboratorii ca și R. Ehrlich și M.R. Purvis au arătat rolul oxizilor de azot în creșterea susceptibilității la infecțiile respiratorii, explicat prin modificări imunologice în sângele animalelor de experiență. Infecția pulmonară cu germeni specifici (*Klebsiella pneumoniae*) este favorizată printr-o singură expunere la  $7\text{mg}/\text{m}^3$ , urmată de expunere cronică la  $1\text{mg}/\text{m}^3$ .

W.D. Wagner și colaboratorii pun problema capacității cancerigene a oxizilor de azot, prin punerea în libertate a radicalilor liberi.[3.5.].

### 3.2.2.2. Efectele nocive ale oxizilor de azot asupra mediului

Oxizii de azot contribuie la accentuarea efectului de seră, cu o contribuție apreciată între 4 și 6% și la degradarea stratului de ozon. Degradarea stratului de ozon de către oxizii de azot poate fi descris prin ciclul Johnston – Crutzen [3.3].

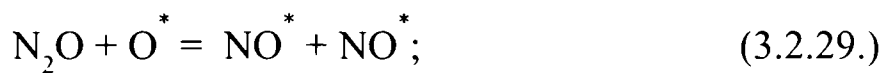
Ozonul se produce în atmosferă din oxigenul molecular, sub acțiunea razelor ultraviolete cu lungimea de undă cuprinsă între 200 și 240 nanometrii, radiații ce sunt absorbite de oxigenul molecular în stratosferă.



unde: P, reprezintă un partener de ciocnire, iar ruv, radiație ultravioletă.

Absorbind radiația ultravioletă cu lungimea de undă cuprinsă între 200 și 340nm, ozonul se descompune în oxigen molecular și oxigen atomic, iar dacă radiația ultravioletă are lungimea de undă mai mică de 310nm,oxigenul molecular va fi în stare activată, și va genera monoxid de azot în stare activată din protoxid de azot, care la rândul său printr-o reacție catalitică descompune ozonul.





Acidul azotic, format de dioxidul de azot în anumite condiții cu apa, produce coroziunea construcțiilor metalice, iar împreună cu diferiți cationi prezenți în atmosferă formează azotați care degradează rețelele electrice și telefonice datorită acțiunii corozive asupra cuprului, alamei, aluminiului, nichelului. Nu trebuie neglijată nici contribuția dioxidului de azot la formarea ploilor acide. Datorită caracterului puternic oxidant și nitrurant al oxizilor de azot și al acidului azotic se produce degradarea maselor plastice, lacurilor, vopselelor utilizate în general ca materiale de protecție. Materialele de construcție din grupa carbonaților sunt degradate de oxizii de azot prin pătrunderea acestora în microfisuri, unde formează nitrați care prin cristalizare își măresc volumul și contribuie la mărirea fisurilor [3.30.].



### 3.3. EMISIA DE PULBERI

#### 3.3.1. GENEZA PULBERILOR LA ARDEREA COMBUSTIBILILOR FOSILI

Emisia de particule solide, (cenușă zburătoare, cocs zburător, funingine) este redusă pentru combustibilii lichizi și gazoși, fiind importantă cantitativ la arderea combustibililor solizi și mai ales la arderea combustibililor solizi inferiori.

La arderea combustibililor lichizi și în special a păcurilor cu conținut ridicat de sulf se impune un coeficient al excesului de aer mic, apropiat de valoarea stoechiometrică, favorizându-se creșterea pierderilor prin nărase, formarea funinginii și cocsului zburător. Producerea acestor emisii este direct influențată de raportul masic dintre carbon și hidrogen, precum și de prezența asfaltului în combustibil [3.36.].

Concentrația particulelor solide în gazele de ardere, la ieșirea din cazan, este dependentă de masa minerală necombustibilă a combustibilului, dar și de tehnologia de ardere utilizată, iar la evacuarea în atmosferă de eficiența instalațiilor de desprăfuire cu care este echipat cazanul.

La arderea combustibililor solizi în focare cameră cu evacuarea cenușii în stare solidă se antrenează din focar de către gazele de ardere  $0,85 \div 0,95$  din cenușa rezultată la arderea combustibilului, această proporție fiind de  $0,1 \div 0,85$  la arderea combustibilului în focare cameră cu evacuarea cenușii în stare lichidă (în funcție de tipul focarului: ciclon orizontal, ciclon vertical, semideschis sau deschis), respectiv  $0,13 \div 0,25$  la focarele cu ardere în strat [3.3.], [3.23.].

Combustibili solizi au un conținut ridicat de substanțe minerale necombustibile, care poate fi cuprins între 7 și 80% [2.23.]. În urma determinărilor de laborator din ultima perioadă de timp (1993 ÷ 2002), efectuate conform SR-ISO1141-04, asupra ligniților din Bazinul Carbonifer al Olteniei, utilizați la C.E.T. Ișalnița, conținutul de cenușă raportat la starea inițială a combustibilului este cuprins între 20 și 30%.

În principal masa minerală a combustibilului este compusă din [3.24.]:

Carbonați: ancherit,  $\text{Ca}(\text{MgFe})(\text{CO}_3)_2$ ,  $\text{Ca}(\text{MgMn})(\text{CO}_3)_2$ ; calcit,  $\text{CaCO}_3$  trigonal; aragonit,  $\text{CaCO}_3$  ortorombic; magnezit,  $\text{MgCO}_3$ ; rhodocrozit,  $\text{MnCO}_3$ ; siderit,  $\text{FeCO}_3$ ; dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , stronțianit,  $\text{SrCO}_3$ , whiterit  $\text{BaCO}_3$ ;

Materiale argiloase: grup caolinic  $\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_8$ ; ilit; grup montmorillonitic  $(0,5\text{Ca}, \text{Na})_{0,7}(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_4((\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20})(\text{OH})_{4x} \text{H}_2\text{O}$ ;

Grup feldspatic: feldspați alcalini,  $(\text{K}, \text{Na})_x(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_8$ ; plagioclazi,  $\text{Na}(\text{Al}, \text{Si})_3\text{O}_8$ - $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$ ;

Materiale silicioase: cuarț,  $\text{SiO}_2$  trigonal;

Clorit:  $(\text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe})_{12}((\text{Si}, \text{Al})_8\text{O}_{20})(\text{OH})_{16}$ ;

Serpentin:  $\text{Mg}_3(\text{Si}_2\text{O}_5)(\text{OH})_4$ ;

Sulfați: ghips,  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ; anhidrit,  $\text{CaSO}_4$ ; hemihidrit,  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$ , (bassanit); barită,  $\text{BaSO}_4$ ;

Sulfizi: pirită,  $\text{FeS}_2$  cubic; marcasit,  $\text{FeS}_2$  ortorombic; pirolit; calcopirit  $\text{CuFeS}_2$ ; spalerit,  $\text{ZnS}$ ;

Rutil:  $\text{TiO}_2$ .

În masa minerală a cărbunilor se mai găsesc, sub formă de complecși organometalici, în cantități foarte mici și alți componenți: germaniu, vanadiu, stronțiu,

bariu, scandiu, cobalt, beriliu, staniu, bariu, zinc, bismut, mangan, nichel, cupru, argint, crom, molibden, arsen, bor, uraniu, toriu, galiu, itriu și lantoxidele.

Cenușa provine din masa minerală a combustibilului. Ea diferă însă de masa minerală atât cantitativ cât și calitativ, dar proprietățile ei sunt determinate de compoziția masei minerale. Analizele de laborator arată că pentru un același combustibil compoziția cenușii rezultate este influențată de condițiile de ardere (acțiunea mediului gazos din focar, temperatura din focar, durata menținerii în focar, dizolvarea parțială a zidăriei focarului în cenușa topită). [3.1.], [3.25.], [3.23.].

Transformările chimice ale masei minerale, pe măsura încălzirii combustibilului, au loc într-o anumită succesiune [3.25.], [3.26.], [3.27.]:

La temperaturi de peste 120<sup>0</sup> C, gipsul începe să piardă apa de cristalizare, iar după aceea, se elimină apa de constituție din substanțele argiloase.

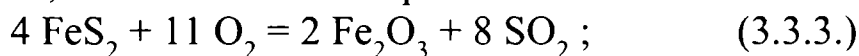
În prezența unui mediu oxidant protoxidul de fier se transformă, la temperaturi de peste 400<sup>0</sup> C, în oxid de fier, produs mai stabil la astfel de temperaturi, dar care într-un mediu reducător se poate reduce până la metal. În situația în care mediul este semireducător (atât produse ale arderii perfecte cât și ale arderii imperfecte), protoxidul de fier se poate menține până la temperaturi mai ridicate.



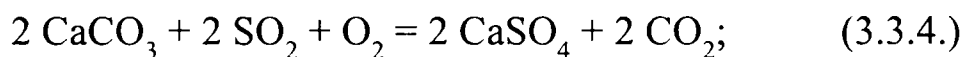
La temperaturi de aproximativ 500<sup>0</sup> C începe descompunerea MgCO<sub>3</sub>



La temperaturi peste 570<sup>0</sup> C, sulfurile de fier încep să se oxideze



Anhidrida sulfuroasă, în situația în care se volatilizează poate să intre în reacție cu carbonatul de calciu:

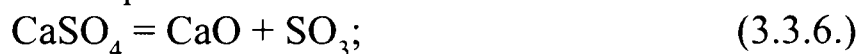


La temperaturi cuprinse între 600 și 900<sup>0</sup> C, CaCO<sub>3</sub>, se descompune:



La temperaturi și mai înalte încep reacțiile chimice ale bazei de siliciu cu alți oxizi, iar la peste 900<sup>0</sup> C, are loc volatilizarea clorurilor alcaline (KCl, NaCl).

La peste 1000<sup>0</sup> C începe descompunerea sulfatului de calciu:



Compoziția chimică a cenușii de la C.E.T. Ișalnița este prezentată în tabelul de mai jos.

Proba nr.	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	W	Pierdere la calcinare
1	48,90	10,90	20,90	2,80	9,70	1,90	0,20	1,40
2	47,10	11,90	21,20	3,30	9,10	1,70	0,34	1,12
3	51,50	10,10	22,50	2,40	6,60	1,15	0,30	1,75
4	49,50	11,10	21,10	3,07	4,40	1,50	0,18	1,80

### 3.3.2. EFECTELE NOCIVE ALE PULBERILOR

#### 3.3.2.1. Efectele nocive ale pulberilor asupra organismului uman

Principala cale de pătrundere a pulberilor în organism este aparatul respirator. Chiar dacă o cantitate destul de mare de pulberi poate pătrunde în tubul digestiv prin

înghițire, consecințele asupra organismului sunt neînsemnate în cazul pulberilor netoxice. Pulberile au dimensiuni prea mari pentru a trece prin piele și a pătrunde în organism prin aceasta; dar fixarea acestora în diferite formațiuni ale pielii poate produce anumite modificări locale.

Pericolul pe care inspirarea de cantități mari de praf îl reprezintă pentru sănătate este cunoscut din timpuri foarte îndepărtate. Date privitoare la aceste îmbolnăviri se întâlnesc la Hipocrat, Plinius, Galen, Paracelsus. În anul 1866, Zenker a creat termenul de pneumo-koniosis, prin care se descriau orice modificări apărute în plămâni datorită prafului. În anul 1870, Viscoti a propus termenul de silicoză pentru îmbolnăvirile provocate de praful de cuarț.

Modificarea stării de sănătate sub influența impurificării aerului a fost constatată inițial la muncitorii care lucrau în industrii producătoare de praf. În afara mediului industrial s-a constatat încă din secolul trecut că mortalitatea prin pneumonie era cu 135% mai mare în regiunile industrializate din Ruhr, impurificate cu praf rezultat din combustibili, decât în zonele neindustrializate.

Acțiunea complexă a impurificării aerului cu pulberi și gaze determină creșterea morbidității unor grupuri de populație, pusă în evidență de numeroase cercetări epidemiologice, fie sub formă nediferențiată, fie sub forma anumitor boli pulmonare ca bronșita cronică, astmul, emfizemul.

Unele particule pot produce o iritație mecanică prin forma lor ascuțită, neregulată, tăioasă, exercitând un efect traumatic mai ales asupra mucoasei oculare, când particulele au dimensiuni relativ mari. Aceleași efecte pot să apară asupra mucoasei căilor respiratorii superioare și întrgului arbore respirator [3.5.]. Gravitatea tulburărilor provocate de pulberi la nivelul ochilor depinde de mărimea și de forma particulelor, precum și de structura lor chimică. Prima manifestare este de obicei lăcrimarea, apărută reflex, datorită iritației conjunctivei și corneei; ea durează atâta timp cât se stă în mediu cu praf dar poate persista și după aceea. Lăcrimarea continuă poate fi determinată de leziunile cronice ale conjunctivei.

Aerosolii formați de cenușă pot fi toxici în măsura în care conțin metale grele: crom, nichel, cadmiu, arseniu, plumb. În general însă cenușile conțin în puține cazuri astfel de substanțe [3.7.].

Ca urmare a arderii incomplete și imperfecte a combustibilului rezultă produse ce se pot constitui în aerosoli toxici datorită acțiunii cancerigene a hidrocarburilor rezultate în urma acestui proces [3.3.].

### **3.3.2.2. Alte efecte nocive ale pulberilor**

Cenușa contribuie la murdărirea și degradarea mediului prin depunere și la vehicularea gazelor nocive (oxidul de carbon de exemplu), purtându-le la distanțe mari de locul de emisie.

Probleme deosebite apar în perioadele uscate și cu vânturi când apare fenomenul spulberării pe haldele de zgură și cenușă. Acest fenomen este frecvent în ultima perioadă în România când datorită reducerii gradului de utilizare a capacităților de producție a energiei electrice și termice produse prin arderea cărbunelui haldele de zgură și cenușă nu mai sunt menținute umede prin procesul tehnologic propriu zis.

## 3.4. EMISIA DE OXIZI DE CARBON

### 3.4.1. MECANISME DE FORMARE A OXIZILOR DE CARBON

Dioxidul de carbon este un component natural al aerului, este incolor și are un miros slab acid. În instalațiile energetice, el rezultă în procesul de ardere al combustibililor prin oxidarea carbonului conținut de aceștia sub formă de carbon propriu zis, sau sub formă de combinații.

În procesul de ardere al carbonului conținut de combustibilii solizi sunt cunoscute trei posibilități de formare a oxizilor de carbon [3.1], [3.26]:

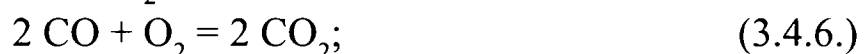
1.- formarea simultană a monoxidului și dioxidului de carbon la suprafața carbonului:



2. - formarea în prima fază a dioxidului de carbon, urmată de reducerea în a doua fază a unei părți a dioxidului de carbon în monoxid de carbon, ca o consecință a lipsei de oxigen:

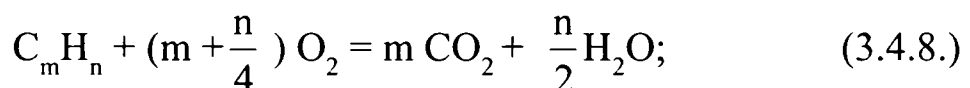
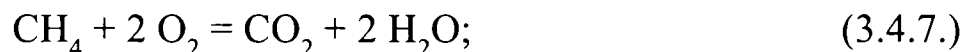


3. - formarea într-o primă fază a monoxidului de carbon, urmată de oxidarea unei părți a monoxidului de carbon și formarea dioxidului de carbon:



În procesele reale de ardere se apreciază ca reacțiile 3.4.1. și 3.4.2., considerate reacții primare, sunt determinante, dar produsele arderii rezultate sunt supuse apoi reacțiilor secundare de oxidare sau reducere după caz.

La arderea combustibililor gazoși formarea dioxidului de carbon poate fi descrisă prin ecuațiile



Monoxidul de carbon este rezultatul arderii imperfecte. Este un gaz incolor, inodor și foarte toxic. În cursul arderii, disponibilul redus de oxigen în raport cu necesarul unei arderi perfecte, temperatura necorespunzătoare din focar și amestecul necorespunzător între aer și combustibil are ca efect apariția produselor arderii imperfecte din care face parte și monoxidul de carbon [3.36].

La temperaturi foarte ridicate se poate produce și un alt fenomen: dioxidul de carbon disociază în monoxid de carbon și oxigen atomic. În cazul răcirii bruște a gazelor monoxidul de carbon format nu se reoxidează și este evacuat ca atare.



### 3.4.2. EFECTELE DIOXIDULUI DE CARBON

În atmosfera terestră dioxidul de carbon se găsește în cantități mici, participarea lui fiind în general cuprinsă între 0,02 și 0,036% din volum. Concentrații mari se

înregistrează în aerul centrelor industriale și puternic populate, precum și în regiunile cu activitate vulcanică intensă.

Toxicitatea dioxidului de carbon se manifestă la concentrații ridicate ale acestuia în aer (peste 5000ppm [3.3.]). La creșterea accentuată a concentrației de dioxid de carbon peste concentrația normală în aer apar primele semne ale intoxicației, cunoscută și sub denumirea de beție carbonică.

Cel mai însemnat neajuns legat de emisia de dioxid de carbon este influența pe care o manifestă asupra climei prin efectul de seră.

Mult timp s-a crezut că mărirea vizibilă a temperaturilor, începând cu acest secol, s-ar datora unor variații naturale ale climei. Și în prezent unii specialiști, consideră că acest proces de încălzire face parte dintr-un ciclu natural al pământului, a cărui temperatură a înregistrat o variație de aproximativ  $6^{\circ}\text{C}$ , pe parcursul ultimilor 150000 de ani, aducând ca argumente probe de gheață, prelevate de la mari adâncimi din Antarctica.

Chiar dacă nu contrazice total aceste opinii, ultima jumătate de secol, perioadă în care industria a cunoscut o puternică dezvoltare, vine să atragă atenția că omul prin acțiunea sa influențează pe ansamblu, iar în unele zone chiar decisiv bioclimatul. Studiile efectuate pentru perioada scursă între 1750 și prezent precum și prognozele pentru următorii 50 de ani confirmă aportul dioxidului de carbon la încălzirea globală a climei, astăzi marea majoritate a specialiștilor fiind convinși că încălzirea observată este prima manifestare a efectului activității umane asupra climei.

Măsurătorile efectuate în bulele de aer reținute în gheața arctică arată cum concentrația dioxidului de carbon atmosferic înainte de Revoluția Industrială era de 280 de părți la milion (figura 3.4.1.), iar măsurătorile efectuate la observatorul de la Mauna Loa din Hawaii au indicat o creștere continuă, concentrația fiind de 315 părți la milion în 1958 și 357 părți la milion în 1993. [3.28.] , [3.29.], (figura 3.4.2.) .

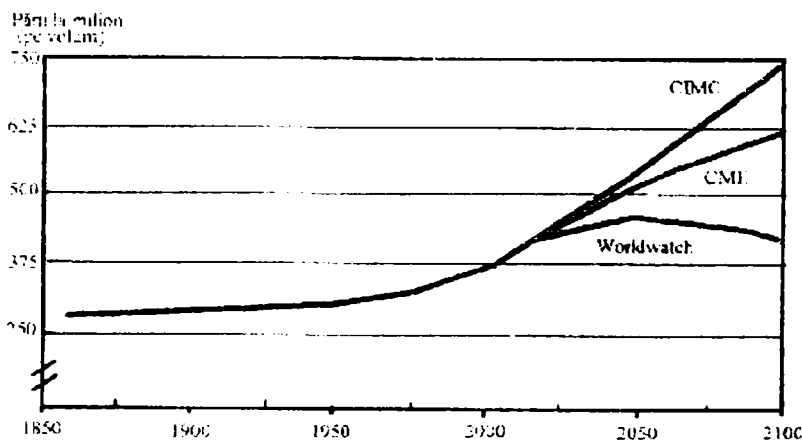


Figura 3.4.1. Concentrațiile atmosferice de dioxid de carbon între 1860 și 1993, cu estimări până în anul 2100

Concentrația de dioxid de carbon a crescut în ultima vreme cu aproximativ 0,4% pe an, fiind în 1993 cu 27,5% mai ridicată decât era înainte de Revoluția Industrială și cu 13% mai mare decât în urmă cu 35 ani.

În condițiile menținerii acestei rate de creștere a concentrației de dioxid de carbon se previzionează că după 2060 se vor depăși de două ori nivelurile preindustriale de concentrație în atmosferă a acestui gaz.



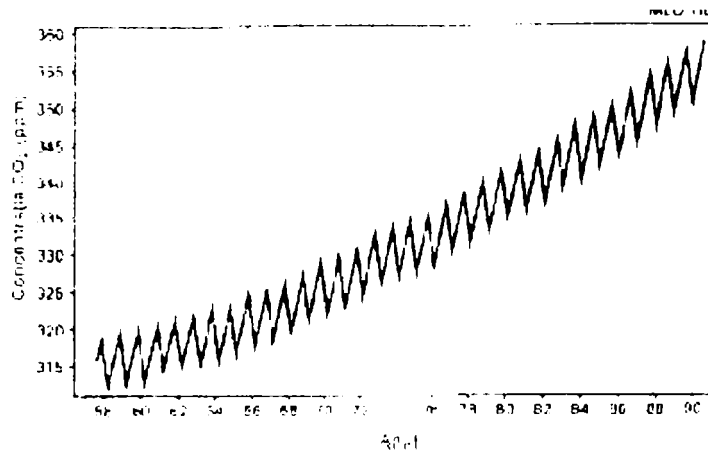


Figura 3.4.2. Media lunară a concentrației de dioxid de carbon măsurată la observatorul de la Mauna Loa din Hawaii.

La creșterea concentrației de dioxid de carbon o contribuție importantă o are arderea combustibililor fosili, emisia crescând de la 1,609 milioane tone în 1950 la 6,219 milioane tone în 1995. (figura 3.4.3. și tabelul 3.4.1.)

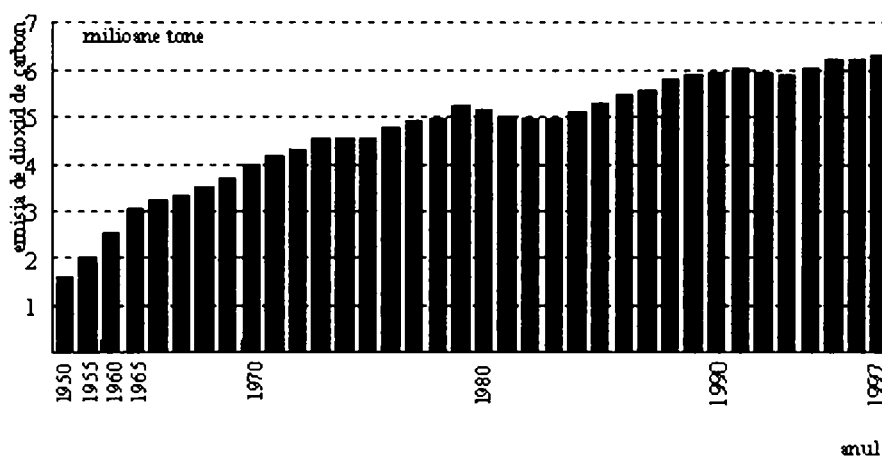


Figura 3.4.3. Emisia mondială de dioxid de carbon datorată arderii combustibililor fosili în perioada 1950 - 1997.

Acest lucru este deosebit de îngrijorător, ținând cont de faptul că dioxidul de carbon are o viață de staționare în atmosferă până la absorția în ciclul biologic de 2÷4 ani.

Specialiștii au elaborat mai multe scenarii de evoluție a concentrației de dioxid de carbon, din prezent până în anul 2100, pornind de la posibilitățile de dezvoltare demografică, economică, energetică etc. Procesul de generare a dioxidului de carbon va fi într-o continuă creștere, iar în cel mai bun caz, el va putea fi redus începând cu anul 2030 [3.19.].

Efectul global al creșterii concentrației atmosferice a dioxidului de carbon va fi cu siguranță creșterea temperaturilor medii ale suprafeței globului.

O dublare a concentrației de dioxid de carbon în atmosferă, va duce conform modelelor actuale de modelare climatologică, la o creștere a temperaturii medii a suprafeței globului de 1,5÷3<sup>0</sup> C. [3.29.]



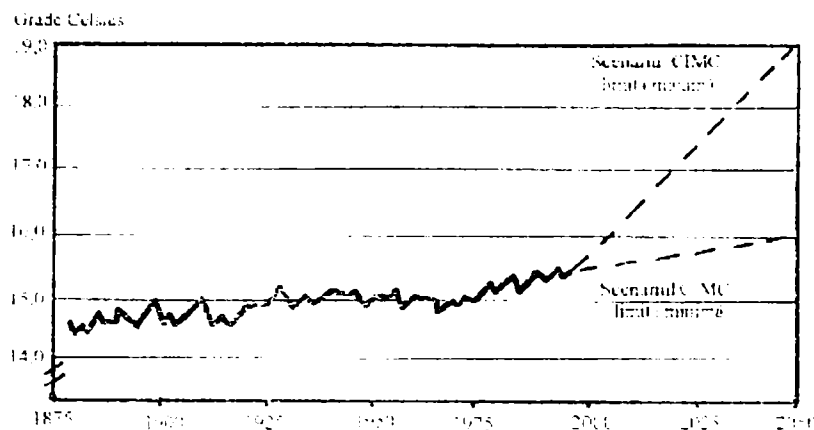


Figura 3.4.2. . Temperatura medie globală între 1888 și 1993, estimări până în anul 2050.

Utilizându-se modelele de calcul existente și în ipotezele menținerii tendințelor de creștere din trecut a consumului de energie, respectiv creșterea populației terrei la 9÷10 miliarde de locuitori, peste 50 de ani temperatura medie va fi cu 2 până la 5<sup>0</sup>C mai ridicată decât în prezent.[4.30.].

Modificările regionale ale climei, în special cele legate de precipitații și vânturi vor fi mult mai importante decât modificările temperaturii medii. Zonele polare vor fi mult mai sensibile la creșterea globală a temperaturii, în comparație cu zonele situate la alte latitudini.

În prezent se constată o creștere a nivelului mării cu 25 mm într-un deceniu [3.27.] dar se prevede o creștere a nivelului mărilor și oceanelor cu aproximativ un metru, urmată de modificarea configurației geografice, prin inundarea unor mari suprafețe de teren [3.29.].

În concluzie, ceea ce trebuie să îngrijoreze în prezent, nu este efectul de seră, în sine, ci accentuarea lui, accentuare a cărei consecință este încălzirea climei la nivel global.

### 3.4.3. Efectele nocive ale monoxidului de carbon.

Riscul de intoxicație a populației este în general mai redus prin evacuările surselor industriale și mult mai frecvent în legătură cu surse casnice și transporturi. Intoxicația cu monoxid de carbon se produce datorită acumulării gazului în aerul de respirat și inhalării sale, fără a fi simțită prezența sa, datorită faptului că este un gaz incolor, inodor și neiritant. Prezența altor gaze cum ar fi de exemplu oxizii de azot constituie un factor agravant [3.21.].

## BIBLIOGRAFIE

- 3.1. Ungureanu, C., Generatoare de abur pentru instalații energetice clasice și nucleare, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1977.
- 3.2. Lăzăroiu, Gh., Protecția atmosferei împotriva poluării, Editura Printech, București 1998.
- 3.3. Ionel, I., Ungureanu, C., Termoenergetica și mediul, Editura Tehnică, București, 1996.
- 3.4. The Babcock & Wilcox Company, Steam its generation and use, Editors: Steven, C., Stulyz and John, B., Kitto, The Babcock & Wilcox Company, Barberton, Ohio, U.S.A., 1992.
- 3.5. Barnea, M., Ursu, P., Protecția atmosferei împotriva impurificării cu pulberi și gaze, Editura Tehnică, București, 1969.
- 3.6. Rojanschi, V., Bran, F., Diaconu, G., Iosif, N., Gh., Toderoiu, F.: Economia și protecția mediului, Editura Tribuna Economică, București, 1997.
- 3.7. Barnea, M., șa., Efectele biologice ale poluării mediului, Editura Academiei, București, 1973.
- 3.8. Mănescu, S., Dumitrache, S., Cucu, M., Fuiogă, E., Igiena mediului, Editura Medicală, București 1981.
- 3.9. Rojanschi, V., Bran, F., Diaconu, Gh., Protecția și ingineria mediului, Editura Economică, București, 1997.
- 3.10. Zamfir, N., Dezvoltare durabilă și protecție ecologică, Editura Sitech, Craiova 1996.
- 3.11. Pascu, D., Ursu, Frosin, D., Bergea-Tatu, I., Popa, D., Frosin-Rada, D., Protejarea aerului atmosferic - Îndrumător practic, Editura Tehnică, București, 1978.
- 3.12. Roberts, L., E., J., Liss, P., S., Saunders, P., A., H., Power Generation and Enviroment, Oxford University Press, 1990.
- 3.13. Levi, J., M., ș.a. Conversion of Fuel-Nitrogen to Nitrogen Oxides in Fossil Fuel Combustion: Mechanistic Considerations, MIT Energy laboratory report to EPA under FCR Program, 1978.
- 3.14. Luthi, K., H., Clean electricity from fossil fuels, Asea Brown Boveri, Power Generation Ltd, dept. PTQ 5400 Baden, Switzerland.
- 3.15. Brasin, J., A., Fossil Steam Generator NO<sub>x</sub> Control Update, 1981 Proceedings of the EPRI / EPA Joint Symposium on Stationary Combustion NO<sub>x</sub> Control, EPRI WS - 70 -220, 1981.
- 3.16. Rozendaal., H., N., Vliet, Operational experience with a low - NO<sub>x</sub> pulverized coal fired boiler firing imported coals at Maasvlakte Power, Arnhem, 1996.
- 3.17. ABB C -E Services, Inc, NO<sub>x</sub> Emissions Controls for Gas and Oil - Fired Boilers, ABB C -E Services, Inc, Windsor, Connecticut.

- 3.18. Bică, I., M., Reducerea sau înlocuirea hidrocarburilor la pornire sau pentru susținerea flăcării la arderea combustibililor solizi inferiori în cazanele de abur, Teză de doctorat, Universitatea Politehnică București, 1995.
- 3.19. Häfele, W., Energia-Problemă globală, Editura Tehnică, București, 1997.
- 3.20. Rozendaal, C., M., Bunschoten, J., Meerkerk, A., Impact of coal quality and coal blending on the performance of unit 9 of the Amer Power Plant in the Netherlands, Arnhem, 1996.
- 3.21. Leca, A., s.a., Principii de management energetic, Editura Tehnică, București 1997.
- 3.22. Pănoiu, N., Cazacu, C., Mihăescu, L., Totolo, C., Epure, A., Instalații de ardere a combustibililor solizi, Editura Tehnică, București, 1995.
- 3.23. Pănoiu, A., N., Cazane de abur, Editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
- 3.24. Voina, I., N., Teoria și practica utilizării cenușilor de la centralele termoelectrice, Editura Tehnică, București, 1981.
- 3.25. Ungureanu. C., Pănoiu, N., Zubcu, V., Ionel, I., Combustibili / instalații de ardere, Editura Politehnică, Timișoara 1998.
- 3.26. Knorre, F., G., Procese de ardere în focare, Editura Energetică de Stat. București, 1955.
- 3.27. Gherasimov, S.G., Lebedev, D.G., Kagan, I. A., Luknițki, V.V., Șeindlin, A. E.; Manualul inginerului Termotehnician-vol 1, Editura Tehnică, București 1961.
- 3.28. Flavin, C., Lenssen, N., Valul energetic, Ghid pentru iminenta revoluție energetică, Editura Tehnică, București , 1996.
- 3.29. Gore, Al., Pământul în cumpănă, Editura Tehnică, București, 1995.
- 3.30. Bonnefous, E., Omul sau natura ?, Editura Politică, București, 1976.
- 3.31. Fratrič, I., Chalupa, C., Kralik, J., Calul Troian al civilizației, Editura Științifică și enciclopedică, București, 1978.
- 3.32. Văcaru, E., Impactul produșilor sulfului asupra mediului, Conferința Națională de Termotehnică, Ediția a-IX-a, Craiova, 27÷29 mai 1999, pag. 371÷380.
- 3.33. Ionel, I., 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, pag. 229÷234.
- 3.34. Lăzăroiu, Gh., Moțoiu, C., Emisia oxizilor de azot în focarele cazanelor, Proceeding Tempus-Envirom, Universitatea de vară, Protecția mediului în România, pag. 325÷334, București, 6÷10 iunie, 1994.
- 3.35. Ungureanu, C., Văcaru, E., Mecanismele de formare a oxizilor de azot în procesul de ardere al combustibililor, Conferința Națională de Termotehnică, Ediția a-IX-a, Craiova, 27÷29 mai 1999, pag. 351÷362.
- 3.36. Pătărlăgeanu, M., Cristescu, T., Probleme privind poluarea prin arderea combustibililor petrolieri gazoși, Conferința Națională de Termotehnică, Ediția a-IX-a, Craiova, 27÷29 mai 1999, pag.285÷288.

## **4.1. METODE DE EVALUARE A EMISIILOR POLUANTE**

### **4.1.1. METODĂ DE EVALUARE OPERATIVĂ A EMISIILOR DE SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, PULBERI ȘI CO<sub>2</sub>**

Metoda permite evaluarea emisiei de noxe prin calcul utilizând date primare care sunt disponibile în mod curent la centralele termice și termoelectrice. [4.1].

#### **4.1.1.1. PREZENTAREA METODEI DE EVALUARE**

Pentru determinarea cantității de poluant evacuată în atmosferă într-o anumită perioadă de timp se utilizează relația:

$$E = B_t \times H_i \times e; \quad (4.1.1.)$$

în care:

E - emisia, reprezintă cantitatea de poluant evacuată în atmosferă într-o anumită perioadă de timp, de regulă oră sau secundă, în kg.

B<sub>t</sub> - cantitatea de combustibil consumată în perioada respectivă, în kg;

H<sub>i</sub> - puterea calorifică inferioară a combustibilului, în kJ/kg;

e - factorul de emisie, reprezintă cantitatea de poluant evacuată în atmosferă, corespunzătoare unității de căldură introdusă în cazan prin arderea combustibilului, în kg/kJ.

Cantitățile de combustibil, precum și puterile calorifice inferioare aferente, introduse în relația 4.1.1., se determină pe loturi de combustibili, pe baza evidenței primare, pentru perioada de timp avută în vedere. Starea de referință a combustibilului este starea inițială.

La arderea cărbunelui, când se dorește efectuarea unor calcule de precizie, cantitatea de combustibil consumată se corectează excluzând conținutul de nămol în zgură și cenușă.

În cazul utilizării mai multor tipuri de combustibil, emisia, se determină prin însumarea emisiilor aferente fiecărui combustibil, calculate cu relația 4.1.1.

Debitul emisiei se poate calcula prin raportarea cantității de poluant la durata de timp corespunzătoare și se exprimă în general, în mg/s, g/s sau kg/h.

Factorii de emisie depind de caracteristicile combustibililor folosiți, de tipul constructiv al instalațiilor de cazane, de puterea termică a acestora și se pot determina experimental. La schimbarea compoziției chimice a combustibililor sau a tehnologiei de ardere se impune corectarea factorilor de emisie.

#### **4.1.1.2. DETERMINAREA FACTORILOR DE EMISIE**

Relațiile de calcul sunt stabilite pentru situația în care se utilizează procedee clasice de ardere a combustibililor, iar instalațiile de epurare a emisiilor de SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și CO<sub>2</sub> lipsesc.

În situația utilizării procedeelor primare sau secundare de reducere a emisiilor de noxe gazoase, la calculul factorilor de emisie va trebui să se țină seama și de randamentul acestora, așa cum s-a procedat în cazul cenușii zburătoare, unde intervine randamentul instalațiilor de desprăfuire.

#### 4.1.1.2.1. Calculul factorului de emisie pentru SO<sub>2</sub>

Pentru calculul factorului de emisie se utilizează relația:

$$e_{SO_2} = \frac{\frac{m_{SO_2}}{m_s} \times \frac{S}{100}}{H_i} \times (1 - r) \quad (4.1.2.)$$

în care:

$e_{SO_2}$  - factorul de emisie pentru SO<sub>2</sub>, în kg/kJ;

$m_{SO_2}$  - masa moleculară a SO<sub>2</sub>, are valoarea 64;

$m_s$  - masa moleculară a sulfului, are valoarea 32;

S - conținutul de sulf al combustibilului, sulful combustibil, determinat ca valoare medie, pe baza analizei chimice elementare pe loturi de combustibil, exprimat în procente de masă.

$H_i$  - puterea calorifică inferioară a combustibilului, în kJ/kg;

r - gradul de reținere a sulfului în zgură și cenușă.

Pentru gradul de reținere al zgurii și cenușii se recomandă următoarele valori, în funcție de combustibilul utilizat: lignit 0,2; ulei 0,05; păcură și gaze 0;

La calculele de prognoză pentru concentrațiile de sulf în combustibil se pot adopta valorile: lignit 1,15%; uleiurile mixte și șlam, din țară și din import, 2,15%; păcură din țară 1,0%; păcură din import 3,0%.

#### 4.1.1.2.2. Determinarea factorului de emisie pentru NO<sub>x</sub>

Pentru determinarea factorilor de emisie se pot utiliza valorile din tabelul 4.1.1., valori rezultate din măsurători, la care s-a aplicat corecția de oxigen. Aceste valori sunt comparabile cu valorile utilizate în țările din Comunitatea Economică Europeană.

Combustibilul	$e_{NO_x}$					
	Puterea termică a cazanului [MW <sub>i</sub> ]					
	50÷100		100÷300		>300	
	kg/kJ	g/GJ	kg/kJ	g/GJ	kg/kJ	g/GJ
Lignit	2,0 x10 <sup>-7</sup>	200	2,2 x10 <sup>-7</sup>	220	2,6 x10 <sup>-7</sup>	260
Huile	3,8 x10 <sup>-7</sup>	380	4,2 x10 <sup>-7</sup>	420	4,5 x10 <sup>-7</sup>	450
Păcură	1,9 x10 <sup>-7</sup>	190	2,1 x10 <sup>-7</sup>	210	2,8 x10 <sup>-7</sup>	280
Gaze naturale	1,3 x10 <sup>-7</sup>	130	1,5 x10 <sup>-7</sup>	150	1,7 x10 <sup>-7</sup>	170

Tabelul 4.1.1. Factorii de emisie pentru oxizii de azot

Puterea termică a cazanului se determină prin produsul dintre debitul de combustibil introdus în cazan kg/s sau m<sub>N</sub><sup>3</sup>/s și puterea calorifică inferioară a combustibilului MJ/kg sau MJ/ m<sub>N</sub><sup>3</sup>.

Valorile factorilor de emisie din tabelul 4.1.1. corespund pentru sarcina cazanului de 100%. Pentru calculul corect al factorilor de emisie a NO<sub>x</sub>, la sarcini parțiale ale cazanelor, se aplică un factor de corecție, a cărui valoare este dată de relația:

$$e_x^{NO_x} = e_{100}^{NO_x} \times \left[ a + (1-a) \times \frac{L-50}{50} \right]; \quad (4.1.3.)$$

în care:

$e_x^{NO_x}$  - factorul de emisie la sarcina x;

$e_{100}^{NO_x}$  - factorul de emisie la sarcina de 100%;

L - sarcina cazanului, cuprinsă între 50% și 100%;

a - coeficient care în funcție de tipul combustibilului are următoarele valori: 0,85 pentru arderea cărbunelui în stare pulverizată; 0,75 pentru păcură; 0,50 pentru gaze naturale.

Emisiile de  $NO_x$  sunt foarte mult influențate de conținutul de oxigen în gazele de ardere. În cazul în care valorile efectiv măsurate pentru  $O_2$  diferă de normele standard, 6% pentru cărbuni și respectiv 3% pentru gazele naturale și păcură, în gazele de ardere uscate, valorile emisiunilor de  $NO_x$ , în  $mg/m_N^3$  se corectează aplicând formula:

$$e_{NO_x}^{corectat} = e_{NO_x}^{masurat} \times \frac{21 - O_2^{s\ tan\ dard}}{O_2^{masurat}}; \quad (4.1.4.)$$

La calcule mai riguroase, se ține seama și de temperatura și umiditatea gazelor de ardere, iar pentru corecție se poate utiliza relația:

$$e_{NO_x}^{corectat} = e_{NO_x}^{masurat} \times \left( 1 + \frac{22,4 \times W}{18 \times 10^3} \right) \times \left( \frac{273 + t_m}{273} \right) \times \left( \frac{20,9 - O_2^{s\ tan\ dard}}{20,9 - O_2^{masurat}} \right); \quad (4.1.5.)$$

în care:

W - umiditatea gazelor de ardere, în  $gH_2O/m_N^3$  uscat;

$t_m$  - temperatura medie a gazelor de ardere, în  $^{\circ}C$ .

În relațiile 4.1.4. și 4.1.5., oxigenul se introduce în procente.

#### 4.1.1.2.3. Calculul factorului de emisie pentru pulberi

Pentru determinarea factorului de emisie al pulberilor (cenușă zburătoare) se utilizează relația:

$$e_p = \frac{A \times (1-x) \times (1-y)}{H_i}; \quad (4.1.6.)$$

în care:

$e_p$  - factorul de emisie pentru pulberi, în  $kg/kJ$ ;

A - conținutul de cenușă din cărbune în %;

x - gradul de reținere a cenușii din focar, exprimat în procente de masă, %;

y - randamentul instalației de reținere a cenușii zburătoare;

$H_i$  - puterea calorifică inferioară a combustibilului, în  $kJ/kg$ .

În calcule pentru elementele din relația 4.1.6. se vor folosi valorile medii efective rezultate din exploatarea instalațiilor.

La calculele de prognoză se pot adopta valorile:

- conținutul de cenușă în cărbuni, A: lignit 40%; huiă din țară 30%; huiă din import 20%;

- gradul de reținere în focar,  $x = 15\%$ ;



- randamentul electrofiltrului: echipamente vechi nereabilitate 97%; echipamente noi sau reabilitate 99%.

Emisia de pulberi la arderea păcurii, de regulă, se poate neglija. Pentru calcule riguroase se poate considera un conținut al cenușii în păcură de 0,1%, care se evacuează integral la coș.

#### 4.1.1.2.4. Calculul factorului de emisie pentru CO<sub>2</sub>

Factorii de emisie pentru dioxidul de carbon prezentați în tabelul 4.1.2. se pot utiliza în calculele de prognoză sau în situația în care nu este disponibilă analiza chimică a cărbunelui. Valorile sunt cele adoptate de țările Comunității Economice Europene\* [4.1.], și conform Raportului ORCD/IPCC privind emisiile de gaze cu efect de seră, ghidul IPCC. [4.2.]

Cărbuni	Păcură	Gaze naturale	Țitei	Benzină	Motorină	Păcură	Prođuși petrolieri	Gaz natural rezidual	Lignit	Huilă	Comb. lemnoși
98*	72*	50*	73,3	69,2	74	77,4	73,3	56,1	101,2	94,6	101,1

Tabelul 4.1.2. Factorii de emisie pentru dioxid de carbon  $e_{CO_2} \times 10^{-6}$  în kg/kJ

Pentru calcule mai exacte se utilizează formula:

$$e_{CO_2} = \frac{\frac{m_{CO_2}}{m_C} \times \frac{C}{100}}{H_i}; \quad (4.1.7.)$$

în care:

- $e_{CO_2}$  - factorul de emisie pentru CO<sub>2</sub>, în kg/kJ;
- $m_{CO_2}$  - masa moleculară a CO<sub>2</sub>, are valoarea 44;
- $m_C$  - masa moleculară a C, are valoarea 12;
- C - conținutul în carbon al combustibilului, în procente de masă, %;
- $H_i$  - puterea calorifică inferioară a combustibilului, în kJ/kg;

Pentru combustibilii utilizați în termocentralele din România în anul 1992 au rezultat următoarele valori medii, în g/GJ, pentru factorii de emisie ai CO<sub>2</sub>: lignit 109000; huilă 100000; păcură 81000; gaze naturale 59000;

#### 4.1.1.2.5. Determinarea factorului de emisie pentru CO

Factorul de emisie pentru monoxidul de carbon se poate determina după datele UNIPEDE [4.3.].

COMBUSTIBILUL		
Cărbune	Păcură	Gaze naturale și industriale
14	15	19

Tabelul 4.1.4. Valorile factorului de emisie  $e_{CO_2}$  în kg/TJ

### 4.1.1.3. VERIFICAREA ÎNCADRĂRII ÎN NORME

Pentru determinarea concentrației poluantului în gazele de ardere pentru o anumită perioadă de timp se utilizează relația:

$$c = \frac{10^6 \times E_h}{D}; \quad (4.1.8.)$$

în care:

$c$  - concentrația poluantului în gazele de ardere, în  $\text{mg}/\text{m}_N^3$

$E_h$  - cantitatea de poluant evacuată în atmosferă, în  $\text{kg}/\text{h}$ ;

$D$  - debitul de gaze de ardere evacuate, rezultat din calculul arderii, în  $\text{m}_N^3/\text{h}$ ,

Valoarea rezultată în urma calculului cu relația 4.1.8., se compară cu valoarea de referință precizată în normele de limitare a emisiilor în vigoare.

La calculele de prognoză concentrația poluanților "c" poate fi determinată cu relația:

$$c = \frac{e}{F_v}; \quad (4.1.9.)$$

unde:

$e$  - factorul de emisie, în  $\text{mg}/\text{GJ}$ ;

$F_v$  - factorul de volum, definit ca raportul dintre volumul de gaze rezultate și cantitatea de căldură aferentă combustibilului introdus în cazan, în  $\text{m}_N^3/\text{GJ}$ .

Pentru factorul de volum se pot utiliza următoarele valori în funcție de tipul combustibilului: lignit 480; ulei 380; păcură 290; gaze naturale 320.

## 4.2. CALCULUL EMISIILOR POLUANTE DE SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ȘI PULBERI

### 4.2.1. EMISIA DE OXIZI DE SULF

Determinarea emisiei de oxizi de sulf, exprimată în echivalent de dioxid de sulf se poate face cu relația [4.4.], [4.5]:

$$E_{SO_2} = 20S_c^i B(1 - \eta') (1 - \eta''); \quad (4.2.1.)$$

în care:

$E_{SO_2}$  - debitul emisiei de dioxid de sulf, în g/s;

$S_c^i$  - conținutul de sulf combustibil raportat la starea inițială, în %;

$B$  - debitul de combustibil introdus în focar, în kg/s;

$\eta'$  - fracția de oxizi de sulf eliminată în instalația de desprăfuire;  $\eta' = 0$ , pentru cicloane și electrofiltre;  $\eta' = 0,015$  pentru scrubere cu apă neutră;  $\eta' = 0,02 \div 0,03$  pentru scrubere cu apă alcalină (5-10mg. echiv/l).

$\eta''$  - fracția de oxizi de sulf absorbită în particulele fine de cenușă zburătoare și evacuată împreună cu aceasta;  $\eta'' = 0,15 \div 0,50$  pentru șisturi;  $\eta'' = 0,10 \div 0,20$  pentru cărbuni;  $\eta'' = 0,02$  pentru păcură.

### 4.2.2. EMISIA DE OXIZI DE AZOT

#### 4.2.2.1. Emisia de oxizi de azot la arderea combustibililor solizi

Metoda de calcul VTI - NPOTKI permite estimarea emisiei de oxizi de azot rezultată la arderea în stare pulverizată a combustibililor solizi [4.4.], [4.5], utilizând relația:

Emisia de oxizi de azot se determină cu relația:

$$E_{NO_x} = 10^{-3} B_{ef} H_i^i e_{NO_2}; \quad (4.2.2.)$$

în care:

$E_{NO_x}$  - emisia de oxizi de azot, în kg/s;

$B_{ef}$  - debitul de combustibil ars efectiv în focar, în kg/s;

$H_i^i$  - puterea calorică inferioară, raportată la starea inițială în MJ/kg;

$e_{NO_2}$  - factorul de emisie pentru oxizii de azot în kg/GJ;

Debitul efectiv de combustibil ars în focar se determină cu relația:

$$B_{ef} = B(1 - 0,01q_4); \quad (4.2.3.)$$

în care:

$B_{ef}$  - debitul de combustibil introdus în focar, în kg/s;

$q_4$  - pierderile de căldură datorită arderii incomplete, în %;

Factorul de emisie pentru oxizii de azot se determină ca sumă a factorului de emisie pentru oxizii de azot termici și a factorului de emisie pentru oxizii de azot proveniți din combustibil.

$$e_{NO_2} = e_{NO_2}^T + e_{NO_2}^C \quad (4.2.4.)$$

în care:

$e_{NO_2}$  - factorul de emisie pentru oxizii de azot, în kg/GJ;

$e_{NO_2}^T$  - factorul de emisie pentru oxizii de azot termici, în kg/GJ;

$e_{NO_2}^C$  - factorul de emisie pentru oxizii de azot proveniți din combustibil, în kg/GJ.

Factorul de emisie pentru oxizii de azot termici se poate neglija pentru temperaturi ale flăcării,  $T_{fl}$ , mai mici de  $1800^0K$ .

Factorul de emisie pentru oxizii de azot termici se determină cu relația:

$$e_{NO_2}^T = 0,45 \times 10^{16} \times \frac{e^{\frac{64500}{T_{fl}}}}{\sqrt{T_{fl}}} \times \sqrt{\frac{\lambda'' - 1}{\lambda''}}; \quad (4.2.5.)$$

în care:

$\lambda''$  - coeficientul excesului de aer de calcul ce se calculează cu relația:

$$\lambda'' = \lambda''_p + 0,5\Delta\lambda_f; \quad (4.2.6)$$

$\lambda''_p$  - coeficientul excesului de aer introdus organizat în focar, practic coeficientul excesului de aer corespunzător debitului de aer ce trece prin preîncălzitor;

$\Delta\lambda_f$  - infiltrația de aer fals în focar

$T_{fl}$  - temperatura flăcării, în K, se determină astfel:

$$T_{fl} = 0,925\sqrt{T_t T_{g0}}; \quad (4.2.7.)$$

în care:

$T_t$  - temperatura teoretică de ardere, în K;

$T_{g0}$  - temperatura gazelor de ardere la ieșirea din camera de ardere, în K.

Factorul de emisie pentru oxizii de azot proveniți din combustibil se calculează cu relația:

$$e_{NO_2}^C = 0,7X_N \xi_\lambda \xi_p \xi_r \xi_\theta \xi_w; \quad (4.2.8.)$$

în care:

$X_N$  - conținutul de azot raportat, în kg/GJ;

$\xi_\lambda$  - coeficientul de influență a excesului de aer;

$\xi_p$  - coeficientul de influență a proporției de aer primar;

$\xi_r$  - coeficientul de influență a gradului de recirculare;

$\xi_\theta$  - coeficientul de influență a temperaturii flăcării;

$\xi_w$  - coeficientul de influență a amestecării jeturilor.

Relațiile de calcul pentru coeficientul de azot raportat și pentru coeficienții de influență sunt:

$$X_M = \frac{10N_i}{H_i}; \quad (4.2.9.)$$

$$\xi_\lambda = (0,35\lambda_i + 0,4)^2, \text{ pentru arzătoare turbionare}; \quad (4.2.10.)$$

$$\xi_\lambda = (0,53\lambda_i + 0,48)^2, \text{ pentru arzătoare tip fantă}; \quad (4.2.11.)$$

$$\xi_p = 1,73p + 0,48; \quad (4.2.12.)$$

$$\xi_r = 1 - 0,016\sqrt{r}; \quad (4.2.13.) \quad \xi_\theta = \sqrt[3]{T_{fl} - 1100}; \quad (4.2.14.)$$

$$\xi_w = 0,4k_w^2 + 0,32, \text{ pentru arzătoare turbionare}; \quad (4.2.15.)$$

$$\xi_w = 0,98k_w - 0,47, \text{ pentru arzătoare tip fantă}; \quad (4.2.16.)$$

$$k_w = w_2 / w_1 ; \quad (4.2.17.)$$

$w_1$  - viteza amestecului aer primar, praf de cărbune la ieșirea din ambrazura arzătoarelor, în m/s.

$w_2$  - viteza aerului secundar la ieșire din ambrazura arzătoarelor, în m/s

Metoda de calcul VTI-NPOTKI se poate aplica pentru următoarele valori ale parametrilor specificați anterior:  $\lambda_i = 0,8 \div 1,3$ ;  $p = 0,15 \div 0,45$ ;  $r = 0 \div 30\%$ ;  $k_w = 1 \div 18$ , pentru arzătoare turbionare;  $k_w = 1,5 \div 2,4$  pentru arzătoare tip fantă;  $T_{fl} = 1200 \div 2050K$ ;  $\lambda'' = 1,05 \div 1,40$ .

#### 4.2.2.2. Emisia de oxizi de azot la arderea combustibililor lichizi sau gazeși

Emisia de oxizi de azot a cazanelor care funcționează cu combustibili lichizi sau gazeși se poate calcula cu relația [4.4.], [4.5]:

$$E_{NO_x} = 0,034\beta_1 k B H_i (1 - 0,01q_4) (1 - \beta_2 r) \beta_3 ; \quad (4.2.18.)$$

în care:

$E_{NO_x}$  - debitul emisiei de oxizi de azot, în g/s;

$\beta_1$  - coeficient dependent de tipul combustibilului sau al cazanului;

$\beta_2$  - coeficientul influenței recirculării gazelor de ardere;

$\beta_3$  - coeficientul tipului de arzător,  $\beta_3 = 1$  pentru arzătoare turbionare,  $\beta_3 = 0,85$  pentru arzătoare fantă;

$k$  - coeficient de sarcină;

$r$  - gradul de recirculare ( $r = 0 \div 0,25$ ).

Coeficientul de sarcină se poate calcula cu următoarele relații:

Pentru cazane de abur cu debitul nominal  $D_n > 70$  t/h,

$$k = \frac{12D}{200 + D_n} ; \quad (4.2.19.)$$

Pentru cazane de abur cu debitul nominal  $D_n \leq 70$  t/h,

$$k = \frac{3,5D}{70} ; \quad (4.2.20.)$$

Pentru cazane de apă fierbinte,

$$k = \frac{2,5D}{23,272 + Q_n} ; \quad (4.2.21.)$$

în care:

$D_n$  - debitul nominal, în t/h;

$D$  - debitul curent, în t/h;

$Q_n$  - sarcina nominală, în MW;

$Q$  - sarcina curentă, în MW.

În tabelele 4.2.1 și 4.2.2. sunt prezentate valorile coeficienților de sarcină.

Combustibilul sau tipul cazanului	$\beta_1$
Gaze naturale	0,85
Combustibil lichid, și coeficient al excesului de aer mai mare sau egal cu 1,05	0,8
Cazane de apă fierbinte	1

Tabelul 4.2.1 Valorile coeficientului  $\beta_1$

Modul de introducere al gazelor recirculate	$\beta_2$
Prin vatra focarului, la dispunerea arzătoarelor pe pereții verticali ai focarului	0,02
Prin fante dispuse sub ambrazuri	0,015
Prin canalul periferic al arzătoarelor	0,02
Prin conductele de aer	0,025
Prin jeturi secante cu jeturile flăcării	0,03

Tabelul 4.2.2 Valorile coeficientului  $\beta_2$

### 4.2.3. Emisia de pulberi

Emisia de pulberi a cazanelor care funcționează cu combustibili solizi, poate fi evaluată aproximativ în faza de proiectare cu relația [4.4.], [4.5]:

$$E_p = 10(1 - \eta_D) \left( A^i + q_4 \frac{H_i^i}{32700} \right) a_{\text{antr}} B; \quad (4.2.22.)$$

în care:

- $E_p$  - debitul emisiei de pulberi, în g/s;
- $\eta_D$  - gradul de reținere al instalației de desprăfuire;
- $A^i$  - conținutul de cenușă al cărbunelui raportat la starea inițială, în %;
- $Q_4$  - pierderile de căldură datorită arderii incomplete, în %;
- $H_i^i$  - puterea calorică inferioară raportată la starea inițială, în kJ/kg;
- $a_{\text{antr}}$  - fracția de cenușă antrenată de gazele de ardere;
- $B$  - consumul de combustibil, în kg/s.

Concentrația de cenușă, funingine și cocs zburător la arderea păcurii cu sulf poate fi calculată cu relația experimentală [4.4]:

$$C_p = (1 - \eta_L)[f(\lambda) + 840 A^i]; \quad (4.2.23.)$$

în care:

- $C_p$  - concentrația de poluant, cenușă, funingine și cocs zburător, în  $\text{mg}/\text{m}^3_N$ ;
- $\eta_L$  - gradul de depunere a antrenatelor din gazele de ardere, pe suprafețele de schimb de căldură;
- $f(\lambda)$  - cantitatea de funingine și de cocs zburător formată prin ardere, în  $\text{mg}/\text{m}^3_N$ ;

Gradul de depunere a antrenatelor din gazele de ardere, pe suprafețele de schimb de căldură are valori cuprinse între 0,15 și 0,30 la funcționarea de durată și zero în perioada de suflare a suprafețelor.



Tipul instalației de ardere		$a_{\text{antr}}$	
Grătar plan	cu alimentare manuală	0,12÷0,20	
	cu alimente mecanică sau pneumatică	0,05÷0,15	
Grătar rulant, cu alimentare mecanică sau pneumatică		0,07÷0,15	
Ardere în stare pulverizată	cu evacuare solidă a cenușii	0,85÷0,95	
	cu evacuarea lichidă a cenușii (zgurii)	focar bicameral	0,50÷0,70
		cu ciclon vertical	0,20÷0,40
		cu ciclon orizontal	0,10÷0,15

Tabelul 4.2.3. Frația de cenușă antrenată de gazele de ardere

În figura 4.2.1. este dată nomograma de calcul a concentrației emisiei de funingine

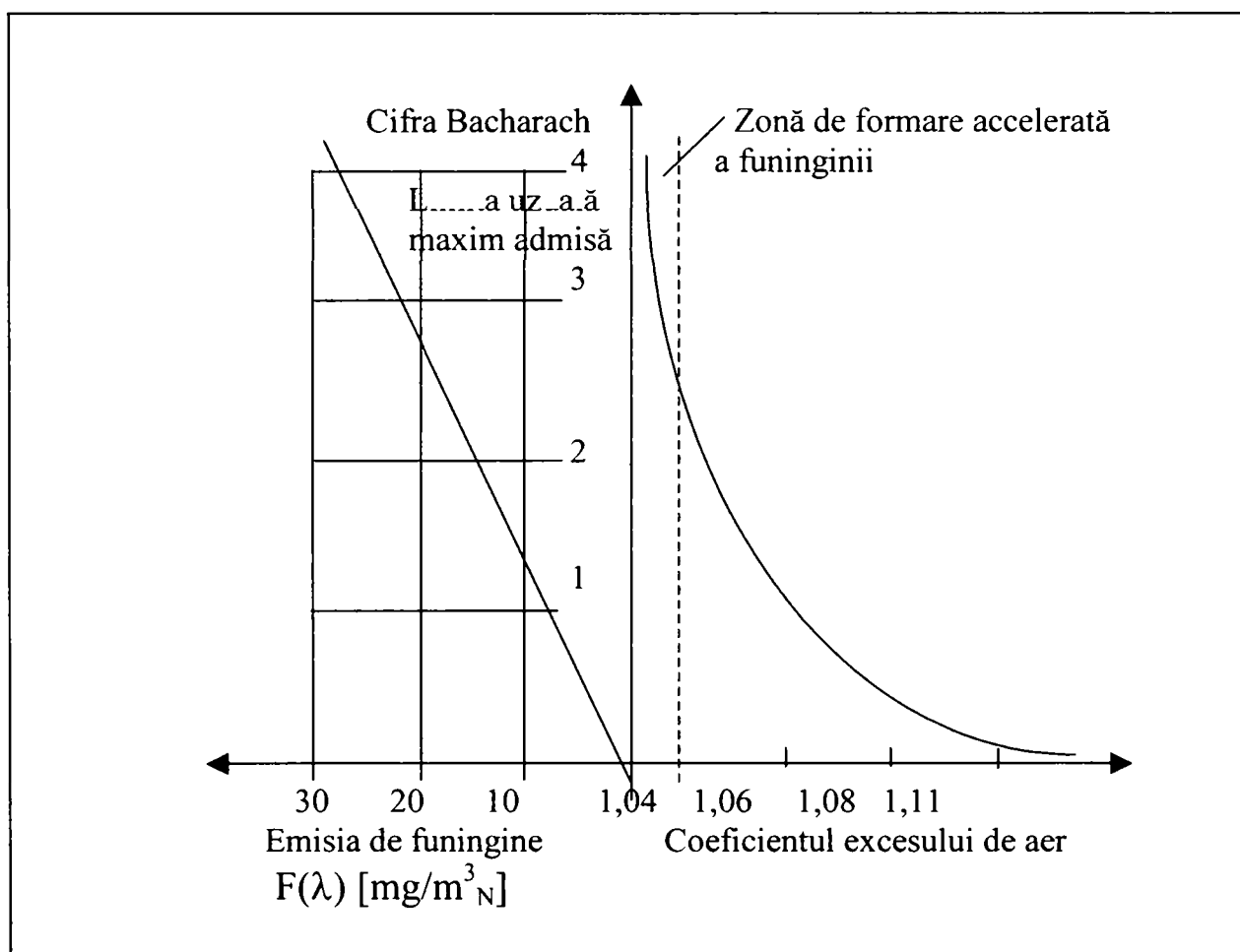


Fig 4.2.1. Nomograma de calcul a emisiei de funingine [4.4.]

## BIBLIOGRAFIE

- 4.1. 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.
- 4.2. ORCD/IPCC, Raport privind emisiile de gaze cu efect de seră, ghidul IPCC.
- 4.3. UNIPEDE, Air Quality Control.
- 4.4. Ionel, I., Ungureanu, C., Termoenergetica și mediul, Editura Tehnică, București, 1996.
- 4.5. Neaga, C., Epure, Al., Calculul termic al generatoarelor de abur - Îndrumar, Editura Tehnică, București, 1988.

## 5. DISPERSIA POLUANȚILOR

### 5.1. Modelarea matematică a dispersiei poluanților

#### 5.1.1. Scurt istoric

Modelarea dispersiei poluanților a preocupat numeroși cercetători încă înainte de prima jumătate a acestui secol, cercetările lor concretizându-se în elaborarea unor relații de calcul în acest scop.

Primele relații de calcul au fost cele ale lui O.G. Sutton. În perioada cuprinsă între anul 1947 și 1950 Bosanquet și Pearson au completat aceste relații, iar după aceea Friedländer, Jonstone, Davies, Rondic, Hay, Pasquill, Fikiana, Cramer și Gifford au elaborat noi relații matematice de calcul pentru dispersia poluanților. Hay, Pasquill, Cramer și Gifford au obținut rezultate importante în cercetările efectuate pentru stabilirea coeficienților de dispersie [5.1.].

#### 5.1.2. Relațiile de calcul ale lui O. G. Sutton

Pentru modelarea dispersiei poluanților Sutton a ales un sistem ortogonal de axe având ca bază sursa de poluare, sistem ce va fi utilizat pentru toate relațiile de calcul ale dispersiei poluanților. Axa orizontală  $x$  este pe direcția vântului; axa  $z$  este verticală, iar axa  $y$  este perpendiculară în origine pe planul format de axele  $x$  și  $z$ . [5.1.], [5.2.].

Concentrația unui poluant, într-un punct de coordonate  $x,y,z$  situat pe direcția vântului, dată de o sursă continuă amplasată în punctul de coordonate  $0,0,0$  este descrisă de relația [5.1]:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{1000Q}{\pi u_0 S_y S_z x^{2-n}} e^{-\frac{y^2}{S_y^2 x^{2-n}} - \frac{z^2}{S_z^2 x^{2-n}}}; \quad (5.1.1.)$$

În situația în care sursa de poluare se află la înălțimea  $h$  de la sol, relația generală a concentrației poluanților în jet este:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{1000Q}{\pi u_0 S_y S_z x^{2-n}} e^{-\frac{y^2}{S_y^2 x^{2-n}}} \left[ e^{-\frac{(z-H)^2}{S_z^2 x^{2-n}}} + e^{-\frac{(z+H)^2}{S_z^2 x^{2-n}}} \right]; \quad (5.1.2.)$$

Concentrația la nivelul solului, presupunând că distribuția concentrației de poluanți este complet reflectată de suprafață se obține din relația 5.1.2. pentru  $z = 0$  și este:

$$C_{0(x,y,0)} = \frac{2000Q}{\pi u_0 S_y S_z x^{2-n}} e^{-\frac{y^2}{S_y^2 x^{2-n}} - \frac{H^2}{S_z^2 x^{2-n}}}; \quad (5.1.3.)$$

Dacă în relația 5.1.3.,  $y = 0$ , se obține:

$$C_{(x,0,0)} = \frac{2000Q}{\pi u_0 S_y S_z x^{2-n}} e^{-\frac{H^2}{S_z^2 x^{2-n}}}; \quad (5.1.4.)$$

La nivelul solului concentrația maximă este:

$$C_{\max(x_{\max,0,0})} = \frac{2000QS_z}{\pi e u_0 H^2 S_y}; \quad (5.1.5.)$$

și apare în direcția vântului la o distanță  $x_{\max}$  față de coș:

$$x_{\max} = \left( \frac{H}{S_z} \right)^{\frac{2}{2-n}}; \quad (5.1.6.)$$

Valorile parametrului de turbulență și valorile coeficienților de difuzie turbionari stabilite de Sutton [5.1.] în funcție de starea de stabilitate a atmosferei, sunt prezentate în tabelul 5.1.1., respectiv în tabelul 5.1.2.

Starea atmosferei	Instabilitate	Neutru sau stabil	Inversiune moderată	Inversiune puternică
n	0,20	0,25	0,33	0,50

Tabelul 5.1.1. Valorile parametrului de turbulență Sutton

Starea atmosferei	Înălțimea [m]			
	25	50	75	100
Instabilitate	0,21	0,17	0,16	0,12
Neutră sau stabilă	0,12	0,1	0,09	0,07
Inversiune moderată	0,08	0,06	0,05	0,04
Inversiune puternică	0,06	0,05	0,04	0,03

Tabelul 5.1.2. Valorile coeficienților de difuziune turbionară Sutton

Valoarea lui n pentru diferite stări de stabilitate a atmosferei se poate determina și din relația:

$$u = u_0 \left( \frac{H}{H_1} \right)^{\frac{n}{2-n}} = u_0 \varphi; \quad (5.1.7.)$$

La calcul coeficienților de difuziune turbionară Sutton a considerat suprafața pământului netedă din punct de vedere aerodinamic (din acest motiv valorile concentrațiilor de poluanți vor fi mai mari decât în realitate), iar pentru înălțimi de peste 20÷25 metrii turbulența izotropică (valorile coeficienților de difuziune au fost considerați egali pe cele două direcții).

### 5.1.3. Relațiile de calcul ale lui Bosanquet și Pearson

Concentrația poluanților la nivelul solului este [5.1]:

$$C_{0(x,y,0)} = \frac{1000Q}{\sqrt{2\pi p q} u_0 x^2} e^{-\frac{y^2}{2q^2 x^2} - \frac{H}{px}}; \quad (5.1.8.)$$

Concentrația maximă la nivelul solului este:

$$C_{\max(x_{\max}, 0, 0)} = \frac{4000Q}{\sqrt{2\pi} e^2 u_0 H^2} \frac{p}{q}; \quad (5.1.9.)$$

și apare în direcția vântului la o distanță  $x_{\max}$  față de coș:

$$x_{\max} = \frac{H}{2p}; \quad (5.1.10.)$$

Valorile coeficienților de difuziune stabiliți de Bosanquet și Pearson în funcție de gradul de turbulență a atmosferei sunt dați în tabelul 5.1.3. [5.1.].

Turbulența atmosferică	p	q	p/q
Slabă	0,02	0,04	0,50
Medie	0,05	0,08	0,63
Mică	0,10	0,16	0,63

Tabelul 5.1.3. Coeficienții de difuziune Bosanquet și Pearson

#### 5.1.4. Relațiile de calcul ale lui P. I. Andreev

Relația lui Andreev, permite determinarea valorii concentrației maxime la suprafața solului, pe direcția vântului [5.1]:

$$C_{\max} = \frac{2000Q}{\pi e u_0 H^2} = \frac{235Q}{u_0 H^2} ; \quad (5.1.11.)$$

Distanța maximă de la sursa de poluare până în punctul în care se înregistrează concentrația maximă este dată de:

$$x_{\max} = \frac{H}{S_z} ; \quad (5.1.12.)$$

Înălțimea efectivă a sursei din relațiile lui Andreev se determină astfel:

$$H = h + \Delta h; \quad (5.1.13.) \quad \Delta h = \frac{1,9Dw}{u_0 \varphi}; \quad (5.1.14.)$$

În urma determinărilor experimentale efectuate Andreev recomandă pentru atmosferă stabilă și rugozitate relativ netedă a terenului, caracterizată de teren neaccidentat și construcții de înălțime mică în direcția vântului, valori egale pentru coeficienții de difuziune pe cele două direcții, iar pentru indicele de turbulență "n" valoarea zero.

Factorul vitezei vântului se determină din relația 5.1.7., prin măsurarea vitezei vântului la diferite înălțimi.

Notațiile utilizate în relațiile anterioare au următoarea semnificație:

- C - concentrația puluanților în jet, în  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;
- D- diametrul interior al gurii coșului, în m;
- h - înălțimea construită a coșului (înălțimea fizică), în m;
- $\Delta h$  - supraînălțarea penei de poluant;
- H - înălțimea efectivă a sursei, în m.
- n - parametrul de turbulența în funcție de stabilitatea atmosferei;
- p - coeficientul de difuziune orizontal;
- q - coeficientul de difuziune vertical;
- Q - debitul emisiei, în g/s;
- $S_y$  - coeficientul de difuziune turbionar pe orizontală, în  $\text{m}^{n/2}$ ;
- $S_z$  - coeficientul de difuziune turbionar pe verticală, în  $\text{m}^{n/2}$ ;
- $u_0$  - viteza vântului la înălțimea de referință  $H_1$ , în m/s. (viteza vântului la stațiile meteo se determină la o înălțime  $H_1$  de 10m);
- u- viteza vântului la înălțimea H, în m/s
- $\varphi$ - factorul vitezei vântului;
- w- viteza de ieșire a gazelor de ardere la gura coșului de fum în m/s.

### 5.1.5. Modelarea gaussiană a dispersiei

Coșurile de fum ale instalațiilor energetice evacuează în atmosferă gazele de ardere la o anumită înălțime fizică  $h$  față de sol. Dacă la această înălțime are loc o emisie de poluant cu o durată foarte mică în timp, practic instantanee, rezultă un nor de poluant de formă aproape sferică, în interiorul căruia concentrația descrește de la centru spre periferie.

Concomitent cu deplasarea norului de poluant, masa substanței care formează norul va difuza către exterior, în timp norul devenind tot mai voluminos și mai puțin dens, variația concentrației de la centru către periferie aplatizându-se din ce în ce mai mult, odată cu trecerea timpului. Curba care redă variația spațială a concentrației poluantului are forma clopotului lui Gauss, iar elementul care se modifică în timp determinând aplatizarea, este numit parametru de dispersie, el fiind dependent de starea atmosferei.

Difuzia poluanților este însă mult mai complexă decât în schematizarea prezentată anterior, difuzia poluanților neputând fi redusă la o simplă difuzie moleculară, în care particulele de poluanți se dispersează datorită mișcării browniene.

În aerul atmosferic se manifestă turbulența, iar difuzia turbulentă este mult mai intensă decât difuzia moleculară.

Cu toate acestea în mod aparent, privind global, difuzia are loc la fel în ambele cazuri și se poate admite că distribuția gaussiană descrie variația concentrației în "norul de poluant", dar depinzând de alt parametru de dispersie, parametru dependent de intensitatea turbulenței atmosferei. Pentru descrierea completă a difuziei poluanților în nor se utilizează trei parametri de dispersie, câte unul pe fiecare direcție [5.3.].

În realitate însă, în marea majoritate a cazurilor, emisia poluanților este continuă. Emisia continuă poate fi însă asimilată ca o succesiune de emisii instantanee, în care fiecare emisie instantanee are ca rezultat un "nor de poluant", din a căror compunere rezultă pana de poluant.

Descrierea câmpului de concentrații poate fi realizată utilizând funcția de distribuție normală Gauss-Laplace, ținând seama de faptul că dispersia poluanților pe direcția vântului poate fi neglijată în raport cu efectul transportului poluanților (derivă) de către vânt [5.2.].

Pe direcția axei  $oy$  funcția de distribuție normală este  $f(y)$ , iar pe direcția axei  $oz$ , funcția de distribuție normală este  $f(z)$ , pe ambele direcții distribuția fiind caracterizată de deviația medie  $\mu$ , (poziția centrului distribuției), și de deviația standard,  $\sigma_z$  (deschiderea clopotului lui Gauss).

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2}; \quad (5.1.15.)$$

$$f(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-\mu_z}{\sigma_z}\right)^2}; \quad (5.1.16.)$$

Funcția de distribuție normală de două variabile independente,  $y$  și  $z$  se obține ca produs al funcției de distribuție normală de variabilă  $y$  cu funcția de distribuție normală de variabilă  $z$ .



$$f(y, z) = f(y)f(z) = \frac{1}{2\pi\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-\mu_z}{\sigma_z}\right)^2}; \quad (5.1.17.)$$

Condiția de normalizare este:

$$\iint f(y, z) dy dz = 1; \quad (5.1.18.)$$

Considerând distribuția centrată pe axa penei deviația medie pe direcția oy va fi zero, deviația medie pe direcția oz va fi egală cu H, iar concentrația poluantului într-un punct de coordonate x,y,z va fi:

$$C(x, y, z) = \frac{k}{2\pi\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2}; \quad (5.1.19.)$$

Constanta de proporționalitate k se poate determina scriind ecuația de conservare a masei de poluant din pană pentru o secțiune verticală oarecare prin pană:

$$Q = \iint_A uC(x, y, z) dA; \quad (5.1.20.)$$

Valoarea constantei de proporționalitate va fi:

$$k = \frac{Q}{u}; \quad (5.1.21.)$$

Înlocuind constanta de proporționalitate se obține:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2}; \quad (5.1.22.)$$

Ecuația de mai sus descrie concentrația poluantului de la coș până în momentul în care aceasta atinge pământul. După atingerea pământului pană este reflectată, iar concentrația poluantului va crește, creșterea fiind echivalentă cu cea generată de o sursă imaginară amplasată la distanța H sub pământ.

Prin suprapunerea efectelor se obține valoarea concentrației de poluant [5.5].:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u\sigma_y\sigma_z} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2} \left[ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2} + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2} \right]; \quad (5.1.23.)$$

Maximul concentrației la nivelul solului se obține din relația precedentă pentru  $y=0$  și  $z=0$ .

$$C_{\max}(x, 0, 0) = \frac{Q}{\pi u\sigma_y\sigma_z} e^{-0.5\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2}; \quad (5.1.24.)$$

Dar cum coordonatele x și y din relația anterioară se calculează în funcție de direcția vântului, se constată că valorile acestor concentrații sunt foarte sensibile la

schimbarea direcției vântului prin factorul  $e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2}$ . De aceea, lărgimea claselor de direcție într-un model de dispersie ar trebui să fie de  $1^\circ$ , ceea ce ar impune 360 clase de direcție. Dar cum aceasta ar necesita un timp mare de calcul, iar rețeaua meteorologică furnizează date meteorologice despre direcția și viteza vântului pe 16 clase (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW, N) se utilizează pentru calculul concentrației medii pe un sector climatologic de  $22,5^\circ$  o relație de forma:

$$C(\rho, D, u, S) = \frac{16}{2\pi\rho} \frac{Q}{\sqrt{2\pi}\sigma_z u} \left[ e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_y}\right)^2} + e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_y}\right)^2} \right]; \quad (5.1.25.)$$

în care:  $\rho$  - distanța de la sursă la receptor;  
 $D$  - sectoarele de vânt climatologic  
 $S$  - stabilitatea atmosferică

Variabilele meteorologice care determină procesul de dispersie al poluanților în atmosferă au un caracter aleator și de aceea concentrația de poluant  $C(D, U, S)$  trebuie tratată statistic, determinând frecvența de apariție a tripletului direcție, viteză, stabilitate,  $f(D, U, S)$ , pe baza șirului de observații meteorologice considerate în o anumită perioadă de timp.

Frecvența  $f(D, U, S)$  fiind o probabilitate statistică satisface relațiile:

$$\sum \sum \sum f(D, U, S) = 1 - f(c); \quad (5.1.26.)$$

$$0 \leq f(D, U, S) \leq 1; \quad (5.1.27.)$$

în care  $f(c)$  este frecvența de apariție a situațiilor de calm atmosferic;

Concentrația pe termen lung, de obicei anuală, se calculează cu relația:

$$C_{\text{anual}}(x, y, z) = C(x, y, z, D, U, S) f(D, U, S) \quad (5.1.28.)$$

Sumele din ecuații sunt calculate în ordine de la  $D=1$ , la  $D_m$ , de la  $U=1$ , la  $U_m$ , de la  $S=1$ , la  $S_m$ .

în care:

$D_m$  - este numărul claselor de direcție (16 clase de direcție);

$U_m$  - este numărul claselor de viteză (8 clase de viteză);

$S_m$  - este numărul claselor de stabilitate (6 clase de stabilitate).

Parametrii de dispersie se pot determina pentru zonele de amplasament ale centralelor termice cu formulele lui Briggs [5.6.]:

$$\sigma_y = a_1 x^{b_1} (1 + c_1 x)^{d_1}; \quad (5.1.29.)$$

$$\sigma_z = a_2 x^{b_2} (1 + c_1 x)^{d_2}; \quad (5.1.30.)$$

În cele două relații de mai sus  $a_1, b_1, c_1, d_1$  și  $a_2, b_2, c_2, d_2$  sunt coeficienți empirici determinați în urma unor experimente complexe de dispersie, valorile lor fiind date în tabelul 5.1.4. [5.6.].

Clasa de stabilitate	$a_1$	$b_1$	$c_1$	$d_1$	$a_2$	$b_2$	$c_2$	$d_2$
A	0,32	1	0,0004	- 0,5	0,24	1	0,001	0,5
B	0,32	1	0,0004	- 0,5	0,24	1	0,0001	0,5
C	0,22	1	0,0004	- 0,5	0,20	1	0,0	0,0
D	0,16	1	0,0004	- 0,5	0,14	1	0,003	- 0,5
E	0,11	1	0,0004	- 0,5	0,08	1	0,0015	- 0,5
F	0,11	1	0,0004	- 0,5	0,08	1	0,0015	- 0,5

Tabelul 5.1.4. Valorile coeficienților empirici din formulele lui Briggs.

În figura 5.1.1. și 5.1.2 sunt prezentați parametrii de dispersie după Briggs și Pasquill [5.4.].

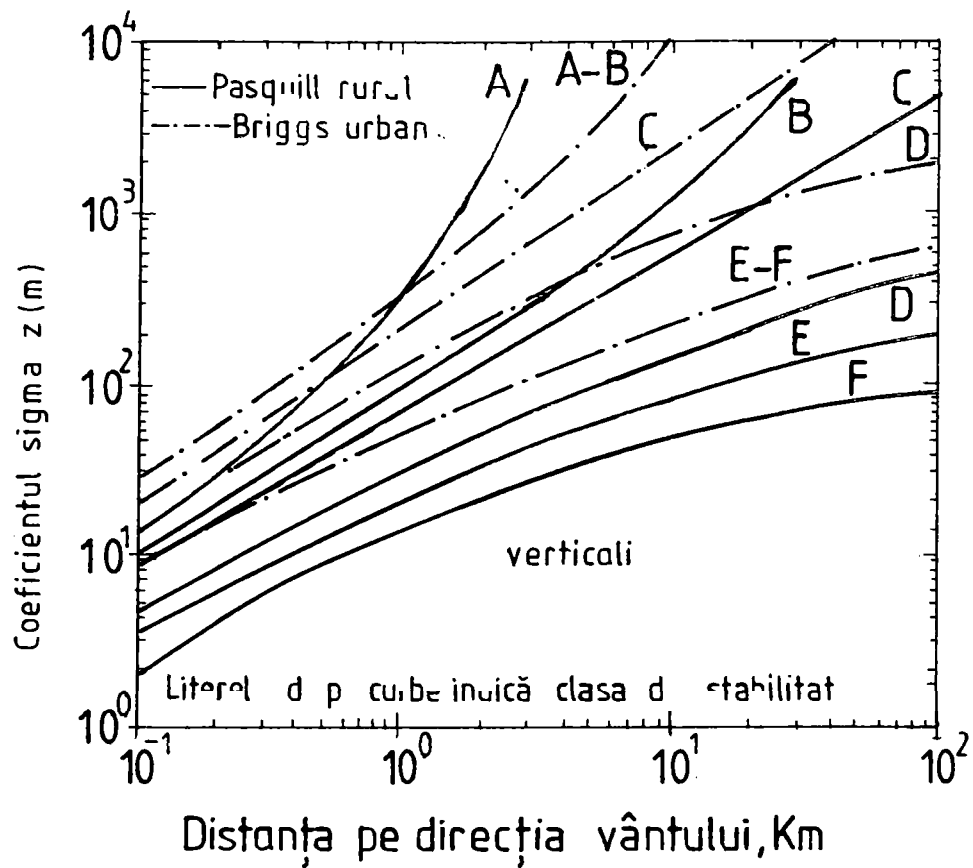


Figura 5.1.1. Curbele parametrului de dispersie vertical  $\sigma_z$ .

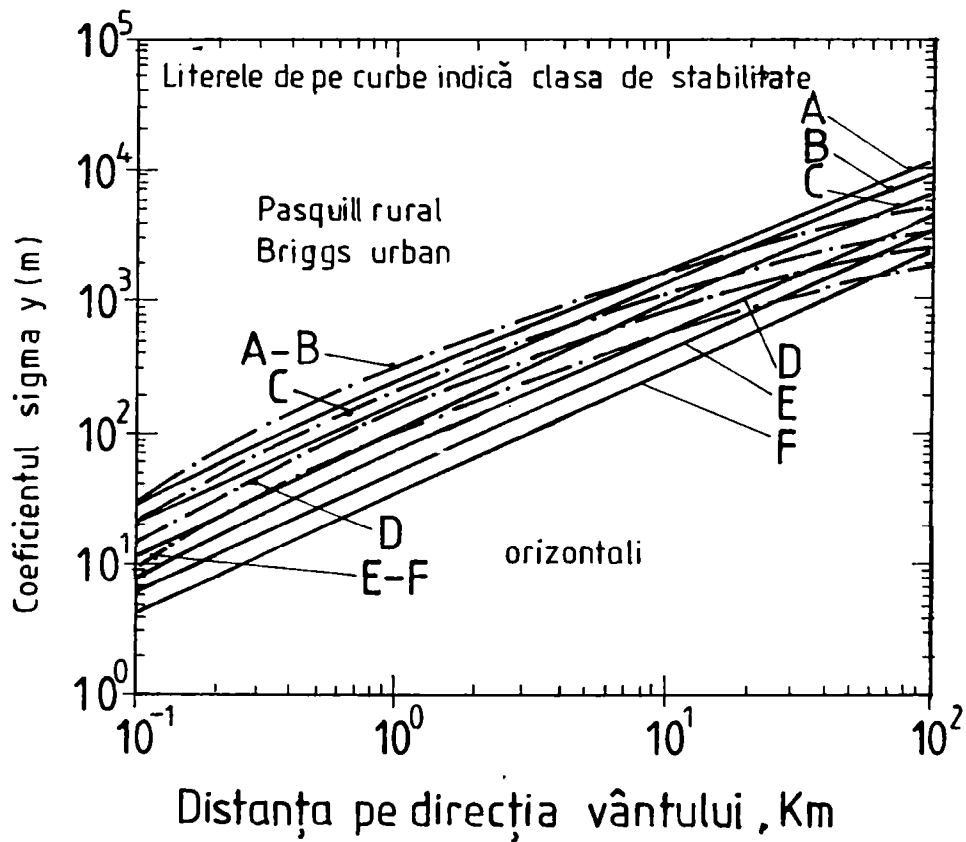


Figura 5.1.2. Curbele parametrului de dispersie orizontal  $\sigma_y$ .

Din analiza relațiilor de calcul care descriu dispersia noxelor se observă că poziția concentrației maxime, pe direcția vântului este direct proporțională cu înălțimea sursei și invers proporțională cu coeficientul de difuzie vertical, care este în funcție de stabilitatea atmosferei. În condițiile unei atmosfere stabile, poziția maximului concentrației este relativ apropiată de sursă. Odată cu creșterea instabilității, poziția maximului concentrației se depărtează de sursă. De asemenea se observă că după atingerea maximului concentrației, indiferent de starea de stare a atmosferei concentrația va scădea cu creșterea distanței.

### 5.1.6. Supraînălțarea penei de poluant

Poluanții emiși în atmosferă prin coșurile industriale nu încep deplasarea de la înălțimea gurii coșului ci de la o înălțime mai mare, numită înălțimea efectivă a sursei de poluare sau înălțimea efectivă a coșului.

Înălțimea efectivă a sursei de poluare se compune din înălțimea fizică, construită, a coșului și supraînălțarea penei de poluant numită și supraînălțare.

$$H = h + \Delta h ; \quad (5.1.31.)$$

în care: H - înălțimea efectivă a sursei de poluare, în m;  
h - înălțimea fizică, construită a coșului, în m;  
 $\Delta h$  - supraînălțarea penei de poluant, în m.

Supraînălțarea penei de poluant se datorează înălțării peste nivelul coșului a poluantului emis, datorită vitezei de evacuare, temperaturii superioare față de cea a aerului ambiant, a altor factori meteorologici sau de geometrie a coșului.

Există o multitudine de relații de calcul cu ajutorul cărora se poate determina supraînălțarea penei de poluant, relații ce se vor prezenta în continuare [5.1], [5.2.], [5.6.], [5.7.], [5.8.], [5.9].

Supraînălțarea penei de poluant poate fi exprimată prin expresiile:

$$\Delta h = \frac{wD}{u} \left( 1,5 + 2,68 \times 10^{-3} p \frac{T_G - T_A}{T_G} D \right) \quad (5.1.32.)$$

Formula lui Moses Carson

$$\Delta h = \frac{-0,29wD + 5,35\sqrt{Q_T}}{u} \quad (5.1.33.)$$

Această relație de calcul se recomandă să fie utilizată pentru  $Q_T$  cuprins între 100 și 10000 kcal/s.

Formula lui Holand

$$\Delta h = \frac{1,5wD + 0,041Q_T}{u} \quad (5.1.34.)$$

Această relație de calcul se recomandă să fie utilizată pentru atmosferă neutră. Holland recomandă creșterea valorilor obținute cu 10-20% pentru condiții de atmosferă instabilă și scăderea cu 10-20% pentru condiții de inversiune.

Formula lui Stümke

$$\Delta h = 1,5 \frac{wD}{u} + \frac{65}{u} D^{1,5} \left( \frac{T_G - T_A}{T_G} \right)^{0,25} \quad (5.1.35.)$$

Formula lui P.I. Andreev

$$\Delta h = \frac{0,05Dw}{a \sin \alpha} = \frac{1,9Dw}{u_0 \varphi} \quad (5.1.36.)$$

Formulele lui Lucas

$$\Delta h = \frac{\alpha Q_T^{0,25}}{u}; \quad (5.1.37.)$$

$\alpha$  – constantă a cărei valoare este 5700 pentru sol plan și o atmosferă neutră;

$Q_T$  – Debitul de căldură evacuat în MW;

$u$  – viteza vântului la nivelul gurii coșului în picioare,

Lucas a sugerat în urma cercetărilor că relația 5.1.37. poate fi îmbunătățită prin introducerea înălțimii coșului de fum în formulă:

$$\Delta h = \frac{1}{u} (12,5 + 0,09h) Q_T^{0,25} \quad (5.1.38.)$$

Formulă empirică elaborată de un colectiv de autori

$$\Delta h = 0,047 \frac{Q_T^{0,58}}{u^{0,7}}; \quad (5.1.39.)$$

Formulele lui Bosanquet [5.8.]

$$\Delta h = \frac{4,77}{1 + 0,43 \frac{u}{w}} \frac{\sqrt{Qw}}{u} + 6,37g \frac{T_g - T_1}{u^3 T_1} \left( \ln J^2 + \frac{2}{J} - 2 \right); \quad (5.1.40.)$$

$$J = \frac{u^2}{\sqrt{Qw}} \left( 0,43 \sqrt{\frac{T_1}{gG}} - 0,28 \frac{w}{g} \frac{T_1}{T_g - T_1} \right) + 1; \quad (5.1.41.)$$

Valorile gradientului vertical al temperaturii potențiale pentru diferite stări ale atmosferei sunt date în tabelul 5.1.5. [5.9.].

Tipul gradientului temperaturii atmosferice	Valoarea gradientului temperaturii [ $^{\circ}\text{C}/\text{m}$ ]	G
Adiabatic	0,01	0
Izotermic	-	0,01
Inversiune	- 0,01	0,02
Inversiune	-0,02	0,03

Tabelul 5.1.5. Valorile gradientului vertical al temperaturii potențiale

Notațiile utilizate în relațiile anterioare au următoarea semnificație:

- a - coeficientul structurii curentului ( $a=0,076$ );
- $\alpha$  - unghiul de deviație instantanee a direcției vântului;
- D - diametrul interior al gurii coșului, în m;
- g - accelerația gravitațională, în  $\text{m}/\text{s}^2$ ;
- h - înălțimea fizică, construită a coșului, în m;
- G - gradientul vertical al temperaturii potențiale;
- $\varphi$  - factorul vitezei vântului;

- $p$  - presiunea atmosferică, în mbar;  
 $Q$  - debitul emisiei, în  $m^3/s$ ;  
 $Q_T$  - debitul de căldură evacuat în, kcal/s;  
 $T_A$  - temperatura aerului la înălțimea gurii coșului, în K;  
 $T_G$  - temperatura, poluantului, la ieșirea din coș, în K, ;  
 $T_1$  - temperatura la care densitatea aerului este egală cu densitatea emisiei (gazelor);  
 $u$  - viteza vântului la nivelul gurii coșului, în m/s;  
 $u_0$  - viteza vântului la înălțimea de referință, în m/s  
 $w$  - viteza de ieșire a poluantului la gura coșului, în m/s..

### Metoda Briggs

Relațiile de calcul ale supraînălțării penei de poluant se aleg în funcție de clasa de stabilitate a atmosferei.

Pentru clasele de stabilitate foarte instabil, instabil, moderat instabil și neutru (clasele 1,2,3,4), supraînălțarea penei de poluant este:

$$\Delta h = 1,6F^{\frac{1}{3}} \frac{x^{\frac{2}{3}}}{u}; \quad (5.1.42.)$$

Pe direcția vântului pana va atinge înălțimea maximă la o distanță de coș  $x=x_M$  dată de relațiile:

$$X_M = 49 F^{5/8}; \quad \text{dacă:} \quad F < 55 \quad (5.1.43.)$$

$$X_M = 119 F^{2/5}; \quad \text{dacă:} \quad F \geq 55 \quad (5.1.44.)$$

Pentru clasele de stabilitate moderat stabil și stabil supraînălțarea penei de poluant este dată de relațiile:

$$\Delta h_1 = 2,4 \frac{F^{\frac{1}{3}}}{uS}; \quad (5.1.45.)$$

$$\Delta h = 5 \frac{F^{\frac{1}{3}}}{S^{\frac{1}{8}}}; \quad (5.1.46.)$$

Pe direcția vântului pana va atinge înălțimea maximă la o distanță de coș  $x=x_M$  dată de relațiile:

$$X_M = 3,14 \frac{u}{S^{0.5}}; \quad (5.1.47.)$$

În calculele de dispersie a poluanților se adoptă valoarea:

$$\Delta h = \min (\Delta h_1, \Delta h_2); \quad (5.1.48.)$$

în care:

- $F$  - fluxul ascensional  
 $\Delta h$  - supraînălțarea penei de poluant, în m;  
 $S$  - parametru de stabilitate atmosferică, în  $1/s^2$ ;  
 $x$  - distanța pe direcția vântului de la coș, în m;



$x_M$  - distanța pe direcția vântului de la coș la care supraînălțarea penei de poluant este maximă, în m.

Parametrul de stabilitate atmosferică se calculează în funcție de clasa de stabilitate a atmosferei cu o relație de forma:

$$S = c \frac{g}{T_A} \quad (5.1.49.)$$

în care:

$g$  - accelerația gravitațională, în  $m/s^2$

$c$  - coeficient ce depinde de clasa de stabilitate a atmosferei;

$c = 0,02$  pentru clasa moderat stabilă (clasa 5)

$c = 0,035$  pentru clasa stabilă (clasa 6)

Fluxul ascensional cu proprietăți de plutire se determină cu relația:

$$F = 0,25g w D^2 \frac{T_G - T_A}{T_G} = g \pi V_g \frac{T_G - T_A}{T_G} = g \frac{Q_T}{c_{pa} \rho_a T_A} \quad [m^4/s^3]; \quad (5.1.50.)$$

în care:

$D$  - diametrul interior al gurii coșului, în m;

$T_G$  - temperatura, poluantului, la ieșirea din coș, în K, ;

$T_a$  - temperatura aerului la înălțimea gurii coșului, în K;

$V_g$  - debitul gazelor de ardere emise prin coș, în  $m^3/s$ ;

$w$  - viteza de evacuare a poluantului la gura coșului, în m/s.

## 5.2. DETERMINAREA CLASELOR DE STABILITATE A ATMOSFEREI

Stabilitatea atmosferei este împărțită în șase clase, de la foarte instabil la stabil. În literatura de specialitate acestea sunt notate și denumite în mod diferit de la o lucrare la alta [5.1], [5.2], [5.4], [5.8], [5.9].

În tabelul 5.2.1. sunt prezentate o parte din denumirile claselor de stabilitate a atmosferei.

CLASELE DE STABILITATE A ATMOSFEREI				
Simboluri		Denumiri		
1	A	Foarte instabil	Foarte instabil	Extrem de instabilă
2	B	Instabil	Instabil	Moderat instabilă
3	C	Puțin instabil	Moderat instabil	Ușor instabilă
4	D	Neutru	Neutru	Neutră (adiabatică)
5	E	Puțin stabil	Moderat stabil	Izotermă (stabilă)
6	F	Stabil	Stabil	Inversiune

Tabelul 5.2.1. Clasele de stabilitate a atmosferei - simboluri și denumiri

Ultimile două clase corespund situațiilor de inversiune termică.

Metodologia de determinare a claselor de stabilitate a atmosferei este cunoscută sub denumirea de Schema Pasquill și Turner [5.10].

Schema are ca parametrii inițiali viteza vântului determinată la înălțimea de 10m, nebulozitatea totală și radiația solară incidentă, adică acei parametrii care hotărăsc stratificarea aerului.

În cadrul schemei se face o diferențiere între noapte și zi, iar în cursul zilei între o radiație puternică, moderată și slabă.

Prin noapte se înțelege intervalul de timp cuprins între o oră înainte de apusul soarelui și o oră după răsăritul soarelui.

Radiația solară puternică se definește ca fiind cea corespunzătoare unei înălțimi mai mare de  $60^{\circ}$  a soarelui cu cer senin.

Radiația solară moderată corespunde unei înălțimi a soarelui cuprinsă între  $35^{\circ}$  și  $60^{\circ}$ , iar radiația solară slabă unei înălțimi a soarelui mai mică de  $35^{\circ}$ .

În cadrul schemei clasele de stabilitate pot trece din una în alta în funcție de gradul de acoperire a cerului cu nori, fiind știut că radiația solară este în strânsă interdependență cu nebulozitatea.

Pentru a putea aplica schema lui Pasquill și Turner pe teritoriul țării noastre s-a determinat atât intervalul de timp cât durează noaptea, în cursul fiecărei luni a anului și s-a notat cu "a"; precum și înălțimea medie a soarelui în fiecare lună a anului și oră a zilei, notându-se cu "b", "c" și "d", radiația slabă, moderată și puternică (tabelul 5.2.2.).

În funcție de viteza vântului și de la înălțimea de 10m luată în m/s, indicele de radiație și gradul de acoperire al cerului cu nori în zecimi se determină clasa de stabilitate a aerului conform tabelului 5.2.3.

În concluzie pentru determinarea clasei de stabilitate se indică următoarea metodologie.

- se determină cu un anemometru sau cu giruetă viteza vântului în m/s ca medie a trei-cinci minute;

- se stabilește nebulozitatea totală în zecimi (0 corespunde unui cer lipsit complet de nori, iar 10 unui cer acoperit complet);

- din tabelul 5.2.2. se scoate indicele radiativ corespunzător lunii și orei.

Este de menționat că ora din prima coloană a tabelului tabel corespunde orei din cursul iernii, pentru perioada de vară ora este decalată conform hotărârilor de stat și este dată în a doua coloană a tabelului.

- cu viteza vântului, nebulozitatea totală și indicele de radiativ se determină clasa de stabilitate a aerului din tabelul 5.2.3.

De menționat că pentru un cer acoperit complet (nebulozitatea 10 zecimi) indiferent de viteza vântului, atmosfera va fi stratificată neutră (clasa 4).

De asemeni pentru viteze de vânt mai mari sau egal cu 7m/s indiferent de indicele radiativ și de nebulozitate, atmosfera va fi stratificată neutră (clasa 4), excepție făcând numai pentru indice "d" și o nebulozitate mai mică de 5 zecimi (clasa 3).

Tabelul 5.2.2. Indicele radiativ în funcție de oră și lună

		ORA					LUNA							
Iarnă	Vară	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1	2	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
2	3	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
3	4	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
4	5	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
5	6	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
6	7	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
7	8	a	a	a	a	b	b	b	b	a	a	a	a	
8	9	a	a	b	b	c	c	c	b	b	b	a	a	
9	10	a	b	b	c	c	c	c	b	b	b	b	a	
10	11	b	b	c	c	c	c	c	c	c	b	b	b	
11	12	b	b	c	c	d	d	d	c	c	c	b	b	
12	13	b	c	c	d	d	d	d	c	c	c	c	b	
13	14	b	b	c	c	d	d	d	c	c	c	b	b	
14	15	b	b	c	c	c	c	c	c	c	b	b	b	
15	16	b	b	b	c	c	c	c	c	b	b	b	b	
16	17	a	b	b	b	c	c	c	b	b	b	a	a	
17	18	a	a	b	b	b	b	b	b	a	a	a	a	
18	19	a	a	a	a	b	b	b	a	a	a	a	a	
19	20	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
20	21	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
21	22	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
22	23	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
23	24	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	
24	1	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	a	

Tabelul 5.2.3. Clasa de stabilitate a aerului

VITEZA VÂNTULUI [m/s]	NEBULOZITATEA TOTALĂ ÎN ZECIMI											
	a			b			c			d		
	0÷4	5÷9	10	0÷5	6÷9	10	0÷5	6÷9	10	0÷5	6÷9	10
0÷1	6	5	4	2	2	4	1	2	4	1	1	4
2	6	5	4	3	3	4	2	3	4	1	2	4
3÷4	5	4	4	3	3	4	2	3	4	2	2	4
5÷6	4	3	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4
>7	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4

## BIBLIOGRAFIE

- 5.1. Ursu, P., Frosin, D., Tatu, I., Popa, D., Frosin, D., Protejarea aerului atmosferic - Îndrumător practic, Editura Tehnică, București, 1978.
- 5.2. Tumanov, S., Calitatea aerului, Editura Tehnică, București 1989.
- 5.3. Lăzăroiu, Gh., Apostol, T., Modelarea matematică a disperiei poluanților în atmosferă, A XXII-a Conferința Națională de Termoenergetică și termoficare, lucrarea III.25, Poiana Brașov, 6÷8 decembrie, 1995.
- 5.4. Lăzăroiu, Gh., Protecția atmosferei împotriva poluării, Editura Printech, București 1998.
- 5.5. Ionel, I., Dispersia noxelor, Note de curs, Universitatea "Politehnica" Timișoara, 1999.
- 5.6. \*\*\*\*\* World Meteorological Organization, Dispersion and forecasting of air pollution, World Meteorological Organization, Technical note no. 121.
- 5.7. \*\*\*\*\* Îndreptar pentru stabilirea dimensiunilor coșurilor de fum ale termocentralelor în vederea asigurării dispersiei poluanților.
- 5.8. Moțoiu, I., Caracășian, L., Tohăneanu, I., Efectele unor factori de influență asupra poluării provocate de centralele electrice, Buletinul ISPE, București, iulie÷septembrie 1998.
- 5.9. Pasquill, F., Atmospheric diffusion. The dispersion of windborne material from industrial and other sources, D. vanNostrand Company Ltd., London, 1962.
- 5.10. I.N.M.H., Schema Pasquill-Turner, pentru determinarea claselor de stabilitate a atmosferei, standard intern.

## 6. EVALUAREA EMISIILOR POLUANTE LA C.E.T. IȘALNIȚA

Pentru producerea energiei electrice și termice la C.E.T. Ișalnița combustibilul de bază este lignitul din Bazinul Carbonifer al Olteniei, iar combustibilul pentru pornire și susținerea arderii, gazul natural din Sistemul Național de Distribuție. Caracteristicile combustibililor utilizați sunt prezentate în tabelele 6.1. și 6.2.

Gazele de ardere de la cazanele nr. 1, 2, 3, 4 și 5 sunt evacuate în atmosferă prin coșul de fum nr.1, iar gazele de ardere de la cazanele nr. 6, 7A, 7B, 8A și 8B prin coșul de fum nr.2.

Randamentele reale ale electrofiltrelor de la cazanele nr. 1, 2, 3, 4 și 5 sunt de 97%, iar cele ale electrofiltrelor 6, 7A, 7B, 8A și 8B de 98,4%. În urma programelor de reabilitare a grupurilor de 315 MW, electrofiltrele cazanelor 7A, 7B, 8A și 8B vor asigura la ieșire o concentrație a pulberilor de  $95\text{mg}/\text{m}^3_{\text{Numed}}$ , adică un randament al desprăfuirii de 99,8%.

În perioada avută în vedere pentru evaluarea emisiei poluanților, C.E.T. Ișalnița a avut o funcționare la o încărcare redusă, datorită conjuncturii de pe piața de energie electrică și termică, intrării în conservare a grupurilor nr. 1, 2, 3, 4, 5 și 6 și a pregătirii grupurilor 7 și 8 pentru lucrări de reabilitare.

Consumurile de combustibili pentru această perioadă sunt prezentate în tabelele 6.3. și 6.4.

Emisiile de poluanți ale cazanului 5, evacuate pe coșul de fum nr.1 sunt date în tabelul 6.5., iar concentrațiile poluanților în gazele de ardere (la valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere de 6%) în tabelul 6.6.

Pentru cazanele 6, 7A, 7B, 8A, 8B emisiile și concentrațiile poluanților în gazele de ardere (la valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere de 6%) sunt date în tabelele 6.7. ÷ 6.16.

Emisia de poluanți aferentă coșului de fum nr 2 este dată în tabelul 6.17, iar concentrațiile poluanților în gazele de ardere (la valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere de 6%) în tabelul 6.18.

Rezultatele măsurărilor efectuate împreună cu specialiștii ICEMENERG București, cu aparatură TESTO 33, la grupurile de 315 MW, înainte de reabilitare, sunt prezentate în tabelul 6.19.

În tabelul 6.20. este prezentată evaluarea emisiei de poluanți pentru regimurile cele mai frecvente de funcționare ale unui grup de 315 MW, după efectuarea lucrărilor de reabilitare, iar în tabelul 6.21. concentrațiile poluanților în gazele de ardere (la valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere de 6%).

Proba	Compoziția elementară a cărcunelui [%]							$H_i^1$ [kJ/kg]
	C <sup>i</sup>	H <sup>i</sup>	O <sup>i</sup>	N <sup>i</sup>	S <sub>c</sub> <sup>i</sup>	A <sup>i</sup>	W <sup>i</sup>	
Mai÷iulie	21,69	2,07	10,19	0,61	0,82	25,29	39,33	7395,32
Septembrie	22,39	2,11	10,19	0,62	0,82	24,71	39,16	7617,75
Octombrie	20,27	1,99	10,20	0,61	0,82	26,48	39,63	6950,50
Medie 19 probe	22,48	2.03	10,20	0,63	0,86	24,93	38,87	7596,63

Tabelul 6.1. Compoziția elementară a combustibilului solid.



Compoziția elementară a gazului natural [%]							H <sub>i</sub>
CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	W <sub>t</sub>	[kJ/kg]
93,988	3,506	0,237	4,938x10 <sup>-3</sup>	0,069	0,962	1,227	36011

Tabelul 6.2. Compoziția elementară a gazului natural.

Luna	Cazanul					
	5	6	7A	7B	8A	8B
Mai	-	23140	72095	73840	45391	47604
Iunie	-	21490	59368	61902	-	-
Iulie	3263	13342	-	-	44849	65916
Septembrie	-	-	76766	90727	36109	69133
Octombrie	-	-	-	29525	102058	103322
Pierderea prin nearse în zgură și cenușă q <sub>4</sub> =4,86%						

Tabelul 6.3. Consumul de lignit în perioada mai-octombrie [t].

Luna	Cazanul					
	5	6	7A	7B	8A	8B
Mai	-	1825	1288	1582	1017	917
Iunie	-	1757	1216	1355	-	-
Iulie	384	1373	-	-	907	1333
Septembrie	-	-	1938	2232	838	1646
Octombrie	-	-	-	744	2509	2628

Tabelul 6.4. Consumul de gaz natural în perioada mai-octombrie [mii m<sup>3</sup><sub>N</sub>].

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Iulie	40,72	5,402	3160,022	0,583	20,0175

Tabelul 6.5. Emisia totală de poluanți la cazanul nr.5.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Iulie	2449,867	325,004	35,075	1204,327
Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.				

Tabelul 6.6. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere la cazanul nr.5.

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Mai	288,837	35,581	20794,534	3,528	75,719
Iunie	268,252	32,825	19424,270	3,319	70,323
Iulie	166,545	20,991	12567,693	2,253	43,660

Tabelul 6.7. Emisia de poluanți la cazanul nr.6.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	2754,751	339,350	33,648	722,162
Iunie	2729,514	334,000	33,770	715,550
Iulie	2557,897	322,392	34,603	670,556

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 6.8. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere la cazanul nr.6.

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Mai	899,914	127,434	56869,530	7,983	235,914
Iunie	741,057	105,242	47110,399	6,68	194,270
Septembrie	958,219	140,493	63448,766	9,115	245,438

Tabelul 6.9. Emisia de poluanți la cazanul nr.7A.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	3423,415	462,582	27,017	897,454
Iunie	3388,135	456,325	26,737	888,208
Septembrie	3246,742	447,491	26,392	831,620

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 6.10. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere la cazanul nr.7A.

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Mai	921,693	130,704	58719,090	8,54	241,624
Iunie	722,689	110,125	49278,143	7,025	202,562
Septembrie	1132,492	165,141	74883,029	10,733	290,077
Octombrie	368,541	51,361	22217,033	3,242	101,160

Tabelul 6.11. Emisia de poluanți la cazanul nr.7B.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	3375,606	478,690	31,277	884,923
Iunie	3151,430	480,222	30,634	883,321
Septembrie	3254,657	474,597	30,845	833,649
Octombrie	3512,472	489,509	30,899	964,131

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 6.12. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere la cazanul nr.7B.

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Mai	566,587	80,231	36176,190	5,167	148,532
Iulie	599,817	79,451	35567,755	5,039	146,757
Septembrie	450,724	66,276	29712,350	4,237	115,449
Octombrie	1273,926	171,108	76684,050	11,165	349,677

Tabelul 6.13. Emisia de poluanți la cazanul nr.8A.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	3362,669	476,167	30,665	881,531
Iulie	3633,924	481,345	30,528	889,111
Septembrie	3271,903	481,112	30,757	838,069
Octombrie	3521,312	472,967	30,862	966,557

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 6.14. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere la cazanul nr.8A.

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Mai	594,205	83,493	37670,241	5,316	155,772
Iulie	822,781	118,102	52274,987	7,405	215,694
Septembrie	862,942	128,549	56961,145	8,141	221,034
Octombrie	1289,696	174,996	77791,682	11,363	354,006

Tabelul 6.15. Emisia de poluanți la cazanul nr.8B.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	3404,479	478,371	30,458	892,491
Iulie	3391,598	486,830	30,524	889,116
Septembrie	3264,438	486,290	30,796	836,153
Octombrie	3509,087	476,140	30,917	963,202

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 6.16. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere la cazanul nr.8B.

LUNA	Poluantul [t]				
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO <sub>2</sub>	CO	Pulberi
Mai	3271,236	457,443	210229,585	30,534	857,561
Iunie	1731,998	248,192	115812,812	17,024	467,155
Iulie	1589,143	218,554	100410,435	14,697	406,111
Septembrie	3404,377	500,459	225005,29	32,226	871,998
Octombrie	2932,163	397,465	176629,765	25,770	804,843

Tabelul 6.17. Emisia de poluanți pe coșul de fum nr.2.

Luna	Poluantul [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	3325,118	464,978	30,854	871,686
Iunie	3170,296	454,397	31,161	855,093
Iulie	3361,384	462,268	31,087	859,013
Septembrie	3257,168	478,819	30,833	834,929
Octombrie	3514,814	476,445	30,891	964,843

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 6.18. Concentrația medie lunară a poluanților în gazele de ardere evacuate pe coșul de fum nr.2.

Parametrul	Cazan 7A	Cazan 7B	Cazan 8A	Cazan 8B
Exces aer	2,08	1,985	1,86	2,24
Temperatura gaze ardere [°C]	144,2	159,1	158	140,5
O <sub>2</sub> [%]	10,85	10,1	10,5	11,6
CO <sub>2</sub> [%]	8,95	9,6	9,2	8,3
CO* [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	68,5	52,5	67	64,5
NO <sub>x</sub> * [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	251	280,5	267	332,5
SO <sub>2</sub> * [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	4410,5	4312,5	4412	4099,5
Pulberi* [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	714	768	876	862
Debit gaze ardere [m <sup>3</sup> <sub>N</sub> /h]	3000	6000	1600	5000
Debit abur [t/h]	420	425	380	390

\* corectat pentru valoarea de referință a concentrației oxigenului de 6%.

Tabelul 6.19. Concentrația componentelor și parametrii gazelor de ardere la cazanele MAN de 510t/h.

Puterea grupului [MW]	100	120	200	245	270	300	315	330
Debit cazan [t/h]	307	368	2 x 296,8	2 x 357	2 x 395	2 x 437	2 x 463	2 x 500
Sarcina cazan [%]	60,20	72,16	58,20	70	77,45	85,69	90,78	98,04
Consum specific [ $g_{cc}/kWh$ ]	429,1	413	372	359	353	351,5	353	360
Consum cărbune [t/h]	158,145	182,653	274,202	324,159	351,267	388,637	409,811	437,839
Consum corectat cărbune [t/h]	150,459	173,776	260,876	308,405	334,195	369,749	389,894	416,560
Consum gaz natural [ $m_N^3/h$ ]	3139,109	3625,594	5442,780	6434,405	6972,465	7714,263	8134,542	8690,891
Emisia de SO <sub>2</sub>	Orară [t]	2,070316	2,391158	3,589654	4,243653	4,598028	5,364941	5,731866
	Lunară [t]	1540,315	1779,021	2670,702	3157,278	3420,993	3785,283	3991,516
	Anuală [t]	16562,527	19129,262	28717,230	33949,222	36784,223	40701,970	42919,531
Emisia de NO <sub>x</sub>	Orară [kg/h]	273,38	330,423	470,247	581,889	648,272	739,369	869,961
	Lunară [t]	203,395	245,835	349,864	432,925	482,314	550,091	647,251
	Anuală [t]	2187,040	2643,348	3761,976	4655,112	5186,176	5914,952	6394,944
Emisia de CO <sub>2</sub>	Orară [t]	129,67	149,766	224,831	265,793	288,02	318,662	359,005
	Lunară [t]	96474	111426	167274	197750	214287	237085	267100
	Anuală [t]	1037360	1198128	1798648	2126344	2304160	2549296	2688192
Emisia de CO	Orară [kg/h]	18,150	20,963	31,469	37,202	40,314	44,602	50,248
	Lunară [t]	13,504	15,596	23,413	27,678	29,994	33,184	37,385
	Anuală [t]	145,200	167,704	251,752	297,616	322,512	356,816	401,984
Emisia de pulberi	Orară [kg/h]	60,578	69,966	105,034	124,170	134,553	148,868	167,715
	Lunară [t]	45,090	52,054	78,145	92,382	100,108	110,758	124,780
	Anuală [t]	484,622	559,725	840,270	993,359	1076,427	1190,945	1341,721

Tabelul 6.20. Emisia de poluanți a grupului de 315 MW în funcție de regimul de funcționare.

**NOTĂ:**

1. Sarcina de 65,22MW, a grupului, corespunde funcționării cu un cazan, la debitul minim tehnic;
2. Sarcina de 120 MW, a grupului, corespunde funcționării cu un cazan;
3. Sarcinile de 200; 245; 270; 300; 315 și 330 MW, corespund funcționării cu două cazane, încărcate la aceeași sarcină.

Poluantul [mg/m <sup>3</sup> N]	Puterea grupului [MW]							
	100	120	200	245	270	300	315	330
SO <sub>2</sub>	3323,118	3323,120	3323,120	3323,119	3322,762	3323,120	3323,120	3323,119
NO <sub>x</sub>	438,809	436,935	435,331	455,665	468,473	482,927	491,656	504,371
CO	29,133	25,685	29,132	29,132	29,133	29,132	29,132	29,132
Pulberi	97,235	97,236	97,235	97,235	97,235	97,235	97,235	97,235
Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.								

Tabelul 6.21. Concentrațiile poluanților în gazele de ardere la grupurile de 315 MW în funcție de puterea grupului.



Având în vedere rezultatele măsurătorilor și evaluărilor prin calcule se poate concluziona :

1. Pentru măsurătorile efectuate înainte de reabilitare :

Valorile concentrațiilor de  $\text{NO}_x$  s-au situat între 251 și 332,5  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , nedepășind concentrația maximă admisă  $\text{CMA}=800 \text{ mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$  ;

Valorile concentrațiilor de  $\text{SO}_2$  s-au situat între 4099 și 4312,5  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$  (pentru instalațiile vechi nu există o normă, dar se pot aprecia ca fiind deosebit de mari).

Valorile concentrațiilor de pulberi s-au situat între 714 și 876  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , depășind  $\text{CMA}$  (150  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ ).

2. Pentru măsurătorile efectuate după reabilitarea grupului 8.

S-au efectuat măsurători pentru evaluarea performanțelor electrofiltrelor măsurători care au evidențiat o concentrație medie a pulberilor în gazele de ardere de 85  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , concentrație care se situează cu mult sub prevederile actualelor norme.

3. Rezultatele evaluărilor pe bază de calcul, înainte de reabilitare, conduc la următoarele concluzii :

Valorile concentrațiilor de  $\text{NO}_x$  se situează între 322 și 489  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , nedepășind  $\text{CMA}$  ;

Valorile concentrațiilor de  $\text{SO}_2$  se situează între 3246 și 3633  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , fiind apreciate ca deosebit de mari ;

Valorile concentrațiilor de pulberi se situează între 670 și 1204  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , depășind cu mult  $\text{CMA}$

Valorile concentrațiilor de  $\text{CO}$  se situează între 26,3 și 33,6 fiind sub  $\text{CMA}$  la instalațiile noi.

4. Rezultatele evaluărilor pe bază de calcul, după reabilitare, conduc la următoarele concluzii :

Valorile concentrațiilor de  $\text{NO}_x$  se situează între 435 și 504  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , nedepășind  $\text{CMA}$  ;

Valorile concentrațiilor de  $\text{SO}_2$  se situează la aproximativ 3323  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , fiind apreciate ca deosebit de mari ;

Valorile concentrațiilor de pulberi se situează la aproximativ 97  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , nedepășind  $\text{CMA}$

Valorile concentrațiilor de  $\text{CO}$  se situează la aproximativ 29  $\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ , fiind sub  $\text{CMA}$  la instalațiile noi.

## 7. EVALUAREA DISPERSIEI POLUANȚILOR LA C.E.T. IȘALNIȚA

### 7.1. Evaluarea datelor primare

Noxele rezultate din arderea combustibililor la grupurile energetice de la C.E.T. Ișalnița sunt evacuate în atmosferă prin două coșuri de fum.

Coșul de fum numărul 1 deservește grupurile energetice 1, 2, 3, 4 și 5, iar coșul de fum numărul 2 deservește grupurile energetice 6, 7, și 8.

Coșul de fum numărul 1 are o înălțime de 163 m și un diametru interior la vârf de 8,2 m, iar coșul de fum numărul 2 are o înălțime de 200 m și diametru interior la vârf de 9,3 m. Distanța dintre cele două coșuri de fum este de 184 m, iar nivelul terenului de 87,15mMN.

Concentrațiile poluanților și oxigenului în gazele de ardere, rezultate în urma măsurătorilor efectuate, sunt date în tabelul 7.1., iar valorile acestor concentrații corectate pentru valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere de 6%, sunt prezentate în tabelul 7.2.

Tabelul 7.3. prezintă debitele poluanților evacuați prin coșul de fum numărul 1, iar tabelul 7.4, debitele poluanților evacuați prin coșul de fum numărul 2.

Viteza gazelor de ardere la ieșirea din coșul de fum numărul 1 este de 3,01 m/s, iar vitezele gazelor de ardere, la ieșirea din coșul de fum numărul 2 sunt date în tabelul 7.5. La determinarea vitezelor gazelor de ardere la ieșirea din coș, volumele gazelor de ardere au fost corectate pentru o temperatură de 140°C.

Emisia	Puterea grupului [MW]			
	130,9	201,6	245,2	287,9
SO <sub>2</sub> [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	3323,87	2372,44	2719,68	3389,60
NO <sub>x</sub> [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	274,02	215,72	250,00	289,41
CO [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	27,98	69,41	45,72	36,33
Pulberi [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	610	616	543	531
O <sub>2</sub> [%]	9,86	12,91	11,85	10,80

Tabelul 7.1. Concentrațiile, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, pulberilor și O<sub>2</sub>, măsurate, în gazele de ardere.

Emisia [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	Puterea grupului [MW]			
	130,9	201,6	245,2	287,9
SO <sub>2</sub> [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	4474,38	4398,84	4458,49	4656,04
NO <sub>x</sub> [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	368,87	399,98	409,84	397,54
CO [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	37,66	128,69	74,95	49,90
Pulberi [mg/m <sub>N</sub> <sup>3</sup> ]	835,7	831,6	890,5	977

Valoarea de referință a concentrației oxigenului în gazele de ardere : 6%.

Tabelul 7.2. Concentrațiile, corectate, ale SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO și pulberilor, în gazele de ardere.

Luna iulie	Emisia [g/s]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
	258,85	22,68	4,19	33,10

Tabelul 7.3. Debitul masice ale SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și pulberilor, emise prin coșul de fum numărul 1.

Luna	Emisia [g/s]			
	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	CO	Pulberi
Mai	1460,82	128,01	23,65	186,79
Iunie	800,2	70,12	12,95	102,27
Iulie	670,06	58,72	10,85	85,68
Septembrie	1537,37	134,72	22,88	196,58
Octombrie	1170,04	102,53	18,94	149,61

Tabelul 7.4. Debitul masice ale SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> și pulberilor, emise prin coșul de fum numărul 2.

Luna	Mai	Iunie	Iulie	Septembrie	Octombrie
Viteza [m/s]	12,96	7,11	5,95	13,58	10,46

Tabelul 7.5. Vitezele gazelor de ardere la ieșirea din coșul de fum numărul 2.

## 7.2. Modelarea dispersiei poluanților la C.E.T. Ișalnița

Modelarea dispersiei noxelor, pentru perioada mai ÷ octombrie 1999, s-a realizat cu programul de calcul ISC3 VIEW, pus la dispoziția autorului prin amabilitatea colectivului de cercetare de la catedra de Termotehnică, Mașini Termice și Autovehicule Rutiere a Facultății de Mecanică de la Universitatea "Politehnica" din Timișoara, sub îndrumarea doamnei profesor doctor inginer Ioana Ionel. Programul are la bază un model matematic gaussian, de natura celui prezentat în capitolul 5.1.

Valorile obținute pentru concentrațiile maxime ale imisiilor la 30 minute și 24 ore sunt date în tabelele 7.6. ÷ 7.10., comparativ cu valorile prevăzute de standardul, STAS 12578-87, iar distribuțiile medii ale concentrațiilor la o oră respectiv 24 de ore în figurile 7.1. ÷ 7.8.

Imisia	Concentrația maximă la 30min [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]		Concentrația maximă la 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]	
	C <sub>STAS</sub>	C <sub>calculat</sub>	X	Y	C <sub>STAS</sub>	C <sub>calculat</sub>	X	Y
SO <sub>2</sub>	750	401	-743,14	669,13	250	114,24	-743,14	669,13
NO <sub>x</sub>	300	35,35	-743,14	669,13	100	10,08	-743,14	669,13
CO	6000	6,53	-743,14	669,13	2000	1,86	-743,14	669,13
Pulberi	500	51,59	-743,14	669,13	150	14,71	-743,14	669,13

Tabelul 7.6. Concentrațiile imisiilor în luna mai

Imisia	Concentrația maximă la 30min [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]		Concentrația maximă la 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]	
	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y
SO <sub>2</sub>	750	390,62	-743,14	669,13	250	86,89	-743,14	669,13
NO <sub>x</sub>	300	34,49	-743,14	669,13	100	7,65	-743,14	669,13
CO	6000	6,37	-743,14	669,13	2000	1,41	-743,14	669,13
Pulberi	500	50,31	-743,14	669,13	150	11,15	-743,14	669,13

Tabelul 7.7. Concentrațiile imisiilor în luna iunie

Imisia	Concentrația maximă la 30min [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]		Concentrația maximă la 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]	
	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y
SO <sub>2</sub>	750	324,55	-743,14	669,13	250	122,47	-743,14	669,13
NO <sub>x</sub>	300	28,66	-743,14	669,13	100	10,78	-743,14	669,13
CO	6000	5,3	-743,14	669,13	2000	1,99	-743,14	669,13
Pulberi	500	41,82	-743,14	669,13	150	15,72	-743,14	669,13

Tabelul 7.8. Concentrațiile imisiilor în luna iulie

Imisia	Concentrația maximă la 30min [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]		Concentrația maximă la 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]	
	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y
SO <sub>2</sub>	750	338,79	-743,14	669,13	250	103,15	-743,14	669,13
NO <sub>x</sub>	300	30,35	-743,14	669,13	100	9,13	-743,14	669,13
CO	6000	5,6	-743,14	669,13	2000	1,69	-743,14	669,13
Pulberi	500	44,28	-743,14	669,13	150	13,32	-743,14	669,13

Tabelul 7.9. Concentrațiile imisiilor în luna septembrie

Imisia	Concentrația maximă la 30min [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]		Concentrația maximă la 24h [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ]		Coordonatele [m]	
	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y	$C_{\text{STAS}}$	$C_{\text{calculat}}$	X	Y
SO <sub>2</sub>	750	288,9	-743,14	669,13	250	111,78	-743,14	669,13
NO <sub>x</sub>	300	32,45	-743,14	669,13	100	9,85	-743,14	669,13
CO	6000	5,99	-743,14	669,13	2000	1,82	-743,14	669,13

Pulberi	500	47,35	-743,14	669,13	150	14,35	-743,14	669,13
---------	-----	-------	---------	--------	-----	-------	---------	--------

Tabelul 7.10. Concentrațiile emisiilor în luna octombrie

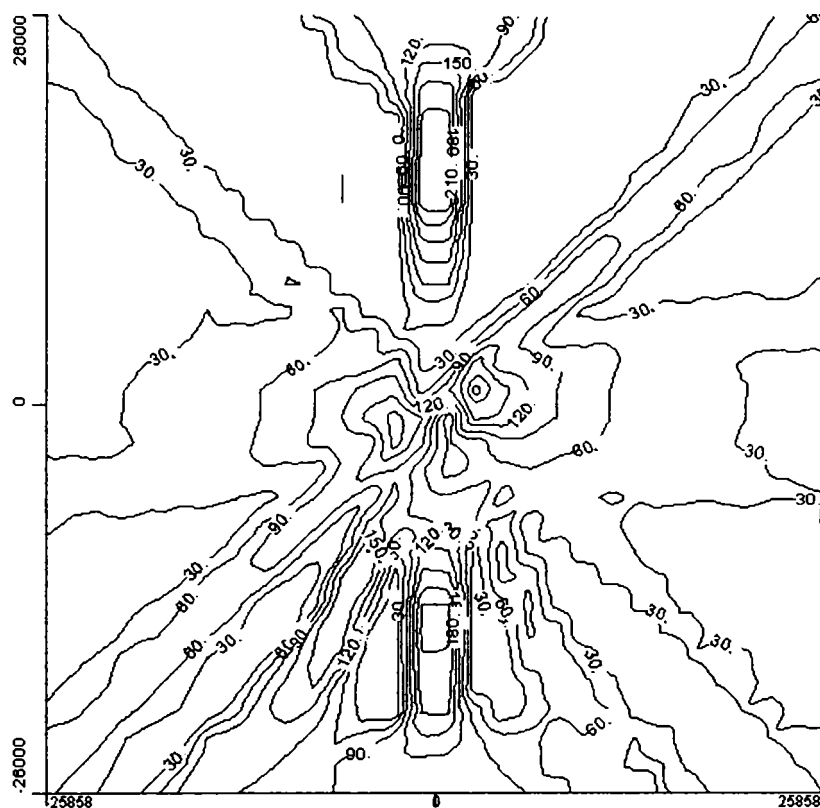


Figura 7.1. Distribuția medie, la o oră, a concentrației de SO<sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ].

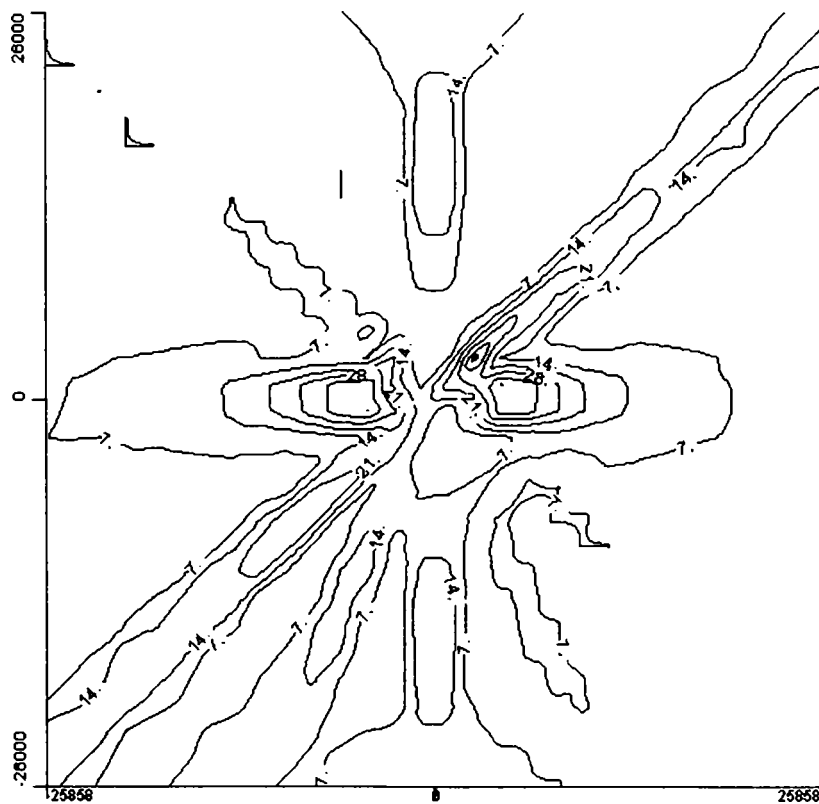


Fig. 7.2. Distribuția medie, la 24 de ore, a concentrației de SO<sub>2</sub> [μg/m<sub>N</sub><sup>3</sup>].

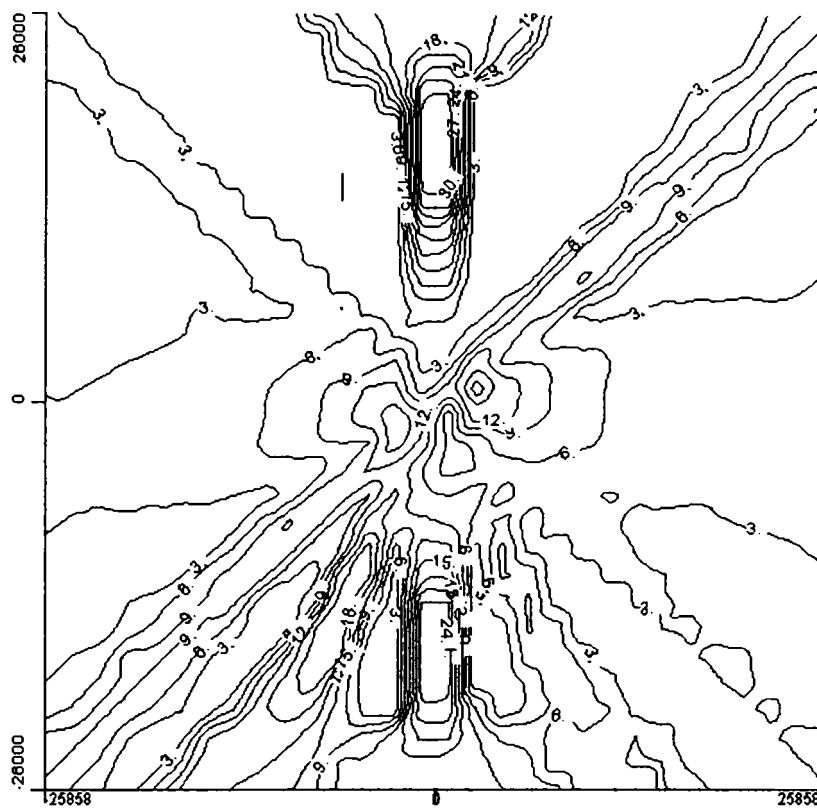


Figura 7.3. Distribuția medie, la o oră, a concentrației de NO<sub>x</sub> [μg/m<sub>N</sub><sup>3</sup>].

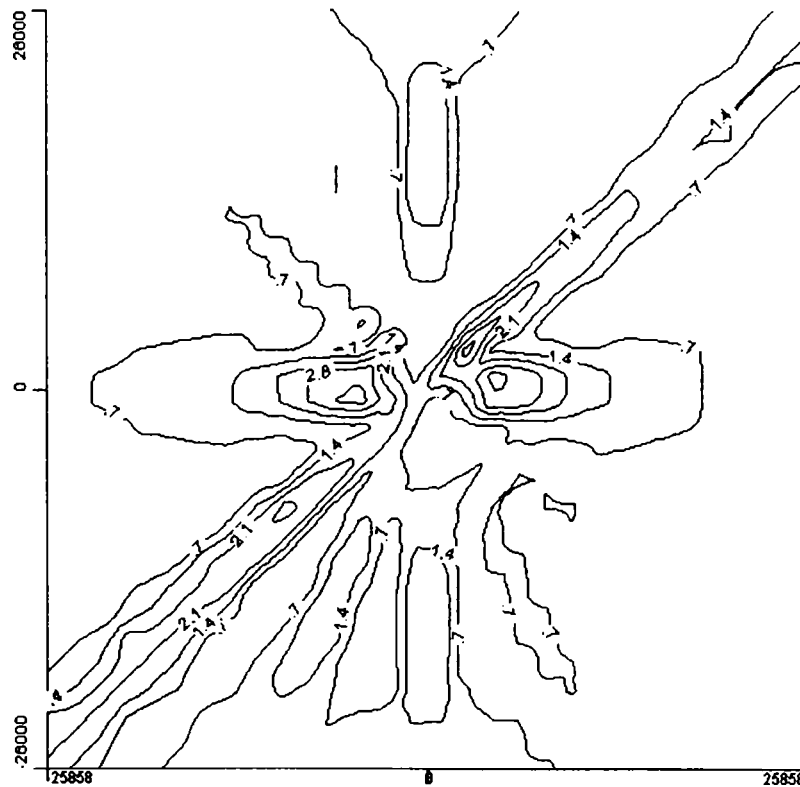




Fig. 7.4. Distribuția medie, la 24 de ore, a concentrației de  $\text{NO}_x$  [ $\mu\text{g}/\text{m}_N^3$ ].

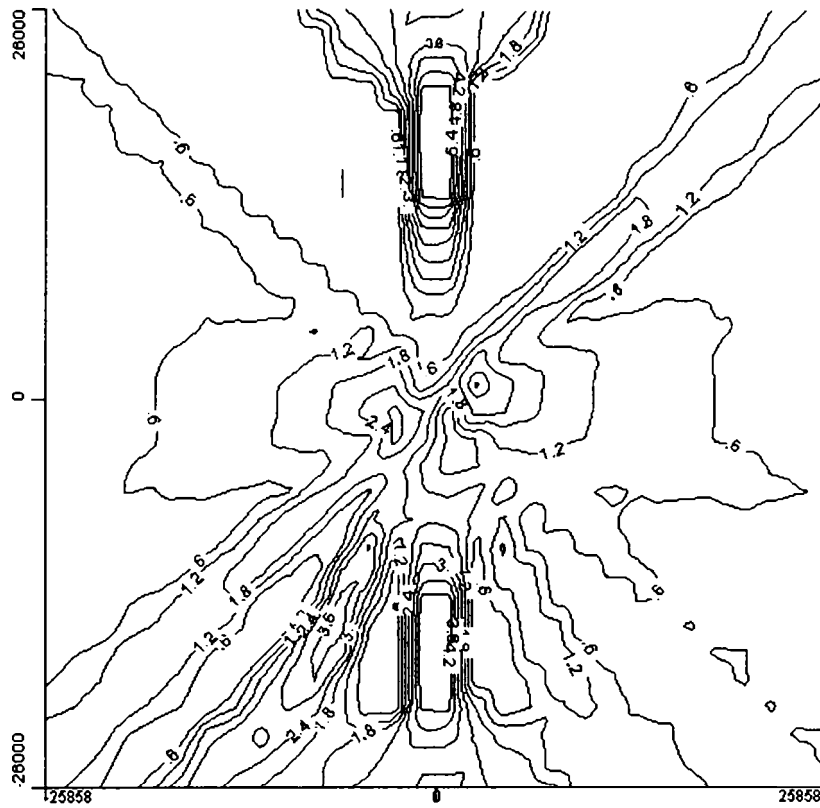


Figura 7.5. Distribuția medie, la o oră, a concentrației de CO [ $\mu\text{g}/\text{m}_N^3$ ].

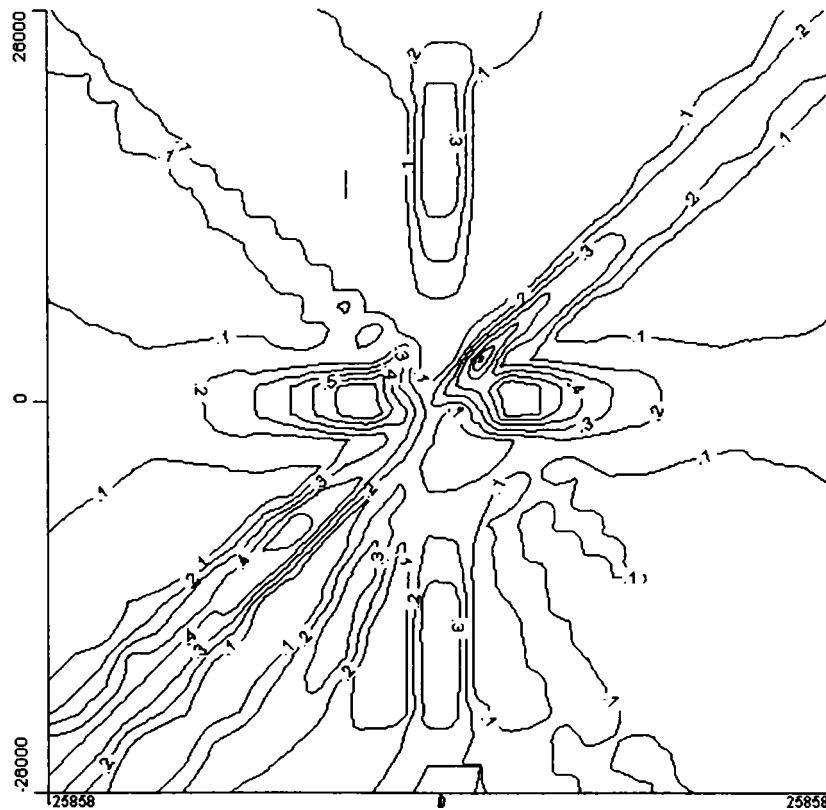


Fig. 7.6. Distribuția medie, la 24 de ore, a concentrației de CO [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ].

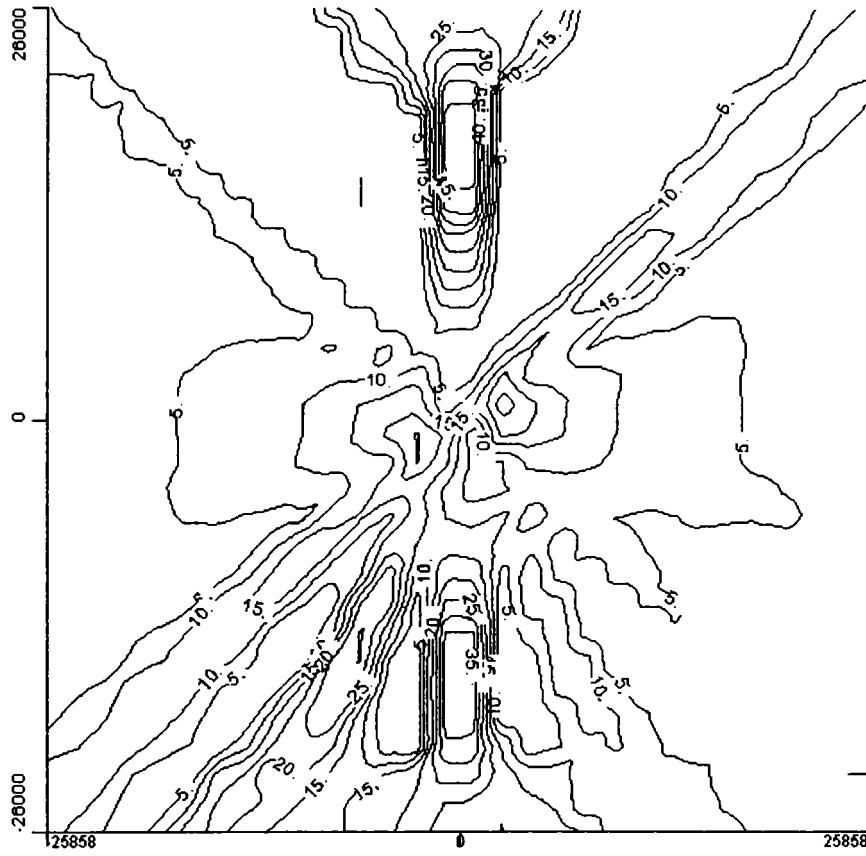


Figura 7.7. Distribuția medie, la o oră, a concentrației de pulberi [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ].

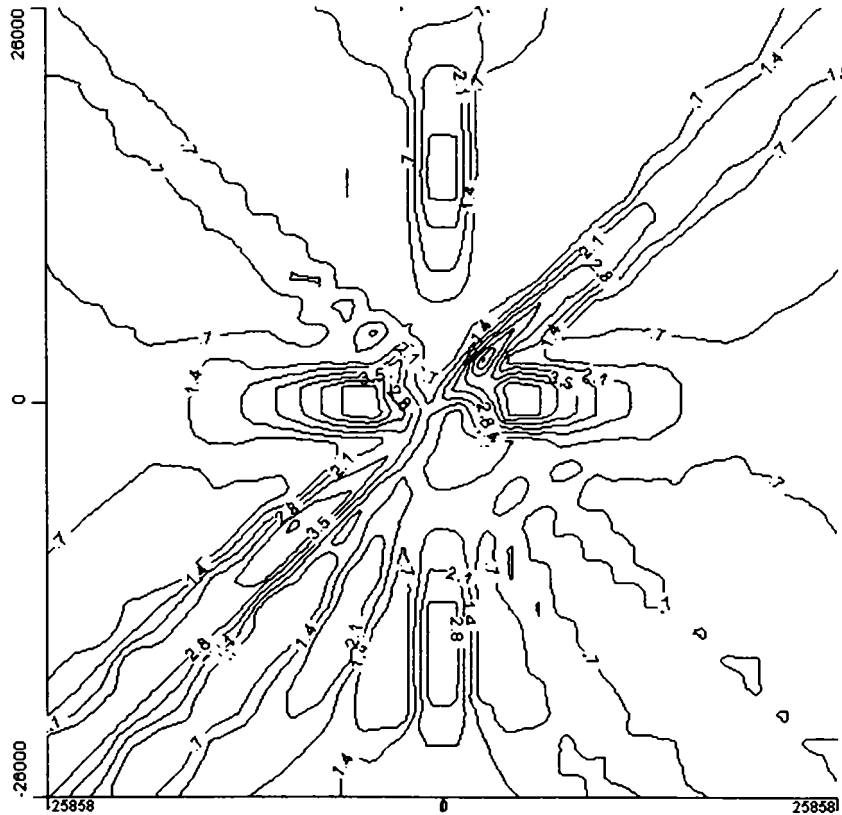


Fig. 7.8. Distribuția medie, la 24 de ore, a concentrației de pulberi [ $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ ].

Analiza rezultatelor modelării efectuate scoate în evidență următoarele aspecte :

a. pentru  $\text{SO}_2$  :

- concentrația maximă la oră are valori cuprinse între 288,9 și 401  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$  ;
- concentrația maximă la 24 ore are valori cuprinse între 86,89 și 122,47  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$  ;

b. pentru  $\text{NO}_x$  :

- concentrația maximă la oră are valori cuprinse între 22,66 și 35,35  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$  ;
- concentrația maximă la 24 ore are valori cuprinse între 7,65 și 10,78  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$  ;

c. pentru CO :

- concentrația maximă la oră are valori cuprinse între 5,3 și 6,53  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$
- concentrația maximă la 24 ore are valori cuprinse între 1,41 și 1,99  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$

d. pentru pulberi :

- concentrația maximă la oră are valori cuprinse între 41,82 și 56,31  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$
- concentrația maximă la 24 ore are valori cuprinse între 11,15 și 15,72  $\mu\text{g}/\text{m}_\text{N}^3$ .

Valorile sunt în toate situațiile sub valorile maxime admise de norme și se înregistrează la o distanță de sub 1km de coșul de fum. Valorile obținute nu sunt rezultatul unor emisii reduse a poluanților ci rezultatul evacuării gazelor de ardere la o înălțime ridicată.

Localitățile cele mai afectate sunt cele din apropierea centralei : Ișalnița, Almăj, Rovine, Breasta și Șimnicul de Sus.

### 7.3. Determinări

Datorită evacuărilor în atmosferă, la înălțime mică, de dioxid de azot și dioxid de sulf, în cantități importante, de către combinatul chimic, aflat în imediata vecinătate a C.E.T. Ișalnița, se efectuează numai determinările de pulberi sedimentabile.

Concentrația pulberilor sedimentabile din aer în zona C.E.T. Ișalnița este prezentată în tabelul 7.11.

Amplasamentul locului de colectare	Stațiunea pomicolă	Stația de tratare a apei potabile	Comuna Ișalnița
Concentrația [ $\text{g}/\text{m}^2$ -lună]	18,16	8,98	28,37
Valoarea maximă admisibilă: 17			

Tabelul 7.11. Concentrația pulberilor sedimentabile din aer în zona C.E.T. Ișalnița

Se observă că valorile obținute pentru pulberile sedimentabile depășesc valoarea maximă admisibilă a concentrației în zona stațiunii pomicole și în comuna Ișalnița. În perioada recoltării probele la C.E.T. Ișalnița au funcționat cele două grupuri de 315MW, iar electrofiltrele nu erau modernizate.

## 8. CONCLUZII

În prezent la C.E.T. Ișalnița sunt prevăzute pentru a funcționa numai grupurile 7 și 8 de 315 MW, celelalte fiind cuprinse într-un program de dezafectare.

### **Oxizii de sulf**

Valorile concentrațiilor dioxidului de sulf în gazele de ardere, fie că au fost obținute prin măsurători, fie că au fost evaluate pe bază de calcul s-au încadrat între 3244 și 4312,5 mg/m<sub>N</sub><sup>3</sup>, atât pentru grupurile nereabilitate cât și pentru evaluarea în varianta actuală de reabilitare.

Cu toate că normele românești nu impun pentru instalațiile energetice aflate în prezent în exploatare, valori limită ale concentrației de SO<sub>2</sub>, având în vedere prevederile pentru instalațiile noi și prevederile directivei 2001/80/EC, se pot aprecia ca foarte mari concentrațiile SO<sub>2</sub> în gazele de ardere.

Valorile ridicate ale SO<sub>2</sub> în gazele de ardere sunt consecința directă a conținutului de sulf al lignitului utilizat și a lipsei sistemelor de desulfurare.

Pentru reducerea conținutului SO<sub>2</sub> în gazele de ardere la C.E.T. Ișalnița, există mai multe posibilități tehnice, dar nu trebuie neglijate nici aspectele economice la aprecierea oportunității uneia sau alteia din aceste posibilități.

1. Reducerea conținutului de sulf al lignitului prin îmbogățire la sursă. Îmbogățirea va duce și la reducerea conținutului de cenușă și la creșterea puterii calorifice.

Pentru a se putea reduce emisia până la prevederile normelor europene, costurile îmbogățirii ar face nerentabilă producția energiei electrice și termice. [8.1.], [8.2.].

Îmbogățirea până la pragul de rentabilitate poate fi avută în vedere, dacă furnizorul combustibilului ar avea capacitatea financiară necesară investițiilor.

2. Reducerea concentrației dioxidului de sulf în gazele de ardere se poate realiza prin reținerea sa în focar, în condițiile arderii unui amestec de cărbune cu aditiv. Randamentul desulfurării poate atinge în aceste condiții valori de până la 50÷60% [8.1.], [8.3.].

Aditivi folosiți pot fi calcarul sau dolomita. Utilizarea dolomitei s-a dovedit mai eficientă în ce privește randamentul desulfurării. O mare importanță o are finețea de măcinare a particulelor, care trebuie să fie între 2,3 și 13μm pentru a asigura optimul în procesul de desulfurare [8.4.].

Aditivul se poate introduce în focar o dată cu praful de cărbune, sau în aerul secundar.

3. Utilizarea procesului de desulfurare umed Limestone.

În această variantă se poate realiza un grad înalt de desulfurare (peste 95%), iar gipsul rezultat poate fi valorificat în industria materialelor de construcții. Studiul Japan Consulting Institute recomandă pentru grupul numărul 7 de la C.E.T. Ișalnița o astfel de abordare. Concomitent cu desulfurarea se realizează și o scădere la 50mg/m<sub>N</sub><sup>3</sup> a concentrației pulberilor.

În condițiile unei finanțări avantajoase această opțiune ar trebui să fie luată în considerare. Valoarea investiției se ridică la aproximativ 41 milioane USD, adică aproximativ 24% din valoarea necesară reabilitării grupului.

### **Oxizii de azot**

Valorile concentrației  $\text{NO}_x$ , indiferent de modul de determinare, având valori cuprinse între  $251 \text{ mg/m}_N^3$  și  $504 \text{ mg/m}_N^3$ , s-au încadrat sub valoarea prevăzută reglementările din România și chiar și sub valoarea prevăzută de directiva 2001/80/UE. Pentru reducerea emisiilor de oxizi de azot pot fi avute în vedere propunerile :

#### **1. Optimizarea exploatării cazanelor de abur.**

Aceasta presupune atât optimizarea exploatării propriu zise cât și efectuarea cu atenție a lucrărilor de intervenții și reparații, în zona focarului și a tirajului 1 pentru a înlătura infiltrațiile de aer fals. Se poate menționa că au fost situații în care ventilatoarele de aer funcționau la 50% încărcare, iar în focar se înregistra un coeficient al excesului de aer ridicat.

Funcționarea cu un exces de aer scăzut, este eficientă pentru controlul formării  $\text{NO}_x$  din combustibil, dar și a reducerii într-o oarecare măsură a emisiei de  $\text{NO}_x$  termic.

Monitorizarea excesului de aer în focar trebuie realizată cu atenție pentru că pe de o parte se pot reduce emisiile de  $\text{NO}_x$ , iar pe de altă parte un exces de aer prea mic duce la o ardere necorespunzătoare și la creșterea emisiilor de CO.

Un alt element care trebuie avut în vedere este gradul de murdărire al suprafețelor de schimb de căldură, pentru că suprafețe de schimb de căldură murdare înseamnă o creștere a temperaturilor gazelor de ardere din focar până la evacuarea la coș, datorită înrăutățirii schimbului de căldură. O temperatură mai ridicată a gazelor de ardere în condițiile expuse anterior înseamnă atât o creștere a emisiilor de  $\text{NO}_x$ , cât și o funcționare neeconomică.

Menținerea curată a suprafețelor de schimb de căldură se poate realiza utilizând sisteme moderne de curățire în timpul funcționării cazanelor [8.7.].

#### **2. Modificarea regimului de funcționare al arzătoarelor.**

O astfel de măsură poate duce la o scădere a emisiei de  $\text{NO}_x$  cu până la 20% [8.1.], cu costuri minime. Prin reglarea șibărelor de pe canalele de aer secundar ale arzătorului se poate reduce debitul de aer introdus în partea inferioară a zonei de ardere cu 15÷20%, până se ajunge la un debit de aer mai mic decât cel necesar arderii perfecte. Restul aerului se poate introduce prin gurile de insuflare de la partea superioară a arzătorului de praf cărbune și în zona ultimului rând de arzătoare de gaz.

### **Pulberile (praful de cenușă)**

Grupul energetic nr 7 se găsește în prezent într-un program de reparație amplă, ce include modernizarea electrofiltrelor, astfel încât să asigure o concentrație a pulberilor sub  $95 \text{ mg/m}_N^3$ . Lucrările la agregatele principale vizează aducerea acestora cel puțin la parametrii de proiect și implementarea unor sisteme moderne de automatizare.

Grupul energetic nr 8 a ieșit de curând dintr-un program de reabilitare, program în urma căruia, electrofiltrele au fost modernizate schimbându-se complet echipamentele

interioare de desprăfuire, echipamentele de înaltă tensiune și s-a montat un câmp suplimentar pentru desprăfuire. Concentrația pulberilor este sub  $95 \text{ mg/m}^3_{\text{N}}$ .

În aceste condiții grupurile energetice vor fi capabile să satisfacă cerințele impuse de normele în vigoare pentru pulberi.

### **Monoxidul de carbon**

Valorile calculate și măsurate ale concentrației monoxidului de carbon în gazele de ardere sunt scăzute, încadrându-se în normele românești.

### **Dioxidul de carbon.**

Reducerea emisiei de dioxid de carbon este importantă prin prisma contribuției acestuia la efectul de seră.

Modalitatea de realizare a acestui deziderat este reducerea consumului specific de combustibil, prin monitorizarea funcționării economice și îmbunătățirea randamentului grupurilor [8.6.].

### **Zgura și cenușa**

Depozitarea zgurii și cenușii devine din ce în ce o problemă tot mai delicată. Pe de o parte găsierea unor terenuri pentru noi depozite este tot mai dificilă, iar pe de altă parte problema spulberărilor în perioadele secetoase și cu vânturi devine tot mai acută.

Soluțiile posibil de adoptat sunt :

- stropirea depozitelor cu apă, utilizându-se pompele Bagger și infrastructura existentă și disponibilă ca urmare a nefuncționării grupurilor energetice nr. 1, 2, 3, 4, 5 și 6, ca o opțiune de moment ;

- valorificarea cenușii grosiere în industria siderurgică, în procesul tehnologic de turnare, cu oale de turnare ;

- valorificarea cenușii fine în industria petrolieră, pentru realizarea noroaielor de foraj ;

- plantarea perdelelor de protecție pe conturul depozitelor de zgură și cenușă ;

- adoptarea tehnologiei de evacuare a cenușii în strat dens, ca o opțiune de viitor apropiat ;

- redarea în circuitul agricol a depozitului care în curând va ajunge la cota finală.

Din datele prezentate în cadrul tezei de doctorat se poate aprecia că C.E.T. Ișalnița nu este pregătită decât într-o oarecare măsură pentru o funcționare acceptabilă din punct de vedere ecologic și pentru a respecta cerințele Uniunii Europene.

Înălțimile efective foarte mari ale coșurilor de fum, conduc la valori ale concentrațiilor de imisii mici. Înălțimea mare a coșului de fum asigură un regim de dispersie foarte bun la scară regională, dar implică riscul transportului de poluanți transfrontalieră.

Din analiza valorilor numerice ale concentrațiilor maxime de imisii se constată că ele se mențin sub limitele admise de legislația în vigoare atât la media la 30 minute cât și pentru media la 24 ore.



Având în vedere că emisiile sunt continue, cu debite fluctuante în funcție de încărcarea grupurilor energetice și cu compoziții variabile în funcție de calitatea combustibilului utilizat, iar concentrațiile poluanților în imisie nu depășesc valorile maxim admise se poate aprecia că impactul C.E.T. Ișalnița asupra mediului, în condițiile prezentate în cadrul tezei de doctorat, este un impact minor negativ [8.5.], nereprezentând un factor de risc pentru zonele adiacente investigate.

**Contribuțiile originale ale autorului la studiul producerii și dispersiei noxelor rezultate la arderea ligniților inferiori la S.E. Craiova – C.E.T. Ișalnița :**

Prezentarea pe baza literaturii de specialitate, a mecanismelor de formare a noxelor la arderea ligniților inferiori;

Prezentarea pe baza literaturii de specialitate, a modelelor de dispersie a noxelor.

Efectuarea evaluării emisiei de noxe la arderea ligniților inferiori pentru condițiile de funcționare ale C.E.T. Ișalnița, în perioada mai ÷ octombrie 1999;

Evaluarea emisiei de noxe la arderea ligniților inferiori pentru diferite regimuri de funcționare ale grupurilor energetice de 315 MW de la C.E.T. Ișalnița ;

Evaluarea dispersiei noxelor rezultate la C.E.T. Ișalnița, prin modelare gaussiană și trasarea curbelor de de izoconcentrații.

Efectuarea unei analize critice a nivelului emisiilor și imisiilor noxelor, în raport cu prevederile legislației românești și directivei Uniunii Europene.

Propunerea unor măsuri (o parte din ele fiind aplicate sau în curs de aplicare) pentru reducerea emisiilor de oxizi de sulf, oxizi de azot, și pulberi, având în vedere condițiile existente în economia românească.

Propunerea unor măsuri, (o parte din ele fiind aplicate sau în curs de aplicare) pentru reducerea poluării mediului prin spulberarea cenușii din depozitele de zgură și cenușă.

Evaluarea impactului C.E.T. Ișalnița asupra mediului în condițiile de funcționare a centralei în anul 1999 și pentru regimurile probabile de funcționare în viitor.

## BIBLIOGRAFIE

- 8.1. Ionel, I., Ungureanu, C., Termoenergetica și mediul, Editura Tehnică, București, 1996.
- 8.2. Bececom-Allplan-CowI-Gopa-March, Impactul centralelor termoelectrice asupra mediului, 1999.
- 8.3. Ataman, E, Considerații asupra reducerii poluării cu SO<sub>x</sub>, Energetica, seria A, nr.5, 1992, pag. 207÷213.
- 8.4. Ion, I., I., Cercetări teoretice privind reducerea SO<sub>2</sub> prin injecție directă de calcar în focarul cazanelor de abur, Conferința Națională de Termotehnică, Ediția a-IX-a, Craiova, 27÷29 mai 1999, pag. 217÷227.
- 8.5. Ataman, E, ș.a., Metodologie pentru analiza impactului centralelor asupra mediului. Rezultate și concluzii. Sesiunea omagială ICEMENERG, VOL III.-5, București, 1995.
- 8.6. Ionel, I., Ungureanu, C., Lelea, D., Dungan, L., Avramovici, V., The necessity for periodical control of the boilers, Buletinul Științific al Universității "Politehnica" din Timișoara, Tom 44(58), fascicola 2, pag. 155÷160, Timișoara 1999.
- 8.7. \*\*\*\*\* Seminar Clyde Bergemann "Instalații de curățire a cazanelor energetice & More concept", București 2003.